

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

**KÜLÖNBÖZŐ NYÁRFAJOK ÉS -KLÓNOK
HERBIVOR ROVARKÖZÖSSÉGEI
KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A *POPULUS NIGRA* SZÁRMAZÁSOKRA**

Készült a Nyugat-magyarországi Egyetem
Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskolája
E1 Erdei ökoszisztémák ökológiája és diverzitása program keretében

Tuba Katalin

Témavezető: Dr. Lakatos Ferenc

Sorszám: 283

Sopron, 2012

**KÜLÖNBÖZŐ NYÁRFAJOK ÉS -KLÓNOK
HERBIVOR ROVARKÖZÖSSÉGEI
KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A *POPULUS NIGRA* SZÁRMAZÁSOKRA**

Értekezés doktori (PhD)fokozat elnyerése érdekében

*a Nyugat-magyarországi Egyetem Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok
Doktori Iskolája
E1 Erdei ökoszisztémák ökológiája és diverzitása programja

Írta:

Tuba Katalin

**Készült a Nyugat-magyarországi Egyetem Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási
Tudományok Doktori Iskola
E1 Erdei ökoszisztémák ökológiája és diverzitása programja keretében

Témavezető: Dr. Lakatos Ferenc
Elfogadásra javaslom (igen/nem)

A jelölt a doktori szigorlaton%-ot ért el,
Sopron/Mosonmagyaróvár,

.....
a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen/nem)

Első bíráló (Dr.....) igen/nem

Második bíráló (Dr.....) igen/nem

(Esetleg harmadik bíráló (Dr.....)) igen/nem

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján.....%-ot ért el
Sopron/Mosonmagyaróvár,

.....
a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....

.....
Az EDT elnöke

Tartalomjegyzék

Kivonat	4
Abstract	5
1. Bevezetés	6
2. Célkitűzések	8
3. Irodalmi áttekintés	10
3.1. A tápnövény és kapcsolódó ízeltlábú közösségei	10
3.2. A vizsgálatokban szereplő nyárfajok és fajták	18
3.3. A nyárok levélfogyasztó ízeltlábúi	22
4. A vizsgálatok anyaga és módszere	31
4.1. A vizsgálati területek általános jellemzői	31
4.1.1. <i>Populus nigra</i> 'Italica' mintafák élőhelye	31
4.1.2. A különböző <i>Populus</i> fajok, klónok és hibridjeik mintaterülete	33
4.2. A vizsgálatba vont nyárfajok, klónok és fajták származása, valamint a kiválasztás kritériumai	35
4.3. A felvételezések módja és gyakorisága	37
4.4. A fakadás sorrendjének megállapítása	38
4.5. A rovarnevelések módszere	38
4.6. A vizsgálatban szereplő fajok, klónok és fajták genetikai vizsgálata	39
4.7. A vizsgálatok kiértékelésének statisztikai módszerei	39
5. Eredmények	40
5.1. A <i>Populus nigra</i> 'Italica' fák összehasonlító vizsgálata	40
5.1.1. Rágáskárosítások	40
5.1.2. Vázásítások	47
5.1.3. Akna típusú károsítások	54
5.1.4. Sodró fajok	60
5.1.5. Gubacsképző fajok	60
5.1.6. Levéltetvek	71
5.1.7. A rágás, a vázasítás, az aknázás és a gubacsképzés kapcsolata a <i>P. nigra</i> 'Italica' fákön	73
5.2. <i>Populus</i> fajok, klónok és hibridek összehasonlító vizsgálata	74
5.2.1. Rágáskárosítások	75

5.2.2. Vázasítások.....	87
5.2.3. Akna típusú károsítások	97
5.2.4. Sodratok	106
5.2.5. Gubacsképzők.....	114
5.2.6. További levéltetű fajok.....	116
5.2.7. A vizsgálatba vont klónokat jellemző Shannon-Weaver indexek.....	119
6. Következtetések	120
6.1. A közvetlen környezet és az időtényező hatása a <i>Populus nigra</i> 'Italica' fákon kialakuló ízeltlábú közösségekre.....	120
6.1.1. A <i>Populus nigra</i> 'Italica' mintafák összehasonlítása, vizsgálati helyenként, a funkcionális csoportok alapján	120
6.1.2. A <i>Populus nigra</i> 'Italica' mintafák vizsgálati helyeinek összehasonlítása a funkcionális csoportok alapján.....	121
6.1.3. A vizsgálati helyek károsítási értékei, fajgazdagsága, illetve diverzitása	123
6.1.4. Általánosan elterjedt, valamint adott vizsgálati helyhez, illetve vizsgálati helycsoporthoz köthető ízeltlábú fajok.....	125
6.1.5. A vegetációs időszak hatása a különböző funkcionális csoportokra.....	126
6.1.6. Az évek hatása a különböző funkcionális csoportokra.....	128
6.2. A <i>Pemphigus</i> fajok „túlélési-stratégiái”	130
6.3. Fiatal és idős <i>Populus nigra</i> 'Italica' fákon kialakuló ízeltlábú közösségek összetétele és működése	134
6.3.1. Fajösszetétel	134
6.3.2. A károsítások időbeni alakulása	136
6.3.3. A funkcionális csoportok korrelációja.....	137
6.4. A genotípus és az időtényező hatása a nyárák herbivor közösségeire	138
6.4.1. A vegetációs időszak hatása a különböző funkcionális csoportokra.....	138
6.4.2. Az évek és a genotípus hatása a különböző funkcionális csoportokra.....	140
6.5. Az aknázók, a gubacsképzők, a sodrók és a levéltetvek együttes diverzitása és a káro- sítási szintek, illetve az egyedszámok kapcsolata	142
6.6. A tápnövény genetikai hátterének hatása a kialakuló ízeltlábú közösségekre	142
6.6.1. A tápnövény genetikai hátterének hatása a funkcionális csoportokra.....	142
6.6.2. Adott genotípushoz köthető ízeltlábú fajok.....	145
6.7. A fenotípusosan érvényesülő tulajdonságok (fakadás, levélméret) hatása a herbivor közösségekre	146

6.8. A tápnövény származásának hatása a kapcsolódó ízeltlábú közösségre	149
6.9. A helyi ízeltlábú közösségek és a távolabbi populációból származó tápnövények adaptációja	150
7. Javaslatok	152
8. Összefoglalás.....	153
9. Tézisek	158
Köszönetnyilvánítás	162
Irodalomjegyzék.....	163

Kivonat

Jelen dolgozat azonos biogeográfiai körzetben élő, azonos genotípusú *Populus nigra* 'Italica' fák, valamint egyazon helyen nevelkedő *Populus* fajok, klónok és hibridek ízeltlábú közösségeinek jellemzőivel foglalkozik. Részleteiben sor kerül a közösségek ismertetésére, vegetációs időszak alatti és évek közötti változásának jellemzésére, a funkcionális csoportok kapcsolatainak bemutatására és a különböző élőhelyeken, valamint a különböző klónokon kialakult diverzitások meghatározására.

A *Populus nigra* 'Italica' fák vizsgálatára természetes élőhelyükön, 2009-ben és 2010-ben, a *Populus* fajok, klónok és hibridek vizsgálatára a bajti csemetekertben, 2009 és 2011 között került sor. A két kísérletben a felvételezés módszere hasonló volt, csupán a mintázott levelek száma, valamint a mintavételek sűrűsége tért el. A megfigyelt ízeltlábúakat hat funkcionális csoportba soroltam, és károsításuk mértékét (rágó, vázasító) vagy egyedszámukat (aknázó, sodró, gubacs képző, phloemszívó) jegyeztem fel.

A funkcionális csoportokat a helyek és az évek, illetve a klónok genotípusa és az évek különbözőképpen befolyásolták. A klónok hatása következetesen szignifikáns volt, míg a védettebb helyen fejlődő fajok egyedszámát az évek és az élőhelyek kevésbé befolyásolták.

Az ízeltlábú közösségek fajösszetétele, abundanciája, a rágó, a vázasító, a sodratképző fajoknál a károsítások időbeni lefutása, a károsítások maximalizálása és a károsítók korrelációja a fiatalabb és idősebb *Populus nigra* 'Italica' fákön jelentősen eltért.

A klónok genotípusa a vegetációs időszak mintegy háromnegyedéig jelentősen befolyásolta a károsítások típusát és mértékét ezen túl azonban veszített jelentőségéből.

A legkisebb diverzitási indexekhez a legnagyobb rágásból és valamivel kisebb vázasításból adódó károsítások társultak. Ezek az eredmények a rágók és a vázasítók között kialakuló intraspecifikus versenyre is rámutatnak.

A különböző funkcionális csoportoknál a károsítások mértékét, egy-egy faj megjelenését adott tápnövényen különböző tényezők befolyásolták, ilyen volt a fakadás ideje, a levélméretek, a rokonsági kapcsolatok és a földrajzi származás.

Ugyanazon tápnövény különböző termőhelyről származó egyedei többé-kevésbé eltérő ízeltlábú kapcsolatokat, kapcsolat rendszereket alakítottak ki. A *P. nigra* származások között elkülönülést elsősorban a legészakibb-legnyugatibb és a legdélibb származások mutattak.

Abstract

Herbivore association of different poplar species and clones with particular emphasis on *Populus nigra* provenances

This study investigated the characteristics of arthropod associations developing on *Populus* taxa (species, hybrids, clones and single genotypes) that live within the same biogeographic region and locality. Details of arthropod associations were provided in regards to the characterization of changes during the growing season, year over year, the relationships among functional groups, the diversity that develops in various habitats, and on different poplar clones.

The *Populus nigra* 'Italica' trees were investigated on their natural habitat, in 2009-2010. The *Populus* species, clones, and hybrids were examined in a common-garden experiment from 2009 to 2011. In both trials the evaluation method was similar. The number of selected leaves and the sampling density was different. The damage caused by the insects was categorized in six groups: chewers, skeletonisers, leaf miners, suckers and sap feeders, gall makers and leaf rollers. The missing leaf surface was evaluated in percentage for chewers and skeletonisers. The mines, galls and rolls were counted, while aphid presence was recorded.

The results show, that the functional groups were influenced by survey sites, years and genotype of the clones. The effect of the clone's genotype were significant while the number of individuals in more protected environments was less influenced by habitat and years.

Arthropod associations developing on mature *Populus nigra* 'Italica' are very different from those on younger trees. There are differences in species composition, abundance and damage correlations. There are also significant differences in the duration, extension and peak time of the damages caused by chewers, skeletonisers and rollers.

The type and extent of damage is significantly influenced by the genotype during the first tree-quarters of the growing season, and it is less important beyond that.

The lowest levels of diversity were associated with the most severe chewing and skeletonising damage. This results point to the importance of the interspecific competition between chewers and skeletonisers. The damage level of various functional groups and appearance of the species were affected by different factors, such as the budburst, the leaf size, genetic distance and the geographic origin. Host plants having the same genotype but originating from different habitats facilitate more or less different arthropod associations. These associations adapt to new habitats at varying rates. *Populus nigra* clones from the peripheral areas showed greater differentiation in arthropod associations than clones from the more central areas of the geographic range.

1. Bevezetés

A *Populus* nemzetségbe mind ökológiai, mind ökonómiai szempontból kulcsfontosságú fajok tartoznak. Napjainkban egyaránt jelentős szerepet töltenek be a természetes ökoszisztémákban és a biomassza termelésben.

Az energiafogyasztás drasztikus növekedése kikényszeríti, hogy a források körét kibővítsük és előállításuk, felhasználásuk hatékonyságát tovább növeljük. A globális cél (Kyoto Protocol) a fosszilis energiaforrások megújuló energiaforrásokkal történő helyettesítése (Lasch és mtsai, 2010). Ennek a rendszernek legfontosabb elemei a fás szárú növények, hiszen hatalmas tömegű élő biomasszát alkotnak. Az Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezet (FAO, 2008) a következő évtizedre vonatkozóan 20%-os faanyagigény növekedést prognosztizált. Ez az igény természetes erdőkből, mind természetvédelmi, mind klimatológiai okokból aligha fedezhető. A gyorsan növő fafajok, mint például a nyárok, rövid vágásfordulójú energetikai faültetvényként, ha nem is teljes egészében, de figyelemre méltó alternatívái lehetnek a természetes erdőkből származó faanyagoknak. Ezek a rendszerek környezetvédelmi szempontból is fontos szerepet töltenek be, hiszen időlegesen nagy mennyiségű szénet kötnek meg, csökkentve ezzel az üvegházhatású gázok mennyiségét (Dickmann, 2006). Ahhoz, hogy ez a rendszer minél hatékonyabban működhessen elengedhetetlen megismerni az alkalmazott fafaj tulajdonságait és megérteni az abiotikus és biotikus kapcsolatrendszerét, különös tekintettel a társult ízeltlábú közösségre. Ezekről a rövid vágásfordulójú ültetvényektől a haszon maximalizálását várják el, így az alkalmazott klónok és fajták, elsősorban a hozamhoz kapcsolódó tulajdonságait helyezik előtérbe, ami az esetek többségében egyidejűleg az adaptív tulajdonságaik háttérbe szorítását eredményezi. Ez a tény, továbbá az ültetvények sajátos életkora és művelésmódja, nagyban hozzájárul nagyobb instabilitásukhoz és a károsítókkal szembeni kisebb ellenálló képességükhöz.

Egy-egy élőhely domináns növényfajának és a hozzá kapcsolódó közösségeknek a megismerése, megértése fontos szerepet tölt be a genetikai diverzitás megőrzésében is (Crutsinger és mtsai, 2006; Reusch és mtsai, 2005; Wimp és mtsai, 2004). Ezek a domináns fajok, illetve genotípusok, komplex közösségi szintű interakciókkal és olyan tulajdonságokkal rendelkeznek, melyek segítségével képesek stabilizálni a rajtuk kialakuló, illetve a hozzájuk kapcsolódó közösségeket. Ezeknek az úgynevezett alapító fajoknak a jellegzetes tulajdonságaira természetvédelmi, erdősírtési és rehabilitációs ökológiai szempontokból is érdemes nagyobb figyel-

met fordítani. A nyárok a folyóparti társulások meghatározó fafajai. Whithman és mtsai (1996) az északi féltekén az ártéri társulások legproduktívabb tagjaként említi őket. Természetes elterjedési területükön nagy méreteiknek, a fehér és különösen a fekete nyárok hosszabb élettartamuknak és ökológiai dominanciájuknak köszönhetően az ízeltlábúak széles körével lépnek lazább vagy szorosabb kölcsönhatásba. A nyárok pionír fajok, vegetatív és generatív úton is könnyen és gyorsan terjednek, a korai szukcessziós társulásokban fordulnak elő. Széleskörű tűrőképességgel rendelkeznek. Vannak olyan fajok, illetve klónok, melyek a nagyobb levegőszennyezettséget, míg mások a szélsőségesebb talajtípusokat is elviselik, növekedési erélyük és nagy felületű lombzatuk miatt oxigéntermelő képességük jó.

Számtalan, a nyárokra vonatkozó, hazai és külföldi kutatási eredmény áll rendelkezésre, azonban a rendszerszemléletű megközelítés még nívumnak számít. Ez a dolgozat az ízeltlábú közösségek összetételének, kapcsolatainak, kölcsönhatásainak, komplex működésüknek megismeréséhez ad új ismereteket.

2. Célkitűzések

Az élőhely ízeltlábú közösségeit meghatározó elemek azonosítása, a különböző származású klónok, illetve fajták ízeltlábú közösségeinek ismerete, segítséget nyújthat annak megértésében, hogy a növény genotípusa, a fenotípusos tulajdonságokon keresztül érvényesülve, kölcsönhatásban a környezettel, hogyan befolyásolja a herbivor közösségek kialakulását, stabilizálódását, fejlődését. Dolgozatom célkitűzései is ezen kérdéskörhöz kapcsolódnak, úgy mint

- I. az azonos genotípusú nyárfák ízeltlábú közösségeit meghatározó egyes elemek azonosítása,
- II. különböző nyár fajok, klónok és hibridek ízeltlábú közösségeit befolyásoló tényezők meghatározása és
- III. az idegen származású *Populus nigra* klónokon és honos klónokon kialakuló ízeltlábú közösségek összehasonlítása és ismeretszerzés a rovarközösségek adaptáció folyamatairól.

Ennek megfelelően a **hipotézisek** a következők voltak:

1. A közvetlen környezet összefüggésben az időtényezővel (a vegetációs időszakon belül és az évek között) meghatározó szerepű a nyárok herbivor közösségeire nézve.
2. A nyáron élő *Pemphigus* fajok más és más „túlélési-stratégiával” rendelkeznek.
3. Nyárok esetén a fák kora jelentősen befolyásolja a rajtuk kialakuló ízeltlábú közösségek tulajdonságait.
4. A genotípus összefüggésben az időtényezővel (a vegetációs időszakon belül és az évek között) meghatározó szereppel bír a nyárok herbivor közösségeire.
5. Adott klónon kialakuló diverzitás kapcsolatot mutat a rajta kialakuló károsítási szintekkel, illetve az aknázók, a sodrók, a gubacsok és a levéltetvek számával.
6. Hasonló genetikai hátterű tápnövények, hasonló herbivor közösség kialakulását segítik elő.

7. A nyárok genotípusa, részben a fenotípusos tulajdonságokon (fakadás, levélméret) keresztül érvényesülve, eltérő mértékben befolyásolja a különböző funkcionális csoportba tartozó ízeltlábúak megtelepedését, közösségeik stabilizálódását és fejlődését.
8. Ugyanazon nyárfaj távolabbi populációinak egyedei egy új élőhelyen a helyi populációtól többé-kevésbé eltérő ízeltlábú kapcsolatokat alakítanak ki. Ezek a kapcsolatok eltérő ütemben adaptálódnak az új élőhely általános kapcsolatrendszerébe.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. A tápnövény és a hozzá kapcsolódó ízeltlábú közösségek

Az ökológiai rendszerek egyik megkülönböztető és lenyűgöző tulajdonsága a rendkívüli összetettségük. Már régóta próbálják ezen rendszerek alkotó elemeit, összefüggéseit feltárni. Részeredmények mindig vannak, melyek újabb és újabb kérdéseket vetnek fel, amit jobb híján teóriákkal próbálnak meg áthidalni.

A korábbi elméletek az ökoszisztémák szempontjából a fajok diverzitását egy másodlagos hozadéknak tekintették, míg Naeem (2002) az ökoszisztémák működését és a biodiverzitást, a fajok sokféleségének és a genetikai diverzitásnak az eredőjeként fogta fel. Tilman és mtsai (1997; 2001) Minnesotában több mint tíz évig futó, valamint Hector és mtsai (1999), továbbá Spehn és mtsai (2005) által Európában nyolc különböző biogeográfiai, éghajlati és talajadottságokkal rendelkező helyen beállított hosszú távú kísérletei, arra mutattak rá, hogy a biodiverzitás nagymértékben befolyásolja az ökoszisztémák folyamatait. Az európai vizsgálatokban a föld feletti biomassza termelés a fajszám emelkedés függvényében logaritmusos emelkedést mutatott. Az amerikai kísérletek szerint a biomassza termelésre pozitívan hatott az asszociálódó fajok számának emelkedése. Utóbbi összefüggés az idő előrehaladtával még erősödött is. A növények funkcionális csoportjainak száma mindkét vizsgálatban pozitív kapcsolatot mutatott a biomassza mennyiségével.

Szűkítve a kérdéskört, számos elméleti (Hutchinson, 1959; MacArthur, 1972) és gyakorlati (Siemann és mtsai, 1998; Knops és mtsai, 1999; Haddad és mtsai, 2001) ökológiai tanulmány pozitív kapcsolatot mutatott ki a tápnövény diverzitása, valamint a hozzá kapcsolódó növényevő és ragadozó ízeltlábú közösség között. A jelenségnek több magyarázata is van, melyek közül kettő az, amelyik napjainkban nagyobb teret hódított. Az egyik feltevés szerint a növényevő rovarok kb. 90%-a több-kevesebb tápnövény specializációt mutat (Bernays és Graham, 1988), így a növények fajszámának emelkedésével a kapcsolódó herbivor fajok száma is emelkedik. Ez az úgynevezett „forrás specializáció” elmélet (Hutchinson, 1959; MacArthur, 1972; Eastop, 1973). A másik uralkodó elmélet szerint, ha a növényfajok száma egy adott területen emelkedik, akkor ezzel egyidejűleg megemelkedik az elsődleges szervesanyag-termelés és ehhez kapcsolódóan több fitofág élőlény jelenik meg (Hooper és mtsai, 2005),

ami a predátorok fajsámát is pozitív irányba tolja el (Hunter és Price, 1992). Ez az úgynevezett „több egyed” hipotézis (Srivastava és Lawton, 1998).

A tápnövény genetikai variabilitásának hatása a kapcsolódó közösségekre

Széles körben elterjedt a „társulási szabályok”¹ teóriája is, amely egy „alulról felfelé építkező rendszert”² feltételez, melyben a felülről lefelé és az oldalirányú hatások attól függenek, hogy az alulról felfelé irányuló folyamatok hogyan alakulnak (Hunter és Prince, 1992). A „társulási szabályok” lehetővé teszik egy adott ökológiai rendszer leírását „ha... akkor...” kapcsolatok alapján (Knapp et. al, 2004; Bangert és mtsai, 2006a). Például, ha megvizsgálunk egy tápnövényt, akkor meghatározott kémiai összetételt várunk el tőle. Ha a kémiai összetétele megegyezik az elvárattal, akkor egy adott ízeltlábú közösség megjelenésére számítunk rajta. A „társulási szabályokhoz” kapcsolódó kutatások elsődleges célkitűzése az volt, hogy a közösségek felépítésében megtalálja a nem véletlenszerű elemeket (Kelt és Brow, 1999). Keddy és Weiher (1999), illetve Weiher és Keddy (1999) e tekintetben elsődlegesnek tartja az alkotóelemek külön-külön azonosítását, a mechanizmusok szétválasztását és tesztelését.

Bangert és Whitham (2007) szerint a genetikai háttér adja meg a „társulási szabályok” alapjait, és képes szignifikánsan befolyásolni az ökológiai folyamatokat. Ebből kiindulva a tápnövény intraspecifikus genotípusos diverzitása alapvetően meghatározza a rajta kialakuló gerinces, ízeltlábú és mikrobiális asszociációkat, illetve ezek szerkezetét (Maddox and Root 1990, Fritz and Price 1988, Dungey és mtsai, 2000, Whitham és mtsai, 2003, 2006, 2008, Hochwender and Fritz 2004, Wimp és mtsai, 2004, Bangert és mtsai, 2005, 2006a, Johnson and Agrawal 2005, Bailey és mtsai, 2006, 2009, Shuster és mtsai, 2006, Johnson and Stinchcombe 2007, Hughes és mtsai, 2008, Hughes és Stachowicz, 2004; Reusch és mtsai, 2005; Wimp és mtsai, 2005; Crutsinger és mtsai, 2006, 2008; Johnson és mtsai, 2006).

A „társulási szabályok” szerint, ha egy tápnövényre szelekciós nyomás nehezedik az szelekciós nyomást fog gyakorolni a vele kapcsolatban álló közösségekre is (Bangert és Whitham, 2007). Morse és munkatársainak (1985) vizsgálatai rámutattak arra, hogy a közösségek felépítésében van olyan genetikai komponens, amely szelekciós erőt képvisel, és a domináns nő-

¹ A társulási szabályok (assembly rules): célja, hogy megjósolja, hogy az összefajkészlet milyen részhalmaza fordul elő az adott területen. Első lépésben a fajok jelenlétét, illetve a hiányát, második lépésben a gyakoriságukat vizsgálja.

² Alulról felfelé építkező rendszer (bottom up) ebben az esetben a tápnövény által determinált hatások összessége. Ennek ellentéte a felülről lefelé építkező rendszer (top down). E két rendszer a táplálékhálózatokban együttesen van jelen.

vényfajon előidézett változásai által „zuhatagszerű hatást”³ képes előidézni a kapcsolódó közösségekben.

Boecklen és Spellenberg (1990), valamint Aguilar és Boecklen (1992) tölgy szülőket és utódnemzedéket vizsgálva arra az eredményre jutottak, hogy a szülőfajok és a hibridjeik kapcsolódó ízeltlábú közösségei eltérőek. Megállapították, hogy a kapcsolódó rovarközösségek a faj szintjénél kisebb genetikai egységekre képesek reagálni. Hasonló eredményre jutott McIntyre és Whitham (2003), amikor *Aceria parapopuli* gubacsképzését csak és kizárólag F₁ hibrid nyáron figyelték meg. Az atkák fertőzése – a gazdanövény populációjában – csökkent növekedésű egyedeket eredményezett. A szerzők egyes nyár genotípusok egyedszámának minimalizálását is összefüggésbe hozták az atkák jelenlétével.

A tápnövény genetikai variabilitásának hatása a táplálékhálózatokra

A genetikai variabilitás túlmutat az egyeden és a populáción, képes meghatározni a közösség összetételét, és ebben a rendszerben a visszacsatolás megint csak az egyedek szintjén meghatározott (Whitham és mtsai, 2003; Wimp és mtsai, 2005; Shuster és mtsai, 2006; Whitham és mtsai, 2006). Ilyen, a táplálékhálózatok szintjén megjelenő hatásra számos példa adódik. Bailey és mtsai (2006) vizsgálata során azt tapasztalták, hogy a *Populus angustifolia* különböző genotípusain eltérő számú *Pemphigus betae* gubacs fejlődött ki és ehhez kapcsolódóan eltérő számú madár predációt figyeltek meg a gubacsokon. A parlagi ligetszépe (*Oenothera biennis*) különböző genotípusain szintén különböző mértékű levéltetű fertőzést figyelt meg Johnson (2008), melyhez eltérő intenzitású hangya látogatottság társult. Mooney és Agrawal (2008) megfigyelései szerint selyemkóró (*Asclepias syriaca*) eltérő genotípusai különbözőképpen hatottak a tetű-hangya kapcsolatokra. Ezek a kutatások jól példázzák a növények genetikai „erejét” egy alulról felfelé építkező táplálékhálózatban.

A genetikai hatás leginkább az alapító fajoknál válik kifejezetté. Ezek a fajok képesek egy adott ökoszisztéma struktúráját azáltal meghatározni, hogy stabil vagy éppen speciális körülményeket és egyedi forrásokat kínálnak különböző szervezeteknek (Ellison és mtsai, 2005; Whitham és mtsai, 2006). A *Populus angustifolia*, mint alapító faj számos ízeltlábú fajnak biztosít táplálékot és élőhelyet, bekapcsolódik a táplálékhálózatokba (Shuster és mtsai, 2006, Bailey és mtsai, 2006), mikrobiális kapcsolatokat alakít ki, szorosan kötődik a tápanyag kör-

³ Zuhatagszerű hatás (cascade effect): a tápláléklánc egy pontján bekövetkező változás először a másodlagos fajokra tevődik át, és az ezeken előidézett változások egymással összefonódva az elsődleges fajokra hatványozott befolyást gyakorolnak.

forgásához (Schweitzer és mtsai, 2008). Ökológiai hatását tovább fokozza a hozzá szorosan köthető *Pemphigus betae* gubacsképző faj, hiszen predátorok és paraziták táplálékbázisa (Dickson és Whitham, 1996), táplálékforrást nyújt más élőlényeknek is (Larson és Whitham, 1997) és üres gubacsai élőhelyet biztosítanak számos faj részére (Dickson és Whitham, 1996). A különböző ízeltlábúak jelenléte a nyárok genomjában különböző helyeken, illetve különböző módon kódolt, ezért nem elég csak egyes nyárok genomját megőrizni, a teljes populáció genomját kellene megővni ahhoz, hogy a kapcsolódó közösségeket is hiánytalanul megőrizhessük (Bangert és Whitham, 2007).

A nem additív genetikai tényezők hatása

Maddox és Root (1990) különböző kanadai aranyvessző (*Solidago altissima*) genotípusokat vizsgálva különböző kapcsolódó ízeltlábú közösségeket írt le, ahol egyes típusok pozitív, míg mások negatív korrelációt mutatottak a tápnövény genotípusát tekintve.

Floate és Whitham (1995) különböző keresztezésekből származó nyáraknál, mind természetes élőhelyükön, mind csemetekerti körülmények között, jelentősen eltérő kapcsolódó rovarközösséget figyelt meg. Hochwender és Fritz (2004) is hasonló eredményekre jutott hibrid fűzek csemetekerti vizsgálata során. Azon túl, hogy a hibrid fajok jelentős eltérést mutattak a szülőfajoktól, a társult közösségeket illetően azt is megállapították, hogy ezen közösségek kialakításában a nem additív genetikai tényezők hatása is meghatározó.

Crutsinger és mtsai (2006) az egész vegetációs időszakot tekintve 17%-kal magasabb ízeltlábú fajszám növekedésről számoltak be, mint amit az additív hatástól várhattak volna. Ennek egyik oka, hogy egy adott élőhely, a tápnövény gazdagabb genotípusos diverzitása mellett, nagyobb valószínűséggel tartalmaz olyan genotípust, mely jelentős hatást képes kifejteni a jelen lévő ízeltlábú közösségre, mint egy élőhely szegényebb genotípusos változatossága mellett (Huston, 1997; Loreau és Hector, 2001; Hooper és mtsai, 2005). Másik oka az lehet, hogy egy adott élőhelyen, a vegetációs időszakban a tápnövény genotípusok között vagy az ízeltlábú közösségek között fellépő számos direkt és indirekt kölcsönhatás, képes ezt a tápnövény genotípusos diverzitására alapozó várakozást pozitív vagy negatív irányba eltolni (Johnson és mtsai, 2006).

A tápnövény genetikai diverzitásának számos közvetett hatása van, melyek pozitívan és nem-additív módon hathatnak az ízeltlábúak diverzitására (Whitham és mtsai, 2003; Reusch és mtsai, 2005; Schweitzer és mtsai, 2005; Johnson és mtsai, 2006; Crutsinger és mtsai, 2006, 2008; Crawford és mtsai, 2007). Crawford és mtsai (2007) pozitív és nem-additív kapcsolatot

talált a *Rhopalomyia solidaginis* gubacsszűnyog egyedszáma és a *Solidago altissima* genotípusos diverzitása között. A fajok diverzitás növekedésének kiváltója az, hogy a levélrózsaszerű gubacsok kiváló mikrohabitatot kínáltak az ízeltlábúak számára, különösen a gubacsok kiürülését követő időszakban.

Crutsinger és mtsai (2006, 2008) arra a következtetésre jutottak, hogy pozitív nem-additív kapcsolat van az ízeltlábúak kumulatív gazdagsága és tesztnövényük, a *Solidago altissima* genotípusos diverzitása között. A kapcsolat szorossága a vegetációs időszakban folyamatosan változott.

Hughes és Stachowicz (2004), valamint Reusch és mtsai (2005) *Zostera marina*, a hídórfélék közé tartozó növényen végzett vizsgálatait azt mutatták, hogy a genetikailag diverzebb mintaterületek nagyobb toleranciát mutattak az emelkedő hőmérsékleti viszonyokkal, valamint a kapcsolódó gerinctelen faunára is – az egyedszámokat tekintve – pozitív hatást gyakoroltak.

A környezet- és természetvédelmi szempontokat tekintve fontos megállapítás, hogy a genetikai diverzitás csökkenésével a környezeti tényezők egyre fontosabbá válnak egy adott tápnövény közösségeinek stabilitása, valamint fennmaradása szempontjából (Bangert és mtsai, 2006b, c).

A tápnövény genetikai variabilitásának hatása a kapcsolódó közösségekre számokban

Az utóbbi tíz évben születtek olyan tanulmányok is, melyek a tápnövény genetikai változatosságának hatását az ízeltlábú közösség szerkezetére diverzitására vonatkozóan számszerűsítették (Dungey és mtsai, 2000; Hochwender és Fritz 2004; Wimp és mtsai, 2005). Johnson és mtsai (2006) A parlagi ligetszépe mesterséges parcelláin végzett vizsgálataik során arra jutottak, hogy egy genotípus megjelenése az ízeltlábúak fajgazdagságát 0,46 fajjal növeli, míg omnivorok és predátorok esetén az egyedszám tekintetében 0,4, illetve 0,15 egyed/genotípus növekedést regisztráltak.

Keith és mtsai (2010) szerint a *Populus angustifolia*, mint alapító faj, 89%-ban határozta meg a rajta kialakuló ízeltlábú közösséget. Wimp és mtsai (2005) a hibrid- és alapfajok tanulmányozása során arra a következtetésre jutottak, hogy a tápnövény genetikai diverzitása csaknem 60%-ban magyarázza a tápnövényen, esetükben nyárákon kialakuló ízeltlábú közösségek változatosságát. Tovar-Sánchez és Oyama (2006) hibrid tölgyek esetén azt tapasztalta, hogy a tápnövény genetikai diverzitása 78%-ban magyarázza a rajta létrejövő ízeltlábú közösség változékonyságát.

A tápnövény genetikai variabilitása és az időtényező

A tápnövények és az őket fogyasztó herbivorok dinamikusan változó rendszert hoznak létre, melyben mind az ízeltlábú közösségek minősége és mennyisége, mind a tápnövény genetikai diverzitása az évek során megváltozhat. A tápnövény a vegetáció időszakában meghatározott fenológiai fázisokon halad át, melyek befolyásolhatják interakcióit. Ezek a kölcsönhatások magukba foglalják mind a tápnövény genotípusai között zajló akár kompetitív, akár mutualista kapcsolatokat, mind az ízeltlábúak által előidézett, a tápnövény érzékenységtől nagyban függő kölcsönhatásokat is (Crutsinger és mtsai, 2008). Bernays és Funk (1999) szerint a vegetáció korai időszakában jelentkező monofág ízeltlábúak, így a gubacsképzők, könnyebben meg tudják különböztetni a tápnövények genotípus összetételét, minőségét, mint a generalista herbivorok. Hasonló eredményre jutott Crutsinger munkatársaival (2008), miszerint a vegetációs időszak elején *Solidago altissima* teszt növényeken 60%-ban specialista ízeltlábúak jelentek meg, ezzel szemben a vegetáció végén 94%-ban már polifág fajok voltak jelen. A vegetáció korábbi időszakában kialakuló ízeltlábú asszociáció képes befolyásolnia a vegetáció későbbi időszakának ízeltlábú összetételét, mind minőségét, mind felépítését tekintve (Van Zandt és Agrawal, 2004), így a tápnövény genotípusos diverzitásán alapuló várakozást pozitív vagy negatív irányba tudja eltolni.

Johnson és mtsai (2006) a genetikai diverzitás növekedéséhez kapcsolódó ízeltlábú fajsám emelkedést a parlagi ligetszépe növekedési időszakának végén, a virágzást megelőzően tapasztalták. Hasonló eredményre jutottak Crutsinger és mtsai (2008) az aranyvessző vizsgálata során, miszerint a tápnövény virágzási időszaka a herbivor és omnivor rovarok fajgazdagságára jelentős hatást gyakorolt.

A társult közösségek örökölhetősége

A közelebbi rokonságot mutató tápnövényekhez hasonló ízeltlábú közösségek fognak társulni. Bangert és mtsai (2006a) ezek alapján feltételezik, hogy a tápnövény genetikai hátterének megváltozása maga után vonja a kapcsolódó ízeltlábú közösség megváltozását is.

Fritz és Price (1988) két évig szabályozott körülmények között vizsgálta két fűz klón gubacsképző levéldarázs közösségeit. Véleményük szerint a klónok genetikai hátterének ismeretében megjósolható a kialakuló levéldarázs közösség összetétele. Floate és Whitham (1995), illetve Floate és mtsai (1996), a nyárákon végezett vizsgálataik során osztották azon véleményt, hogy

az ízeltlábú közösségek előre jelezhetők a növények keresztezési típusaitól függően, illetve fordítva: a keresztezési típusok ismeretében jelezhetők előre az ízeltlábú közösségek.

Johnson és Agrawal (2005) vizsgálataiban a parlagi ligetszépe asszociációit jellemző mérőszámok közül az egyedszámot, a Simpson diverzitási indexet és a fajgazdagságot tartják „örökölhetőnek”. Ezek a mérőszámok egyúttal a közösség fenotípusát is meghatározzák.

Keith és mtsai (2010) vizsgálataikban úgy találták, hogy különböző genotípusú tápnövényeken szignifikánsan különböző ízeltlábú közösségek alakulnak ki, ezek a különbségek évről-évre következetesen fennmaradnak, vagyis a közösségek összetétele évről-évre örökölhető és ismételhető. Ha a közösségek összetétele örökölhető és ismételhető, akkor a közösségek tulajdonságai, mint a stabilitás is, örökölhető, és genetikai befolyás alatt áll. Öröklődés esetén a növény genotípusának a közösségeket strukturáló ereje, valamint a természetes szelekcióban játszott szerepe is hatványozottan érvényesül. Az öröklődés mechanizmusát tekintve arra a következtetésre jutottak, hogy az alapító fajhoz közvetlenül kapcsolódó *P. betae* nagyobb gyakoriságot mutatott azokon a genotípusokon, ahol az adott évre vonatkozó szimilaritási index nagyobb volt. Azonban a diverzitás-stabilitás hipotézis is beigazolódott annyiban, hogy azokon a genotípusokon, ahol nagyobb fajgazdagságot tapasztaltak ott a vizsgálati évek szimilaritása is nagyobb volt, habár a kapcsolat gyengébbnek minősült, mint az alapító faj hipotézis esetén. Keith és mtsai (2010) hipotézise szerint egyes fák genotípusai eredendően stabilabb ízeltlábú közösségek kialakulását támogatják, mint mások. A diverzitás-stabilitás hipotézis, egy közösség stabilitását úgy tekintik, mint a közösség tagjainak kölcsönhatásaiból és a környezet adottságaiból felépülő jellemzőt, amit a biomassa, az egyedszámok és az ökoszisztéma termelékenységének szempontjából értékelnek (McCann, 2000; Symstad és mtsai, 2003; Tilman mtsai, 2006; Weigelt és mtsai, 2008).

Van azonban néhány olyan tanulmány is, melyben a populáció stabilitását a fajok diverzitásának növekedése negatív (Gonzalez és Descamps-Julien 2004; Tilman és mtsai, 2006) vagy éppen pozitív irányba befolyásolta (Romanuk és Kolasa 2004; Steiner és mtsai, 2005).

A környezet hatása

A növényeken előforduló herbivorok egyedszámát a környezeti tényezők mind közvetlen, mind közvetett módon képesek befolyásolni (Fritz és mtsai, 1994). Bangert és mtsai (2006a) szerint a legkisebb egységnek a mesterséges kísérleti terület 1 m²-e tekinthető, ahol a környezeti hatások eltérése már lényegében megszűnik.

Paige és Capman (1993) vizsgálatai szerint a környezeti hatások nagyobb mértékben befolyásolták a nyárákon a tetvek károsítását, mint azok a genetikai különbségek, amik a szülők és hibridjeik között mutatkoztak. Hasonlóképpen vélekedett Boecklen és Spellenberg (1990), amikor két különböző helyen tanulmányozta tölgy szülőfajok és hibridjeik herbivor rovar közösségeit. Az egyik vizsgálati helyen, a hibrideken szignifikánsan alacsonyabb volt a rovarok egyedszáma és diverzitása, míg a másik helyen a szülők és hibridjeik között ilyen szempontból különbségek nem adódtak. Bridgeland és mtsai (2010) szerint általában a csapadékviszonyok a biomassza mennyiségén keresztül befolyásolják a kialakuló ízeltlábú közösségek faj- és egyedszámát. A szárazabb körülmények csökkentik, míg a nedvesebbek növelik a kapcsolódó ízeltlábú közösségek faj- és egyedszámát.

Smith és mtsai (2010) azt tapasztalták, hogy a *Populus angustifolia* alacsonyabban fekvő (1300 m, 1392 m) kísérleti területein a gubacsok száma negyvenszer több volt, valamint a gubacsok mérete is jelentősen nagyobbak bizonyult minden nyár genotípuson, mint a magasabban fekvő (1587 m) helyeken. Ezen eredmények szerint a gubacsok méretét a környezeti tényezők jelentősen befolyásolják, míg a gubacsok száma, a tetvek száma gubacsonként és a predáció által károsított gubacsok száma, az 1300 és 1392 m-en a vizsgált genotípusokat együttesen tekintve, szignifikáns különbséget nem mutattak. Azonban az adatokat részletezve, két nyár genotípusnál az alacsonyabban fekvő területen a gubacsonkénti tetűszám valamivel magasabb, míg másik kettőnél valamivel alacsonyabb volt. A gubacs mérete befolyásolja szelekciójukat, hiszen egyes megfigyelések szerint a madarak a nagyobbakat, míg más predátorok [pl. poloskák az *Anthocoris nemorum*, *A. nemoralis* és az *A. minki*, valamint egyes katica fajok (Dunn, 1960; Urban, 2004)] a kisebbeket részesítik előnyben.

Thompson (2005), valamint Smith és mtsai (2010) szerint a közösségek genetikája és a földrajzi mozaikosság segít magyarázatot adni a közösségek felépítésére, a fajok közötti interakciókra és a természetes szelekció mechanizmusára. A földrajzi mozaikosság elmélete azt magyarázza, hogy a fajok közötti interakciók és a természetes kiválasztódási rendszerek a környezeti tényezők függvényében hogyan változhatnak (Thomson, 2005). Barbour és mtsai (2009) *Eucalyptus globulus* különböző helyekről származó egyedeinek ízeltlábúakkal és gombákkal alkotott kapcsolatrendszerét hasonlították össze egy adott helyen. Megállapításaik szerint egy adott genotípusú növényen kialakuló ízeltlábú és gomba asszociációkra a növény-földrajzi származása is hatással van.

Boecklen és Spellenberg (1990) véleménye szerint a földrajzi elterjedés, a környezet, a hibridek származása (keresztezés, visszakeresztezés), a szelekciós hatások, a hibridek és a

szülőfajok kémiai és morfológiai hasonlósága azok a tényezők, amelyek jelentős hatással bírnak egy adott faj, hibrid vagy klón herbivor érzékenységét illetően.

3.2. A vizsgálatokban szereplő nyárfajok és fajták

Az északi féltekén a *Populus* nemzetség körülbelül harminc faja terjedt el szélesebb körben. A nemzetséget képviselő mintegy 50 faj és számos fajtájukat egyes szerzők hat (Rehder, 1947; Dickmann és Stuart, 1983; Eckenwalder, 1996), míg mások öt szekcióba sorolják (Gencsi és Vancsura, 1992; Tóth, 2006). A legújabb, nyárrakra vonatkozó genetikai kutatások azonban mindkét felosztást némileg módosították. Az *Abaso* szekcióba sorolt *P. mexicana* valószínűleg nem tartozik a *Populus* nemzetségbe (Rajora és Dancik, 1995; Cervera és mtsai, 2005), míg a *P. nigra* vagy egy külön szekcióba, az úgynevezett *Nigrae-ba*, a *P. deltoidestől* elválasztva szerepelne, vagy a *Tacamahaca* egy alszekciójába kerülne át (Cervera és mtsai, 2004). A ma ökológiai fontossággal bíró fajok a *Leuce* Duby, az *Aigeiros* Duby és a *Tacamahaca* Spach. szekcióhoz tartoznak.

A fás növények között a *Populus* nemzetségbe tartozó fajok kiváló modellfajai mind a molekuláris genetikai (Cervera és mtsai, 2005), mind az ökológiai kutatásoknak (Bangert és mtsai, 2006b). A genetikai kutatásokban azért népszerűek, mert gyorsan növekvő, vegetatív úton könnyen szaporítható, egyszerűen keresztezhető, kis genomméretű és *Agrobacterium tumefaciens*szel transzformálható fajok tartoznak közéjük. Ökológiai kutatásoknál, szintén a gyors növekedésük, szélbeporzásuk, széleskörű tűrőképességük, továbbá azon tulajdonságuk miatt kedvelik őket, mert számos fajuk a korai szukcessziós társulásokban fordul elő. Többségében könnyen és gyorsan terjedő fajok, melyek a bolygatott élőhelyeken is hamar megtelepsznek (Vanden Broeck és mtsai, 2005; Philippe és Bohlmann, 2007). Egyesek elviselik a levegő szennyezettségét, mások a sovány talajon is jól nőnek, oxigéntermelő képességük – összefüggésben az intenzív növekedési erélyükkel – az egyik legjobb a fafajok közül (Schmidt, 2003). Whithman és mtsai (1996) az északi féltekén az ártéri társulások legproduktívabb tagjaként említi a nyárrakat.

Vegetatív és generatív reprodukciójuk egyaránt hatékony (Philippe és Bohlmann, 2007). Jellemzően kétlakiak, de kivételesen egylaki egyedek is előfordulhatnak közöttük. A szélbeporzás következtében gyakori a spontán hibridizációjuk, ami rendkívüli formagazdagságukat is magyarázza (Tóth, 2006). Rajora és Zsuffa (1984) beszámol mind szekción belüli spontán, mind mesterséges hibridizációjukról, valamint az *Aigeiros* és a *Tacamahaca* szekciók közötti szexuális kompatibilitásról, mesterséges és természetes kereszteződésükről is.

A kísérleteim jellegéből adódóan a következőkben az *Aigeiros* (Duby) és a *Tacamahaca* (Spach.) szekció részletesebb ismertetésére kerül sor. A *P. nigra* (L.) az *Aigeiros* szekcióba tartozó faj. Természetes elterjedésének határai Európában az 55., Ázsiában a 60. szélességi körtől a 30. szélességi körig, Afrika északi partvidékének magasságáig terjed. Természetes areáján kívül sokfelé ültetik. Magyarországon a nagyobb folyók ártereinek fája. A múlt században a Duna-Tisza közti homokvidéken is megtelepítették. A középhegységek völgyeibe 300 m tengerszint feletti magasságig hatol fel (Gencsi és Vancsura, 1992; Vanden Broeck, 2003). Fekete és Blattny (1913) a Kárpát-medencében, a mai Magyarország határain kívül, az Alpok lábainál 380 m, a Bihar-hegységben 460 m, a Dráva-Adria közti Alpokban 924 m tengerszint feletti magasságig említi.

Az Országos Erdőállomány Adatár 2011. január 1-i állapota szerint Magyarországon a nyár állományok 62,88%-a az *Aigeiros* szekcióhoz tartozott, ebből 61,77% volt a nemesnyár. A nemesnyarak 99,96%-a *Aigeiros* szülőkkkel, míg a maradék 0,04% a *Leuce* szekcióba tartozó szülővel rendelkezett. Ellenben a hazai nyarak között 92,2% a *Leuce*, a maradék (*P. nigra*) az *Aigeiros* szekcióba tartozott (MgSzH, 2011). A nyárállományokon belül a *Leuce* szekció térfoglalása határozott növekedést mutat az *Aigeiros* szekcióba tartozó fajokkal, illetve fajtákkal szemben, elsősorban természetvédelmi okokból.

A *P. nigra* 'Italica' a fekete nyár legismertebb változata. Két-három héttel korábban fakad, és lombját később hullatja, mint a fekete nyár. Csak porzós példányai vannak. Pontos származása ismeretlen. Feltehetőleg Olaszországban keletkezett mutáció útján, és a 17. században szelektálták ki. A 18. század utolsó évtizedeibe jutott el Közép- és Nyugat-Európába. Egész Európában jellegzetes tájalakító elem, a síkságok egyhangúságát megszakítja, illetve ellensúlyozza (Gencsi és Vancsura, 1992). „A jegenyenyár, mint díszfa, különösen fasorokat képezve, rendkívül emeli a táj szépségét.”(Fekete és Mágócsy-Dietz, 1896.)

A *P. deltoides* (Bartr. ex Marsh.) atlantikus Észak-Amerikai faj. Természetes areája Kanada déli részétől a Mexikói-öböl, az atlanti partoktól a Sziklás- hegységig terjed. A síkságok és a folyóvölgyek fája, ahol kisebb csoportokban, elegendően vagy elegendesen fordul elő. Jelenleg két változatát különböztetik meg: a *P. deltoides* var. *deltoides* (keleti változat) és a *P. deltoides* var. *occidentalis* (nyugati- vagy síksági változat). Korábban is két alfaját említették: az egyik a *P. deltoides* ssp. *monilifera* (keleti, északkeleti típus), a másik a *P. deltoides* ssp. *missouriensis* (déli típus) volt. Angliában az 1700-as évek elején ültettek először *P. deltoidest*. Nyugat- és Dél-Európában az 1800-as években a *missouriensis* típus terjed el. Azonban néhány dekoratívabb klón kivételével a faj nem tudott nagyobb teret hódítani Európában, inkább csak a fekete nyárral alkotott hibridjei. A hibridizáció a kezdeti időszakban spontán módon

ment végbe. A nyár mesterséges hibridek előállítására csak az 1930-as években kezdődött (Gencsi és Vancsura, 1992).

Spontán hibridizációval keletkezett a vizsgálatomban előforduló *Populus x euramaricana* 'Robusta' hibrid, melyet az 1800-as évek végén szelektáltak Franciaországban. Szülei feltehetőleg *P. deltoides* cv. Cordata ♀ x *P. nigra* 'Plantierensis' ♂ voltak. Hímivarú klón. Középkorai fakadású (április közepe), lombhullása – különösen száraz körülmények között – korai. Viszonylag széles ökológiai tolerancia jellemzi. Nedves termőhelyen a gombabetegségekre fogékonyabbá válik (Gencsi és Vancsura, 1992).

Mesterségesen előállított Euramerikána hibrid a *Populus x euramaricana* 'Koltay', szülei a *P. deltoides* S-1-526 [*P. deltoides* V5 (Iowa, USA) x *P. deltoides* V9 (Missouri, USA)] x és a *P. nigra* Lassi (Magyarország). Hímivarú nyárfajta. Középkorai fakadású (április közepe). Levélrozsdára nem érzékeny, a barna levélfoltosság (*Drepanopeziza* spp. / *Marssonina* spp.) fertőzésével szembeni érzékenysége jelentéktelen (Tóth, 2006). A *Populus x euramaricana* 'Pannónia' egy polihibrid jellegű fajta. Szülei: *P. deltoides* S-1-54 ♀ (Belgium) [*P. deltoides* A 142 (Iowa, USA) x *P. deltoides* A 148 (Missouri, USA)] x *P. nigra* Lébény 211 ♂ (Magyarország) [*P. nigra* x *P. nigra* 'Italica']]. Nőivarú nyárfajta. Középkorai fakadású (április első fele-közepe), lombhullása kései. Ökológiai toleranciája kedvező. Levélrozsdára nem érzékeny, a barna levélfoltosság fertőzésével szemben kismértékű érzékenységet mutat (Gencsi és Vancsura, 1992; Tóth, 2006).

Az amerikai eredetű, *Tacamahaca* szekcióba tartozó *P. trichocarpa* (Torr és Gray) a Sziklás-hegységtől nyugatra fekvő területek jellemző fája. Elterjedési területein jelentősen eltérő rasszai alakultak ki. Európában elsősorban az északi rasszhoz tartozó típusai terjedtek el. A vizsgálatomban szereplő *P. trichocarpa* 'Muhle Larsen' fajtát az 1970-es években szelektálták. A *P. maximowiczii* kelet-ázsiai származású faj (Gencsi és Vancsura, 1992; Tóth, 2006). A Kórnik fajta *P. maximowiczii* x *P. nigra* 'Italica' hibridje. Pohl és Stecki állította elő 1950-ben, a lengyelországi Kórnikban. Identifikációs száma: PK-126-55. Nőivarú nyárfajta. Korai fakadású, betegségeknek, kártevőknek ellenáll (Schmidt és Tóth, 2006).

A nyárak természetes elterjedési területükön termetüknek, viszonylag hosszú élettartamuknak és ökológiai dominanciájuknak köszönhetően az ízeltlábúak széles körével alakítanak ki lazább vagy akár bensőségebb kapcsolatokat (Whithman és mtsai, 1996). Ezen kiterjedt, bensőséges kölcsönhatások eredményeképpen a nyárak működőképes, többségében hatékony védelmi mechanizmusokat alakítottak ki a károsítóik ellen. Ez a többkomponensű rendszer magában foglalja a kémiai (pl. másodlagos anyagcseretermékek), biokémiai (pl. közvetlenül a

herbivorokra ható fehérjék és enzimek), fizikai (pl. anatómiai módosulások) és az ökológiai vagy közvetett védelmi (pl. predátorok, parazitoidok) mechanizmusokat.

A növények, mint tápanyagok, kémiai összetételük révén képesek közvetlen hatást gyakorolni az ízeltlábú közösségek kialakulására, és ez szoros összefüggést mutat a védekezési mechanizmusokkal is. Bangert és mtsai (2006a) vizsgálatai rávilágítottak arra, hogy a genetikailag közelebb álló nyárfák hasonló fitokemikáliákat állítanak elő, ami hasonlabb ízeltlábú közösségek kialakulás teszi lehetővé rajtuk, mint az eltérő genetikai háttérrel rendelkező fák.

A nyárok kémiai védekezésében jelentős szerepet töltenek be a fenolok. Jelenlétükkel és hatásmechanizmusukkal Tsai és mtsai (2006) foglalkoztak a nyárfajok genomanalíziséhez kapcsolódóan. Ebben a vegyületcsoportban a nyárok kémiai védekezési mechanizmusai szempontjából kiemelt jelentőségűek a fenolglükozidok, a hidroxicinnamát származékok és a kondenzált tanninok. Philippe és Bohlmann (2007) úgy vélik, hogy a fenolglükozidok fontos szerephez jutnak a nyárokra megjelenő herbivor rovarközösségek minőségi és mennyiségi jellemzőinek kialakításában. A fenolglükozidok aránya a különböző nyárfajokban jelentős eltéréseket mutat (Osier és Lindroth, 2004; Stevens és Lindroth, 2005).

Természetes úton keletkezett nyárhibrideknél Schweitzer és mtsai (2004), továbbá Bangert és mtsai (2006a) szoros korrelációt mutattak ki az ízeltlábú közösség és a növény tannintartalma, valamint a tápnövény genetikai háttere között. A kondenzált tanninoknak mind kémiai felépítése, mind ökológiai szerepe változatos a növényvilágban. Nemcsak a rovarok elleni védekezési mechanizmusok szempontjából fontosak, de antimikrobiális hatásuk is ismert és bizonyos fokú védelmet biztosítanak az ultraibolya sugárzással szemben is (Hagerman és Butler, 1991; McAllister és mtsai, 2005). A tanninok a fitofág rovarok esetén gátolják a táplálékok felszívódását és zavarokat okoznak a rovarok emésztésénél a középbélben (Hagerman és Butler, 1991). Mennyiségük jelentős eltéréseket mutat a különböző nyár fajok és egyazon faj különböző genotípusai között (Greenaway és mtsai, 1991, 1992). Értéke a levél száraz tömegére vonatkoztatva 0,5-20% között mozoghat (Swain, 1979; Salminen és mtsai, 2004). Jelentőségüket tovább növeli, hogy nyár fajoknál a sérülések tannin-tartalom növekedést indukálnak (Constabel, 1999).

A flavonoidok szintén a fenolos szerkezetű vegyületekhez tartoznak és a növényi anyagcsere másodlagos termékei. A *P. trichocarpa* faj esetén Tsai és mtsai (2006) kiterjedt géncsaládot azonosított, mely a flavonoid metabolizmusért felelős, és pozitívan befolyásolja a nyár fajok kémiai védekezési mechanizmusát.

Nyáráknál a biokémiai folyamatok védekezési mechanizmusokban betöltött szerepét fokozza, hogy bizonyos proteinek és enzimek közvetlenül is képesek a fitofág rovarok ellen fordí-

tani (Philippe és Bohlmann, 2007). A proteázok például képesek a rovarok emésztőenzimeirez kötődni, aktivitásukat csökkenteni, és ezzel egyidejűleg a fehérjelebontás hatékonyságát csökkenteni. A rovar fejlődése az aminosavak hiányában hátráltatott, valójában a rovar éheznek (Broadway és Duffey, 1986; Ryan 1990). Ilyen felülszabályozott proteín a Kunitz proteáz inhibitor is, mely nemcsak rovarkárosításoknál, de sebzéseknél is fontossá válik a nyárák válaszreakcióiban (Haruta és mtsai, 2001; Christopher és mtsai, 2004; Major és Constabel 2006; Ralph és mtsai, 2006). Jongasma és mtsai (1995) arról számolnak be, hogy ebben a folyamatos akció-reakció rendszerben már néhány rovarfaj képes előállítani olyan emésztési enzimet, mely kevésbé érzékeny a proteáz inhibitorok gátló hatására.

Az endokitináz enzimek a nyárák élettani folyamataiban számos funkcióval bírnak. Szerepük van a gombabetegségek elleni védekezési mechanizmusok kialakításában (Collinge és mtsai, 1993; Neuhaus 1999; Noel és mtsai, 2005), a herbivorok károsításának valamint a mechanikai sérülések negatív hatásainak mérséklésében is (Philippe és Bohlmann, 2007).

A nyáráknál a polifenol oxidázok jelentőségére a herbivorok elleni védekezésében Wang és Constabel (2004) hívta fel a figyelmet. Felton és mtsai (1989, 1992) rámutattak, hogy a polifenol oxidázok felelősek a quinonok megjelenésért a rovarok bélrendszerében, mely anyagok az aminosavak felszívódását jelentősen csökkentik és így hatása a rovarok fejlődésének gátlásában is megmutatkozik.

Arimura és mtsai (2004) további, a nyárák közvetlen és közvetett kémiai védekezésében részt vevő kis molekulatömegű fenoljairól, a benzol-cianidról és különböző mono-, szeszkvi- és homoterpenoidjairól számoltak be. Ezen illékony szerves komponensek megjelenését a nyárákban a herbivorok károsítása váltja ki. Ezek az anyagok a rovarkárosítókra közvetlen repellens hatással bírnak, míg közvetve vonzó hatást fejtenek ki a herbivorok predátoraira és parazitoidjaira (Mondor és Roland 1997, 1998; Havill és Raffa 2000). Baldwin és Schultz (1983) kimutatta, hogy ezek az illékony szerves vegyületek szerepet kapnak a növények közötti kommunikációs folyamatokban is.

3.3. A nyárák levélfogyasztó ízeltlábúi

A nyárákon károsító rovarokkal számos magyar és külföldi irodalom foglalkozik. Egyes művek a fajok meghatározását, míg mások a károsításuk mértékének felbecslését, illetve a védekezés lehetőségeinek ismertetését tűzték ki célul. A dolgozat témájából adódóan egy-két speciális károsítási fajtól eltekintve [pl. *Aceria populi* (Nalepa 1890), *Phyllocnistis saligna* (Zeller 1839)] itt csak az *Aigeiros* és a *Tacamahaca* csoport tagjain levélfogyasztóként elő-

forduló ízeltlábúak rövid irodalmi áttekintésére kerül sor. A nyárok növényvédelmi problémáinak kutatásában a mai napig is egyedülálló eredményeket ért el számos magyar kutató. Györfi (1962) a nyárok lombozatán károsító rovarok közül kiemelt jelentőséget tulajdonított a *Chrysomela populi* (L. 1758), a *Ch. tremulae* (Fabricius 1787), a *Melolontha melolontha* (L. 1758), a *M. hippocastani* (Fabricius 1801), a *Leucoma salicis* (L. 1758), a *Hyphantria cunea* (Drury 1773), és a *Pemphigus bursarius* (L. 1758) fajoknak. Szontagh (1967, 1978, 1982, 1990) néhány évtizeddel később ezt a felsorolást további fajokkal egészítette ki, mint a *Phratora vitellinae* (L. 1758), *Byctiscus populi* (L. 1758), *B. betulae* (L. 1758), *Chalcoides (Crepidodera) spp.* (Chevrolat 1837), *Phyllobius spp.* (Germar 1824), *Polydrusus spp.* (Germar 1817), *Nycteola asiatica* (Krulikovsky 1904), *Clostera anastomosis* (L. 1758), *Lymantria dispar* (L. 1758), *Malacosoma neustria* (L. 1758), *Operophtera brumata* (L. 1758), *Subacronicta megacephala* (Denis et Schiffermüller 1775), *Orgyia antiqua* (L. 1758), *Orthosia gothica* (L. 1758), *Biston betularia* (L. 1758) és a *Zeugophora flavicollis* (Marsham 1802). Az 1980-as évek második felében, a tavaszi araszoló-komplex tagjainak jelentősebb felszaporodása idején Fittler (1987) és Folcz (1990) az *Operophtera brumata*, az *Erannis defoliaria* (Clerck 1759) és az *E. (Agriopis) aurantiaria* (Hubner 1799) nagyobb mérvű károsításáról is beszámolt nyárasokban. A három faj aránya a kártétel éve alatt többször változott. Fittler (1987) megfigyelései szerint leggyakoribb az *O. brumata* (50%), majd az *E. defoliaria* (30%) és végül az *E. aurantiaria* (20%) volt.

A külföldi szerzők további, nyáron kisebb-nagyobb kárt okozó fajokat is említenek, elsősorban a lepkék közül, így De Tillesse és Nef (1998) a *Cerura vinula* (L. 1758), a *Furcula spp.* (Lamarck 1816) fajokat, míg Liebhart (2009) a *Pterostoma palpinum* (Clerk 1759) fajt.

A nyár faültetvényekben jellegükből (monokultúra, intenzív erdőnevelés), illetve bizonyos környezeti változásokból adódóan időről időre újabb, korábban jelentéktelennek tartott fajok tömegesen léphetnek fel. Erre vonatkozóan hazai példák is ismertek pl. a *Pheosia tremula* (Clerk 1759) és a *Chrysomela cuprea* (Fabricius 1775) felszaporodása Monor környékén (Hirka és Csóka, 2010).

A nyáron gyakran előforduló fajok leírását megtalálhatjuk Tóth (1999) könyvében, míg Varga (2001) a nyárokra vonatkozó erdővédelmi problémákat tárgyalja részletesen. Az Erdővédelmi Figyelő-Jelzőszolgálati Rendszer (Leskó, -2003; Hirka, 2004-) évenként megjelenő kiadványa pedig hasznos adatokat tartalmaz például a nyárlevelészek, a nyárfa gyapjasleke, a nyárfa apróbagoly adott évre vonatkozó kártételi területeiről és a várható károsítási értékeiről.

A továbbiakban azon fajok részletes ismertetésére kerül sor, melyek a vizsgálataimban előfordultak. A fajok bemutatása funkcionális csoportok, ezen belül pedig rendek, illetve családok szerint történik.

A Chrysomelidae családba tartozó lombrágó fajok közül a *Chrysomela populi* és a *Ch. tremulae* károsítása a fiatal ültetvényekben, illetve a nyár anyatelepeken a legjelentősebb. Évente akár három-négy nemzedékük is kifejlődhet. Elsősorban a sima levelű klónokat fogyasztják. Károsításuk a jelentéktelen, szemmel éppen észlelhető kártól egészen a fák leveleinek tarra rágásáig bármilyen fokozatú lehet. Nagymértékben csökkenthetik a biomassza termelést, megakadályozhatják a hajtások megfelelő mértékű befásodását, vagy akár a fiatal növények pusztulását is előidézhetik (Györfi, 1962; Halupa és Simon, 1985; Liebhart, 2009; De Tillesse és Nef, 1998).

A *Phratora vitellinae* háromnemzedékes faj. Elsősorban a fiatal fákat veszélyezteti. Táplálkozási preferenciája csökkenő sorrendben a következő: *P. tremula*, *P. trichocarpa*, *P. nigra*, *P. deltoides* x *P. nigra* és *P. deltoides* x *P. trichocarpa* hibridek (Liebhart, 2009; De Tillesse és Nef, 1998).

Kaszab (1962) a fekete nyárákon a *Chalcoides nitidula* (L. 1758), a *Ch. lamina* (Bedel 1901), a *Ch. aurea* (Geoffroy 1785), a *Ch. fulvicornis* (Fabricius 1792) és a *Ch. aurata* (Marsham 1802) levélbolha faj előfordulását jelezte. Szontagh (1990) a leggyakoribb nyár- és fűz károsítók között említi őket.

Az ormányosbogarak közül számos *Polydrusus* faj okozhat levélfelületi veszteséget, elsősorban tavasszal, a fiatal nyárákon. A *Phyllobius* fajok, más lombos fajokon túl, általánosan jelen vannak a nyárákon is. Komolyabb kártételükre inkább csak más fajokkal együttesen kell számítanunk (Szontagh, 1990; De Tillesse és Nef, 1998).

Györfi (1962) megfigyelései szerint a *Hyphantria cunea* különösen kedveli a Robusta fajtát. A nyárfákon általában második nemzedékének egyedszáma és károsítási értéke a magasabb.

A *Leucoma salicis* és a *Clostera anastomosis* hernyóinak károsítása különösen fiatal ültetvényekben okozhat jelentős növedékvesztést (Halupa és Simon, 1985). Szontagh (1990) a *Clostera anastomosis* tekintetében a nyárfasorokat és az állományszéleket is különösen veszélyeztetettnek tartja. A *Clostera anastomosis* évente három, egymásba folyó nemzedéke van. Hernyói júniusban, júliusban és szeptemberben károsítanak. Az irodalmi adatok szerint a legnagyobb rágáskárt az első nemzedék hernyói okozzák. Gradációja egy-két évig tart. (Kovács, 1971; Szontagh, 1990; Tóth, 1969). A *Leucoma salicis* Szontagh (1990) a nyárfák leggyakoribb lepkekárosítójaként tartotta számon. Egy- és kétnemzedékes populációi is vannak. Hernyói április végén-májusban, illetve június végén, júliusban ráganak. Út menti fákon, nyár-

fásorokban, állományokban egyaránt előfordul. Állománykárosítás esetén gradációja egy-két évig tart (Szontagh és Tóth, 1988; Tóth, 1999).

A *Nycteola asiatica* kétnemzedékes faj. Hernyói májusban és október folyamán rágnak. Károsításuk elsősorban a vegetációs időszak második felében jelent gondot azáltal, hogy csökkenti a csemeték növekedését és gátolja a hajtások fásodását. Más lombfogyasztókkal társulva idősebb állományokban is okozhatnak növényvédelmi problémát (Szontagh, 1979, 1990; Szontagh és Tóth, 1988; Tóth, 1972; Tóth és Szontagh, 1977).

Az *Subacronicta megacephala* kétnemzedékes faj, hernyói július és október között vázасítanak. Általában a *Cerura* fajokkal együtt fordul elő.

Az *Orgyia antiqua* hernyói május, június és szeptember folyamán, elsősorban a nyár fiatalosokban, okozhatnak növényvédelmi problémát.

A *Biston betularia* kétnemzedékes araszoló faj. Hernyói nyár fiatalosokban okozhatnak kisebb-nagyobb rágáskárt (Szontagh, 1990).

A levéldarazsak közül szintén számos faj károsít a nyárákon. A *Trichiocampus grandis* (Serville 1823) álhernyói csoportosan, elsősorban a *P. nigra* 'Italica' fajtán és a *P. deltoides* klónokon táplálkoznak. Kedvező körülmények között akár évi két nemzedékük is kifejlődhet. Jelentős növekedésvesztést okozhatnak, különösen a fiatal állományokban (Berland, 1947; De Tillesse és Nef, 1998). A *Nematus caeruleocarpus*nak (Hartig 1837) évente két, kedvező körülmények között három nemzedéke van. Álhernyói csoportosan károsítanak a nyárák illetve a füzek levelein. A *Pristiphora compressicornis* [syn.: *Stauronematus compressicornis* (Fabricius 1804)] kétnemzedékes faj. Az irodalom a *T. grandis* és a *N. caeruleocarpus* esetén megemlíti a szűznemzés lehetőségét is, melynek során csak hím egyedek születnek. Mindhárom faj a talajban bábozódik (Berland, 1947).

Az általam vizsgált állományokban a nyárákon előforduló, aknát készítő fajok négy rovarrendből kerültek ki. A legnagyobb fajszámmal és károsítási szinttel a Lepidoptera rend képviseltette magát. A *Phyllocnistis saligna* (Zeller 1839) előfordulását a magyar irodalom csak a füzek jelzi (Gozmány, 1956; Csóka, 2003). Kígyóaknája a fiatal hajtás kérge és a levél epidermisze alatt halad. Kétnemzedékes faj (Szócs, 1977). A *Ph. suffusella* (Zeller 1847) [syn.: *P. unipunctella* (Stephens 1834)] a fekete nyárákon, hibridjeiken, esetleg a rezgőnyárákon aknázó faj. Jellegzetessége, hogy átlátszó, közvetlenül a levél epidermisze alatt haladó, kígyóaknájában ürülék nem látható. Járatait többnyire a levéllemez szélén készíti el. A levélben bábozódik. Két- (Csóka, 2003) vagy háromnemzedékes faj (Szócs, 1977). Hernyója júniusban és júliustól szeptemberig aknáz. Nef (1988) a Robusta hibriden a levelek kö-

zel 80%-os fertőzöttségét tapasztalta, míg a Ghoy klónon ez az érték 40% körül mozgott. Liebhart (2009) szerint inkább a korona alsó, árnyékosabb részein károsító faj. Előfordulására elsősorban agyagos, vizesebb élőhelyeken kell számítani, homokos területeken kevésbé gyakori (Nef, 1982). Nef feltételezi, hogy homokos talajon a tanninok mennyisége megnövekszik a növényekben, ami a *Ph. suffusella* egyedeinél a nagyobb mortalitást okozza. Nef (1986) vizsgálatai szerint a *Ph. suffusella* 25%-kal is képes csökkenteni a fotoszintetizáló felületet, ezzel egyidejűleg az ásványi anyagok és a polifenolok szintjét a növényben.

A *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke 1833) kétnemzedékes faj. Az Aigeiros szekcióba tartozó nyáron károsít. Hernyója június-július és szeptember-október folyamán aknáz a levél fonákán (Szöcs, 1977; Mészáros, 2005; Hering, 1957 in: Ellis, 2011). A *Phyllonorycter comparella* (Duponchel 1843) a magyar szerzők szerint csak a fehér nyáron (Szöcs, 1977; Csóka, 2003), Fairclough (1986) megfigyelései szerint a fekete nyáron is károsít. Életmódja és aknája nagyon hasonlít az előbb említett *Phyllonorycter* fajhoz. A *Phyllonorycter connexella* (Zeller, 1846) szélesebb tápnövény körrel bír, mind *Salix*, mind *Populus* fajokon előfordul. Aknáit június, illetve szeptember-október folyamán a levél fonákán, a levelet erősen összehúzza képezi (Szöcs, 1977). A *Phyllonorycter pastorella* (Zeller 1846) aknáit elsősorban a fűzeken, de esetenként a *Populus nigra* és *P. alba* levelein is előfordulnak (Ellis, 2011). A *Stigmella trimaculella* (Haworth 1828) a nyáron széles körben elterjedt, kétnemzedékes törpemolyféle. Kiszélesedő kígyóaknát készít a levél színén. Hernyója júliusban és szeptember-októberben aknáz (Szöcs, 1977; Ellis, 2011). Az *Ectoedemia hannoverella* (Glitz 1872) egynemzedékes faj. Hernyója októberben, november elején készíti el erek által határolt aknáit (Szöcs, 1977). A *Gypsonoma oppressana* (Treitschke 1835) hernyója szeptemberben készíti főér mellől induló, kiöblösödő aknáját, a levél színén. Általában egy levélen külön-külön aknában több hernyója is él (Szöcs, 1977).

Az *Aulagromyza populi* (Kaltenbach 1864) és *Aulagromyza populicola* (Walker 1853) a Diptera rend, Agromyzidae családjába tartozó fajok. Az *A. populi* zöldessárga, keskenyebb, kanyargós aknáját a *P. deltoides*, a *P. x euramericana* és a *P. nigra* levelének színén vagy fonákán képezi. Lárvai júniusban és szeptember-októberben károsítanak. Az aknán kívül bábozódik. Két, esetleg kétnemzedékes faj (Hering, 1957 in: Ellis, 2011). Az *A. populicola* zöldessárga aknáját a levél színén készíti el. A lárva július végétől, augusztustól károsítanak szeptember végéig. Az aknán kívül bábozódik. Tápnövényei megegyeznek az előbb említett fajéval (Ellis, 2011).

A *Fenusella hortulana* (Klug 1818) és a *Fenusella glaucopis* (Konow 1907) (Hymenoptera rend, Tenthredinidae család) álhernyói májusban a levél szélétől induló foltaknát készítenek.

Az irodalmi adatok a *F. hortulana* előfordulását csak a *P. nigrán*, míg a *F. glaucopis* előfordulását a *P. nigrán* túl a *P. albán*, *P. canescensen* és *P. tremulán* is jelzik (Altenhofer 1980; Berland, 1947; Ellis, 2011).

A *Isochnus sequensi* (Stierlin 1894) a *Salix* és *Populus* fajokon aknázó ormányos. A lárva augusztus és október között jelenik meg (Hering, 1957 in: Ellis, 2011). Egy aknában egy lárva él. Aknában bábozódó faj (Csóka, 2003; Ellis, 2011). A *Rhamphus pulicarius* (Herbst 1795) szintén az ormányosok közé tartozó, oligofág, egynemzedékes faj, mely aknáját augusztus és október között készíti az érzugokban. A sárguló levélen az aknát nem övezi zöld sziget. A lárva a lehullott levelekben telel, és az aknában bábozódik (Ellis, 2011). A *Tachyerges* nemzetség két faja a *T. decoratus*, (Germar 1821) és a *T. salicis* (L. 1758) általában a levél szélétől induló foltaknákat képez a fekete nyárok levelén. A *T. decoratus* esetén a szerzők többsége egyetért abban, hogy kétnemzedékes fajról van szó, mely április-május folyamán, valamint augusztusban aknáz a nyárok és a fűzek levelén (Augustin, 1998; Hering, 1957; Scherf, 1964 in: Ellis, 2011). A *T. salicis* Hering (1957) szerint egynemzedékes faj, mely június és augusztus között készíti el aknáit, míg Robbins (1991, in: Ellis, 2011) szerint kétnemzedékes faj, egy késő tavaszi és egy késő nyári aknázási időszakkal. Tápnövényei szintén a fűzek és nyárok közül kerülnek ki. Egy harmadik faj, a *T. stigma* (Germar 1821) tápnövényeivel kapcsolatban az irodalmi adatok kisebb-nagyobb eltéréseket mutatnak. Abban minden szerző egyetért, hogy a *T. stigma* előfordul az *Alnus glutinosa*, *Betula pendula*, *Corylus avellana*, *Salix caprea*, *S. cinerea*, *S. repens*, *S. viminalis* fajokon (Hering, 1957; Scherf, 1964; Robbins, 1991 in: Morris 1993). Roques (1998, in: Ellis, 2011) ezeken kívül *P. albán* és *P. nigrán* is jelzi megjelenését. Hering (1957 in: Ellis, 2011) májusi és augusztusi, míg Scherf (1964) egy elnyúltabb, június-augusztusi károsítási időszakot említ ennél a fajnál. Mind a *T. decoratus*, mind *T. salicis* és a *T. stigma* a talajban, kokonban bábozódó fajok.

A Chrysomelidae családba tartozó *Zeugophora* nemzetségnek három olyan faja fordul elő Európában, melyek a fekete nyáron károsítanak (Kaszab, 1962): a *Z. flavicollis* (Marshall 1802), a *Z. scutellaris* (Suffrian 1840) és a *Z. subspinosa* (Fabricius 1781). Ellis (2011) szerint a *Z. scutellaris* csak *P. tremulán* fordul elő. A külföldi irodalom megemlíti egy negyedik fajt is, a *Z. frontalis* (Suffrian 1840), de a taxonómusok zöme úgy véli, hogy ez a forma a *Z. scutellaris*-nak csupán egy színváltozata. Jong Eun Lee (1998) szerint a *Z. flavicollis*, a *Z. scutellaris* és a *Z. subspinosa* mandibulája kétfogú, míg Steinhausen (1994) és Urban (1922 in: Ellis, 2011) szerint a *Z. flavicollis*-nak háromfogú mandibulája van. Elsősorban a korona alsó, árnyékosabb részein károsító fajok. Lárvaik sötét, feketés-barna foltaknát készítenek a fűzek vagy a nyárok levél felszínén, június és szeptember között. A lárvaik csoportosan élnek

az aknában. A fajok az aknák alapján nem különíthetők el. A talajban bábozódnak (Ellis, 2011; Liebhart, 2009).

A sodratot készítő fajok közül az irodalmi áttekintésben három génuszt szeretnék kiemelni. A *Byctiscus populi* és a *B. betulae* egész Európában és Szibériában elterjedt, a Kárpát-medencében közönséges fajok. A *Byctiscus populi* monofág, míg a *B. betulae* polifág, egy-nemzedékes faj. Kártételük, az esetek túlnyomó többségében, a védekezési küszöbérték alatt marad (Endrődi, 1958). Szontagh (1990) szerint alföldi nyárasokban egyes időszakokban tömegesen károsítanak és ilyen esetben jelentős levélfelületi veszteséget okoznak. De Tillesse és Nef (1998) szerint előnyben részesítik a *P. deltoides* hibrideket.

A *Caloptilia stigmatella* (Fabricius 1781) holarktikus elterjedésű, kétnemzedékes, Gracillariidae faj. Az első nemzedék június-júliusban repül, a második ősztől tavaszig. Oligofág, nyáron, füzekén él (Gozmány, 1956).

A *Phyllocolpa* (Benson 1960) nemzetség tagjai elsősorban fűz levelekből, de alkalmanként a nyár leveiből is készítenek sodratot. A nyáron előforduló számos levéldarázs faj közül csak a *Phyllocolpa* fajok sodrata párosul hámozgatással (Berland, 1947).

A vizsgálatok jellegéből adódóan, a gubacsképző fajok közül itt az *Aceria populi*, a *Thecabius affinis*, a *Parathecabius lysimachiae* és a *Pemphigus* fajok irodalmi áttekintésére kerül sor. Az *Aceria populi* Európa nagy részén elterjedt, többnemzedékes, kizárólag a nyárhoz kötődő atkafaj. Az 5-15 mm nagyságú, karfiolszerű gubacsai a levélrügyeken képződnek. A gubacs színének megítélése szubjektív (Farkas, 1966; Csóka, 1997).

A *Thecabius affinis* (Kaltenbach 1843) és a *Parathecabius lysimachiae* (Borner 1916) egyaránt holociklikus, gazdaváltós tetűfajok. Mindkét fajnál az őszanya és a fundatrigéniák eltérő formájú gubacsot képeznek a fekete nyárak levelén. A *Parathecabius lysimachiae* Szelegiewicz és Szalay-Marzsó (2000) meglehetősen ritkának tartja Magyarországon.

A *Pemphigus* nemzetségbe számos, az északi féltekén széles körben elterjedt kozmopolita faj tartozik. Az eddig leírt *Pemphigus* fajok száma az irodalmi forrásokat tekintve kisebb-nagyobb eltéréseket mutat. Remaudière és Remaudière (1997) 65 fajról számol be, míg Blackman és Eastop (1994) több mint 70 fajt említ a világon. Ezek közül 46 faj képez a *Populus* fajok levélfelületén, levélerén, levélnyelén, rügyén vagy hajtásán gubacsot. A 'faunaeur' adatbázis mintegy 20 fajt tart nyilván Európában. A nyáron előforduló *Pemphigus* fajok leírásával a magyar szerzők közül Szelegiewicz és Szalay-Marzsó (2000), a külföldiek közül Stroyan (1964) foglalkozott behatóbban. Haracsi (1938) doktori értekezésé-

ben a levéltetvek fejlődéstani kérdéseit vizsgálta, melynek során egyik tesztfaja a *P. spyrothecae* volt. Magyarországon eddig 10 *Pemphigus* fajt tartottak számon: *P. borealis* (Tullgren 1909), *P. bursarius* (L. 1758), *P. fuscicornis* (Koch 1857), *P. immunis* (Buckton 1896), *P. phenax* (Borner et Blunck 1916), *P. populi* (Courchet 1879), *P. populinigrae* (Schrank 1801), *P. protospirae* (Lichtenstein 1885), *P. spyrothecae* (Passerini 1860), és *P. vesicarius* (Passerini 1862) néven (Csóka, 1997; Szelegiewicz és Szalay-Marzsó 2000). Ezek közül egyetlen faj, a *P. fuscicornis* él a Tacamahaca szekcióba tartozó nyárákon (pl. *Populus balsamifera* és *P. trichocarpa*), míg a másik kilenc faj a fekete nyárákon okoz gubacsot. Egyes fajok gubacsuk alapján is jól elkülöníthetők, de vannak fajok, melyek szétválasztása még a különböző fejlődési stádiumok morfológiai bélyegei alapján is nehéz, nagyobb gyakorlatot igénylő feladat. Az utóbbi 25 évben születtek olyan tanulmányok is, melyek a *Pemphigus* fajok szociális viselkedésére, egy fajon belüli morfológiai eltérésre hívták fel a figyelmet. Lampel (1969) elsőként publikált olyan tanulmányt, melyben a *P. spyrothecae* első lárvastádiumának eltérő alakjait és fejlődésmenetét említi. Ezen alakok funkcionális különbségeiről Aoki és Kurosu (1986) számoltak be először. A morfológiai eltérést az első lárvastádiumban az egyedek hátsó lábának megvastagodása, míg a fejlődésbeli különbségüket az adja, hogy a vastag lábú egyedekből általában szárnyatlan virginopárok, míg a normális egyedekből szárnyas virginopárok fejlődnek. A *P. spyrothecae* esetén a megvastagodott lábú egyedek nem feltétlenül sterilek (Aoki és Kurosu, 1986), míg például az *Astegopteryx styracicola* (Aoki és mtsai, 1977; Aoki 1979) fajnál az eltérő alakok mind sterilnek bizonyultak. Az ilyen, „katonákat” nevezett eltérő alakok legfőbb feladata a gubacs védelme a betolakodókkal szemben. Ezeket a „katonákat” eddig csak a valódi levéltetvek két alcsaládjánál, a Hormaphidinae és a Pemphiginae alcsaládnál, és ezeken belül is csupán 60 fajánál írták le (Stern és Foster, 1997). A „katonákkal” rendelkező fajok közös vonása, hogy mind gubacsképző. Eddig nyolc *Pemphigus* fajnál (*P. bursarius*, *P. dorocola*, *P. gairi*, *P. monophagus*, *P. obesinymphae*, *P. phenax*, *P. protospirae* és *P. spyrothecae*) figyeltek meg a gubacsképzés időszaka alatt, morfológiailag eltérő alakokat (Aoki és Kurosu 1986; Foster, 1990; Moran, 1993; Pike és mtsai, 2007; Rhoden és Foster 2002). Ezek közül a fajok közül öt ismert Európában.

A *Pemphigus* fajok holociklikusak, a legtöbb közülük gazdaváltó, csupán 4 faj az, amelyik teljes életciklusát a nyárfákon tölti. Ezek közül a *P. spyrothecae* Európában, míg a másik három faj [*P. monophagus* (Maxson 1934), *P. mongolicus* (Holman et Szelegiewicz 1974) és *P. siphunculatus* (Hille Ris Lambers, 1973)] Észak-Amerikában fordul elő (Aoki és Kurosu 1988). A gubacsok a fundatrixek szívása nyomán képződnek a nyárfák különböző részein. A fundatrigének a gubacsokban fejlődnek. A szárnyas alakok fajtól függően június és július kö-

zepe között elhagyják a gubacsot, és általában lágyszárú növények gyökerén hoznak létre új kolóniákat. Az egygazdás fajok őszi a gubacsokban maradnak. Őszre a gazdaváltós fajok is visszatérnek a nyárákra, ahol létrehozzák ivaros alakjaikat (Heie, 1980; Lampel, 1969; Stern és Foster 1996; Szelegiewicz és Szalay-Marzsó 2000).

A *P. gairi* (Stroyan 1964) gubacsát tekintve a *P. populinigrae*, illetve a *P. phenax* fajhoz hasonlít. Biztos elkülönítését az előbbi fajoktól a migráló szárnyas alak csápízeinek vizsgálatára kell alapozni (**1. táblázat**).

1. táblázat Három, hasonló gubacsot képző *Pemphigus* faj elkülönítése a csápon található másodlagos érzőgödrök száma alapján

<i>Pemphigus</i> fajok Csápíz	<i>P. gairi</i>	<i>P. phenax</i>	<i>P. populinigrae</i>
	Másodlagos érzőgödrök száma		
3. csápíz	7-12	6-12	12-18
4. csápíz	3-6	2-3	3-7
5. csápíz	1-4	0-3	4-7
6. csápíz	1-7	2-5	4-7

(Stroyan, 1964; Szelegiewicz és Szalay-Marzsó 2000 alapján)

A nyárákon elő *Chaitophorus* fajok egygazdás, holociklikus levéltetvek. Mono- vagy oligofág fajok, melyek a nyárok vagy fűzek levelén szívogatnak. A *Ch. populeti* (Panzer 1805), és a *Ch. nassonowi* (Mordvilko 1894) telepeit a hangyák látogatják, míg a *Ch. leucomelas* (Koch 1854) telepeit csak ritkán keresik fel (Szelegiewicz, 1977; Basky, 2005). A *Ch. populeti* táplálkozása következtében nagymértékben csökken a fák hajtás- és gyökérnövekedése (Basky, 2005). Ramírez és mtsai (2004) chilei vizsgálata szerint a hibrid nyárok eltérő érzékenységet mutatnak a *Ch. leucomelas* fertőzésével szemben. Nagyobb egyedszámban és nagyobb károsítással fordult elő azokon a hibrideken, ahol a *P. deltoides* szerepelt, mint szülőfaj [(*P. trichocarpa* x *P. deltoides*) x *P. deltoides*], míg kisebb egyedszámban és kisebb károsítást okozott azokon a hibrideken, ahol *P. maximowiczii* volt az egyik keresztezési partner [(*P. trichocarpa* x *P. maximowiczii*) x *P. trichocarpa*]. Amikor *P. nigra* volt az egyik szülő (*P. trichocarpa* x *P. nigra*) a *Ch. leucomelas* szintén magasabb egyedszámban volt jelen, de a károsítása valamivel mérsékeltebb maradt, mint a *P. deltoides* hibrideken. A *Pterocomma populeum* (Kaltenbach 1843) szintén egygazdás, holociklikus faj, mely a nyárok hajtásán szívogat (Gutiérrez és Mier, 1983). Bernal és Simarro (1986) vizsgálatai szerint a *P. populeum* gyakran előfordul a jegenyenyárákon, de esztétikai károkon kívül más elváltozást nem okoz.

4. A vizsgálatok anyaga és módszere

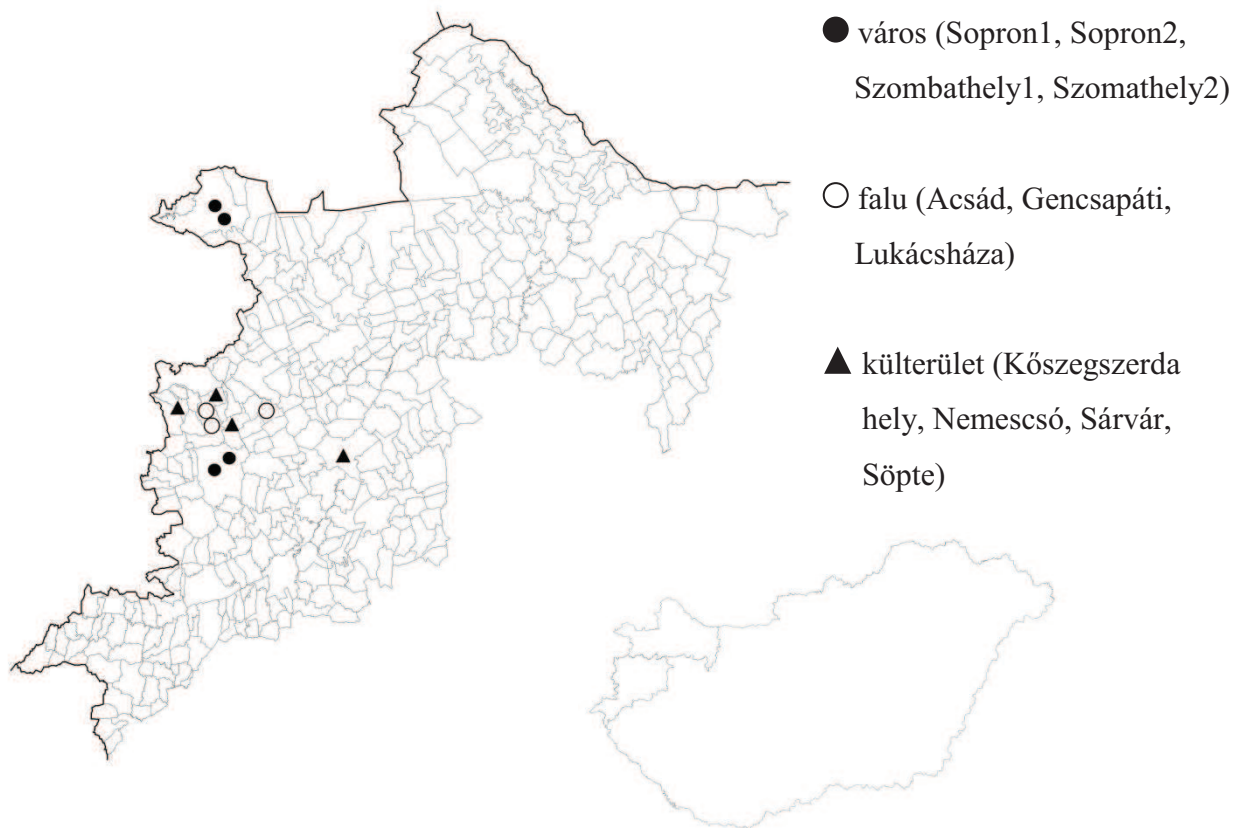
4.1. A vizsgálati területek általános jellemzői

Mindkét vizsgálat a Nyugat-magyarországi peremvidék nagytáján, azon belül az Al-pokalja és a Sopron-Vasi-síkság középtáján (Dövényi, 2010) került beállításra.

4.1.1. *Populus nigra* 'Italica' mintafák élőhelye

A *P. nigra* 'Italica' fák mintaterületei két megyében (**1. ábra**), változatos körülmények között kerültek kijelölésre (**2. ábra**). Négy mintaterület városban, három faluban és négy külterületen helyezkedett el (**2. táblázat**).

Tizenegy helyen 22 fát vizsgáltam meg, 2009-ben és 2010-ben, április közepe és október vége között, kétheti rendszerességgel.



1. ábra A *Populus nigra* 'Italica' fák mintaterületei



2. ábra A Szombathely1 jelű, a gencsapáti és a sárvári mintafák

2. táblázat A *Populus nigra* 'Italica' mintafák földrajzi adatai

Mintafák helye	x (K) koordináta	y (É) koordináta	Tengerszint feletti magasság (m)	Terület minősítése
Acsád	475095	222163	218	belterület falu
Acsád	475090	222165		
Gencsapáti	464161	220926	233	belterület falu
Gencsapáti	464164	220928		
Kőszegszerdahely	458570	224305	320	külterület
Kőszegszerdahely	458521	224283		
Lukácsháza	463455	223624	243	belterület falu
Lukácsháza	463423	223583		
Nemescsó	464646	225283	260	külterület
Nemescsó	464656	225296		
Sárvár	487216	212551	159	külterület
Sárvár	487225	212553		
Söpte	468918	219898	229	külterület
Söpte	468983	219934		
Sopron1	465129	262059	221	belterület város
Sopron1	465119	262046		
Sopron2	465435	263594	219	belterület város
Sopron2	465438	263581		
Szombathely1	465324	211708	220	belterület város
Szombathely1	465319	211710		
Szombathely2	467888	213311	209	belterület város
Szombathely2	467866	213306		

Az Alpokalja középtájon belül, a Soproni-medencében a mintafák agyagos-vályog mechanikai összetételű, kedvező vízgazdálkodású, magasabb szervesanyag-tartalmú, réti talajhoz közel álló mesterséges talajtípuson növekedtek. Az Ikva-patak miatt a talajvíz átlagosan 2-4 m közötti a Sopron2, míg a talajvíz a gyökerek számára el nem érhető mélységben található a Sopron1 vizsgálati helyen. A mérsékelt száraz és a mérsékelt nedves zónák határán elhelyezkedő, mérsékelt hűvös területről van szó.

A kőszegszerdahelyi fák a Kőszegi-hegység kistájban, vályogos szövetű, kedvező vízgazdálkodású, erősen savanyú, agyagbemosódásos barna erdőtalajon állnak. A tömör alapkőzet és a hegyoldal miatt a talajvíz ezen a területen nem jellemző. A terület mérsékelt nedves és mérsékelt hűvös. A Nemescsó külterületén található mintafák a Vas-hegy és Kőszeghegyalja kistájhoz tartoznak. Talajadottságait tekintve vályogos, jó vízgazdálkodású barnaföldek jellemzik Nemescsó határát. A talaj- és a rétegvíz mennyisége nem jelentős. A terület szintén a mérsékelt nedves és mérsékelt hűvös övezethez tartozik.

Az acsádi, gencsapáti, lukácsházi, söptei, valamint a szombathelyi fák a Gyöngyös-síkon találhatóak. A Gyöngyös völgyében mészmentes, nyers öntéstalaj a jellemző, alacsony szervesanyag-tartalommal. Acsádon erősen savanyú, gyenge termékenységű agyagbemosódásos barna erdőtalaj van. A Szombathely–Söpte vonalra a vályogos, jó víztartó képességű, kedvező termékenységű barnaföldek a jellemzőek. A szombathelyi mintaterületeken a talaj a fokozott, hosszú ideje tartó emberi behatások következtében átalakult mesterséges talajtípus. A talajvíz a vizsgálati helyeken 4 m-nél mélyebben van. A rétegvíz mennyisége átlagos. Mérsékelt hűvös, mérsékelt száraz területről van szó.

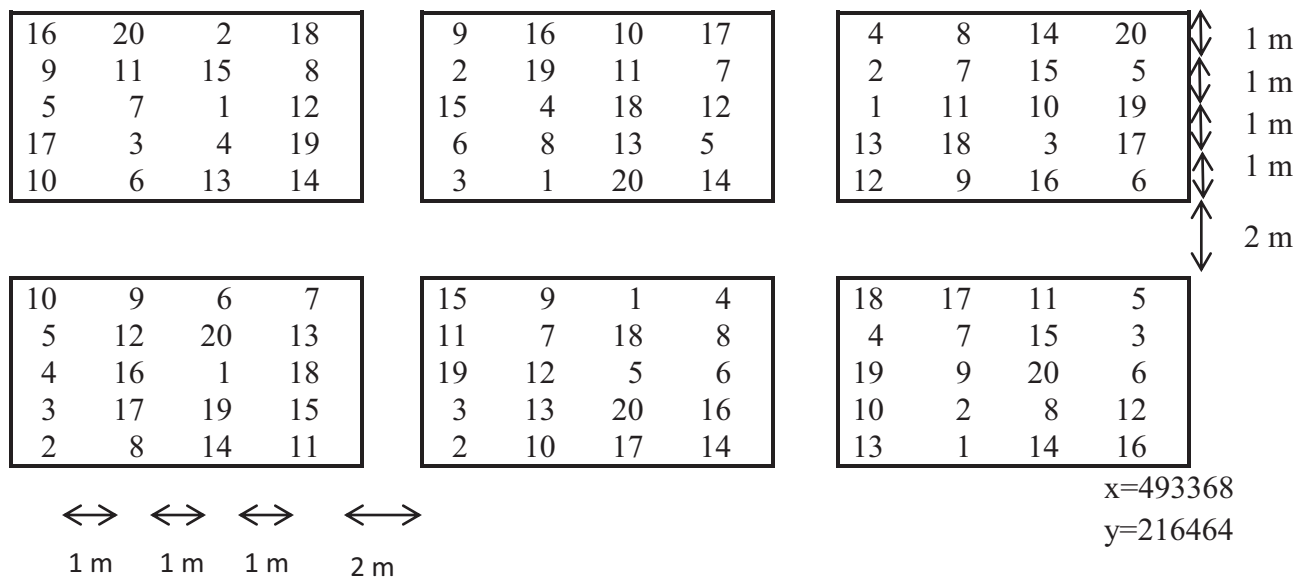
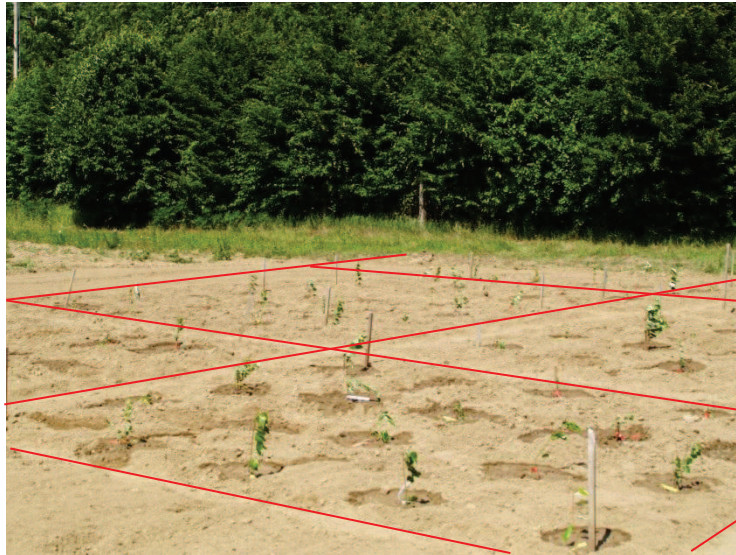
A Rába teraszos síkján a talaj vízgazdálkodása és szervesanyag-tartalma közepes, a talaj típusa a folyóvíz közelsége miatt öntés réti talaj. A talajvíz mélysége 4 m körüli, míg a rétegvíz mennyisége átlagos. Az éghajlatát illetően, mérsékelt hűvös, mérsékelt nedves terület. A termőhely típus meghatározása közvetett módszerekkel, illetve Dövényi (2010) nyomán történt.

4.1.2. A különböző *Populus* fajok, klónok és hibridjeik mintaterülete

A második kísérlet szempontjából fontos volt, hogy az eltérő környezeti hatásokat minimálisra csökkentsem, ezért a vizsgálat beállítására csemetekerti körülmények között került sor. A Bajti csemetekertben a fizikai talajféleség vályog, míg a genetikai talajtípus öntés erdőtalaj, 90 cm-es, azaz mély termőréteg vastagsággal. A terület hidrológiai viszonyait tekintve időszakos vízhatású. A rétegvíz mennyisége átlagos. Az éghajlatát illetően mérsékelt hű-

vös, mérsékelten nedves területéről van szó. A termőhely típus meghatározása részletes termőhely feltárás alapján történt.

Egy parcella 20 klónt tartalmazott. A klónok megfeleltetését a **3. táblázat** tartalmazza. A kísérlet hat ismétléses volt (**3. ábra**). A *Populus* fajok vizsgálati területének keleti sarokkoordinátái (x;y): 493368; 216464, a tengerszint feletti magassága pedig 149 m volt.



3. ábra A vizsgálatban szereplő, nyárfajok, klónok és hibridek, illetve a hat parcella elrendezése

3. táblázat A parcellákon belüli számozás és a klónok megfeleltetése

1. Robusta	11. <i>P. nigra</i> 5 fajtagyűjteményi szám: 72
2. Muhle	12. <i>P. nigra</i> 4 fajtagyűjteményi szám: 53
3. Pannónia	13. <i>P. nigra</i> 8 fajtagyűjteményi szám: 63
4. Koltay	14. Ghoy
5. PG 51 clone 4	15. S 9-2
6. PG 52 clone 6	16. V 24
7. Kórnik	17. <i>P. trichocarpa</i> 968
8. PW 5	18. <i>P. deltoides</i> 112
9. <i>P. nigra</i> 'Italica'	19. <i>P. nigra</i> 'Poli' ♂
10. <i>P. nigra</i> 1 fajtagyűjteményi szám: 27	20. <i>P. nigra</i> ♀

A dugványokat 2009 áprilisában tenyészedényekben gyökereztettem meg, kiültetésükre 2009. május 21-én került sor a Bajti csemetekertben.

A klónok mérete 2011 végére rendre meghaladta a 2,5 m-t. A legnagyobbak az 5 m-t is elérték (4. ábra).



4. ábra Előtérben 3,1 m magas *P. nigra* 'Italica', a háttérben 2,6 m V 24-es klón 2011 augusztusában

4.2. A vizsgálatba vont nyárfajok, klónok és fajták származása, valamint a kiválasztás kritériumai

A *P. nigra* 'Italica' mintafák kijelölésénél szempont volt, hogy harminc évnél idősebbek legyenek és ágrendszerük minél alacsonyabbról induljon. Legyen közöttük külterületen növő, utat kísérő sorfa, szántók szélén vagy patakpartokon álló fa, illetve belterületi park- vagy sorfa.

A különböző *Populus* fajok és klónok összevetését szolgáló kísérlethez Olaszországból, Belgiumból, Lengyelországból, Németországból és Magyarországról kaptam dugványokat.

A hibrideket Lengyelországból, Németországból és Magyarországról tudtam beszerezni. A hibridek és szüleik származási adatait a **4. táblázat** tartalmazza.

4. táblázat A vizsgálatban szereplő *Populus* hibridek és szülőfajok származási adatai

Név	Szülők	Származás
<i>Populus x euramericana</i> 'Robusta'	<i>P. deltoides</i> 'Cordata' ♀ x <i>P. nigra</i> 'Plantierensis'	Németország
<i>Populus x euramericana</i> 'Pannónia'	<i>P. deltoides</i> S-1-54 ♀ (Belgium) [<i>P. deltoides</i> A 142 (Iowa, USA) x <i>P. deltoides</i> A 148 (Missouri, USA)] x <i>P. nigra</i> Lébény 211 ♂ (Magyarország) [<i>P. nigra</i> x <i>P. nigra</i> 'Italica']	Magyarország
<i>Populus x euramericana</i> 'Koltay'	<i>P. deltoides</i> S-1-526 [<i>P. deltoides</i> V5 (Iowa, USA) x <i>P. deltoides</i> V9 (Missouri, USA)] x <i>P. nigra</i> Lassi (Magyarország)	Magyarország
<i>Populus</i> 'Kórnik'	<i>P. maximowiczii</i> x <i>P. nigra</i> 'Italica'	Lengyelország
<i>P. nigra</i> 'Italica'	<i>P. nigra</i> szelekció	Magyarország
<i>P. deltoides</i> S 9-2	<i>P. deltoides</i> V5 (Iowa, USA) x <i>P. deltoides</i> V1 (Ontario, Canada)	Belgium
<i>P. deltoides</i> 112	<i>P. deltoides</i> szelekció	Nagy-Britannia
<i>P. trichocarpa</i> 968	<i>P. trichocarpa</i> szelekció	Nagy-Britannia
<i>P. trichocarpa</i> V 24	<i>P. trichocarpa</i> szelekció	Belgium
<i>P. trichocarpa</i> 'Muhle Larsen'	<i>P. trichocarpa</i> szelekció	Németország

A fekete nyárok közül a *P. nigra* ♀ (58-861) Észak-Olaszországból (45°09'N, 7°01'E) származik. Az olasz Alpok közelében, közel a Dora Riparia folyóhoz, 597 m tengerszint feletti magasságon szelektálták. A *P. nigra* 'Poli' ♂ klónt Dél-Olaszországban (40°09'N, 16°41'E), a Sinni folyó torkolatánál a Jón-tenger közelében, 7 m tengerszint feletti magasságon gyűjtötték (Gaudet és mtsai, 2008). A PG 51 Clone 4 és a PG 52 Clone 6 dugványait Umbria DNy-i részéről a Paglia folyó mellől származnak (Villani szóbeli közlés, 2010).

A *P. nigra* 'Ghoy'-t Belgiumban, Brüsszeltől mintegy 50 km-re DNy-i irányban szelektálták Ghoy falu közelében (Zhang és mtsai 2001; Steenackers szóbeli közlés, 2010).

A *P. nigra* PW5-t Kłodawa közelében a Poznańt Varsóval összekötő út mellett gyűjtötték (Karlinski szóbeli közlés, 2010).

A kísérletben szereplő 4 magyar *P. nigra* klónt az Erdészeti Tudományos Intézet (ERTI) gyűjteményéből kaptam. Fajtagyűjteményi számuk és származásuk **5. táblázatban** szerepel.

5. táblázat A magyar *P. nigra* klónok adatai

Klónok	Faalakú gyűjteményi szám	Származás
1	27	Baja
4	53	Graupa (Németország)
5	72	ismeretlen
8	63	Bős (Szlovákia)

A Graupából származó klón még 1953-ban került Magyarországra és funkcionális csoportok adaptációjára vonatkozó vizsgálatok miatt a magyar klónok között hagytam.

4.3. A felvételezések módja és gyakorisága

Mindkét vizsgálatnál a nyárak lombzatán károsítóként előforduló rovarokat, fejlődési alakjukat és károsítási szintjüket jegyeztem fel. A lombfogyasztó rovarokat a következő hat funkcionális csoportba soroltam: lombrágók, vázasítók, aknázók, sodrók, gubacsképzők és phloemszívó (levéltetvek) fajok. A lombrágó és a vázasító fajok esetén a károsítás mértékének megadása a levélfelület százalékában történt. A sodrók, a gubacsképzők és az aknázók mennyiségét faj szerint darabszámban fejeztem ki. A levéltetű fertőzöttséget a módosított Banks-skála szerint állapítottam meg, melynek értékei a következők: 1= rendkívül gyenge fertőzés (egy-egy egyed, vagy a fiatal levelekre korlátozódó kezdetleges, kis kolóniák); 2= gyenge fertőzés (kis létszámú kolóniák); 3= közepes fertőzés (számos levéltetű, több nagy, de nem összefüggő kolóniában); 4= erős fertőzés (számos levéltetű, részben vagy teljesen összefüggő kolóniákban).

A *Populus nigra* 'Italica' mintafák vizsgálata 2009-ben és 2010-ben, április közepétől október közepéig-végéig (az időjárástól függően), minden hónap közepén és végén történt. Egy-egy ilyen alkalommal 2,5-3 m magasságig, fánként, amennyire a kísérlet jellege lehetővé tette véletlenszerűen⁴ választottam ki 50 levelet és néztem át.

A *Populus* hibrideket, szülőfajokat és klónokat tartalmazó kísérletet 2009-ben háromszor, 2010-ben és 2011-ben ötször értékeltem, a fák alsó, középső és felső szintjén elhelyezkedő, véletlenszerűen kiválasztott 5-5-5 levél vizsgálatával. A felvételezések pontos időpontját az **6. táblázat** tartalmazza.

⁴ Még a számítástechnikai nyelvek között sincs olyan véletlen szám generátor, ami valóban "random" értékeket adna. Valami szabályosság, ismétlődés mindenképpen lesz az értékek között. A biológia területén is, főleg e terpi kísérleteknél a „majdhogynem” véletlenszerű mintavétel a maximum, amit elvárhatunk.

A felvételezések során először szemrevételeztem a fát és feljegyeztem az előforduló rovarokat, illetve fejlődési alakjukat, és csak ezt követően néztem át tüzetesen a megadott levélmennyiséget.

6. táblázat A terepi vizsgálatok időpontjai

<i>P. nigra</i> 'Italica		<i>Populus</i> spp.		
2009	2010	2009	2010	2011
ápr. 15.				
ápr. 29.	ápr. 22.			
máj. 15.	máj. 10.			
máj. 29.	máj. 25.		máj. 29.	máj. 28.
jún. 12.	jún. 12.			
jún. 27.	jún. 27.			
júl. 14.	júl. 14.		jún. 28.	jún. 30.
júl. 28.	júl. 30.			júl. 27.
aug. 11.				
aug. 25.	aug. 16.	aug. 10.	aug. 02.	
szept. 08.	szept. 01.			
szept. 23.	szept. 15.	szept. 14.	szept. 08.	szept. 01.
okt. 07.	okt. 05.			
okt. 21.	okt. 20.	okt. 10.	okt. 10.	okt. 04.

4.4. A fakadás sorrendjének megállapítása

A fakadási sorrend megállapítása végett 2010 és 2011 márciusának végétől (márc. 26-27.) a fakadás végéig, az első héten kétszer, a második harmadik héten hetente háromszor, illetve a negyedik ötödik héten ismét heti két alkalommal ellenőriztem a rügyek állapotát. A rügyekpattanás és az ezt követő stádiumokra a levelek teljes kiterüléséig négy kategóriát alkalmaztam: teljesen zárt, megpattant (a megjelennek a levélvégek), egérfüles (1-1,5 cm-es levélvégek megjelenése) és kiterült levél.

4.5. A rovarnevelések módszere

Az aknázók, egyes sodratot képző fajok, illetve hernyók pontos beazonosítása megkívánta az imágóik kinevelését is. Ez az esetek többségében helyben, az adott növényen, kisebb részben a fertőzött részek begyűjtésével, zárt helyen történt. A terepi neveléseknél a kérdéses részekre egy 25 x 35 cm-es tüll zsákot húztam. A zsákot rendszeresen ellenőriztem a kérdéses rovar kikeléséig. A zárt helyi nevelésnél, megfelelő gondoskodás mellett, az adott növényi részek, lárvák vagy bábok üvegbe vagy dobozos futtatóba kerültek.

4.6. A vizsgálatban szereplő fajok, klónok és fajták genetikai vizsgálata

A *P. nigra* 'Italica' fák genetikai vizsgálatát a 2008. augusztus 14-én begyűjtött minták alapján Hollandiában végezték el. Ezek szerint mind a 22 fa *P. nigra* 'Italicanak' bizonyult.

A *P. nigra* klónok és a *Populus* fajok és fajták genetikai vizsgálatára az ERTI sárvári telephelyén – a 2010. augusztus 7-én – begyűjtött minták alapján került sor. A nyárok rokonsági kapcsolatainak leírása 7 DNS mikroszatellit markerre (WPMS5, WPMS9, WPMS14, WPMS16, WPMS18, WPMS20, PMGC2163) alapozva történt. Először a totális DNS-t kellett levélszövetből izolálni. Az amplifikálást a Qiagen DNeasy Plant kittjével végeztük. A multiplex formában sokszorozott fragmensek kapilláris elektroforézises elválasztása *ABI PRISM™ 310* típusú genetikai analizátorral (Applied Biosystems, USA) történt.

4.7. A vizsgálatok kiértékelésének statisztikai módszerei

A *Populus* fajok és fajták károsítási értékeit első lépésben alapstatisztikai módszerekkel vizsgáltam meg (átlag, szórás, gyakoriság stb.). Ezt követően, az adathalmaz jellegének megfelelően, különböző statisztikai próbákat alkalmaztam a STATISTICA version 9. program segítségével. A károsítások százalékos arányának normalitását a Shapiro-Wilk teszttel, a varianciák homogenitását a Bartlett próbával ellenőriztem. Ha a közös Pearson-féle korreláció számítás sorrendi skála (pl. fakadási idők) vagy a változók nem normális eloszlása miatt nem lehetett alkalmazni a Spearman-féle rang-korreláció segítségével végeztem el az összefüggésvizsgálattot. Az összehasonlításokat – ha azt a szórásértékek, illetve a normalitás lehetővé tette – parametrikus próbával (ANOVA, illetve t-teszt) végeztem el. Ahol az adatok egy része szignifikánsan eltért a normál eloszlástól, illetve a varianciák között voltak inhomogének és ezeket az eltéréseket transzformációval sem sikerült normalizálni, illetve a szórásokat elég közel hozni egymáshoz, nem-paraméteres módszereket alkalmaztam. Így több független minta esetén a Kruskal-Wallis próbát, míg két független minta esetén a Mann-Whitney tesztet végeztem el. A két faktor szerinti keresztosztályozásnál, amennyiben a varianciák között inhomogének is voltak, akkor variancia –stabilizáló transzformációként Box és Cox módszerét alkalmaztam. A károsítási adatok, illetve az egyedszámok alapján a fajták csoportba sorolását Cluster analízissel végeztem el.

A vizsgálatba vont nyár fajok, klónok és fajták genetikai vizsgálatának eredményeit a GenAlEx 6.41 és a STATISTICA program 9-es verziójának segítségével értékeltem ki.

5. Eredmények

5.1. A *Populus nigra* 'Italica' fák összehasonlító vizsgálata

5.1.1. Rágáskárosítások

A vegetációs időszakban megfigyelt fontosabb lombrágó fajok

A tavaszi időszakban, április közepétől május közepéig a *P. nigra* 'Italica' fákon nagyobb levélfelületi veszteséget a lombormányosok [*Phyllobius argentatus* (L. 1758), *Ph. oblongus* (L. 1758), *Polydrusus formosus* (Mayer 1779), *P. mollis* (Stroem 1768)] és a nyár levélbolhák [*Chalcoides nitidula* (L. 1758), *Ch. aurea* (Geoffroy 1785), *Ch. aurata* (Marsham 1802)] okozták. Minden vizsgálati helyen megjelentek, azonban faj- és egyedszámuk mintaterületenként jelentősen eltért. Az ormányosok a legnagyobb egyed- és fajszámot a Sopron1, Sopron2, Szombathely1 és a kőszegszerdahelyi, míg a nyár levélbolhák a sárvári, acsádi, nemescsói, kőszegszerdahelyi és a gencsapáti vizsgálati helyeken érték el. Mind az ormányosokat, mind a bolhákat tekintve fajokban leggazdagabbnak a kőszegszerdahelyi, míg fajokban legszegényebbnek a lukácsházi vizsgálati hely bizonyult. A tavaszi időszakban a rágó károsítók közül még egy-egy araszoló hernyó fordult elő a mintafákon. A fiatalabb állományokban gyakori *Chrysomela populi* (L. 1758) egyedeit az idős fákon csak helyenként és észlelési szinten lehetett megfigyelni.

A nyári hónapokban mind a levélbolhák, mind a lombormányosok egyedszáma jelentősen visszaesett, szinte teljesen eltűntek a fákról. Ebben az időszakban a bogarak közül egyedül a fűzfa zsákhordó bogár (*Clytra laeviuscula* Ratzeburg 1837) megjelenése említendő, június elején-közepén, a lukácsházi és a söptei fákon.

Május végétől augusztus végéig a rágáskárosító túlnyomó többségét a lepkehernyók okozták. Június-július folyamán alacsonyabb, majd július végétől növekvő faj- és egyedszámban, valamint emelkedő károsítási értékekkel lehetett őket megfigyelni. Ezt a faj- és egyedszám változást a rágáskárosító százalékos megoszlása is jól tükrözi. A nagy púposzövő (*Cerura vinula* L. 1758) hernyói július végétől, a szürke púposzövő (*Furcula furcula* Clerck 1759) hernyói augusztus második dekádjától szeptember végéig, a legnagyobb egyedszámban a lukácsházi

és a gencsapáti fákon rágtak. A lepkehernyók közül a vörös csipkésbagoly (*Scoliopteryx libatrix* L. 1758) mindkét nemzedékének hernyóit minden mintafán meg lehetett találni.

Június közepétől mintegy két hétig, a levéldarazsak közül a *Nematus caeruleocarpus* (Hartig 1837) csoportosan rágó álhernyói (**5. ábra**) nagyobb számban tűntek fel, először a gencsapáti, majd a söptei fákon. Álhernyóikat Kőszegszerdahelyen, Lukácsházán és a Szombathely1 mintaterületen is meg lehetett figyelni. A levéldarazsak [*N. caeruleocarpus*, *Pristiphora compressicornis* (Fabricius 1804), *Trichiocampus grandis* (Serville 1823)] károsításának újabb hulláma augusztus közepén kezdődött és szeptember végéig, sőt a *P. compressicornis*é október közepéig elhúzódott. Ebben az időszakban több vizsgálati helyen jelentek meg, és magasabb egyedszám, valamint károsítási érték jellemezte őket, mint kora nyáron. Legnagyobb egyedszámban a *N. caeruleocarpus* Söptén és Lukácsházán, a *P. compressicornis* Lukácsházán, Kőszegszerdahelyen és Acsádon fordult elő.



5. ábra *Nematus caeruleocarpus*
csoportosan rágó álhernyói



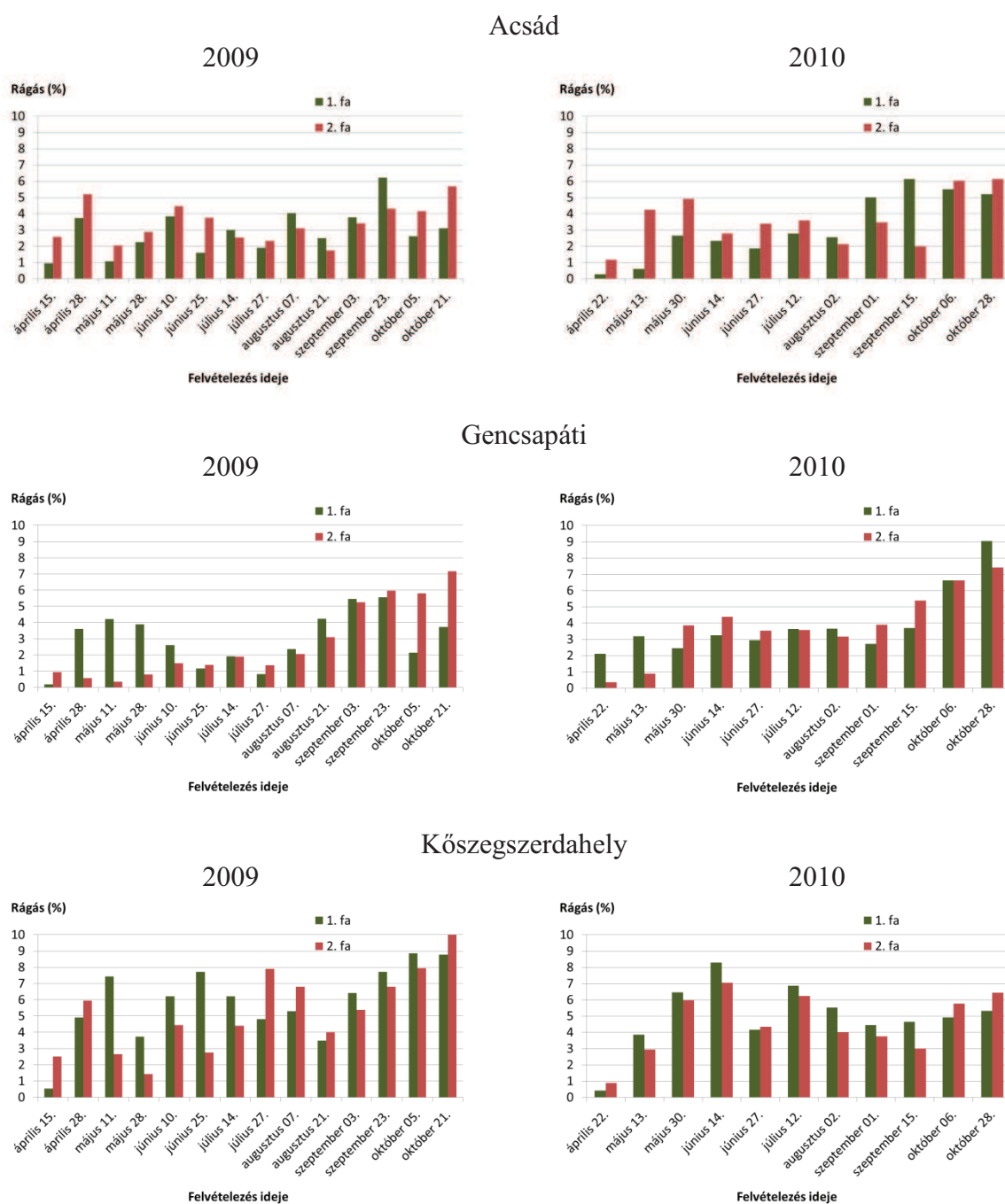
6. ábra *Acronicta rumicis* hernyója

Az őszi rágáskárok túlnyomó többségét is lepkehernyók okozták. A már említett fajok hernyóin túl ebben az időszakban megjelentek az *Acronicta rumicis* (L. 1758) (**6. ábra**), a *Laothoe populi* (L. 1758) és az rozsdabarna kisszövő (*O. antiqua* L. 1758) hernyói is.

A rágáskárok időbeni alakulása és mértéke a vegetációs időszakban, a különböző vizsgálati helyeken

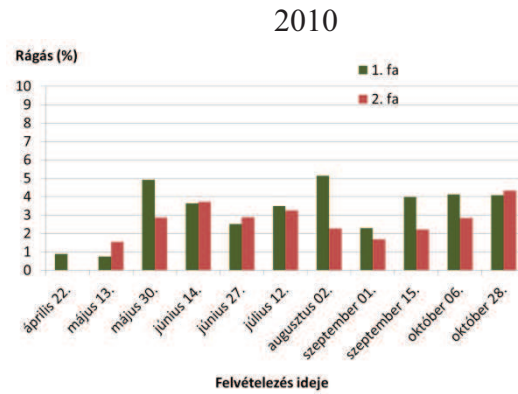
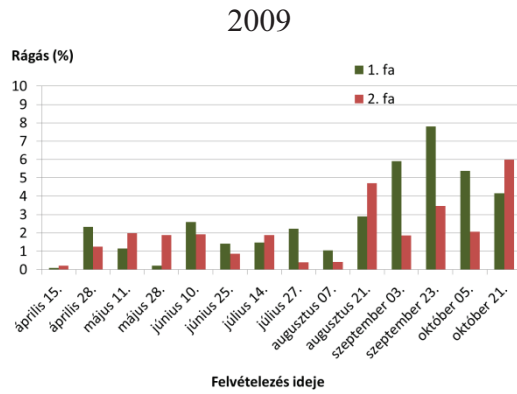
A legkisebb rágáskár a kihajtást követő 2-3 hétben, illetve július közepe és augusztus közepe között lehetett megfigyelni a jegenyenyáron. A legmagasabb értékek május eleje és közepe, valamint szeptember eleje és október közepe között alakultak ki.

Éven belül a felvételezési helyek közötti eltérés elsősorban a károsítás mértékét, illetve a károsítás első maximumának időbeni alakulását és lefutását tekintve adódott (7. ábra). Átlagosan a legnagyobb károsítási érték, mindkét évben Kőszegszerdahelyen (2009-5,54%; 2010-4,78%), míg a legalacsonyabb Sopron2 (2009-1,78%; 2010-2,59%) vizsgálati helyen volt.

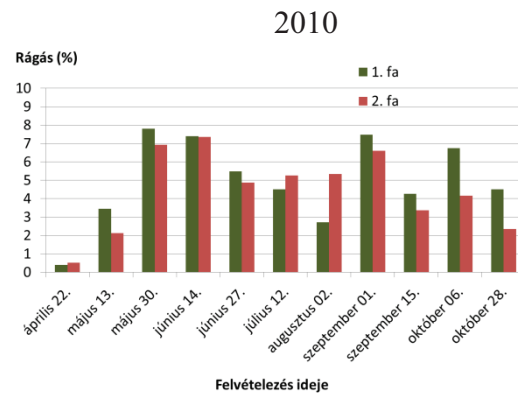
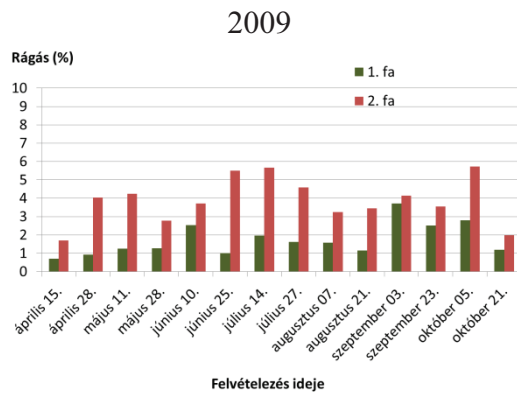


7. ábra A rágáskárok alakulása a mintafákon 2009-ben és 2010-ben

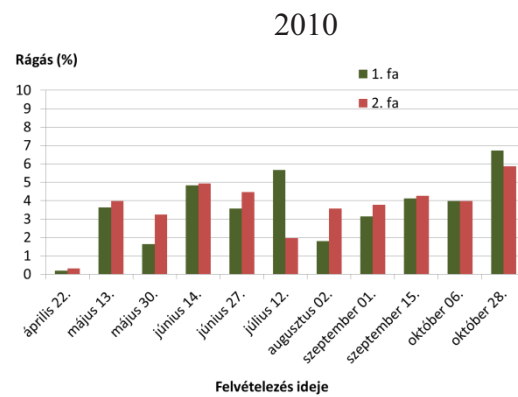
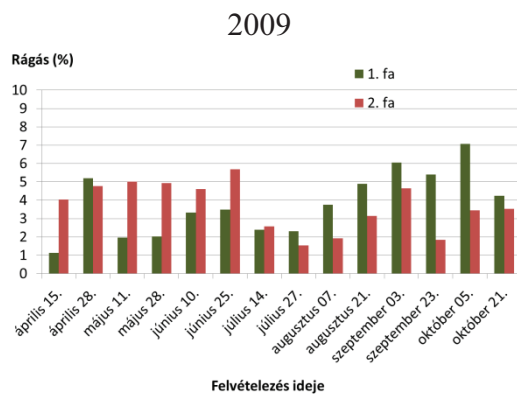
Lukácsháza



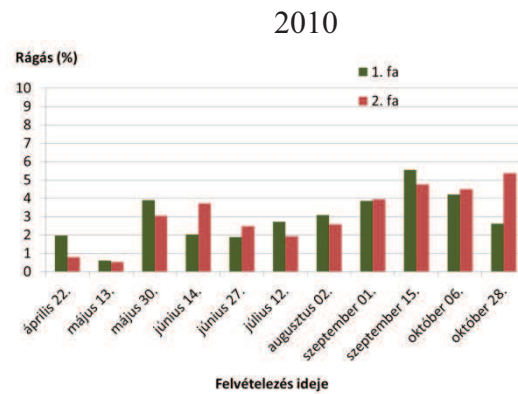
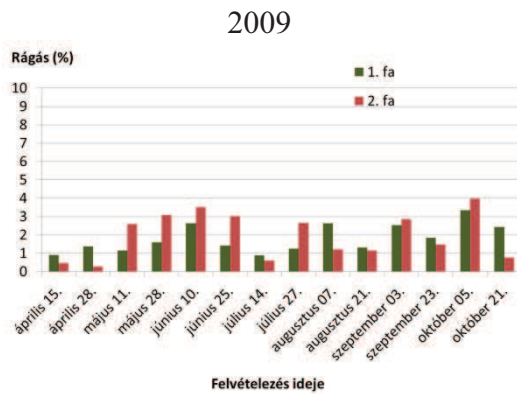
Nemescsó



Sárvár



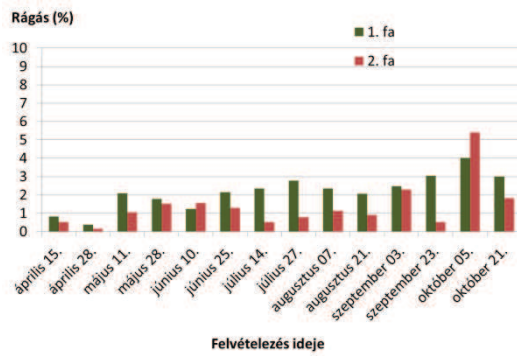
Sopronl



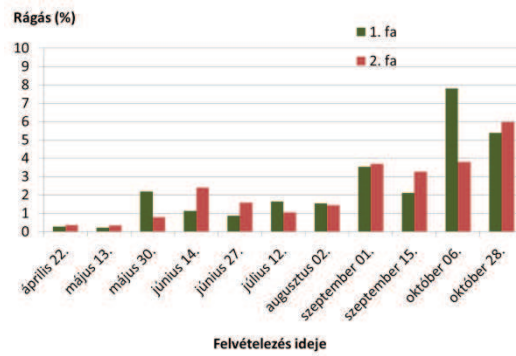
7. ábra A rágáskárok alakulása a mintafákon 2009-ben és 2010-ben

Sopron2

2009

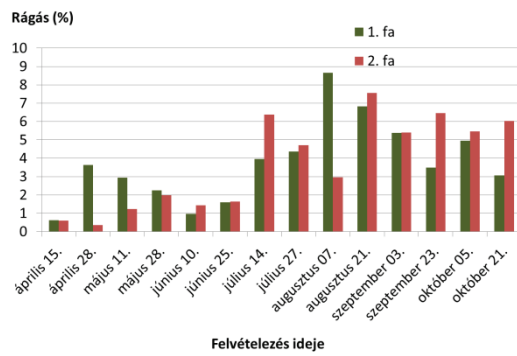


2010

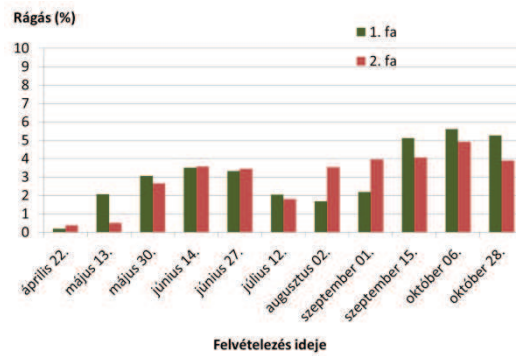


Söpte

2009

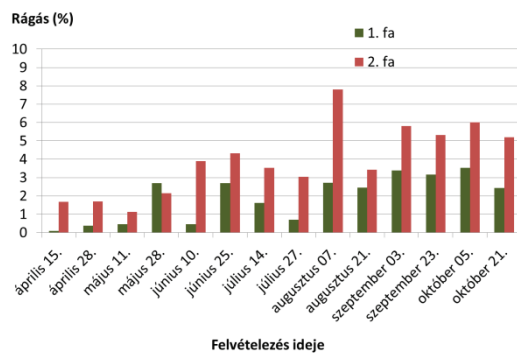


2010

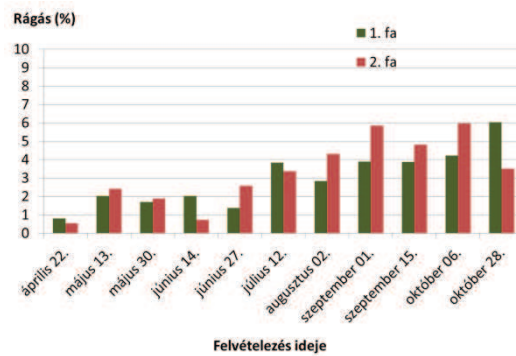


Szombathely1

2009

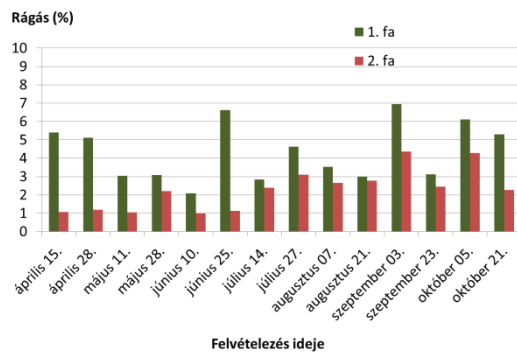


2010

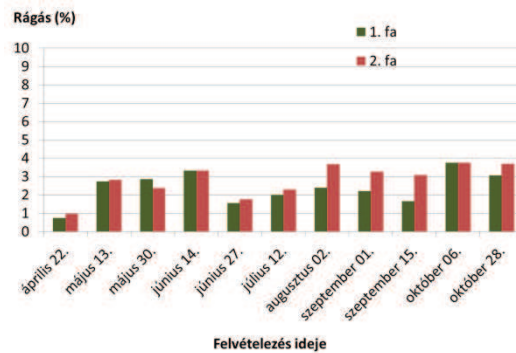


Szombathely2

2009



2010



7. ábra A rágáskárok alakulása a mintafákon 2009-ben és 2010-ben

A vegetációs időszakban a rágáskárok mértékét tekintve a legkisebb szórás érték Sopron1 (2009, $s=1,00$) és Szombathely2 (2010, $s=0,86$) vizsgálati helyeket jellemezte, míg a legnagyobb eltérések Kőszegszerdahelyen (2009, $s=2,14$) és Nemescsón (2010, $s=2,15$) alakultak ki.

Egy vizsgálati hely mintafáinak összehasonlítása a rágáskárok alapján

Az egy vizsgálati helyen álló két fát a rágáskárok alapján összehasonlítva megállapítható, hogy a vizsgálatok túlnyomó többségében a fák adott időszakban hasonló károsítási értékkel bírtak (**7. táblázat**). 2009-ben a 154 összehasonlításból 14, míg 2010-ben a 121 esetből 9 eltérés adódott.

A vizsgálati helyek összehasonlítása a rágáskárok alapján

A vizsgálati helyek rágáskárosításainak eltérése minden egyes felvételezés alkalmával szignifikánsnak bizonyult ($p^5=0,05$ mellett, $p_{\text{számított}}$ értéke a felvételezések során 0,025-0,000 között változott). A Fisher-teszt elvégzése után kiderült, hogy a vegetációs időszakban, a mediánjukat tekintve leggyakrabban és legnagyobb mértékben a Kőszegszerdahelyen és a Sárváron álló fák különböztek a többi mintafától. A legkisebb eltérést a szombathelyi 1-es és 2-es, valamint a gencsapáti fák mutatták a másik nyolc mintaterület fáihoz képest, tehát ezeken a fákön a rágások szempontjából egy leginkább átlagosnak tekinthető károsítási szint és károsítási gyakoriság alakult ki.

Az évjárat és a mintaterületek, mint faktorok hatása a rágások mértékére

Az éveket és a helyeket egy-egy faktornak tekintve és az ANOVA-teszt eredménye szerint a rágás típusú károsítások mértékét a vizsgálati helyek faktora szignifikánsan befolyásolja, míg az évjárat faktor és a két faktor kölcsönhatása éppen nem szignifikáns ($p=0,005$ mellett, a $p_{\text{hely}}=0,000$, a $p_{\text{év}}=0,074$ és a $p_{\text{hely} \times \text{év}}=0,051$).

A vizsgálati helyek csoportosítása a rágáskárok alapján

A vizsgálati helyek 2009-es rágáskárosításai alapján kialakított clustereit a **8. táblázat**, a 2010-es adatok alapján kialakítottakat, pedig a **9. táblázat** tartalmazza.

⁵ A **p-érték** az első fajta hiba valószínűségét adja meg. A szokásos hibahatárnak megfelelően, ha a p-érték 5%-nál kisebb vagy egyenlő ($p \leq 0.05$), akkor a H_0 -t elvetjük, ha pedig nagyobb ($p > 0.05$), akkor megtartjuk.

7. táblázat A mintafák összehasonlítása egy adott helyen és időpontban a rágáskárok alapján (p=0,05)

2009	Accsád	Gencsapáti	Közszegszerdahely	Lukácsháza	Nemescsó	Sárvár	Sopron1	Sopron2	Söpte	Szombathely1	Szombathely2
	p-érték										
április 15.	0,0241	0,2263	0,0007	0,3198	0,3390	0,0001	0,1236	0,7725	0,5521	0,1294	0,1291
április 28.	0,0645	0,4962	0,2901	0,3763	0,7144	0,2265	0,1333	0,9409	0,0823	0,1596	0,2141
május 11.	0,1424	0,0609	0,0111	0,5816	0,7419	0,0555	0,0604	0,2701	0,7954	0,3253	0,1264
május 28.	0,3016	0,2554	0,1075	0,1552	0,1114	0,0693	0,0786	0,4307	0,8115	0,0517	0,2447
június 12.	0,0167	0,8703	0,2758	0,3700	0,5055	0,0872	0,8978	0,8496	0,6967	0,0035	0,2157
június 27.	0,0617	0,9696	0,0016	0,8854	0,0545	0,2382	0,1075	0,7975	0,2091	0,0912	0,0733
július 14.	0,8788	0,5324	0,2530	0,3165	0,3004	0,5184	0,8745	0,2108	0,2428	0,1688	0,7434
július 25.	0,7075	0,7308	0,9348	0,1467	0,2986	0,5598	0,2470	0,3781	0,9552	0,1045	0,0058
augusztus 7.	0,5750	0,5611	0,5769	0,1460	0,3078	0,0557	0,5996	0,4736	0,1046	0,0149	0,2288
augusztus 21.	0,3771	0,3558	0,5001	0,7225	0,1623	0,4021	0,3333	0,3575	0,6310	0,0989	0,9648
szeptember 5.	0,5135	0,8373	0,6474	0,0622	0,6491	0,6790	0,2979	0,8807	0,1761	0,3217	0,0218
szeptember 25.	0,1424	0,2691	0,1974	0,0905	0,1704	0,0352	0,1202	0,0788	0,8354	0,2368	0,0764
október 5.	0,1003	0,0048	0,7023	0,0016	0,0045	0,0544	0,5390	0,5875	0,0662	0,5330	0,4346
október 21.	0,3175	0,3707	0,1356	0,1643	0,0736	0,4915	0,0668	0,0987	0,1829	0,0723	0,5873
2010	Accsád	Gencsapáti	Közszegszerdahely	Lukácsháza	Nemescsó	Sárvár	Sopron1	Sopron2	Söpte	Szombathely1	Szombathely2
p-érték											
április 22.	0,0698	0,7534	0,0903	0,2290	0,3962	0,2113	0,3235	0,8372	0,6926	0,5560	0,9323
május 13.	0,0000	0,5744	0,4124	0,5134	0,6239	0,3159	0,5134	0,7828	0,0804	0,4440	0,9899
május 30.	0,0785	0,6164	0,7247	0,0258	0,9748	0,0145	0,3289	0,1294	0,6085	0,8878	0,6802
június 14.	0,7789	0,0243	0,7905	0,5722	0,4656	0,1154	0,6009	0,1708	0,4670	0,2127	0,2834
június 27.	0,8048	0,0507	0,6288	0,1320	0,2938	0,9942	0,4970	0,1210	0,1474	0,1551	0,9366
július 12.	0,5026	0,0731	0,5686	0,3424	0,5737	0,0035	0,6601	0,7278	0,8480	0,6639	0,6165
július 27.	0,9001	0,7536	0,3153	0,2326	0,0078	0,9354	0,7093	0,7059	0,0734	0,4697	0,6271
szeptember 1.	0,4136	0,1709	0,9766	0,3618	0,5227	0,9501	0,5430	0,9507	0,0725	0,4410	0,1612
szeptember 15.	0,0004	0,9146	0,1218	0,1857	0,0605	0,4793	0,6372	0,5001	0,5091	0,4968	0,2517
október 5.	0,0276	0,0710	0,3449	0,8850	0,2085	0,0491	0,3707	0,3427	0,8917	0,4955	0,2735
október 28.	0,0553	0,2187	0,8897	0,9116	0,0215	0,5983	0,0393	0,7629	0,6915	0,0895	0,3785

ME.2012.027

8. táblázat A 2009-es rágáskárok alapján kialakított négy cluster

1. cluster	2. cluster	3. cluster	4. cluster
Kőszegszerdahely	Sopron1	Acsád	Gencsapáti
	Sopron2	Nemescsó	Lukácsháza
		Sárvár	Söpte
		Szombathely2	Szombathely1

9. táblázat A 2010-es rágáskárok alapján kialakított négy cluster

1. cluster	2. cluster	3. cluster	4. cluster
Kőszegszerdahely	Nemescsó	Sopron1	Acsád
		Sopron2	Gencsapáti
		Szombathely1	Lukácsháza
		Szombathely2	Sárvár
			Söpte

A két év rágáskárosításai alapján a kőszegszerdahelyi mintafák határozottan elkülönültek a többi mintafától. A Sopron1 és 2, továbbá a gencsapáti, lukácsházi és söptei, valamint az acsádi és sárvári fák olyan hasonló körülményekkel rendelkeztek, ami évről évre károsításuk mértékét és időbeni alakulását hasonlívá tette. A nemescsói és a szombathelyi 1-es és 2-es fák két év rágáskárosításait tekintve nem mutattak ismétlődő, szorosabb hasonlóságot egyetlen más vizsgálati hely fáival sem.

5.1.2. Vázásítások

A vegetációs időszakban megfigyelt fontosabb vázasító fajok

Az időjárási körülményektől függően az első hámozgatások május elején, illetve közepén jelentek meg a fákon. A korai károsításokat többnyire a fűz cserje levélbogár imágói, kicsit később álcái és a nyár levélbolhák okozták. Ezek a fajok minden vizsgálati helyen megjelentek, de megfigyelt egyedszámuk és károsításuk mértéke jelentős eltéréseket mutatott. A fűz cserje levélbogár legnagyobb egyedszámában és károsítási értékkel Kőszegszerdahelyen, a legkisebbel a városi fákon (Sopron1, 2; Szombathely1, 2) fordult elő. Valójában Kőszegszerdahelyen sem volt túl gyakori faj.

A nyári hónapokban lepkehernyók, elsősorban a nyár bagolylepke (*Subacronicta megacephala* Denis et Schiffermüller 1775) (**8. ábra**), másodsorban sodrómolyok hernyói hámozgatták a leveleket. A nyár bagolylepkét a legnagyobb egyedszámban és károsítási értékkel Lukácsházán és Söptén lehetett megfigyelni. A sodrómolyok közül a leggyakoribbak a *Gypsonoma* fajok voltak.



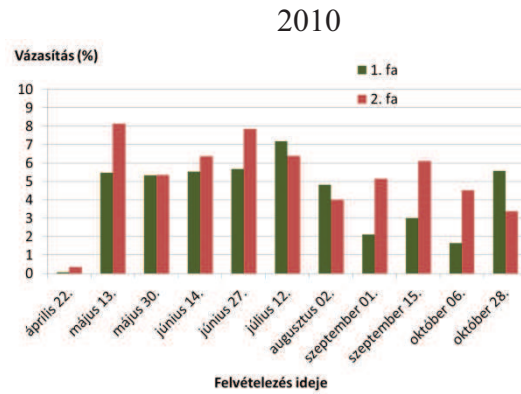
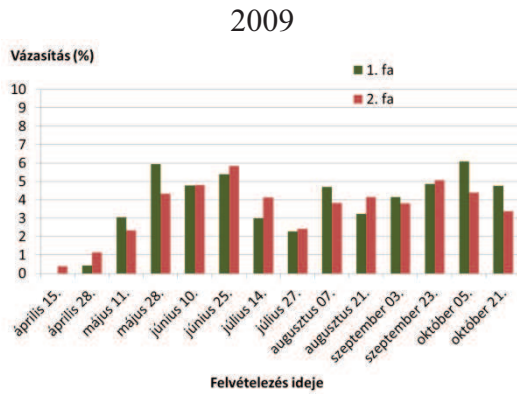
8. ábra *Subacronicta megacephala* 3. stádiumú hernyója és vázasítása

Az őszi károsítások zömét is lepkehernyók, így a nyár bagolylepke második nemzedéke – valamivel szélesebb körben, mint kora nyáron – valamint polifág araszoló lepkék hernyói okozták. A fűz cserje levélbogár őszi nemzedéke kisebb egyedszámban és szűkebb körben volt megfigyelhető a mintafákon, mint a tavaszi nemzedéke.

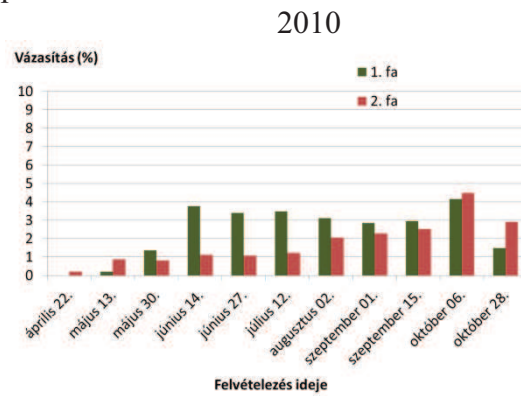
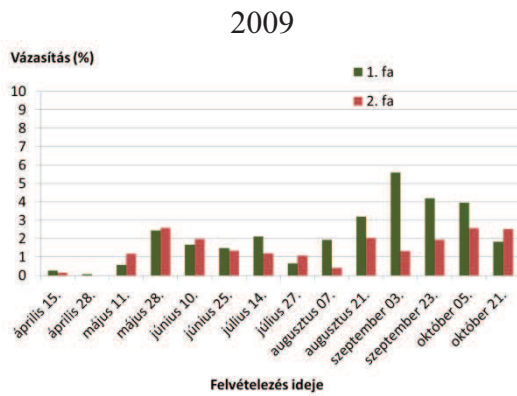
A vázasítások időben alakulása és mértéke a vegetációs időszakban a különböző vizsgálati helyeken

A legkevesebb vázasítást a rágásokhoz hasonlóan a kihajtást követő 2-3 hétben, illetve 2009-ben július közepe és augusztus közepe között, míg 2010-ben két hetes eltolódással augusztus folyamán lehetett megfigyelni. Nagyobb különbségek a legmagasabb károsítási értékek kialakulásának időpontját, valamint a károsítás mértékét tekintve alakultak ki a felvételezési helyek között (**9. ábra**). Mindkét évben átlagosan a legnagyobb károsítási érték Sárváron (2009-4,32%; 2010-5,71%) és Kőszegszerdahelyen (2009-3,14%; 2010-4,47%), míg a legalacsonyabb Lukácsházán (2009-1,71%; 2010-1,31%) volt. A vázasítások szórása a legkisebb értéket Sopron2 (2009, $s=1,25$; 2010, $s=1,29$), míg a legnagyobbat Sopron1 (2009, $s=2,48$) és Szombathely2 (2010, $s=2,78$) vizsgálati helyen érte el.

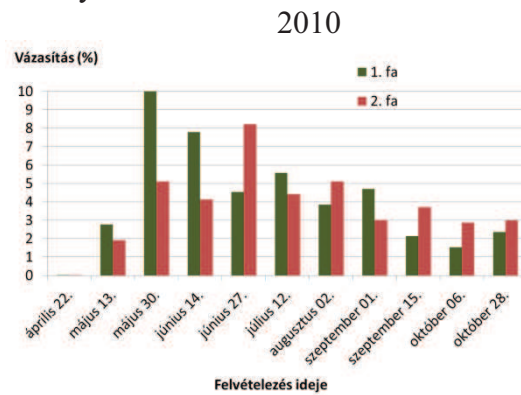
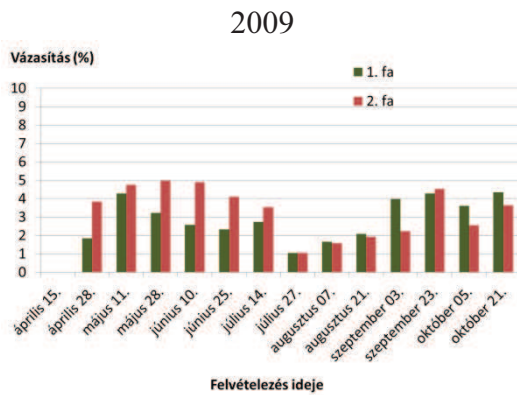
Acsád



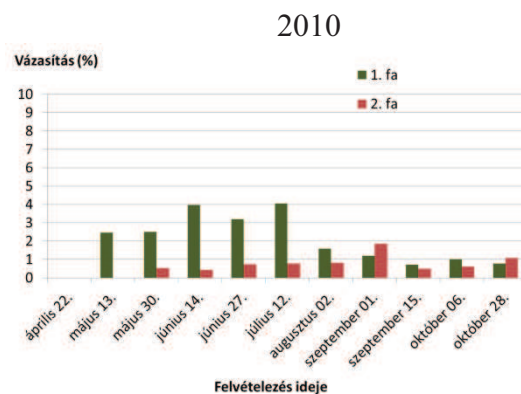
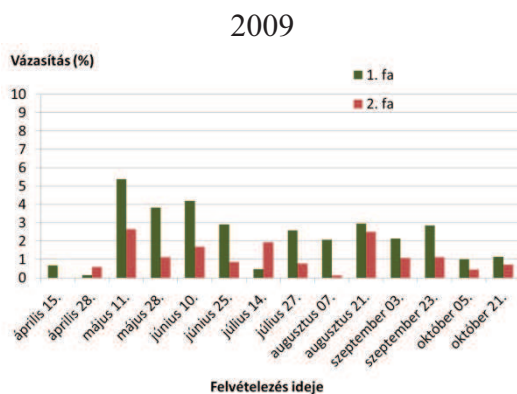
Gencsapáti



Kőszegszerdahely

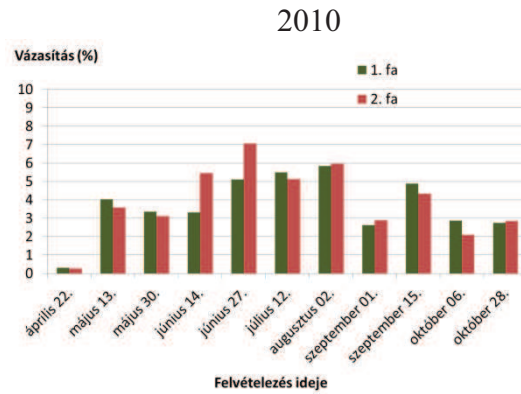
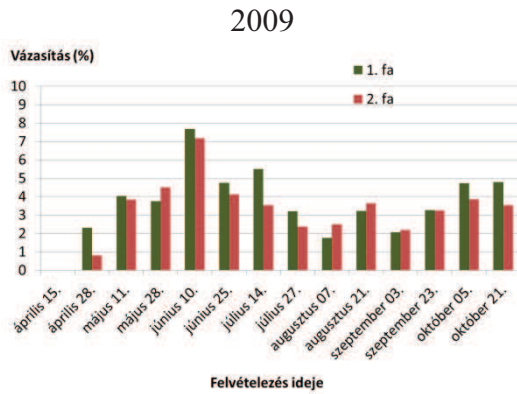


Lukácsháza

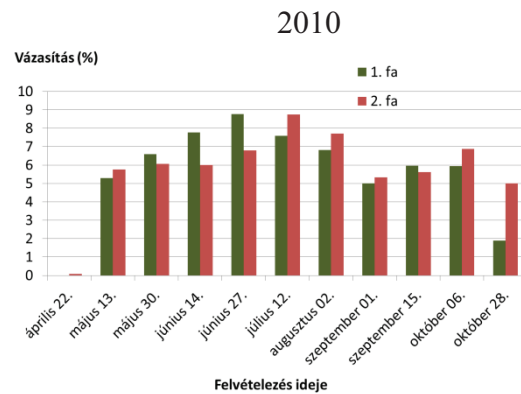
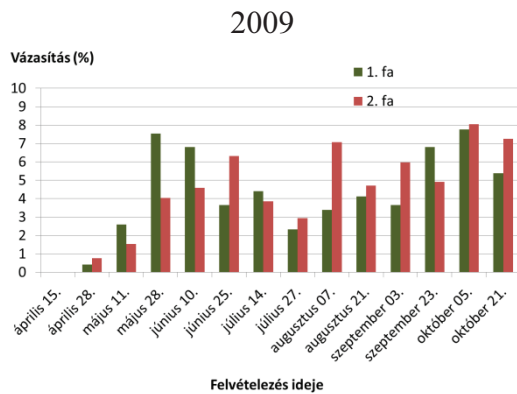


9. ábra A vázásítások alakulása a mintafákon 2009-ben és 2010-ben

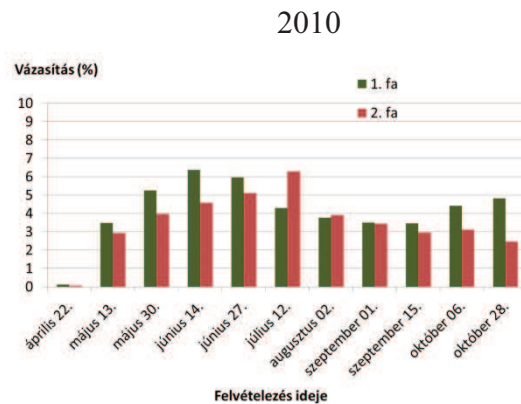
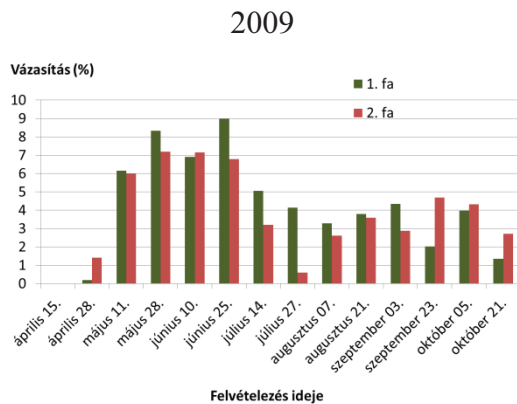
Nemescsó



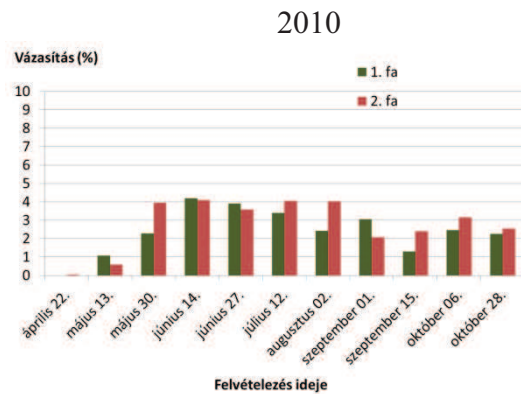
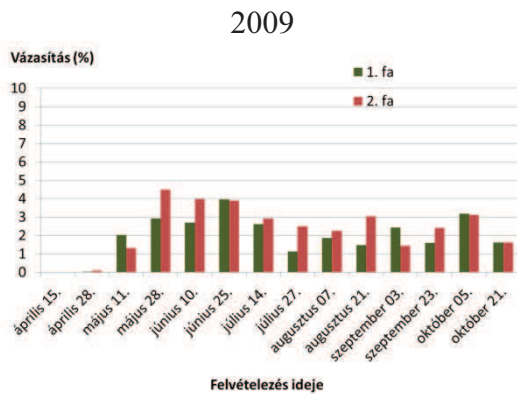
Sárvár



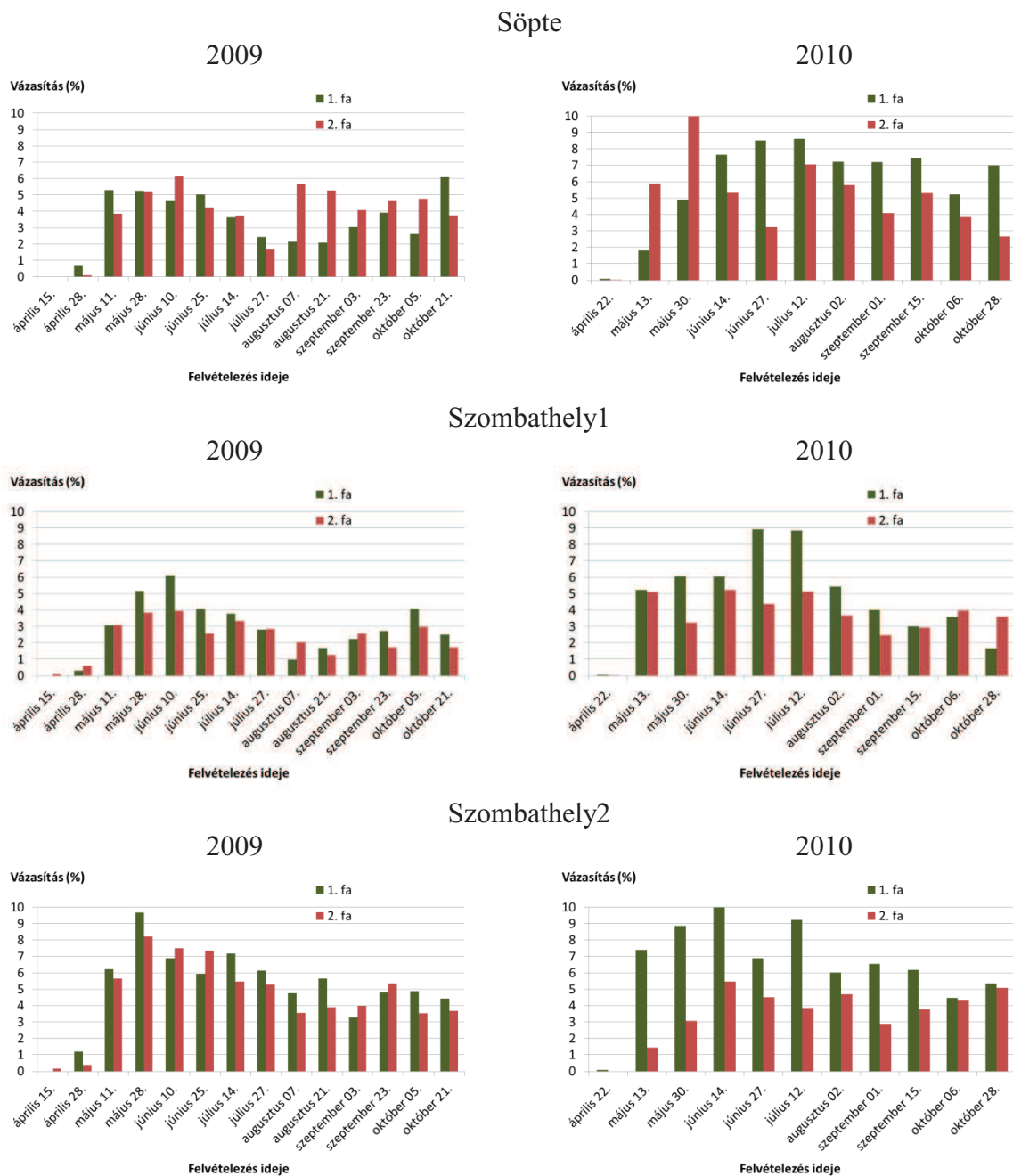
Sopron1



Sopron2



9. ábra A vázasítások alakulása a mintafákon 2009-ben és 2010-ben



9. ábra A vázasítások alakulása a mintafákon 2009-ben és 2010-ben

A mintafák összehasonlítása vizsgálati helyenként a vázasítások alapján

Az egy vizsgálati helyen álló két fát a vázasítások alapján összehasonlítva hasonló eredmény bontakozott ki, mint a rágáskárok alapján történt összevetés során. A vázasítások szignifikáns eltérése több helyen és többször alakult ki (2009-ben 154 esetből 13, 2010-ben 121-ből 27), mint a rágáskárosításoknál (10. táblázat). Az eltérések túlnyomó többsége július közepéig jelentkezett.

10. táblázat A mintafák összehasonlítása egy adott helyen és időpontban a vázásítások alapján (p=0,05)

2009	Accsád	Gencsapáti	Közszegszerdahely	Lukácsháza	Nemescsó	Sárvár	Sopron1	Sopron2	Söpte	Szombathely1	Szombathely2
	p-érték										
április 15.	0,0822	0,9838		0,0822						0,3271	0,0822
április 28.	0,0994	0,3271	0,0010	0,6221	0,0776	0,1133	0,3027	0,9764	0,0591	0,1007	0,6559
május 11.	0,6777	0,1038	0,3731	0,0001	0,8033	0,1523	0,8297	0,8803	0,5885	0,5164	0,7343
május 28.	0,9059	0,7089	0,0114	0,0012	0,4065	0,4064	0,4482	0,5405	0,7285	0,8989	0,2000
június 12.	0,7025	0,9880	0,0000	0,0022	0,5372	0,2171	0,6661	0,2726	0,2629	0,1526	0,9834
június 27.	0,7483	0,4045	0,1858	0,0059	0,4166	0,0062	0,1531	1,0000	0,3342	0,4834	0,2990
július 14.	0,1897	0,5324	0,5326	0,0815	0,2698	0,9550	0,3096	0,3226	0,2692	0,9771	0,6236
július 25.	0,0861	0,7308	0,5857	0,1165	0,6632	0,2284	0,0251	0,1743	0,7900	0,5758	0,6950
augusztus 7.	0,8217	0,5611	0,2205	0,0753	0,3415	0,0873	0,3341	0,1520	0,0197	0,0682	0,2574
augusztus 21.	0,5512	0,3558	0,1493	0,0692	0,5639	0,0863	0,1675	0,0940	0,0211	0,8686	0,0637
szeptember 5.	0,8581	0,8373	0,1031	0,2415	0,0865	0,1291	0,2356	0,1924	0,7567	0,4386	0,4251
szeptember 25.	0,8605	0,2691	0,4730	0,0803	0,9310	0,2172	0,1313	0,3887	0,3725	0,9178	0,6018
október 5.	0,1089	0,0048	0,6669	0,2627	0,2982	0,8491	0,6543	0,4090	0,4951	0,3477	0,1850
október 21.	0,3216	0,3707	0,7790	0,1374	0,0931	0,2782	0,0870	0,5907	0,0423	0,7141	0,2418
2010	Accsád	Gencsapáti	Közszegszerdahely	Lukácsháza	Nemescsó	Sárvár	Sopron1	Sopron2	Söpte	Szombathely1	Szombathely2
p-érték											
április 22.	0,1669	0,0433	0,9887		0,7142		0,5676	0,3271	1,0000	1,0000	0,0822
május 13.	0,6502	0,2694	0,0915	0,0584	0,2937	0,3164	0,2988	0,8068	0,0000	0,9884	0,0000
május 30.	0,4513	0,6732	0,0016	0,0000	0,6417	0,3280	0,0584	0,3229	0,0000	0,0215	0,0011
június 14.	0,4897	0,0127	0,0656	0,0000	0,1742	0,0601	0,3910	0,4623	0,0339	0,9222	0,0004
június 27.	0,1145	0,0003	0,0190	0,0001	0,1357	0,4316	0,2627	0,9145	0,0000	0,0019	0,1116
július 12.	0,5019	0,0023	0,9548	0,0000	0,5663	0,3778	0,0494	0,6170	0,1857	0,0405	0,0008
július 27.	0,5692	0,2353	0,0783	0,3307	0,9214	0,4274	0,6402	0,9625	0,1442	0,1640	0,3697
szeptember 1.	0,0012	0,4153	0,6290	0,5293	0,1376	0,9605	0,9534	0,2796	0,0009	0,1213	0,0093
szeptember 15.	0,0022	0,4421	0,1905	0,0582	0,9442	0,7907	0,5452	0,0709	0,0280	0,4521	0,1120
október 5.	0,0103	0,2975	0,0754	0,5184	0,1091	0,6670	0,0632	0,2881	0,0697	0,8412	0,7267
október 28.	0,0544	0,0958	0,2996	0,7302	0,4470	0,0028	0,0695	0,8511	0,0013	0,0568	0,8093

ME.2012.027

A vizsgálati helyek összehasonlítása a vázasítások alapján

A vizsgálati helyek vázasításainak eltérése, a rágásokhoz hasonlóan, minden egyes felvételezés alkalmával szignifikánsnak bizonyult ($p=0,05$ mellett, $p_{\text{számított}}$ értéke a felvételezések során 0,0236-0,000 között változott). A Fisher-teszt azt mutatja, hogy a vegetációs időszakban a mediánjukat tekintve leggyakrabban és legnagyobb mértékben, a Gencsapátiban és a Lukácsházán álló fák különböztek a többi felvételezési helyen álló fáktól. A legkevesebb eltérést a szombathelyi 1-es fák mutatták, tehát ezeken a fákon a vázasítások szempontjából a többi mintafához képest egy köztes károsítási szint és károsítási gyakoriság alakult ki.

A vázasítóknál is megfigyelhető volt, hogy mindkét vizsgálati évben, július közepe és augusztus vége között kevesebb alkalommal és kisebb mértékben volt kimutatható a vizsgált fák mediánjainak különbsége.

Az évjárat és a mintaterületek, mint faktorok hatása a vázasítások mértékére

Az éveket és a helyeket egy-egy faktornak tekintve és variancia analízisnek alávetve az adathalmazt, az eredmények azt mutatják, hogy a vázasítók károsítását a helyek és az évjárat szignifikánsan befolyásolják, sőt e két tényező közötti kölcsönhatás is szignifikáns ($p=0,005$ mellett a $p_{\text{hely}}=0,000$, a $p_{\text{év}}=0,000$ és a $p_{\text{év} \times \text{hely}}=0,000$).

A vizsgálati helyek csoportosítása a vázasítások alapján

A vizsgálati helyek, vázasítások alapján történt, clusterekbe sorolásának eredményeit a 2009-es adatokra vonatkozóan a **11. táblázat**, a 2010-es adatokra vonatkozóan pedig a **12. táblázat** mutatja be.

11. táblázat A 2009-es vázasítások alapján kialakított négy cluster

1. cluster	2. cluster	3. cluster	4. cluster
Kőszegszerdahely	Sopron1	Acsád	Gencsapáti
	Szombathely2	Nemescsó	Lukácsháza
		Sárvár	Sopron2
		Söpte	Szombathely1

12. táblázat A 2010-es vázasítások alapján kialakított négy cluster

1. cluster	2. cluster	3. cluster	4. cluster
Kőszegszerdahely	Acsád	Söpte	Gencsapáti
	Nemescsó	Szombathely2	Lukácsháza
	Sopron1	Sárvár	Sopron2
	Szombathely1		

A két év vázasításai alapján, hasonlóan a rágáskárosításokhoz a kőszegszerdahelyi mintafák határozott elkülönülést mutattak a többi mintafától. A Sopron2, gencsapáti és lukácsházi, valamint az acsádi és nemescsói, továbbá a söptei és sárvári fák a vázasításokat illetően olyan hasonló körülményekkel rendelkeztek, ami évről évre károsításuk mértékét és időbeni alakulását hasonlóvá tette. A soproni 1-es, a szombathelyi 1-es és 2-es fák két év hámozgatásait tekintve nem mutattak ismétlődő, szorosabb hasonlóságot egyetlen más vizsgálati hely fáival sem.

5.1.3. Akna típusú károsítások

A vegetációs időszakban megfigyelt fontosabb aknázó fajok

A vizsgálat során a jegenyenyáron négy rend (Coleoptera, Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera) hat családjának 15 aknázó fajt figyeltem meg. A statisztikai elemzéseknél a *Zeugophora flavicollis* (Marsham 1802) és a *Z. scutellaris* (Suffrian 1840) fajokat *Zeugophora* spp.-ként együtt értékeltem. Ugyanígy jártam el a *Tachyerges decoratus* (Germar 1821) és a *T. salicis* (L. 1758) fajokkal is, *Tachyerges* spp. néven, mivel ezek a fajok aknáik alapján nem különíthetők el. A felsorolt fajok jelenlétéről az aknából történt kinevelésük során győződtem meg.

A legtöbb aknát szeptember, illetve október folyamán lehetett megfigyelni. A második legnépesebb időszak május közepétől június közepéig tartott, míg a legkevesebb akna a nyári hónapok volt észlelhető.

A rendszeresen előforduló aknaképző fajok gyakoriságára vonatkozó részletes adatokat a **13. táblázat** tartalmazza. A tavaszi időszakban elsőként, de kisebb számban, a *Fenusella hortulana* (Klug 1818) és a *Zeugophora* fajok aknáit lehetett a mintafákon megfigyelni.

13. táblázat A mintafákon előforduló aknázó fajok és összesített gyakoriságuk⁶ a 2009-es és 2010-es vegetációs időszakokra vonatkozóan

Aknázó fajok	Acsád		Gencsapáti		Kőszeg-szerdahely		Lukácsháza		Nemesesó		Sárvár		Sopron1		Sopron2		Söpte		Szombathely 1		Szombathely 2	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
<i>Ph. suffusella</i>	41	15	105	29	51	148	86	51	33	0	29	154	16	90	24	249	14	98	17	42	3	3
<i>Ph. populi-foliella</i>	6	23	8	16	34	6	14	26	5	18	31	43	8	6	10	0	6	6	8	2	14	14
<i>S. trimaculella</i>	38	8	66	10	13	17	88	43	87	14	22	33	7	62	21	76	7	7	6	81	54	54
<i>A. populi</i>	1	1	4	0	1	1	0	3	3	1	2	0	3	5	10	1	1	8	0	3	1	1
<i>A. populicola</i>	2	1	13	0,04	0	0	0	7	0	1	0	0	0	2	2	2	3	3	1	1	0	0
<i>Zeugophora</i> spp.	4	1	0	2	2	0	0	2	0	1	8	7	0	0	3	2	1	3	5	1	0	0
<i>Tachyerges</i> spp.	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3	0	0	0
<i>F. hortulana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	3	0	0	0
<i>E. hannoverella</i>	6	1	8	1	9	2	5	5	1	5	8	0	4	22	0	13	2	0	0	12	7	7
<i>R. pulicarius</i>	0	0	1	0	0	3	0	3	3	1	1	0	0	9	0	5	0	0	0	7	0	0
<i>Ph. saligna</i>	0	0	0	0	3	1	3	1	0	0	1	1	0	0	0	5	2	1	1	1	0	0
<i>Ph. xenia</i>	0	0	1	1	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stigmella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phyllonorycter</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1

10.13147/NYME.2012.027

⁶ Gyakoriság: egy adott ismérv változatai; ez esetben az egyes fajok és a hozzájuk tartozó előfordulások az év folyamán.

A *Fenusella hortulana* (10. ábra) aknázási időszaka rövid ideig, alig 2-3 hétig tartott a tavasszal, míg a *Zeugophora* fajoké (11. ábra) valamivel hosszabbnak bizonyult. Friss aknákat 4-5 héten keresztül lehetett megfigyelni. A *Zeugophora* fajok aknaképzése az idős jegenyenyárokra csak a tavaszi időszakra korlátozódott. A *Zeugophora* fajok változó egyedszámban, de minden vizsgálati helyen megjelentek. A legnagyobb egyedszámot Sárvár és Szombathely1-en érték el. A *Fenusella hortulana* elterjedése nem volt ilyen általános, aknáit csak a Szombathely1, valamint a Sopron 2 vizsgálati helyen lehetett megtalálni.



10. ábra *Fenusella hortulana* aknája



11. ábra *Zeugophora* sp. aknája

Június folyamán újabb 3 aknázó faj jelent meg: a *Phyllocnistis suffusella* (Zeller 1847) és a *Stigmella trimaculella* (Haworth 1828) szinte egyszerre május végén, röviddel ezután pedig a *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke 1833) aknáit, június elején-közepén. A megfigyelési időszak alatt a *Ph. suffusella* okozta a legtöbb és legnagyobb kiterjedésű aknákat. Három nemzedékének rajzása összefolyt. Aknaképzése augusztus és szeptember folyamán volt a legintenzívebb. A második leggyakoribb fajnak a *S. trimaculella* bizonyult. Ugyanez a faj mutatta a legnagyobb eltéréseket a vizsgálati helyek és a vizsgálati évek között is. Újabb és újabb aknáit egészen szeptember végéig meg lehetett figyelni. Az irodalmi adatoktól eltérően inkább háromnemzedékes, elhúzódó rajzású faj tulajdonságait mutatta. A *Ph. populifoliellának* két, jól elkülöníthető nemzedéke fejlődött ki. Első nemzedéke június folyamán, míg második nemzedéke július végétől szeptember közepéig aknázott. Második nemzedéke jóval több aknát készített a mintafákon.

A *Phyllocnistis xenia* (Hering 1936) aknáit csak rövidebb időszakban, júliustól augusztus végéig, kisebb egyedszámban, és csupán két vizsgálati helyen, Gencsapátin, valamint Lukácsházán lehetett fellelni. A *Phyllocnistis saligna* (Zeller 1839) jellegzetes – hajtásokon és

többnyire a levél fonákán futó aknáit augusztusban készítette. Megjelenése 5 mintaterületre (Köszegszerdahely, Lukácsháza, Sárvár, Szombathely1 és 2) korlátozódott.

Az *Aulagromyza populi* (Kaltenbach 1864) aknáit már júniusban, míg az *A. populicola* (Walker 1853) aknáit csak augusztustól lehetett megfigyelni. Szeptember-október folyamán mindkét aknatípus nagyobb számban, együttesen volt jelen a leveleken. Minden vizsgálati helyen előfordultak, de aknáik száma alacsony maradt.

A *Tachyerges* fajok (**12. ábra**) jellegzetes levélszéli aknáit csak ősszel, szeptember közepétől október közepéig lehetett megtalálni. Jelenlétük nem volt általános, hiszen csak a köszegszerdahelyi, a Sopron1-es és a Szombathely1-es mintafákon fordultak elő.

Az *Ectoedemia hannoverella* (Glitz 1872) (**13. ábra**) és a *Rhamphus pulicarius* (Herbst 1795) érközi aknáit szeptember közepétől tűntek fel a fákon. Az *E. hannoverella* előfordulása általános volt, míg a *R. pulicarius* csak a köszegszerdahelyi, lukácsházi és sárvári fákon képzett aknákat.



12. ábra *Tachyerges* sp. aknája



13. ábra *Ectoedemia hannoverella* aknája

A mintafák összehasonlítása vizsgálati helyenként az aknázó fajok és gyakoriságuk alapján

Az azonos helyen álló fák között az aknázó fajok számát és gyakoriságát tekintve szignifikáns különbség egyik vizsgálati helyen sem alakult ki (**14. táblázat**). Az eredmények szerint ezek a monofág⁷ aknázó fajok, adott évben, egy szűkebb élőhelyen egyenletesen oszlanak el a hasonló korú, azonos genetikai hátterű tápnövényeiken.

⁷ A monofágok értelmezése dolgozatomban kicsit tágabb, nem csak egy faj, hanem egy nemzetség fajait fogyasztókat értem alatta. Oligofágok: egy növény család fajait fogyasztók. Polifágok: több növény család fajait fogyasztók.

14. táblázat Az egy vizsgálati helyen álló két fa összehasonlításának eredménye az aknák alapján

Faj	2009	2010
	p=0,05 mellett, p _{számított} értéke	
Acsád	0,994	0,291
<i>Gencsapáti</i>	0,800	0,696
<i>Kőszegszerdahely</i>	0,629	0,963
Lukácsháza	0,566	0,890
Nemescsó	0,836	0,335
<i>Sárvár</i>	0,890	0,800
<i>Sopron1</i>	0,748	0,713
<i>Sopron2</i>	0,818	0,783
Söpte	0,646	0,945
Szombathely1	0,613	0,982
<i>Szombathely2</i>	0,613	0,660

Dőlt betű: a közvetlen környezetbe több *P. nigra* 'Italica' is volt.

A vizsgálati helyek összehasonlítása a különböző aknázó fajok és gyakoriságuk alapján

A felvételezési helyek között az aknázó fajokat tekintve szignifikáns különbség egyik évben sem alakult ki ($p=0,05$; $p_{2009}=0,997$; $p_{2010}=0,988$).

Fajokban leggazdagabbnak a Gencsapáti, Szombathely1 és 2, valamint Sopron1 és 2 vizsgálati hely bizonyult, de a többi felvételezési hely is csak egy-két fajjal maradt el mögöttük. Az aknák száma szerint az évek között nagyobb eltérések alakultak ki, így 2009-ben a legtöbb akna a söptei, gencsapáti és lukácsházi, a legkevesebb az acsádi és sárvári, míg 2010-ben a legtöbb a sárvári, kőszegszerdahelyi, lukácsházi, legkevesebb a söptei és nemescsói fakon volt. Az aknázókat tekintve a legdiverzebb élőhely 2009-ben a sárvári, 2010-ben a Szombathely1-es terület volt (**15. táblázat**).

Az évjárat és a mintaterületek, mint faktorok hatása az aknázók egyedszámára

Az aknázók két osztály szerinti keresztosztályozásánál az éveket és a helyeket egy-egy faktornak tekintve az eredmények azt mutatják, hogy az évjárat faktor hatása szignifikáns, míg a vizsgálati helyek faktora, továbbá a két faktor kölcsönhatása nem szignifikáns ($p=0,005$ mellett, a $p_{hely}=0,873$, a $p_{év}=0,037$ és a $p_{hely*év}=0,868$).

15. táblázat Az aknázó fajok száma, összesített gyakorisága és diverzitása vizsgálati helyenként és évenként

Vizsgálati helyek	Fajok száma		Összesített gyakoriság		Shannon H Összes aknázó	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Acsád	7	7	98	50	1,331	1,325
Gencsapáti	8	8	206	63	1,263	1,413
Kőszegszerdahely	7	7	113	178	1,380	0,670
Lukácsháza	6	8	199	141	1,129	1,569
Nemescsó	6	6	141	41	1,108	1,347
Sárvár	7	6	101	246	1,578	1,103
Sopron1	8	8	202	41	1,363	1,644
Sopron2	8	9	199	72	1,423	1,625
Söpte	8	7	353	34	0,894	1,585
Szombathely1	8	8	126	43	0,893	1,664
Szombathely2	9	9	150	80	1,270	1,016

A vizsgálati helyek csoportosítása az aknázó fajok és egyedszámuk alapján

A 2009-ben és 2010-ben észlelt aknák alapján a Sopron2 és a gencsapáti; a kőszegszerdahelyi és a sárvári; a Sopron1 és a Szombathely1, valamint a lukácsházi és a Szombathely2 helyen álló fáknál lehetett olyan hasonló körülményekkel számolni, ami évről évre az aknák faj szerinti megoszlását és mennyiségét hasonlóná tette. Az acsádi, a nemescsói, és a söptei fák, a két év aknáinak megoszlását tekintve nem mutattak ismétlődő, szorosabb hasonlóságot a többi mintaterület fáival (**16.** és **17. táblázat**).

16. táblázat Az aknák alapján kialakított négy cluster 2009-ben

1. cluster	2. cluster	3. cluster	4. cluster
Söpte	Gencsapáti	Acsád	Lukácsháza
	Sopron1	Kőszegszerdahely	Nemescsó
	Sopron2	Sárvár	Szombathely2
	Szombathely1		

17. táblázat Az aknák alapján kialakított négy cluster 2010-ben

1. cluster	2. cluster	3. cluster	4. cluster
Acsád	Gencsapáti	Sárvár	Lukácsháza
Nemescsó	Sopron2	Kőszegszerdahely	Szombathely2
Sopron1			
Söpte			
Szombathely1			

5.1.4. Sodró fajok

A vegetációs időszakban megfigyelt fontosabb sodró fajok

A *P. nigra* 'Italica' fákön a funkcionális csoportok közül legkisebb károsítási értékkel és egyedszámban a sodró fajok fordultak elő. A legtöbb sodratot nyár végén, ősz folyamán lehetett megfigyelni, de valójában a károsítási értékük még ebben az időszakban is elenyésző maradt. A mintafákön *Byctiscus populi* (L. 1758) és *B. betulae* (L. 1758) által készített sodratokat egyáltalán nem észleltem. A legtöbb, sodrómolyok és keskenyszárnyú molyok által okozott sodratot Kőszegszerdahelyen, Nemescsón és Sárváron találtam. Ezeken a helyeken gyakoribb fajok voltak a fehér horgasmoly (*Ancylis laetana* Fabricius 1775) és a *Caloptilia stigmatella* (Fabricius 1781). Szórványosan, a levéldarazsak közé tartozó *Phyllocolpa* (Benson 1960) fajok sodratai is előfordultak.

Ugyanazon helyen a két mintafát, az összes vizsgálati helyet és a vizsgálati éveket összehasonlítva a sodratok alapján jelentősebb különbségek nem alakultak ki.

5.1.5. Gubacsképző fajok

A vegetációs időszakban megfigyelt gubacsképző fajok

A gubacsot okozó ízeltlábúak az idősebb fákön meghatározó csoportnak bizonyultak. Két, viszonylag távoli rendszertani egységből, a gubacsatkák és a levéltetvek családjából kerültek ki. Az *Aceria populi* (Nalepa 1890) gubacsait csak a városi fákön (Sopron, Szombathely) találtam meg, de ott egyöntetűen minden fán. Fertőzése évente két hullámban jelentkezett, első nemzedéke május folyamán, a második augusztus végétől okozott újabb és újabb gubacsokat a már fásodott részekén. Idősebb gubacsai akár évekig is a fákön maradt.

A gubacsot képző levéltetvek közül a *Parathecabius lysimachiae* (Borner 1916) minden, míg a *Thecabius affinis* (Kaltenbach 1843) nyolc vizsgálati helyen fordult elő. Ahol megjelentek ott mind a fundatrix, mind a fundatrigének által okozott gubacsok megtalálhatók voltak. A *P. lysimachiae* és a *T. affinis* összesített gyakoriságáról a **18. táblázat** ad áttekintést.

18. táblázat A *Parathecabius lysimachiae* és a *Thecabius affinis* összesített gyakorisága vizsgálati helyenként és évenként

Vizsgálati helyek	<i>Parathecabius lysimachiae</i>		<i>Thecabius affinis</i>	
	2009	2010	2009	2010
Acsád	9	10	2	2
Gencsapáti	66	33	3	4
Kőszegszerdahely	26	21	7	3
Lukácsháza	66	53	2	2
Nemescsó	10	16	0	0
Sárvár	23	12	2	0
Sopron1	105	24	2	2
Sopron2	19	22	0	0
Söpte	2	6	0	0
Szombathely1	88	32	0	0
Szombathely2	34	12	4	3

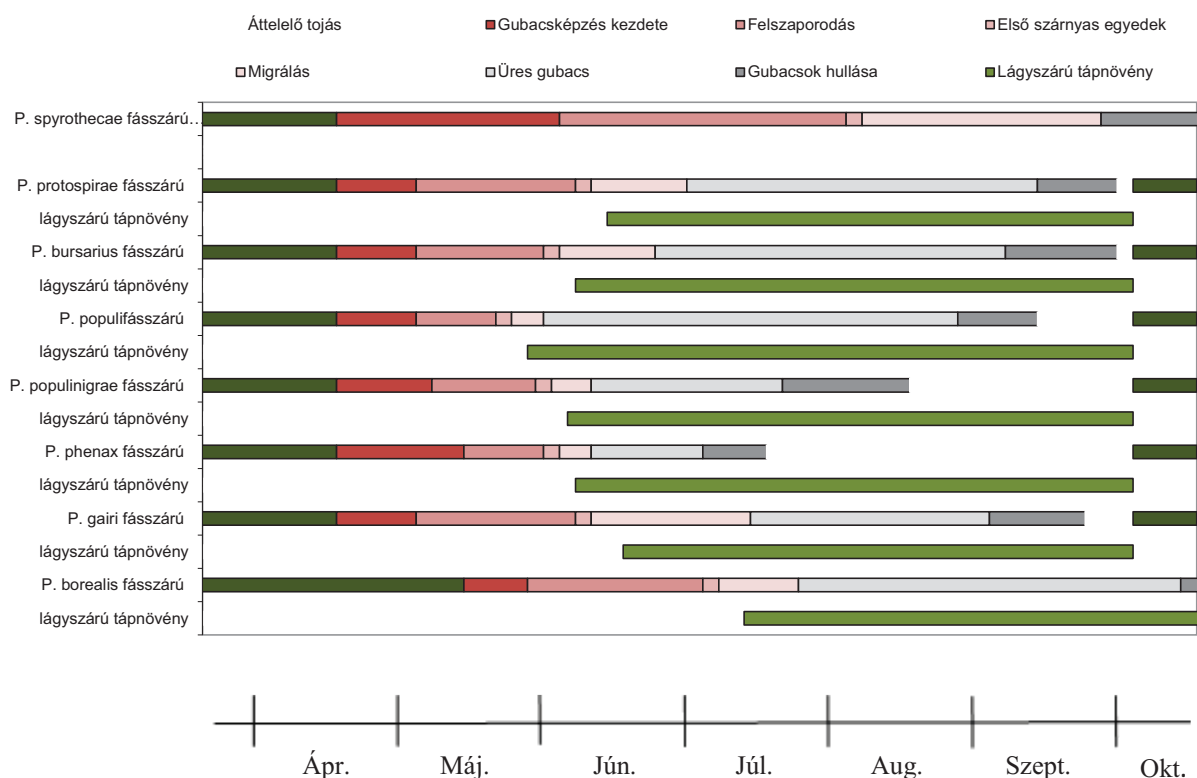
A *T. affinis* fertőzése kisebb mértékű volt, és a tavasz folyamán lehetett észlelni viszonylag elnyújtottan. Legtöbb gubacs április végén, május elején volt megfigyelhető, Kőszegszerdahelyen, Szombathely2-n és Gencsapátiban. A *P. lysimachiae* gubacsait legnagyobb egyedszámban tavasszal, májusban, míg furcsa módon ősszel, augusztus vége és szeptember közepe között lehetett megtalálni. A *P. lysimachiae* legtöbb gubacsát Sopron1, Szombathely1, Gencsapáti és Lukácsháza, míg legkevesebb gubacsát Söpte, Acsád és Nemescsó vizsgálati helyeken észleltem.

A felvételezések során a jegenyenyáron nyolc *Pemphigus* fajt [*P. borealis* (Tullgren 1909), *P. bursarius* (L. 1758), *P. gairi* (Stroyan 1964), *P. phenax* (Borner et Blunck 1916), *P. populi* (Courchet 1879), *P. populinigrae* (Schrank 1801), *P. protospirae* (Lichtenstein 1885), *P. spyrothecae* (Passerini 1860), és *P. vesicarius* (Passerini 1862)] sikerült meghatározni.

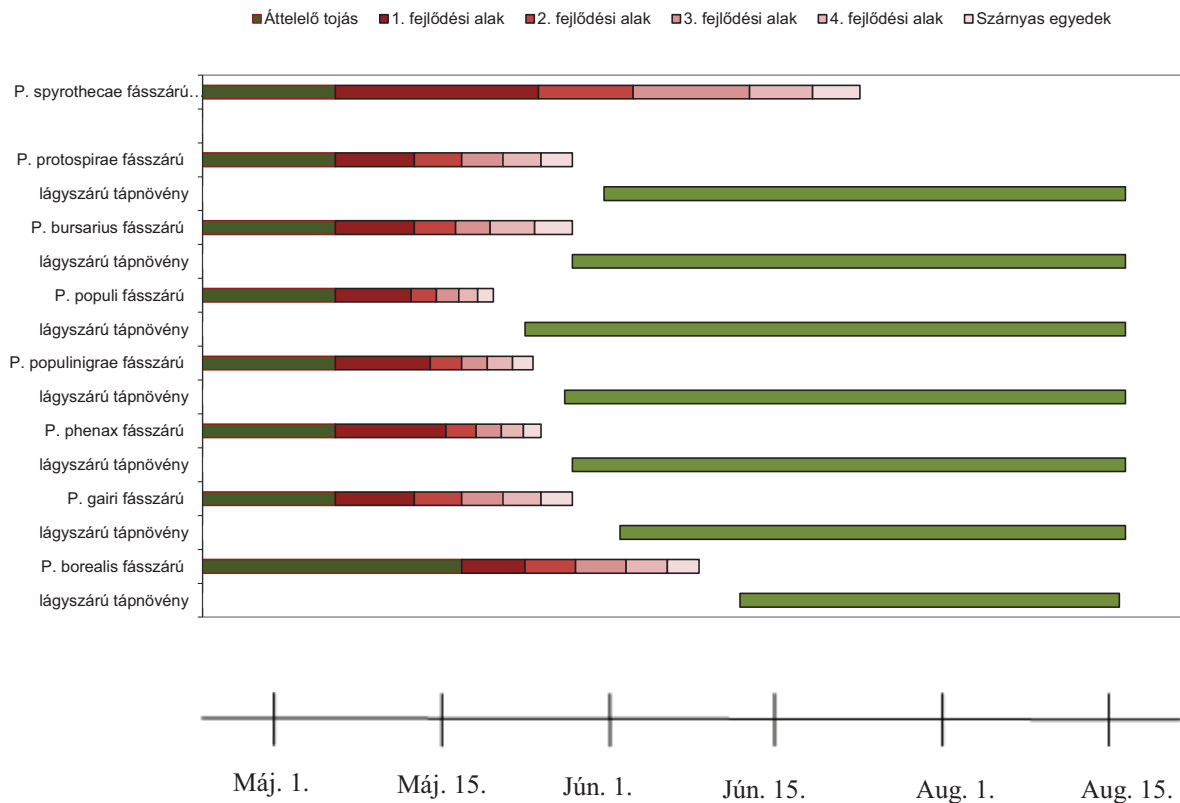
A felsorolt fajok gubacsképzése két kivétellel (*P. borealis*, *P. spyrothecae*) időben hasonlóan alakult. Gubacsaik kialakulása április közepén kezdődött, május elejéig csak a fundatrix tartózkodott a gubacsban. Az első fundatrigének május elején a *P. gairi* és a *P. populinigrae* gubacsokban fejlődtek ki. 5-8 nappal ezután a *P. bursarius*, a *P. populi* és a *P.*

protospirae gubacsokban, majd végül a *P. phenax* gubacsokban jelentek meg a leánynemzedékek. A fundatrix, a *P. populi* kivételével, hosszasan együtt élt a fundatrigénekkal. A fundatrigéneknek 4 fejlődési stádiuma volt. A tetvek migrációja előtt két héttel a gubacsokban, egyidőben mind a négy fejlődési stádiuma megtalálható volt. Kivételt ebben az esetben is a *P. populi* képzett szinkronizált fejlődésével. Ezen fajok szárnyas egyedei május vége és június közepe között hagyták el a gubacsot és keresték fel lágyszárú tápnövényeiket. A *P. borealis* hasonló ütemben és hasonló jellemzőkkel fejlődött, mint az előbb említett fajok, de gubacsképzése csak május közepén kezdődött és csaknem július végéig tartott.

A *P. spyrothecae* teljes fejlődése a feketenyáron megy végbe. Gubacsai kialakulása szintén április közepén kezdődött, de május végéig ezekben a gubacsokban csak a fundatrix élt. A leánynemzedékek megjelenése május végére volt tehető. A fundatrix június végére tűnt el a gubacsból, amikor a fundatrigének száma már a 30 ± 4 -et elérte. Leánynemzedékeinek fejlődése nem szinkronizált, egy gubacsban akár mind a négy fejlődési alak egyszerre megtalálható volt. Az első szárnyas imágók augusztus első felében jelentek meg a gubacsokban. Gubacsainak kiürülése két hullámban történt, augusztus végén, szeptember elején, illetve szeptember utolsó dekádjában, október elején. A gubacstetvek részletes életciklusa és fejlődésmenté a **14.** és **15. ábráról** olvasható le.



14. ábra A *Pemphigus* fajok életciklusa



15. ábra A *Pemphigus* fajok egyedfejlődése

2009-ben nem volt olyan *Pemphigus* faj, mely minden vizsgálati helyen előfordult. Ezzel szemben 2010-ben a *P. bursarius* gubacsait minden egyes vizsgálati helyen meg lehetett találni. 2009-ben a legelterjedtebb, 2010-ben pedig a második legelterjedtebb faj a *P. spyrothecae* volt. Gubacsait mindkét évben 10 vizsgálati helyen megfigyelhető volt (19. táblázat).

A leginkább adaptív populációt a *P. spyrothecae* és a *P. bursarius* alakította ki, de a *P. populi* valamivel kisebb egyedszámú populációi is jó alkalmazkodóképességről tettek tanúbizonyságot. Sikerességüket elsősorban gubacsképzési és túlélési-stratégiájuknak köszönhetik. A leggyakoribb gubacsképző faj a *P. spyrothecae*, míg a legritkább a *P. borealis* volt. A *P. bursarius* és *P. populi* általánosan elterjedt, gyakori fajoknak bizonyultak. A *P. spyrothecae* 2009-ben 7, 2010-ben 6, a *P. bursarius* 2009-ben 3, 2010-ben 4, míg a *P. populi* 2009-ben és 2010-ben 1-1 helyen volt a leggyakoribb gubacsképző. Azokon a helyeken, ahol a *P. bursarius* volt a domináns faj ott a *P. spyrothecae* mindig alacsonyabb egyedszámban volt megfigyelhető, így pl: Gencsapátiban, Kőszegszerdahelyen, Szombathely1 vizsgálati helyeken.

19. táblázat A *Pemphigus* fajok egyedszámának átlaga – a május végi és a június közepi adatok alapján – 100 levélre vonatkoztatva, a vizsgált helyeken

Vizsgálati helyek	<i>P. spyrothecae</i>		<i>P. protospirae</i>		<i>P. bursarius</i>		<i>P. populi</i>		<i>P. populi-nigrae</i>		<i>P. gairi</i>		<i>P. phenax</i>		<i>P. borealis</i>	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
	db/100 levél															
Acsád	38	23	0	0	5	7	6	4	1	1	0	0	1	2	0	0
Gencsapáti	8	5	0	0	11	13	8	11	3	7	2	2	3	4	0	0
Kőszegszerdahely	0	0	7	4	15	14	4	4	3	5	0	3	0	0	1	0
Lukácsháza	15	17	0	0	6	6	14	4	3	2	1	2	2	2	0	0
Nemesesó	10	2	0	0	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Sárvár	20	21	0	0	1	3	0	1	0	6	2	0	0	0	0	0
Sopron1	7	12	0	0	3	3	15	13	0	0	1	0	0	0	0	1
Sopron2	21	14	0	0	2	7	0	5	1	0	0	2	1	0	0	0
Söpte	9	3	0	0	0	4	2	2	0	1	1	3	0	0	1	0
Szombathely1	7	5	0	0	14	14	6	3	3	5	0	2	2	0	0	0
Szombathely2	19	13	0	0	5	5	8	6	1	5	1	9	4	0	0	0

10.13147/NYME.2012.027

A *P. protospirae* elterjedése korlátozott, egyedszáma pedig alacsonyabb volt, csupán egyetlen vizsgálati helyen fordult elő (Kőszegszerdahely), de itt jelenléte általános, populációja stabil volt. Érdekes, hogy a *P. spyrothecae* (16. ábra) és a *P. protospirae* (17. ábra) egyetlen vizsgálati helyen sem fordult elő együtt. Ennek oka megint csak konkurens helyzetükben keresendő, hiszen mindkét faj a levélnyélen, április közepétől, formára is hasonló gubacsot képez.



16. ábra *Pemphigus spyrothecae* gubacsai



17. ábra *Pemphigus protospirae* gubacsai

A *P. gairi* és a *P. borealis* előfordulása a helyek között és az egymást követő években nagy változatosságot mutatott. Ennek oka, hogy mindkettő viszonylag újonnan megjelent faj a magyar faunában. A megtelepedés, a felszaporodás és a stabil populációk kialakítása a legtöbb fajnál hosszabb időt vesz igénybe. Vizsgálataimban a *P. gairi* (18. ábra) könnyebben alkalmazkodott és nagyobb kötődést mutatott az idősebb jegenyenyárokhoz, szélesebb körben és nagyobb egyedszámban terjedt el, míg a *P. borealis* (19. ábra) inkább a fiatalabb fekete nyár klónokon telepedett meg (lásd 5.2.5.), így elterjedése korlátozottabb, egyedszáma pedig kisebb volt.



18. ábra *Pemphigus gairi* gubacsai



19. ábra *Pemphigus borealis* gubacsai

Az összes vizsgálati helyet tekintve, mindkét évben a *P. spyrothecae* egyedszámai adták a legnagyobb szórás értéket (3,83). A szórás értékek 2009-ről 2010-re a gyakori fajoknál csökkenést mutattak, míg a kisebb gyakoriságú fajoknál, mint a *P. populinigrae* és a *P. gairi*, emelkedtek.

A *Pemphigus* fajok gubacsképzésének néhány jellegzetes vonása

A vizsgálatok során megfigyelt *Pemphigus* fajok a nyárak levelein, hajtásokon és a rügyeken képeznek gubacsot. A *P. borealis* kivételével, – ami a rügyeken okoz gubacsot – a többi faj a levélnyélen, a levél főerén, közvetlenül a főér mellett, esetleg vastagabb mellékereken alakít ki gubacsot. A hajtások másodlagos gubacsképző helynek bizonyultak.

Minden *Pemphigus* fajnak megvan az optimális gubacsképzési helye, de magasabb egyedszám esetén a legjobb gubacsképző helyekért komoly verseny alakulhat ki közöttük (20. táblázat).

20. táblázat A *Pemphigus* fajok gubacsainak elhelyezkedése

Faj	Levélnyel	Középér	Vastagabb ér	A levél mellett a levél felületen	Levélfelület	Hajtás	Rügy
<i>P. spyrothecae</i>	+	((+))				(+)	
<i>P. protospirae</i>	+					((+))	
<i>P. bursarius</i>	+					(+)	
<i>P. populi</i>		+	(+)				
<i>P. populinigrae</i>		+	(+)	(+)			
<i>P. gairi</i>		+	(+)	(+)			
<i>P. phenax</i>				+	(+)		
<i>P. borealis</i>							+

+ általános, (+) ritka, ((+)) letális pozíció, nagyon ritka

Több gubacs előfordulása ugyanazon növényi részen jellegzetes szabályszerűséget mutatott. A leggyakrabban ugyanazon faj két egyede képzett gubacsot a levélnyélen pl. két *P. spyrothecae* vagy két *P. bursarius*. Arra is volt példa, hogy egyazon levél, különböző részein különböző gubacsok fejlődtek. Ezek közül a leggyakoribb eset az volt, amikor az egyik gu-

bacs a levélnyélen, a másik a levél főerén alakult ki. A legtöbb ilyen kombinációban a *P. spyrothecae* és a *P. populi* szerepelt. A legritkább együttes gubacsképzés az volt, amikor az egyik faj a levél főerén, míg a másik a főér mellett a levélfelületen képzett gubacsot. A *P. populi* a főeren más fajokkal együtt sosem képzett gubacsot. A *P. populnigrae*, a *P. gairi* és a *P. phenax* is nagyon ritkán képzett egymás mellett gubacsot a főeren. Következésképpen a főeren gubacsot képző fajok között is komoly versenyhelyzet alakul ki a jobb gubacsképzési helyekért (21. táblázat).

21. táblázat A páros gubacsok gyakorisága a két vizsgálati év júniusi gubacsfertőzési értékeinek átlagából számítva

Fajok	<i>P. spyrothecae</i>		<i>P. protospirae</i>		<i>P. bursarius</i>		<i>P. populi</i>		<i>P. populnigrae</i>		<i>P. gairi</i>		<i>P. phenax</i>	
	%													
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
<i>P. spyrothecae</i>	0,909	0,273	-	-	0,091	0,455	0,364	0,273	0,091	0,091	0,091	0,364	0,182	-
<i>P. protospirae</i>			0,091	0,091	0,091	0,091	-	-	-	0,091	-	-	-	-
<i>P. bursarius</i>					0,455	0,727	0,182	0,182	0,091	0,091	-	-	0,182	-
<i>P. populi</i>							0,273	0,364	-	-	-	-	-	-
<i>P. populnigrae</i>									-	0,091	-	0,091	0,091	-
<i>P. gairi</i>											-	0,091	-	-
<i>P. phenax</i>													0,091	0,091

Egy levélen három gubacs megjelenésére korlátozottan, csak a *P. bursarius* és a *P. spyrothecae* fajoknál adódott példa. A leggyakribb eset az volt, amikor három *P. bursarius* gubacs fordult elő együtt a levélnyélen. A második leggyakoribb esetenél három *P. spyrothecae* gubacs jelent meg, míg végül két *P. bursarius* és egy *P. spyrothecae* alakított ki gubacsot egyazon levélnyélen.

Az azonos guildet használó *Pemphigus* fajok közötti verseny meglétére a fajok között elvégzett korreláció vizsgálat is rámutat. Ezek szerint az azonos levélrészen képződő gubacsok 85%-ban negatív és több esetben szignifikáns, míg a különböző levélrészekeken képződők 50%-ban pozitív, 50%-ban negatív kapcsolatot mutattak, szignifikancia nélkül.

A mintafák összehasonlítása vizsgálati helyenként a gubacsképző fajok és gyakoriságuk alapján

Az azonos helyen álló fák között, a gubacsképző fajok számát és gyakoriságát tekintve, az aknázókhoz hasonlóan, szignifikáns különbség egyik vizsgálati helyen sem alakult ki (**22. táblázat**). Az eredmények ennél a funkcionális csoportnál is azt mutatják, hogy a fajok egy szűkebb élőhelyen egyenletesen oszlanak el a hasonló korú, azonos genetikai háttérű tápnövényeiken.

22. táblázat Az egy vizsgálati helyen álló két fa gubacsainak összehasonlítása Mann-Whitney teszttel

Faj	2009	2010
	p=0,05	
Acsád	0,694	0,646
Gencsapáti	0,743	0,974
Kőszegszerdahely	0,793	0,948
Lukácsháza	0,470	0,896
Nemescsó	0,818	0,974
Sárvár	0,555	0,646
Sopron1	0,844	0,974
Sopron2	0,948	0,974
Söpte	0,646	0,923
Szombathely1	0,896	0,974
Szombathely2	0,622	0,994

A vizsgálati helyek összehasonlítása a különböző a gubacsképző fajok és gyakoriságuk alapján

A 11 vizsgálati helyen az *A. populi* egyedszámát tekintve az alapvető különbség az volt, hogy a faj jelenlen van vagy nincs. Azon a négy helyen, ahol fertőzése fennállt, számottevő eltérés a fertőzés mértékét tekintve nem alakult ki a fák között (p=0,05 mellett; p₂₀₀₉=0,441; p₂₀₁₀=0,441).

A P. lysimachiae előfordulása általános, míg a *T. affinis* előfordulása széles körű volt a vizsgálati helyeken. Megjelenésüket tekintve nagyobb, szignifikáns különbség nem volt kimutatható közöttük (p=0,05 mellett; p₂₀₀₉=0,806; p₂₀₁₀=0,964).

Az összes felvételezési helyen a *Pemphigus* fajok fertőzési értékeinek mediánját összehasonlítva, szignifikáns különbség egyik évben sem alakult ki ($p=0,05$ mellett; $p_{2009}=0,546$; $p_{2010}=0,705$). Az egy adott élőhely fenotípusát jellemző számok – a fajszám, az egyedszám és a diverzitás – a legmagasabb értéküket Gencsapáti, Lukácsháza és Szombathely1, míg a legalacsonyabbakat Nemescsó vizsgálati helyen érték el. A legstabilabb gubacs-asszociáció Gencsapáti, Lukácsházán és Szombathely2-n alakult ki, hiszen a magas faj-, egyedszám és diverzitási értékek az egymást követő években nem, vagy csak elenyésző mértékben változtak (**23. táblázat**). Az alacsonyabb faj- és egyedszámú, illetve diverzitású vizsgálati helyeken ezek az értékek évről évre nagyobb eltéréseket mutattak (Nemescsó, Sárvár), így gubacs-asszociációik stabilitása is kisebbnek bizonyult. A *P. bursariust*, a *P. populit* és a *P. populinigrat* 2010-ben több helyen lehetett megtalálni, mint 2009-ben. A *P. phenax* esetén ez a folyamat ellentétesen alakult, nála az élőhely szűkülés volt megfigyelhető, ami másodlagos tápnövénykörének szűkülésével hozható összefüggésbe. Két fajnál azonban, a *P. borealisnál* és a *P. gairinál* mind élőhely szűkülést, mind bővülést meg lehetett figyelni. Ennek oka, hogy viszonylag újak ebben a térségben és kapcsolatrendszerük még nem kiforrott, populációik még nem stabilak.

23. táblázat A *Pemphigus* fajok száma, reletív gyakorisága, továbbá a *Pemphigus* fajok és az összes gubacsképző diverzitása a május végi, június eleji adatok átlaga alapján

Vizsgálati helyek	<i>Pemphigus</i> fajok száma		<i>Pemphigusok</i> relatív gyakorisága		Shannon H <i>Pemphigus</i> spp.		Shannon H Összes gubacsképző	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Acsád	5	5	0,51	0,37	0,853	1,106	1,055	1,337
Gencsapáti	6	6	0,35	0,42	1,623	1,635	1,864	1,871
Kőszegszerdahely	5	5	0,30	0,30	1,298	1,422	1,651	1,683
Lukácsháza	6	6	0,41	0,33	1,445	1,417	1,716	1,744
Nemescsó	2	2	0,11	0,07	0,199	0,598	0,560	1,030
Sárvár	3	4	0,23	0,31	0,470	0,919	0,903	1,091
Sopron1	4	4	0,26	0,29	1,045	1,076	1,595	1,545
Sopron2	4	4	0,25	0,28	0,606	1,189	1,215	1,596
Söpte	4	5	0,13	0,13	0,937	1,525	0,937	1,673
Szombathely1	5	5	0,32	0,29	1,403	1,377	1,785	1,782
Szombathely2	6	5	0,38	0,38	1,370	1,533	1,811	1,913

Az évjárat és a mintaterület, mint faktorok hatása a gubacsok egyedszámára

Az éveket és a helyeket egy-egy faktornak tekintve és varianciaanalízissel megvizsgálva a *Pemphigusok*, a *P. lysimachiae* és a *T. affinis* adathalmazát, az eredmények azt mutatták, hogy sem az évjárat faktorának, sem a vizsgálati helyek faktorának nem volt szignifikáns hatása ezen fajok egyedszámára ($p=0,005$ mellett, a *Pemphigusoknál* a $p_{\text{hely}}=0,830$, a $p_{\text{év}}=0,930$ és a $p_{\text{hely} \times \text{év}}=0,999$, míg a *P. lysimachiae* és a *T. affinis* esetén a $p_{\text{hely}}=0,382$, a $p_{\text{év}}=0,784$ és a $p_{\text{hely} \times \text{év}}=0,984$).

A statisztikai elemzések szerint sem az egy helyen álló két fa, sem a vizsgálati helyek, sem az évek között nem alakult ki szignifikáns különbség a gubacs-asszociációkat tekintve.

A vizsgálati helyek csoportosítása az gubacsképző fajok és egyedszámuk alapján

A gubacs-asszociációk ugyanazon a helyen, ugyanolyan genetikai hátterű nyárok esetén, egymást követő években, jelentősen nem tértek el egymástól. Ennek megfelelően a *Pemphigus* fajok 2009-es és 2010-es gubacsképzése (**24. és 25. táblázat**) alapján kialakított clusterek adták a legnagyobb hasonlóságot a funkcionális csoportok közül. Ezen fajok populációi mutatták a legnagyobb stabilitást is évről-évre. A gencsapáti, a kőszegszerdahelyi és a Szombathely1-es helyen álló fák, valamint a nemescsói és a söptei fák mindkét évben egy-egy csoportot alkottak. A másik két csoportban szintén csak kisebb átrendeződés történt a lukácsházi és a Sopron2-es vizsgálati hely felcserélődésével.

24. táblázat A *Pemphigus* gubacsok alapján kialakított négy cluster 2009-ben

1. cluster	2. cluster	3. cluster	4. cluster
Gencsapáti	Nemescsó	Acsád	Lukácsháza
Kőszegszerdahely	Söpte	Sárvár	Sopron1
Szombathely1		Sopron2	Szombathely2

25. táblázat A *Pemphigus* gubacsok alapján kialakított négy cluster 2010-ben

1. cluster	2. cluster	3. cluster	4. cluster
Gencsapáti	Nemescsó	Acsád	Sopron1
Kőszegszerdahely	Söpte	Lukácsháza	Sopron2
Szombathely1		Sárvár	Szombathely2

Ha azonban az összes gubacsképzőt tekintjük, az egymást követő években sokkal több eltérést találunk a kialakult csoportok között (26. és 27. táblázat). Évről-évre szorosabb kötődést a gencsapáti, a soproni 1-es és a szombathelyi 1-es vizsgálati hely mutatott. A többi nyolc hely egyik évről a másikra más-más csoportba került. Ez az eredmény azt is jelzi, hogy a három gubacscsoport (*A. populi*, *P. lysimachiae*+*T. affinis*, *Pemphigusok*) megtelepedésének és felszaporodásának különböző körülmények kedvezhetnek, illetve hátráltathatják azt, valamint az atka, a *P. lysimachiae* és a *T. affinis* populációinak kisebb stabilitására utal.

26. táblázat A gubacsok alapján kialakított négy cluster 2009-ben

1. cluster	2. cluster	3. cluster	4. cluster
Gencsapáti	Kőszegszerdahely	Sárvár	Acsád
Lukácsháza		Sopron2	Nemescsó
Sopron1		Szombathely2	Söpte
Szombathely1			

27. táblázat A gubacsok alapján kialakított négy cluster 2010-ben

1. cluster	2. cluster	3. cluster	4. cluster
Gencsapáti	Kőszegszerdahely	Sárvár	Acsád
Szombathely2	Nemescsó		Lukácsháza
Sopron1			Sopron2
Söpte			
Szombathely1			

5.1.6. Levéltetvek

A vegetációs időszakban megfigyelt levéltetű fajok

A levélen szívogató levéltetű fajok közül a *Chaitophorus leucomelas* (Koch 1854) kielenc vizsgálati helyen fordult elő, de fertőzési értékei, illetve megjelenésének ideje ezeken a helyeken is jelentős eltéréseket mutatott (28. táblázat). A városai fáknál mind tavasszal, mind ősszel lehetett levéltetű fertőzést tapasztalni, míg a többi helyen tavasszal vagy még akkor sem fordultak elő a *Ch. leucomelas* egyedei. A városi fáknál a fertőzés mértéke tavasszal közepes, ősszel közepes és gyenge, míg a falvakban található fáknál (Acsád, Lukácsháza) ta-

vasszal erős, ősszel gyenge volt. A szántóföldi kultúra mellett álló fáknál (Nemescsó, Söpte) tavasszal gyenge, míg ősszel, a felvételezés idején nem lehetett fertőzést megfigyelni rajtuk.

28. táblázat A *Chaitophorus leucomelas* és a *Pterocomma populeum* fertőzöttségre vonatkozó vizsgálati adatok

Vizsgálati hely	Tavaszi fertőzés mértéke		Nyári fertőzés mértéke		Őszi fertőzés mértéke	
	Banks-skála szerint					
	<i>Ch. leucomelas</i>	<i>P. populeum</i>	<i>Ch. leucomelas</i>	<i>P. populeum</i>	<i>Ch. leucomelas</i>	<i>P. populeum</i>
Acsád	erős	erős		gyenge	gyenge	közepes
Gencsapáti						
Kőszegszerdahely		közepes				közepes
Lukácsháza	erős	erős		gyenge	közepes	erős
Nemescsó	gyenge	gyenge				
Sárvár	gyenge	gyenge				
Sopron1	közepes				közepes	
Sopron2	közepes				gyenge	
Söpte	gyenge	erős		gyenge		közepes
Szombathely1	közepes				közepes	
Szombathely2	közepes				gyenge	

A *Pterocomma populeum* (Kaltenbach 1843) fertőzése még kevésbé volt általános, mint az előbb említett *Ch. leucomelas* fajé, sőt a vizsgálati helyek tekintetben a preferenciája is eltérőnek bizonyult. A városi és a gencsapáti fákon egyáltalán nem fordult elő. Fertőzési értéke azokon a vizsgálati helyeken (Acsád, Lukácsháza, Söpte) volt a legmagasabb, ahol telepeit a nyár folyamán is folyamatosan meg lehetett figyelni a fiatalabb ágakon, hajtásokon.

A fertőzés idejét és mértékét tekintve tetűfajokkal a legfertőzöttebbeknek a lukácsházi fák bizonyultak. Hasonló jellegű fertőzést a Sopron1 és Szombathely1 helyen található fák, a Sopron2 és Szombathely2 helyen, valamint a Nemescsón és Sárváron található fák mutattak.

A levéltetvek fertőzése egyazon vizsgálati helyen a két fát tekintve jelentős eltérést nem mutatott. Ha az egyik fán a *Ch. leucomelas* vagy a *P. populeum* egyedei jelen voltak, akkor a másik fán, ugyanabban az időben, hasonló fertőzési értékekkel, ugyanúgy meg lehetett őket találni. A levéltetű fertőzés a két vizsgálati évet összehasonlítva jelentősebb eltéréseket nem mutatott.

5.1.7. A rágás, a vázasítás, az aknázás és a gubacsképzés kapcsolata a *P. nigra* 'Italica' fákon

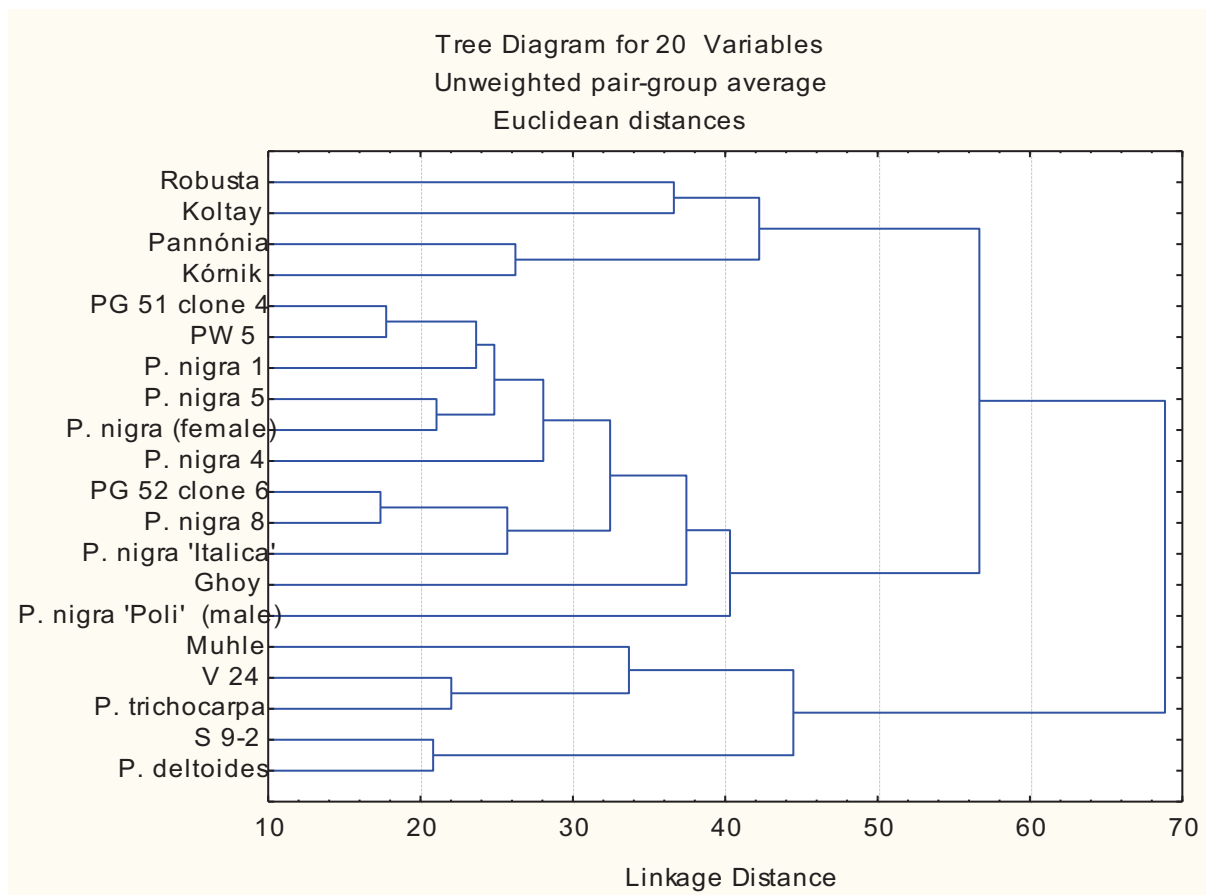
Az idős jegenyenyárákon a károsítók kapcsolata a vizsgálat ideje alatt csak ritkán és majdhogynem véletlenszerűen volt szignifikáns. Valójában ezeknél a fáknál a funkcionális csoportokra vonatkozóan szorosabb korrelációról nem lehet beszélni, sőt a kapcsolatok negatív vagy pozitív volta is változott, mind éven belül, mind az évek között (**29. táblázat**). A kapcsolatok irányára vonatkozóan valamivel nagyobb állandóságot lehetett a gubacsok-vázasítók, illetve a gubacsok-rágók között megfigyelni. Ezek a kapcsolatok javarészt negatív jellegűek voltak és gyakran a szignifikancia érték körül mozogtak.

29. táblázat A rágás, a vázasítás, az aknázás és a gubacsképzés korrelációja a mintafákon

2009	Rágó-vázasító	Rágó-aknázó	Rágó-gubacs	Vázasító-aknázó	Vázasító-gubacs	Aknázó-gubacs
	p=0,05					
április 15.	-0,2429	...	0,0412	...	0,8435	...
április 28.	0,5000	...	0,4200	...	0,0228	...
május 11.	0,1273	0,0316	-0,5786	0,0421	-0,4875	-0,0686
május 28.	0,5727	0,0860	0,0868	0,4158	-0,3196	-0,2161
június 12.	0,0909	-0,5091	0,2975	-0,1789	-0,5996	-0,1824
június 27.	0,3182	-0,0833	0,0046	0,2963	-0,2740	-0,1814
július 14.	0,3000	-0,1009	-0,5309	0,3670	-0,3707	0,2587
július 25.	0,2727	0,1739	-0,7198	0,2471	0,0137	-0,2408
augusztus 7.	0,3091	0,1503	-0,2455	-0,1868	-0,1636	-0,1778
augusztus 21.	-0,0364	0,5636	-0,5964	-0,4182	-0,1376	-0,2469
szeptember 5.	0,2545	0,2961	-0,1918	0,0730	0,2648	-0,3112
szeptember 25.	-0,0455	-0,1731	-0,2922	-0,0911	-0,6028	-0,1442
október 5.	-0,0455	0,0365	-0,4521	0,1185	-0,3516	-0,3227
október 21.	0,0000	0,07817	-0,5513	0,1747	-0,5968	-0,1056
2010	p=0,05					
április 22.	0,4012	0,1741	0,3708	0,4074	-0,1585	0,1746
május 13.	0,5364	0,5394	0,2420	0,0867	-0,2101	0,2225
május 30.	-0,0273	-0,2293	-0,1553	-0,3313	-0,0457	-0,4352
június 14.	0,0636	-0,2590	-0,2727	-0,2590	-0,2091	0,5745
június 27.	0,3091	0,0778	-0,4874	-0,3204	-0,1885	-0,0486
július 12.	-0,0545	0,0092	-0,0736	-0,2207	-0,4506	0,0256
július 27.	-0,0545	0,3158	-0,3410	-0,1693	-0,4885	0,2900
szeptember 1.	0,0181	-0,5732	-0,3708	-0,1402	-0,1337	0,1804
szeptember 15.	0,2454	-0,4000	-0,0455	-0,6069	-0,3363	0,2805
október 5.	-0,1364	-0,2916	-0,1648	-0,2870	0,247	-0,1376
október 28.	-0,4273	0,1458	0,5051	-0,1959	-0,1416	0,4849

5.2. *Populus* fajok, klónok és hibridjek összehasonlító vizsgálata

A fák ízeltlábú asszociációinak kialakulását nagymértékben befolyásolja a felek genetikai háttere. A növény genotípusa, a fenotípusos tulajdonságokon keresztül érvényesülve, kölcsönhatásban a környezettel, alakíthatja a rajta kialakuló herbivor közösségeket. Így befolyásolja az ízeltlábú rátalálását a tápnövényére, a céljainak megfelelő példány és növényi rész kiválasztását, valamint a gazdanövény kínálta erőforrások felhasználását. Ez alapján a kísérletbe vont klónok, illetve fajták genetikai kapcsolatainak ismerete (**20. ábra**) segítséget nyújt a fák ízeltlábú közösségeinek megértésében – kialakulásuk, stabilizálódásuk és fejlődésük szempontjából – valamint az eredmények pontosabb értelmezésében.



20. ábra A vizsgálatba vont klónok és fajták rokonsági viszonyai hét DNS mikroszatellit marker alapján

Egyes károsítások megléte, illetve súlyossága azzal is összefügg, hogy a károsító legártalmasabb és a növény legérzékenyebb fenológiai stádiuma mennyire fedi át egymást. Ennek az átfedésnek kritikus, egyben jellemző időszaka a fakadás, amikor a levélfelület még vi-

szonylag kicsi, a növény a téli időszak után kisebb tartalékokkal rendelkezik, míg a lárva és imágó állapotban áttelelt rovarok tápanyagigénye különösen magas.

Azon ízeltlábú csoportok számára, melyek fejlődésükből adódóan hosszabb időt töltenek a leveleken (pl. sodrók, lásd 5.2.4. fejezet), meghatározó jellegű lehet a levelek mérete is (30. táblázat).

30. táblázat A vizsgálatba vont klónok fakadási idejére és levélméretére vonatkozó adatok

Nyár klónok	Fakadás sorrendje	Tavaszi levélméret (cm ²)	Nyári levélméret (cm ²)
<i>P. trichocarpa</i>	3.	10,86 ±3,32	46,58 ±16,05
Muhle	2.	18,06 ±6,60	69,10 ±29,91
V 24	1.	11,42 ±2,58	85,23 ±42,18
<i>P. deltooides</i>	11.	16,25 ±8,13	142,96 ±28,97
S 9-2	11.	11,45 ±5,98	73,68 ± 3,54
Koltay	4.	12,70 ±2,39	46,46 ± 8,93
Pannónia	12.	9,98 ±3,71	26,25 ± 1,28
Kórnik	2.	18,75 ±5,07	33,33 ± 3,12
Robusta	7.	15,27 ±1,50	23,35 ± 3,18
<i>P. nigra</i> 'Italica'	5.	10,33 ±2,54	30,70 ± 0,96
<i>P. nigra</i> 1	8.	8,38 ±4,46	20,66 ± 6,21
<i>P. nigra</i> 4	13.	10,34 ±3,98	36,98 ± 8,94
<i>P. nigra</i> 5	12.	7,05 ±2,71	28,96 ±10,46
<i>P. nigra</i> 8	7.	8,30 ±2,93	44,78 ±13,44
PW 5	6.	6,13 ±2,82	32,96 ± 6,79
Ghoy	10.	7,06 ±2,11	36,34 ± 0,81
PG 51 clone 4	9.	5,84 ±1,48	13,58 ± 4,44
PG 52 clone 6	10.	4,39 ±1,85	20,11 ± 6,71
<i>P. nigra</i> 'Poli'	13.	1,66 ±0,62	4,74 ± 0,82
<i>P. nigra</i> ♀	10.	11,26 ±4,86	38,58 ± 6,39

5.2.1. Rágáskárosítások

A vegetációs időszakban megfigyelt fontosabb rágó károsítók

A tavaszi időszakban, május végéig a legnagyobb egyedszámban a nagy nyárlevelész (*Chrysomela populi*) lárvai és imágói voltak jelen a klónokon. A legjelentősebb rágáskárokat is ez a faj okozta. A fakadás ütemével összefüggésben, április második hetében különösen sok példányát lehetett megfigyelni a Kórnik fajta, a V 24, a *P. trichocarpa* és a PW5 klón megpatlant rügyein, apró levelein (21. ábra). Április végén a legnagyobb számban a Koltay és a Robusta fajtán károsított.



21. ábra *Chrysomela populi* nemszöi



22. ábra *Chrysomela populi* álcái

Tavasszal nagyszámában fordultak elő a lombormányosok (*Phyllobius argentatus*, *Ph. oblongus*, *Polydrusus formosus*, *P. mollis*) és a nyár levélbolhák (*Chalcoides nitidula*, *Ch. lamina* (Bedel 1901), *Ch. aurea*, *Ch. fulvicornis*, *Ch. aurata*) is. A kétpettyes fűzormányos (*Lepyryus palustris* Scopoli 1763), a lombormányosok és a bolhák szorosabb kötődést egyik nyárfajhoz, illetve fajtához sem mutattak.

A lepkehernyók az olasz PG 51 clone 4 és a PG 52 clone 6, valamint a *P. deltoidesen* kívül minden fán megjelentek. A nagy púposzövő (*Cerura vinula*) (23. ábra) és a szürke púposzövő (*Furcula furcula*) hernyói a PW5-ös, valamint a Ghoy klónon, míg a zezugos púposzövő (*Notodonta ziczac* L. 1758) a Robusta fajtán károsított. A gyapjaslepke (*Lymantria dispar*) hernyói a Muhle, a *P. nigra* 'Poli' ♂ és a Ghoy klónon fordultak elő. A fésűsbaglyokat [*Orthosia cruda* Denis et Schiffermuller 1775, *O. stabilis* (syn. *O. cerasi*) Denis et Schiffermuller 1775] a magyar klónokon lehetett megfigyelni.

A levéldarazsak (*Nematus caeruleocarpus*, *Pristiphora compressicornis*, *Trichiocampus viminalis*) a tavaszi időszakban kizárólag a *P. nigra* magyar klónokon okoztak kisebb-nagyobb levélfelületi veszteséget.

Nyáron, május végétől augusztus végéig, a *Ch. populi* újabb nemzedékei jelentek meg 6-7 hetes időközökkel. Fejlődési alakjai (22. ábra) eltérő egyedszámban ugyan, de minden klónon megfigyelhetők voltak, elsősorban a fiatalabb, hajtásúcusi leveleken. Kártételük már nem volt olyan feltűnő, hiszen erre az időszakra számos más rágó rovarfaj is megtelepedett a klónokon. Legtöbb egyede a Pannónia, míg legkevesebb az olasz és a lengyel klónokon volt észlelhető.

A nyári hónapokban a levélbolhák egyedszáma kisebb, míg a lombormányosoké nagyobb mértékben esett vissza. Lombormányosokat alig lehetett a nyári felvételezések alkalmával találni. A fináncbogár (*Anomala vitis* Fabricius 1775) imágói június végétől július közepéig rágták a csúcsi leveleket. A fűzfa zsákhordó bogár (*Clytra laeviuscula*) ugyanebben az időszakban jelent meg a fákon. Imágói a V 24-es, illetve a belga, az olasz és a lengyel *P. nigra* klónokon fordultak elő.

A lepkhernyók közül június végéig, majd augusztus közepétől újra rendszeresen megfigyelhető volt a nagy és a szürke púposzövő hernyója, elsősorban a *P. trichocarpa*, a Ghoy és a *P. nigra* ♀ klónokon. A gyűrűszövő (*Malacosoma neustria* L. 1758) hernyói a *P. nigra* származásokon, míg a vörös csipkésbagoly (*Scoliopteryx libatrix* L. 1758) hernyói csak a PG 51 clone 4-en, a *P. nigra* 'Polin' és a magyar klónokon táplálkoztak. Az araszolók (pl. *Lomaspilis marginata* L. 1758) és a nyárfa-púposzövő (*Pheosia tremula* Clerk 1759) jelenlétét alacsonyabb egyedszámuk miatt nem lehetett konkrét klónhoz kötni.

A levéldarazsak ebben az időszakban a magyar és a belga *P. nigra* származásokon, valamint a Muhle klónon fordultak elő. Leghosszabban, július közepéig, a *P. compressicornis*, *N. oligospilus* (Forster 1854) és a *N. caeruleocarpus* álhernyóit voltak megfigyelhetők. A levéldarazsak károsításának újabb hulláma augusztus közepén kezdődött és szeptember végéig, sőt a *P. compressicornis* október közepéig elhúzódott. Ebben az időszakban nagyobb egyedszám és magasabb károsítási érték jellemezte őket, mint tavasszal és nyár elején, az ősz folyamán azonban kis mértékben növény preferenciájuk is megváltozott. Gyakorlatilag az őszi *P. nigra* származáson és a Muhle klónon károsítottak.

A nagy nyárlevelész az ősz folyamán is minden klónon megjelent. Valamivel kevesebb egyede volt megfigyelhető a *P. trichocarpa*, az S 9-2, a Ghoy és az olasz klónokon, valamint a Kórnik fajtán. Feltűnően sok példánya volt a *P. nigra* 1, 8, a *P. nigra* 'Italica' klónon és a Koltay fajtán.

Augusztus közepétől, nagyobb számban, a lepkék második nemzedékének hernyói tűntek fel a fákon. Az őszi rágáskárok túlnyomó többségét is ezek a hernyók okozták. Az *Acronicta rumicis* és a rozsdabarna kisszövő (*Orgyia antiqua*) különösebb tápnövény preferenciát nem mutattak, hosszabb-rövidebb ideig szinte minden klónon károsítottak. A nyárfa-púposzövő és a kormos púposzövő (*Notodonta torva* Hubner 1803) lárváit csak a Robusta és a Koltay fajtán lehetett megfigyelni. A rövidszárnyú és az apró levélszövő (*Clostera curtula* L. 1758, *C. pigra* Hufnagel 1766) csak a *P. deltoides* és a *P. nigra* származásokon fordult elő. A nagy és a szürke púposzövő, a sárgafoltos púposzövő (*Phalera bucephala* L. 1758) (24. ábra) elsősorban a *P. nigra* származásokon és a hibrideken táplálkozott. A nyárfaszender (*Laothoe*

populi) hernyóit szeptember folyamán a vörös csipkésbagolyhoz hasonlóan a PG 51 clone 4, a *P. nigra* ♂ és a magyar klónokon, továbbá a *P. nigra* 'Italica' klónon lehetett megtalálni. A kis színjászólepke (*Apatura ilia* Denis et Schiffermuller 1775) hernyója a Koltay fajta levelét fogyasztotta.



23. ábra *Cerura vinula* hernyója

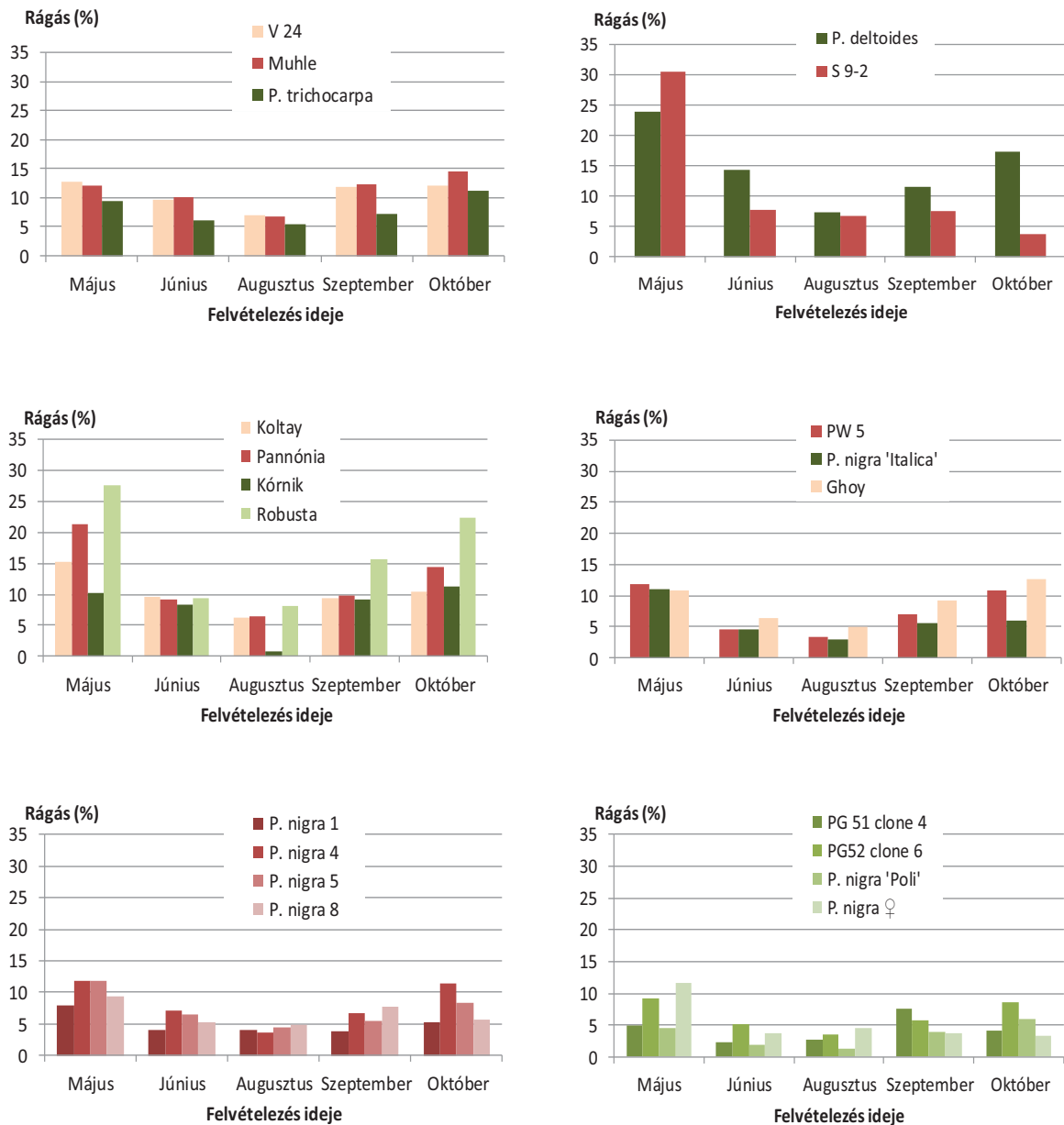


24. ábra *Phalera bucephala* hernyói

A rágáskárok időben alakulása és mértéke a vegetációs időszakban

Minden nyár klón és fajta esetén egyértelműen megmutatkozott, hogy a rágás típusú károsítások mélypontjukat augusztus folyamán érik el, ami összhangban van a többnemzedékes nyáron rágó rovarfajok szaporodási ütemével. Eltérés a klónok között elsősorban a károsítás mértékét, illetve a károsítás maximumának időbeni alakulását tekintve adódott (25. ábra). A legnagyobb károsítási értékek az S 9-2-es, a Robusta és a *P. deltoides* klónon, míg a legalacsonyabbak az olasz klónokon alakultak ki. Károsításuk maximumát a *P. trichocarpa* származások, a *P. nigra* 'Poli', a Ghoy klón és a Kórnik hibrid az ősz folyamán, míg a *P. deltoides* származások, a *P. nigra* származások zöme, a Robusta, a Koltay és a Pannónia fajta májusban érték el. Az utóbbi három interspecifikus hibridnél egyértelmű a szülőfajokkal mutatott hasonlóság. A vegetációs időszakban a rágáskárok mértékét tekintve a legkisebb szórások 2010-ben a *P. nigra* 1 (s=1,53), a *P. nigra* 'Poli' (s=1,68) és a *P. nigra* 8 (s=1,68), 2011-ben a Pannónia (s=0,21), a *P. nigra* 1 (s=0,28), a *P. nigra* 'Poli' (0,72) klónnál adódtak. A legnagyobb szórások 2010-ben az S 9-2-es (s=9,78), a Robusta (s=7,50) és a *P. deltoides* (s=5,58), míg 2011-ben a *P. deltoides* (s=2,42), a V 24-es (s=1,84) és az S 9-2-es (s=1,636) klónon alakultak ki. A vegetációs időszakban a legkisebb szórással rendelkező klónok, egy

kivétellel, mind a *P. nigra* csoportból, míg a legnagyobb szórásúak zömében a *P. deltooides* csoportból, egy-egy esetben a hibridek és a *P. trichocarpa* csoportjából kerültek ki.



A grafikonok a klónokat faj szerinti bontásban, illetve a *P. nigrák* esetén származás szerint csoportosítva tartalmazzák.

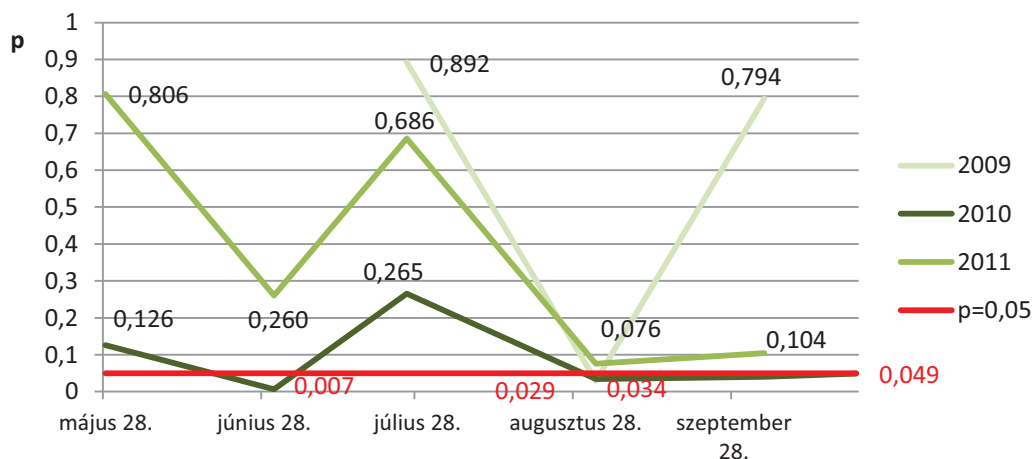
25. ábra A rágáskárok alakulása a 2010-es megfigyelési időszakban a vizsgálatba vont klónokon és fajtákon

A kísérletben szereplő fajok, klónok és fajták összehasonlítása a rágáskárok alapján

A mintafák között mind a 13 felvételezés idején szignifikáns különbség adódott a rágások mennyiségi adatai alapján ($p=0,05$ mellett, p_s számított= $0,000$). A Fisher-teszt szerint elsősorban a *P. nigra* taxonok tértek el a többi csoporttól. A májusi és az októberi időszakban ehhez társult még a rágáskárosítások időben eltérő maximalizálása miatt a *P. deltoidesek* és *P. trichocarpák* közötti nagyobb, szignifikáns eltérés is.

A klónokat csoportonként is megvizsgálva látható, hogy a *P. nigrák* minden alkalommal ($p=0,05$ mellett a p számított értéke 0 és $0,026$ között változott), míg a többi csoport eltérő időpontokban, különböző gyakorisággal (hibridek 7, *P. trichocarpák* 5, *P. deltoidesek* 4 alkalommal), de mutatott szignifikáns eltérést. A csoportok közötti összehasonlításnál, ha az értékek szignifikáns voltát tekintjük, sem időbeli, sem csoportokra vonatkozó rendszeresség nem fedezhető fel közöttük. Ha azonban az értékek egymáshoz viszonyított időbeli alakulását vizsgáljuk, mégiscsak kirajzolódik egy évenként ismétlődő, csoportra jellemző tendencia.

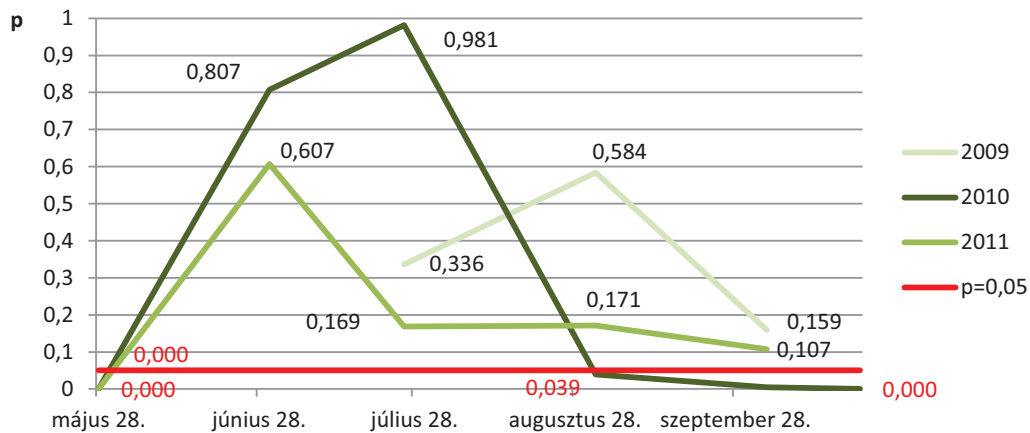
A *P. trichocarpáknál* egy májusi kisebb eltérést – mindkét évben – egy nagyobb júniusi követett, míg júliusban megint csak kisebb különbségek alakultak ki a rágások tekintetében. Augusztustól, az októberi utolsó felvételezésig az eltérések növekedtek, olyannyira, hogy az értékek többsége szignifikáns volt, vagy a körül mozgott (**26. ábra**).



26. ábra A rágáskárosítások mediánjainak eltérése a *P. trichocarpa* csoporton belül, a 13 felvételezésnél

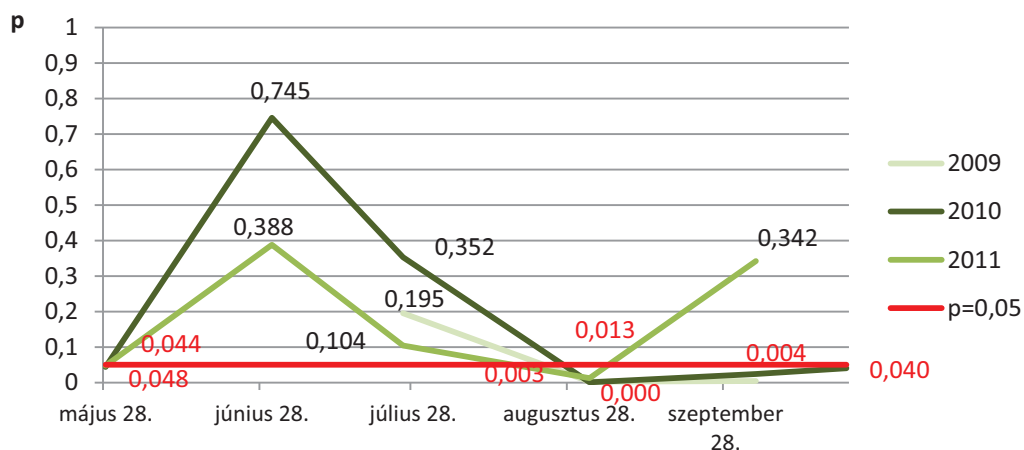
A *P. deltoides* csoportnál a májusi értékek szignifikáns eltérést mutattak. Júniusban, júliusban a károsítási értékek mediánja hasonló volt, míg augusztustól októberig a különbségek

megint nőttek. Ez 2010-ben szignifikáns eltéréseket eredményezett, míg 2011-ben az eltérések növekedése határozott volt, de a szignifikancia szintet nem érték el (27. ábra).



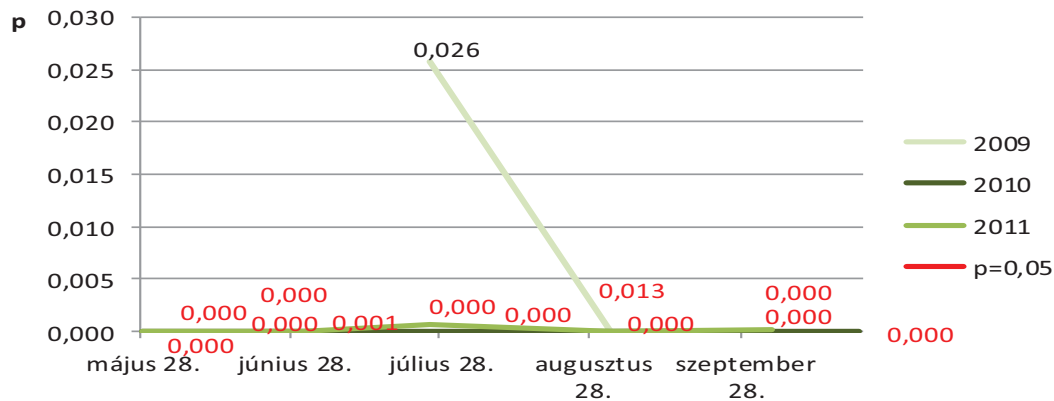
27. ábra A rágáskárosítások mediánjainak eltérése a *P. deltooides* csoporton belül, a 13 felvételezésnél

A hibridek eltérésgörbéinek lefutása leginkább a *P. deltooideseké*hez hasonlított, májusi szignifikáns eltéréseivel, júniusi legnagyobb hasonlóságával, júliusi növekvő különbségeivel, mely augusztusra elérte a szignifikáns szintet és az utolsó felvételezésig ezen értékhatárhoz közel is maradt (28. ábra).



28. ábra A rágáskárosítások mediánjainak eltérése a hibrid csoporton belül, a 13 felvételezésnél

A *P. nigráknál* is kialakult az eltérésgörbe csoportra jellemző lefutása, a júliusi kisebb különbséggel, de ennél a csoportnál az értékek még így is messze a kijelölt szignifikancia érték alatt maradtak (**29. ábra**).



29. ábra A rágáskárosítások mediánjainak eltérése a *P. nigra* csoporton belül, a 13 felvételezésnél

Az itt felvázolt négy eltérésgörbét tekintve a *P. trichocarpa* és a *P. nigra* csoport tava-szi kisebb, és a nyár közepén mintegy hónapos eltolódással kialakult, szintén kisebb különbségével jobban eltér a többi csoporttól. A *P. trichocarpák* abban azonban eltérnek a *P. nigráktól*, hogy tavasz végén ezen csoport tagjai között kisebbek az eltérések, míg a *P. nigrák* között nagyobbak, sőt szignifikánsak.

A *P. trichorapáknál* a csoporton belüli különbségek kialakulását elsősorban a *P. trichocarpa* és a másik két klón rágáskárosításainak nagyobb eltérése okozta. A hibrideknél elsősorban a Kórnik fajta, másodsorban a Robusta vált el, a rágások szempontjából határozottabban a többi fajtától. A *P. deltoideseknél* miután csak két klón szerepelt az eltéréseik a **27. ábráról** közvetlenül leolvashatók.

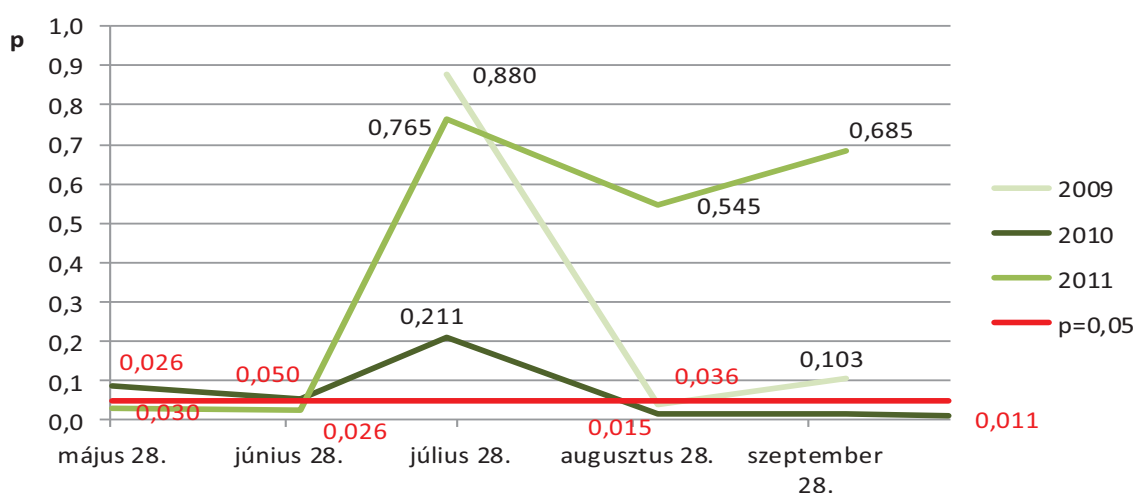
Az évek tekintetében megint a hibridek és a *P. deltoides* csoport mutatott inkább hasonlóságot, miszerint a nyár közepén 2010-ben kisebb, míg 2011-ben nagyobb különbségek alakultak ki a csoportok tagjai között. Ezzel ellentétben a *P. trichocarpa* származásoknál a nyári időszakban, 2010-ben nagyobbak, 2011-ben kisebbek voltak a csoport tagjai közötti eltérések.

A kísérletben szereplő *P. nigra* származások összehasonlítása a rágások alapján

A rágáskárok időben lefutását tekintve *P. nigrák* között eltérést a legdélebbi származású *P. nigra* 'Poli' és a legnyugatibb, illetve a legészakibb származású Ghoy klón mutatott. Ezen *P. nigra* klónokon a legnagyobb rágáskárok októberre alakultak ki, míg a többi klónnál a leg-súlyosabb rágások májusban jelentkeztek. A rágáskárosítások a mélypontjukat a *P. nigráknál* egyöntetűen augusztus elején érte el. Mindkét évben a legkisebb, rágásból adódó károsítás a *P. nigra* 'Poli' klónon, a legnagyobb pedig a Ghoy klónon volt megfigyelhető.

A rágások mennyiségi adatait tovább vizsgálva, elsősorban a legdélebben begyűjtött olasz *P. nigra* 'Poli', másodsorban ismét csak a peremterületről (ÉNY) származó 'Ghoy' klón adott jelentős, szignifikáns eltéréseket a többi, Európa középső területeiről származó klónnal szemben. A *P. nigra* 'Poli' szinte minden más klóntól, míg a 'Ghoy' klón a legtöbb esetben az olasz klónoktól tért el szignifikánsan.

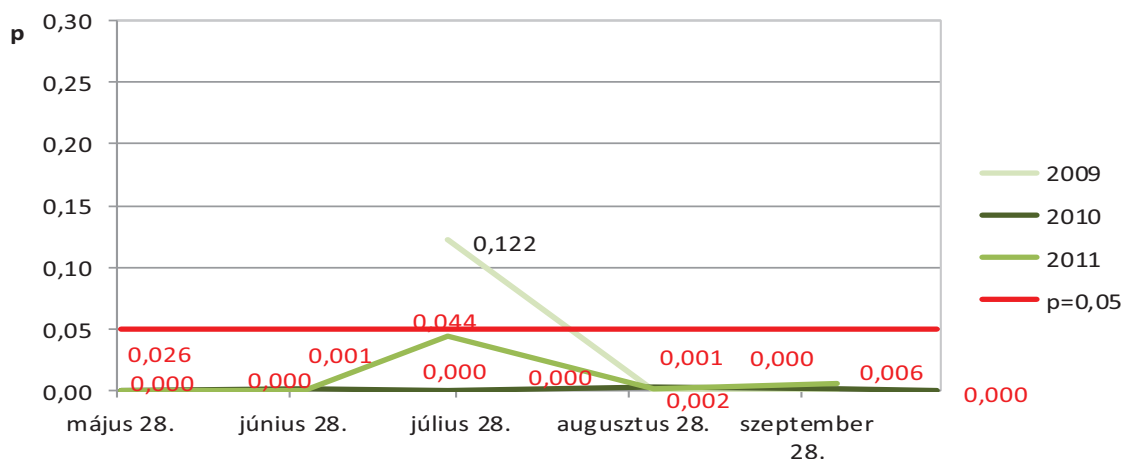
A magyar klónok között nagyobb, akár szignifikáns, eltérést a rágások mértéke alapján késő tavasszal és ősszel lehetett tapasztalni (30. ábra). A különbségek kialakulásában első-sorban *P. nigra* 8-as és *P. nigra* 4-es, *P. nigra* 5-ös, valamint a *P. nigra* 1-es klón ugyancsak a *P. nigra* 4-es és 5-ös, esetenként a *P. nigra* 8-as klónnal összehasonlított rágásátlagainak nagyobb eltérése miatt alakult ki. A *P. nigra* 1-es klón többi klónnal szemben mutatott eltérése a vegetációs időszak elején kisebb, míg a vegetációs időszak végén mind határozottabb lett. A magyar klónok gyűjtési helyét tekintve érdekes, hogy közöttük a *P. nigra* 1-es a legdélebbi származású.



30. ábra A rágások mediánjának eltérése a magyar *P. nigra* származásoknál a 13 felvételezésnél

Az olasz klónok között, a rágáskárosításokat tekintve egy kivétellel (2009. augusztus 10.), minden vizsgálati időpontban szignifikáns eltérés volt (**31. ábra**). A nyár folyamán és ősszel ezek a különbségek elsősorban a *P. nigra* 'Poli', másodsorban a *P. nigra* ♀ klón egymással és a másik két klónnal szemben mutatott eltéréseiből adódtak.

Az olasz klónok között a *P. nigra* ♀ nagyobb mértékű rágáskárosítása, ami a többi klónnal szemben mutatott szignifikáns eltérésben is megmutatkozott, összefügghet azzal, hogy ennek a klónnak jelentősen nagyobbak a levelei, mint a másik háromnak: különösen igaz ez a *P. nigra* 'Poli'-val való összehasonlításnál. Ez a méretbeli különbség a vegetációs időszakban valamelyest csökkent, ami a rágáskárosítások különbségének mérséklődésében is megmutatkozott. A másik, az eltérések kiváltásában jelentős szerephez jutó klón, a *P. nigra* 'Poli', a levélmérete és származása tekintetében is szélsőségeket képviselt. A vizsgált klónok közül ennek voltak a legkisebbek a levelei, és egyben a legdélibb származású is volt.



31. ábra A rágások mediánjának eltérése az olasz *P. nigra* származásoknál a 13 felvételezés-nél

A magyar származású *P. nigráknál* egy nyár elejei nagyobb eltérést (május, június), a többi csoporthoz hasonlóan, egy nyár közepén kialakuló kisebb különbségekkel jellemezhető időszak követett. Augusztus végén a különbségek megint tetőznek, és évjáráttól függően így is maradtak, vagy kisebb mértékben csökkentek a vegetációs időszak végéig. Az olasz klónok eltérésgörbéi is hasonló módon alakultak azzal a különbséggel, hogy itt az eltérések nagyobbak és az egész vegetáció során a $p=0,05$ érték alatt maradtak.

A rágások alapján kialakított clusterok

A 20 mintafa rágások alapján történt clusterokba sorolásának eredményeit a 2010-es évre vonatkozóan a **31. táblázat**, a 2011-es évre vonatkozóan, pedig a **32. táblázat** tartalmazza.

31. táblázat A 2010-es rágáskárok alapján kialakított hat cluster

1. cluster	2. cluster	3. cluster	4. cluster	5. cluster	6. cluster
<i>P. trichocarpa</i>	<i>P. deltooides</i>	Muhle	<i>P. nigra</i> 'Italica'	<i>P. nigra</i> 1	PG51 Clone 4
<i>P. nigra</i> 4	S 9-2	V 24	<i>P. nigra</i> 5	<i>P. nigra</i> ♀	<i>P. nigra</i> 'Poli'
Ghoy	Pannónia	Koltay	<i>P. nigra</i> 8		
PW5	Robusta	Kórnik	PG52 Clone 6		

32. táblázat A 2011-es rágáskárok alapján kialakított hat cluster

1. cluster	2. cluster	3. cluster	4. cluster	5. cluster	6. cluster
<i>P. nigra</i> 1	<i>P. nigra</i> 'Italica'	Ghoy	PG51 Clone 4	<i>P. deltooides</i>	<i>P. trichocarpa</i>
<i>P. nigra</i> 4	<i>P. nigra</i> ♀		PG52 Clone 6	Pannónia	Muhle
<i>P. nigra</i> 5	<i>P. nigra</i> 8		<i>P. nigra</i> 'Poli'	Robusta	V 24
PW5	S 9-2				Koltay
					Kórnik

A rágások alapján képzett clusterokban a *P. deltooides*, a *P. trichocarpa* és a *P. nigra* csoportok jól elváltak egymástól, a hibridek helyzete pedig viszonylag jól tükrözi származási kapcsolataikat és ezek szorosságát. A két vizsgálati évben a Muhle, V 24, Koltay és a Kórnik, továbbá a *P. deltooides*, Pannónia és a Robusta fajta, valamint a *P. nigra* 4 és a PW5; a *P. nigra* 'Italica' és a *P. nigra* 8; a PG51 Clone 4 és a *P. nigra* 'Poli' klónok a rágáskárok mennyiségi és a vegetációs időszak alatt eloszlását tekintve ismétlődő hasonlóságot mutattak. A *P. trichocarpa* és az S 9-2 az egymást követő években eltérő csoportokba kerültek, de mindkét klón, az egyik évben közvetlen rokonsági körébe tartozó csoportban volt. Ezért változó helyük inkább arra utal, hogy a *P. trichocarpa* és az S 9-2-es klón, csoportjukon belül, szélső helyzetet foglal el a rágáskárok szempontjából, így már kisebb abiotikus és/vagy biotikus változások esetén csoportbeli hovatartozásuk megváltozhat. A *P. nigrák* változó csoportbeosztása az évek tekintetében inkább arra utal, hogy károsítási szintjeik és a károsítások időbeni lefutása hasonló, így már kisebb eltérések esetén is könnyebben kerülnek egyik csoportból a másikba.

A fakadási idők és a májusi rágáskárok, valamint a levélméretek és a rágáskárok kapcsolata

A klónok fakadási ideje és a rágások májusi károsítási szintje között, a Spearman-féle rangkorreláció szerint mindkét évben negatív és szignifikáns volt a kapcsolat, tehát a korábban fakadókon nagyobb károsítási értékek alakultak ki (**33. táblázat**).

33. táblázat A fakadási idők és a rágások mértéke, valamint a levelek mérete és a rágások mértéke közötti korreláció

Évek		május	június	augusztus	szeptember	október
		(p=0,05)				
2010	levélméret-rágáskár	-	-	0,7404	0,4982	0,1544
	fakadás-rágáskár	-0,4110	-	-	-	-
	levélméret-rágáskár	0,6316	0,7504	0,8451	0,6105	0,4902
2011	fakadás-rágáskár	-0,5756	-	-	-	-
	levélméret-rágáskár	0,4887	0,6481	0,5098	0,5549	0,2556

A levélméretek és a rágások mértéke között a korreláció pozitív, valamint 2009. és 2011. októberének kivételével szignifikáns is, tehát a nagyobb levelű klónokon következetesen nagyobb rágáskárok alakulnak ki. Az októberi értékek gyengébb korrelációja a természetes, illetve a rozsdafertőzés által előidézett levélhullás kezdetével hozható összefüggésbe.

Az évjárat és a mintafák, mint faktorok hatása a rágások mértékére

A két és fél év 13 felvételezésének rágás adatait klónonként összevetve az eredmények rámutattak, hogy mindkét faktor – az évjárat és a mintafák – hatása (a klónoknál az októberi időszaktól eltekintve) is szignifikáns (**34. táblázat**). Kölcsönhatásuk augusztus és október hónaptól eltekintve szintén szignifikáns. Az említett két hónap esetén ez az eltérés abból adódik, hogy a 2009-es év rágáskárosításai köztes jellegűek a másik két évhez képest, hiszen a 2009-2010-es év és 2009-2011-es év összehasonlítása alkalmával a faktor hatása nem volt szignifikáns, míg a 2010-2011-es év összevetésénél szignifikáns volt.

34. táblázat Az évek és klónok hatása a rágáskárosítások mértékére

Faktorok	2009-2010		2009-2011		
	május	június	augusztus	szeptember	október
	p=0,05				
évek	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0383
klónok	0,0000	0,0000	0,0001	0,0003	0,0723
évek*klónok	0,0000	0,0001	0,3755	0,0000	0,1899

5.2.2. Vázásítások

A vizsgálatok idején előfordult fontosabb vázasító károsítók

Ennél a károsítási típusnál meg kell jegyezni, hogy nagyrészt olyan kártevők okozzák, melyeknek csak meghatározott fejlődési stádiuma hámozgat. Idősebb lárváik, kifejlett egyedeik többnyire rágáskárt okoznak.

A vázasítók közül a legkorábban, április elején a fűz cserje levélbogár (*Phratora vitellinae* L. 1758) imágói (**32. ábra**) jelentek meg. Károsításuk az időjárás függvényében április végére, május elejére érte el tetőfokát. Mind álcáik, mind imágóik minden klónon előfordultak. A nagy nyárlevelész fiatalabb lárvái legnagyobb számban április végétől május második dekádjáig vázasítottak. Ugyanebben az időszakban okoztak a nyár levélbolhák is hasonló jellegű kárképet.

**32. ábra** *Phratora vitellinae* imágói**33. ábra** *Nycteola asiatica* hernyói

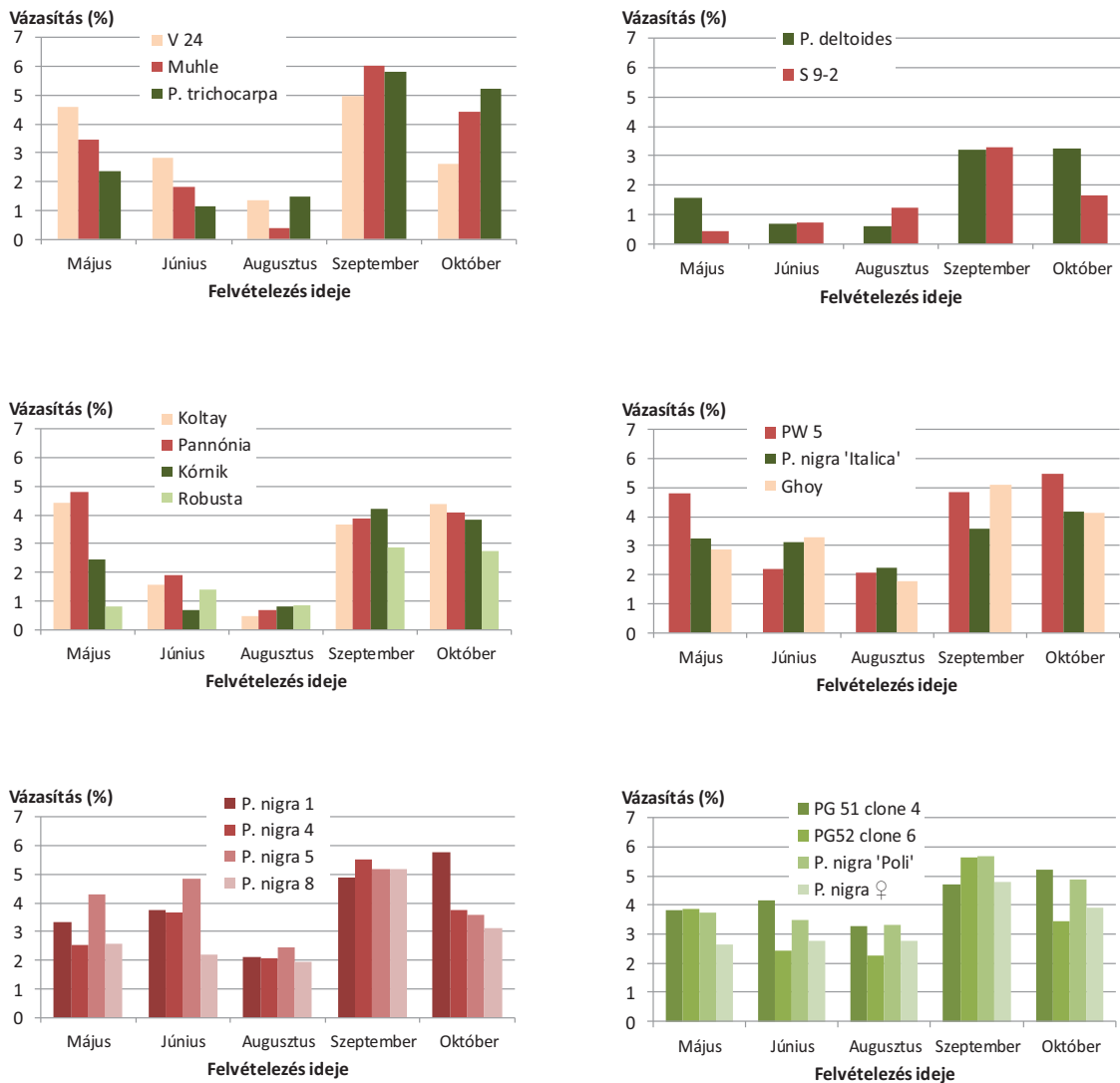
A nyári hónapokban elsősorban lepkehernyók, másodsorban a nagy nyárlevelész fiatalabb lárvái fogyasztották a levélszöveteket. A lepkehernyók közül mindenképpen meg kell említeni a nyárfa-apróbagoly (*Nycteola asiatica* Krulikovsky 1904) (**33. ábra**) első nemzedékét, mely ebben az időszakban csak a PW5-ös klónon és a Koltay fajtán fordult elő, valamint a nyár bagolylepke (*Subacronicta megacephala*) hernyóit, melyeket a magyar *P. nigra* származásokon lehetett megfigyelni.

Augusztusban megjelent a fűz cserje levélbogár második nemzedéke, és ezzel egyidejűleg megkezdődött károsításának második hulláma is, ami eltartott egészen október közepéig. Példányai minden klónon megtalálhatóak voltak; a legtöbb a *P. trichocarpa*, a Muhle és a V 24-es klónon, illetve a Kórnik fajtán. Tapasztalataim szerint őszi nemzedéke a tavaszinál kisebb létszámú volt, és kisebb mértékű károsítást okozott.

Az őszi folyamán a nyárfa-apróbagoly második nemzedéke szélesebb körben vázasított. A hibridek közül a Koltay, a Kórnik és a Robusta fajtán, a *P. nigra* származások közül pedig a PG 51 clone 4, *P. nigra* 1 és a PW 5-ös klónon lehetett számos példányát megfigyelni.

A vázasítások időben alakulása és mértéke a vegetációs időszakban

A legkisebb mértékű vázasításokat, a rágásokhoz hasonlóan, augusztusban lehetett megfigyelni. A legnagyobb károsítási szintek szeptemberben-októberben alakultak ki. Kivételt csak a Koltay és a Pannónia fajta képzett a május végi maximum értékeivel. Ez az eltérés sem nevezhető jelentősnek, hiszen e két fajta szeptemberi-októberi károsítási értékei, a májusiakhoz hasonlóan magasak voltak. A legnagyobb károsítási értékeket a Muhle, a *P. trichocarpa*, *P. nigra* 'Poli' és a *P. nigra* 1 klónon, míg a legkisebbeket az S 9-2 klónon és a Koltay fajtán lehetett megfigyelni (**34. ábra**). A vegetációs időszakban, a vázasítások mértékét tekintve, a legkisebb szórásokat 2010-ben a *P. nigra* 'Italica' ($s=0,63$), a PG 51 clone 4 ($s=0,68$) és a *P. nigra* ♀ ($s=0,84$) klónnál, 2011-ben a V 24 ($s=0,30$) és az S 9-2 ($s=0,48$) klónnál, valamint a Pannónia ($s=0,49$) fajtánál lehetett megfigyelni. A legnagyobb eltérések 2010-ben a Muhle ($s=1,98$) és a *P. trichocarpa* ($s=1,93$) klónnál, valamint a Koltay ($s=1,60$) fajtánál, míg 2011-ben a Ghoy ($s=1,56$), a *P. nigra* 5 ($s=1,55$) és a *P. nigra* 'Poli' ($s=1,32$) klónnál voltak.



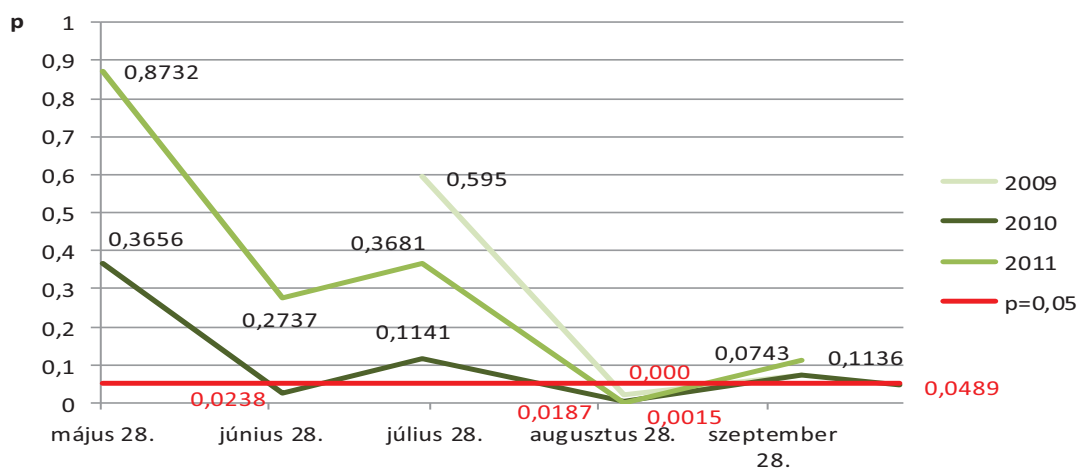
34. ábra A vázásítások alakulása a 2010-es megfigyelési időszakban a vizsgálatba vont klónokon és fajtákon

A kísérletben szereplő klónok és hibridek összehasonlítása a vázásítások alapján

A vázásítások számszerű adatait elemezve megállapítható, hogy a klónok között minden felvételezésnél szignifikáns különbség adódott ($p=0,05$ mellett, $p_{számított}=0,000-0,003$). A Fisher-teszt arra is rámutatott, hogy alapvetően a *P. nigrák* tértek el a többi csoporttól. Az, hogy a *P. nigrák* melyik származási csoportja adta a legtöbb szignifikáns eltérést, az időszakonként változott, de tavasszal, nyár elején inkább a magyar klónok, nyár végén, ősszel inkább az olasz klónok tértek el jelentősebben a többi csoport tagjaitól. A magyar klónok közül a legtöbb szignifikáns eltérést a *P. nigra* 1, míg az olaszok közül a *P. nigra* 'Poli' adta.

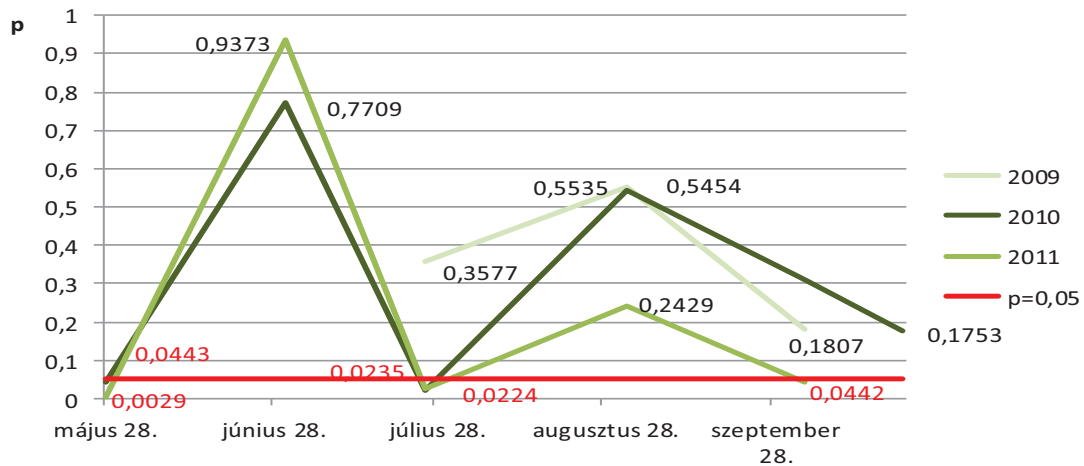
A faj csoportokat külön is megvizsgálva látható, hogy eltérő időpontokban, különböző gyakorisággal (hibridek 6, *P. trichocarpák* 5, *P. deltoidesek* 6, *P. nigrák* 8 alkalommal), de mutatottak szignifikáns eltérést. A csoportok közötti összehasonlításnál, az értékek szignifikanciáját tekintve, egy nyár elejei és egy augusztusi nagyobb eltérésekkel jellemezhető időszak bontakozik ki. Ha az eltérések egymáshoz viszonyított időbeli alakulását megnézzük, ez az évenként ismétlődő éves tendencia még inkább kirajzolódik és a csoportokra vonatkozó szabályszerűség is felfedezhető.

A *P. trichocarpáknál* egy májusi, kisebb eltérést mindkét évben egy nagyobb, júniusi követett, míg júliusban megint csak csökkentek a különbségek a klónok között. Augusztusban az eltérések mindhárom évben következetesen megnöttek, oly annyira, hogy ebben az időszakban az értékek szignifikánsak voltak. Szeptemberben, októberben a különbségek kis mértékben csökkentek, de továbbra is a szignifikancia érték körül mozogtak (**35. ábra**).



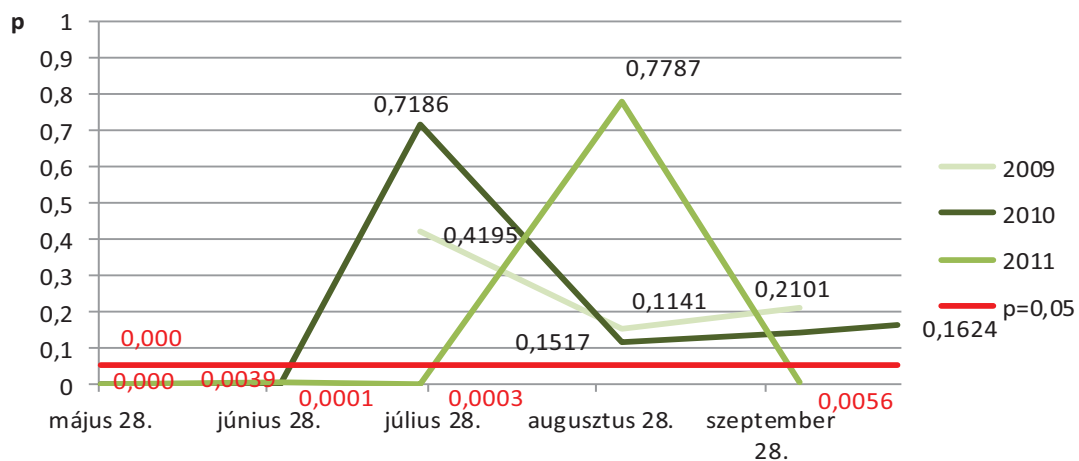
35. ábra A vázasítások mediánjainak eltérése a *P. trichocarpa* csoporton belül, a 13 felvételezésnél

A *P. deltoides* csoportnál a májusi értékek szignifikáns eltérést mutattak. Júniusban a károsítási értékek mediánja hasonló volt, míg júliusban újabb mélypont következett; 2010-ben és 2011-ben is szignifikáns értékekkel. Augusztusban a károsítások szintje megint csak hasonló volt, míg szeptember, október folyamán a különbségek ismét nőttek, és a szignifikancia értéke körül mozogtak. Ez 2011-ben szignifikáns eltéréseket eredményezett, míg 2012-ben az eltérések növekedése ugyan határozott volt, de a szignifikancia szintet nem érte el (**36. ábra**).

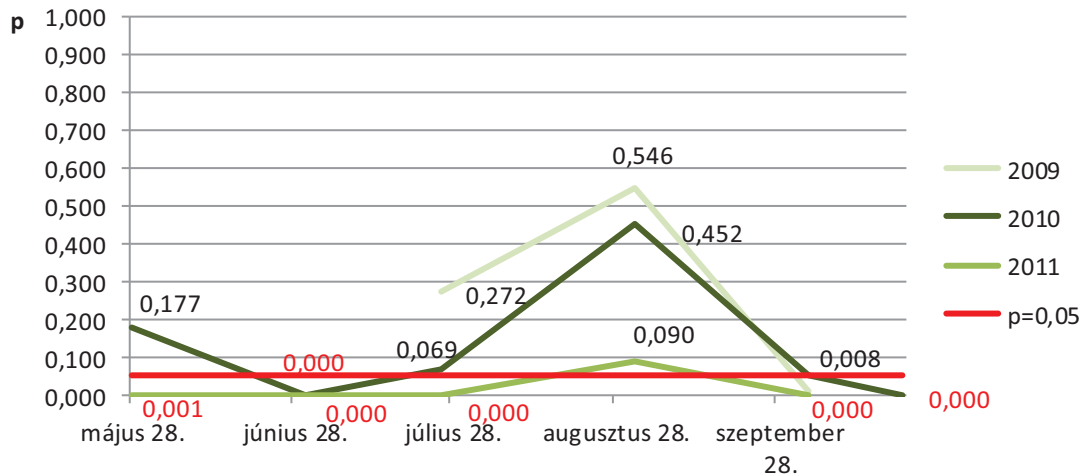


36. ábra A vázasítások mediánjainak eltérése a *P. deltooides* csoporton belül, a 13 felvételezésnél

A hibridek eltérésgörbéinek lefutása (**37. ábra**) egy kicsit a *P. nigrákéra* emlékeztetett (**38. ábra**), hiszen mindkét csoportnál a nyár közepén a vázasítások szempontjából hasonló időszakot lehet megfigyelni. Ez az időszak a hibridek esetén, a vizsgálati években 1 hónapos eltolódást mutatott (2010-július, 2011-augusztus), míg a *P. nigráknál* mindkét évben, augusztusban teljesült. Az ezt megelőző és követő időszakokban a klónok és a fajták közötti különbségek nagyobbak voltak, elérték a szignifikancia szintet vagy e körül mozogtak.



37. ábra A vázasítások mediánjainak eltérése a *hibrid* csoporton belül, a 13 felvételezésnél



38. ábra A vázasítások mediánjainak eltérése a *P. nigra* csoporton belül, a 13 felvételezésnél

A *P. trichocarpáknál* a rágások és a vázasítások lefutását tekintve gyakorlatilag eltérés alig volt érzékelhető közöttük. A másik három csoportnál a rágások és a vázasítások lefutása között egyrészt 1 hónapos eltolódás (hibridek és *P. nigra* csoport), másrészt a görbe jellegét érintő különbségek alakultak ki (*P. deltoides* csoport). Ezek a különbségek összefüggésbe hozhatók azzal, hogy számos rágó károsító fiatal lárvaalakja vázasít, tehát időbeli eltolódás van közöttük.

A vegetáció közepétől a vázasítások mértékét tekintve a *P. trichocarpa* következetesen eltért a másik két klóntól, elsősorban a Muhletől, másodsorban a V24-től. Ezek a különbségek az őszi folyamán többnyire szignifikáns értékeket értek el. A hibrideknél a Robusta fajta volt az, amelyik a vázasítások szempontjából határozottabban elvált a Pannónia és Koltay fajtától. A *P. deltoideseknél*, miután csak két klón volt, eltéréseik az **36. ábráról** közvetlenül leolvashatók.

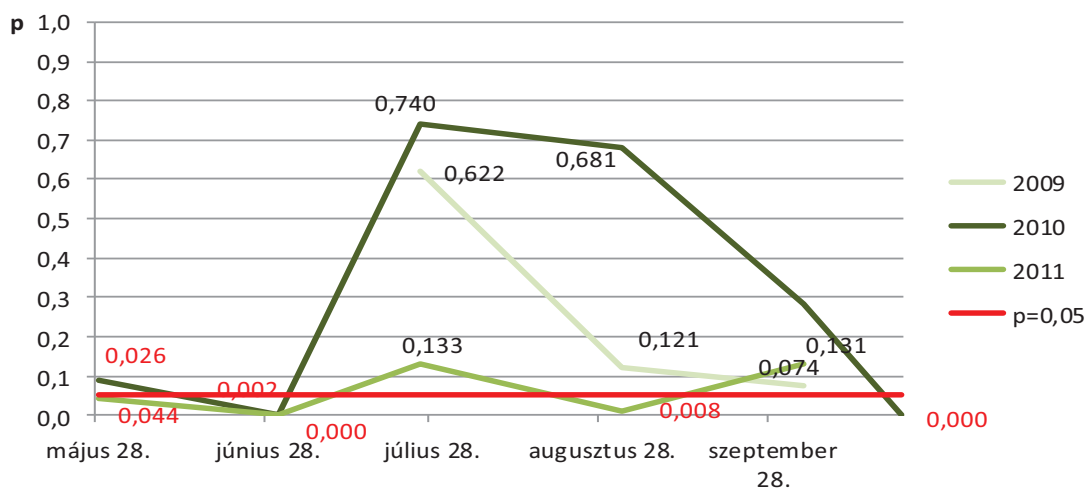
A vázasításokat évenként összehasonlítva, 2011-ben valamivel kisebb, míg 2010-ben nagyobb különbségek alakultak ki a csoportok tagjai között. Ez alól kivételt egyrészt a *P. nigra* csoport képzett, másrészt a *P. deltoidesek*, ahol a vegetációs időszak második felében ez a tendencia fordított irányú volt.

A kísérletben szereplő *P. nigra* származások összehasonlítása a vázasítások alapján

A vázasítások időbeli lefutása az összes *P. nigránál* hasonlóan alakult, a mélypont augusztusban, a legmagasabb károsítási szintek pedig szeptember-október folyamán alakultak ki. A peremterületekről származó, illetve genetikailag szélső helyzetű klónok, megint csak

szélsőségeket képviseltek; a *P. nigra* 'Poli' klónon a legmagasabb, míg a 'Ghoy' klónon a legalacsonyabb károsítási értékeket lehetett megfigyelni. Ez a két klón, elsősorban az őszi hónapokban, több alkalommal is szignifikáns eltéréseket alakított ki a többi, Európa középső területeiről származó klónnal szemben.

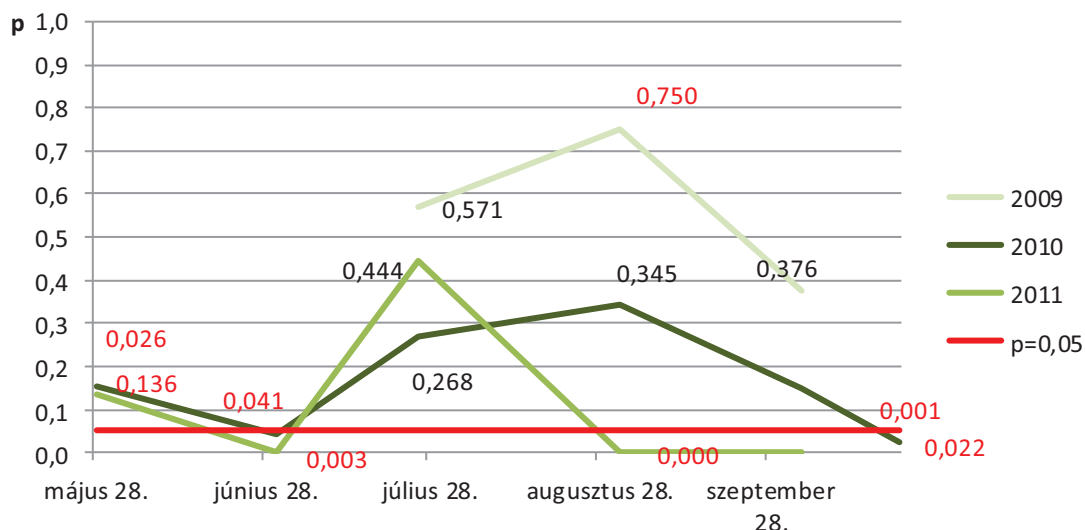
A magyar származású *P. nigráknál* egy nyár elejei, többnyire szignifikáns eltérést (május, június) egy nyár közepén kialakuló, kisebb különbségekkel jellemezhető periódus követte, mely évjáráttól függően, akár augusztus vagy szeptember végéig is eltarthatott. A vegetációt itt is egy nagyobb eltérésekkel jellemezhető időszak zárta (**39. ábra**). A különbségek kialakításában eltérő időpontokban, de minden klón szerepet játszott.



39. ábra A vázásítások mediánjának eltérése a magyar *P. nigra* származásoknál a 13 felvételezésnél

Az olasz klónok eltérésgörbéi a magyar klónokéhoz hasonlóan alakultak, sőt még az évjárat hatásának betudható 2010-es, kisebb különbségekkel jellemezhető időszak is hasonló lefutású volt a két származási csoportnál (**40. ábra**). Az olasz klónok a vázásítások szempontjából két csoportra szakadtak szét: egyrészt a PG 51 clone 4 és PG 52 clone 6 párra, másrészt a *P. nigra* 'Poli' és a *P. nigra* ♀ párra. A különbségek kialakulásában is e két csoport tagjainak eltérése játszott meghatározó szerepet.

A földrajzilag hasonló származású *P. nigra* klónok a vázásítások szempontjából homogénebbnek tekinthetők, mint a rágó károsítások szempontjából, hiszen kevesebb, szignifikáns különbség alakult ki közöttük a vegetációs időszakban.



40. ábra A vázasítások mediánjának eltérése az olasz *P. nigra* származásoknál a 13 felvételezésnél

A vázasítások alapján kialakított clusterok

A 20 mintafát a vázasítások alapján clusterekbe sorolva, a rágásokhoz hasonlóan azt tapasztaltam, hogy a *P. deltoides*, a *P. trichocarpa* és a *P. nigra* csoport jól elkülönült egymástól, illetve a hibridek részben elkülönültek, részben pedig származásuk szerint kapcsolódtak a többi csoporthoz (**35. és 36. táblázat**).

35. táblázat A 2010-es vázasítások alapján kialakított hat cluster

1. cluster	2. cluster	3. cluster	4. cluster	5. cluster	6. cluster
V 24	<i>P. deltoides</i>	<i>P. nigra</i> 1	<i>P. trichocarpa</i>	Pannónia	<i>P. nigra</i> 5
<i>P. nigra</i> 'Italica'	S 9-2	PW5	Muhle	Koltay	PG51 Clone 4
<i>P. nigra</i> 4	Robusta	<i>P. nigra</i> ♀	Kórnik		<i>P. nigra</i> 'Poli'
<i>P. nigra</i> 8		PG52 Clone 6			
Ghoy					

36. táblázat A 2011-es vázasítások alapján kialakított hat cluster

1. cluster	2. cluster	3. cluster	4. cluster	5. cluster	6. cluster
<i>P. nigra</i> 'Italica'	<i>P. nigra</i> 4	Pannónia	Kórnik	<i>P. deltoides</i>	<i>P. nigra</i> 8
PW5	<i>P. nigra</i> 5	Koltay	Robusta	S 9-2	Ghoy
<i>P. nigra</i> 1				<i>P. trichocarpa</i>	<i>P. nigra</i> ♀
PG51 Clone 4				Muhle	
PG52 Clone 6				V 24	
<i>P. nigra</i> 'Poli'					

A vizsgálati években a Muhle és a *P. trichocarpa*; a Koltay és a Pannónia; a *P. deltoides*, az S 9-2 és a Robusta fajta, valamint a *P. nigra* 8 és a Ghoy klón; a PG52 Clone 6, a PW 5 és a *P. nigra* 1-es klón; a PG51 Clone 4 és a *P. nigra* 'Poli' klónok a vázasítások mennyiségi és a vegetációs időszakban való eloszlását tekintve ismétlődő hasonlóságot mutattak. A Robusta és a Kórnik fajta az egymást követő években eltérő csoportokba kerültek: az egyik évben közvetlen rokonsági körükbe, a másik évben egy külön hibridcsoportba.

A fakadási idők és a májusi vázasítások, a levélméreték és a vázasítások, valamint a rágás és a vázasítás típusú károsítások kapcsolata

A Spearman-féle rangkorreláció szerint, a vázasítások és a fakadási idő kapcsolata pozitív korrelációt mutat, és ez a kapcsolat egyik évben szignifikáns volt a másikban nem (**37. táblázat**).

A levélméreték és a vázasítások mértéke között a korreláció a rágásokkal ellentétben negatívnak bizonyult, tehát kisebb levélméretetekhez nagyobb károsítási értékek kapcsolódtak. A szignifikáns értékek a vázasítók fő károsítási idejéhez voltak köthetők (június, augusztus-szeptember) (**37. táblázat**).

37. táblázat A fakadási idők, a levélméreték és a vázasítások mértéke közötti korreláció

Évek		május	június	augusztus	szeptember	október
		p=0,05				
2009	levélméret-vázásítás	-	-	-0,1887	-0,5035	-0,1439
2010	fakadás-vázásítás	0,0287	-	-	-	-
	levélméret-vázásítás	-0,1850	-0,5278	-0,6150	-0,0632	-0,1534
2011	fakadás-vázásítás	0,5820				
	levélméret-vázásítás	-0,3227	-0,4962	-0,4325	-0,4947	-0,1023

A rágások és a vázasítások kapcsolatát negatív korreláció jellemezte, tehát nagyobb rágáskárhoz kisebb vázasítás kapcsolódott és fordítva is, nagyobb vázasítást kisebb rágáskár kísért. A korreláció értékei szeptemberig mindhárom évben szignifikánsak voltak (**38. táblázat**). Szeptemberben az értékek évjárártól függően vagy szignifikánsak vagy nem, míg októberben következetesen gyengébb kapcsolatra utaltak.

38. táblázat A rágások és a vázasítások közötti korreláció a vizsgálat ideje alatt

Évek	Klónok	május	június	augusztus	szeptember	október
		p=0,05				
2009	Összes	-	-	-0,4142	-0,0316	-0,0596
	<i>P. nigra</i> 'Italica'			-0,3062	-3689	-0,3117
2010	Összes	-0,5653	-0,6097	-0,8925	-0,4108	-0,1738
	<i>P. nigra</i> 'Italica'	-0,2924	-0,2488	-0,2566	-0,3445	-0,1524
2011	Összes	-0,4615	-0,6693	-0,5434	-0,6126	-0,1161
	<i>P. nigra</i> 'Italica'	-0,3969	-0,4752	-0,2678	-0,3801	-0,2601

Az évjárat és a mintafák, mint faktorok hatása a vázasítások mértékére

A két és fél év 13 felvételezésének vázasítási adatait klónonként összevetve az eredmények, annyira nem szabályosak, mint a rágó károsítóknál, de azért mindkét faktor, augusztus és október hónaptól eltekintve szignifikáns volt, míg a két faktor kölcsönhatása valójában nem értelmezhető szignifikánsnak (**39. táblázat**). Az augusztusi nem szignifikáns eredmény annak köszönhető, hogy a 2009-es év a másik két év között köztes jellegű volt, amire a rágó károsítóknál kapott augusztusi eredmény is utalt. Az októberben kapott, klónokra vonatkozó, nem szignifikáns eltérés pedig a vegetációs időszak végére jellemző különbségek csökkenésének következménye.

39. táblázat Az évek és klónok hatása a vázasítások mértékére

Faktorok	2009-2010		2009-2011		
	május	június	augusztus	szeptember	október
	p=0,05				
évek	0,0003	0,0080	0,1225	0,0000	0,0000
klónok	0,0002	0,0000	0,0001	0,0003	0,4102
évek*klónok	0,2250	0,0963	0,0000	0,0005	0,0003

5.2.3. Akna típusú károsítások

A vizsgálatok idején előfordult fontosabb aknát képző fajok, aknaképzésük ideje és gyakoriságuk

A klónokon négy rend (Coleoptera, Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera) hat családjának 16 aknázó fajtát figyeltem meg. Mint az idősebb *P. nigra* 'Italica' fánál a *Zeugophora flavicollis*, a *Z. scutellaris* és a *Z. subspinosa* fajokat *Zeugophora* spp.-ként, a *Tachyerges decoratus* és a *T. salicis* fajokat pedig *Tachyerges* spp. néven együtt értékeltem, mivel ezek a fajok aknáik alapján nem különíthetők el. A rendszeresen, nagyobb egyedszámban megjelenő aknaképző fajok gyakoriságára vonatkozó részletes adatokat a **40. táblázat** tartalmazza. A legtöbb aknát képző fajt szeptember, illetve október folyamán lehetett megfigyelni. A második legnépesebb időszak május közepétől június közepéig tartott, míg fajokban legszegényebbek a nyári hónapok bizonyultak.

A klónokon, az idősebb *P. nigra* 'Italica'khoz' hasonlóan, a *Phyllocnistis suffusella* okozta a legtöbb és legnagyobb kiterjedésű aknákat (**41. ábra**), valamint ennek a fajnak volt a leghosszabb a károsítási időszaka is. Újabb és újabb aknái május utolsó hetétől október közepéig folyamatosan jelentek meg a fákon. Aknaképzése augusztus és szeptember folyamán volt a legintenzívebb. Nemzedékeinek száma három volt.



41. ábra *Phyllocnistis suffusella* aknája



42. ábra *Phyllocnistis saligna* aknája

A második leggyakoribb faj a *Fenusella hortulana* volt. Egynemzedékes faj, károsítását csak a tavaszi időszakban lehetett megfigyelni. Első aknái már május közepén megjelentek. Aknaképzési időszaka viszonylag rövid, mintegy tíz nap volt.

40. táblázat A vizsgálatban szereplő nyárákon rendszeresen előforduló aknázó fajok összesített gyakorisága 2010-re és 2011-re vonatkozóan

Aknázó fajok	<i>Ph. suf.</i>	<i>Ph. sal.</i>	<i>Ph. xen.</i>	<i>F. hort.</i>	<i>Zeugophora</i>	<i>Tachyerges</i>	<i>S. tri.</i>	<i>Ph. pop.</i>	<i>A. pop.</i>	<i>A. pcol.</i>
Az aknázó fajok gyakorisága az öt felvételezési időpont levélmintái alapján										
<i>P. trichocarpa</i>	3				4; 3	1; 2				
Muhle	1; 2				7; 7	4; 3				
V 24	5; 3				3; 3	3; 2	1; 2			
<i>P. deltooides</i>	5; 3						2; 4	1		
S 9-2	4; 3									
Koltay	65; 35		4	4; 2	11; 5	1; 1	1; 1	4; 2		
Pannónia	21; 14	1; 1	3		5; 3	1; 3	5; 1	3; 5		
Kórnik	12; 7			3; 4	13; 14	3; 3				
Robusta	16; 12				3		1; 2	1; 2		
<i>P. nigra</i> 'Italica'	39; 21			17; 6	7; 3	4; 4	5; 2	1; 1	1; 1	
<i>P. nigra</i> 1	51; 30	1; 2		13; 11	9; 7	3; 3	8; 4	4; 4	3; 3	5; 5
<i>P. nigra</i> 4	17; 8			9; 4	9; 7	5; 4	3	4; 2	3; 2	4; 3
<i>P. nigra</i> 5	32; 17			5; 2	1; 1	2; 4	4	3	4; 3	1; 1
<i>P. nigra</i> 8	27; 15		1	8; 3	8; 4	3; 1	3; 4	1; 1		4; 2
PW 5	28; 19		1	11; 5	5; 8	1; 1	5; 5	1; 1	3	4; 5
Ghoy	29; 24			13; 12	5; 4	9; 6	3	3; 3	1	1
PG 51 clone 4	33; 13	1; 1	3; 1	12; 7			1			
PG 52 clone 6	7; 7		1; 1			1; 1	4; 2	1		
<i>P. nigra</i> ♂	9; 4	1; 2	1	4; 3	1		1			
<i>P. nigra</i> ♀	37; 19	1; 2	1	8; 5	8; 5	1; 2	4; 4	3; 1	1	

Jelmagyarázat: *Ph. suf.* = *Phyllocnistis suffusella*, *Ph. sal.* = *Phyllocnistis saligna*, *Ph. xen.* = *Phyllocnistis xenia*, *F. hort.* = *Fenusaella hortulana*, *S. tri.* = *Stigmella trimaculella*, *Ph. pop.* = *Phyllonorycter populifoliella*, *A. pop.* = *Aulagromyza populi*, *A. pcol.* = *Aulagromyza populicola*; 2010-es, 2011-es adat

A harmadik legtöbb aknát a *Zeugophora* fajok okozták. Aknáik május harmadik dekádjától június végéig voltak megfigyelhetők, de úgy tűnik, hogy van egy második nemzedékük, melyek aknáit szeptemberben folyamán jelentek meg a fákon vagy rajzásuk nagyon elhúzódó és kétsúcú görbét ír le, ami azért a bogarak között ritka. Az aknák számát tekintve a két időszak között jelentősebb különbség nem volt.

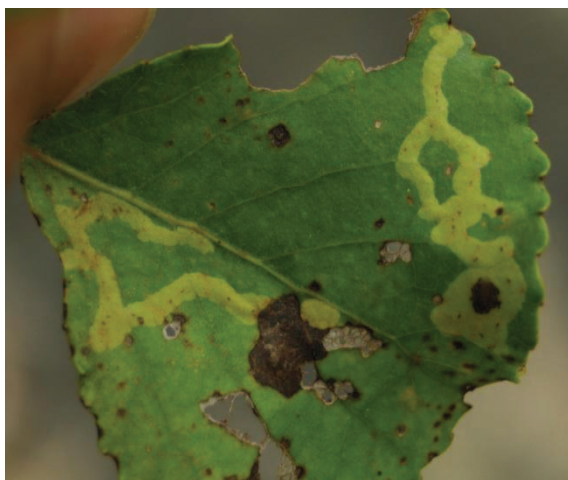
A *Tachyerges* fajok jellegzetes levélszéli aknáikat tavasszal, május közepétől június végéig készítették. Károsításuk ősszel megint csak hosszabban, szeptember közepétől október közepéig tartott. Tavaszi és őszi aknáik száma közel azonos volt.

A *Stigmella trimaculella* aknáit először május végén jelentek meg a leveleken. Ettől az időponttól kezdve kis számban, de mindig lehetett egy-egy újabb aknát találni egészen szeptember végéig bezárólag. Az irodalomban közölt két nemzedéktől eltérően, háromnemzedékes elhúzódó rajzású faj tulajdonságait mutatta.

A *Phyllonorycter populifoliella* első aknáit június legvégén jelentek meg. Nyár közepén újabb kártételét nem lehetett megfigyelni, azonban augusztus közepétől aknáinak száma hirtelen megszorodott. A *Ph. connexella* (Zeller 1846) fajnak alacsonyabb egyedszámban, de szintén két nemzedéke károsított a nyáron. A két nemzedék aknáinak száma a felvételezések alapján csaknem megegyezett.

A *Phyllocnistis xenia* aknáit csak júliustól-augusztus végéig lehetett megtalálni a leveleken. A *Phyllocnistis saligna* jellegzetes – hajtásokon (**42. ábra**) és többnyire a levél fonákán futó – aknáit augusztusban jelentek meg. Úgy tűnt, mintha a nyárfákon csak egy nemzedéke élne.

Az *Aulagromyza populi* (**43. ábra**) aknáit már júniusban, míg az *A. populicola* (**44. ábra**) aknáit inkább csak augusztustól lehetett a leveleken megfigyelni. Szeptember és október folyamán mindkét aknatípus nagyobb számban, együttesen volt jelen a klónokon.



43. ábra *Aulagromyza populi* aknája



44. ábra *Aulagromyza populicola* aknája

A kísérletben szereplő fajok és hibridek összehasonlítása az aknázók előfordulása és károsítása alapján

A vizsgálatba vont klónokon az aknák számát a Kruskal-Wallis-próbával összehasonlítva szignifikáns különbség adódott közöttük ($p=0,05$ mellett, $p_{\text{számított}2010}=0,023$, $p_{\text{számított}2011}=0,001$). A klóncsoportokon belül azonban alig lehetett eltéréseket tapasztalni (**41. táblázat**).

41. táblázat Az aknák mediánjának eltérése a négy nyár klóncsoporton belül

<i>P. deltooides</i>		<i>P. nigra</i>		<i>P. trichocarpa</i>		Hibridek	
Évek ($p=0,05$)							
2010	2011	2010	2011	2011	2011	2010	2011
0,7427	0,7180	0,0806	0,4779	0,8788	0,6400	0,5438	0,3003

Az aknázó fajokat külön is megvizsgálva a következő eredményeket kaptam: a *Ph. suffusella* legalább észlelési szinten minden klónon előfordult. A klónok között a *Ph. suffusella* aknáinak mennyisége alapján szignifikáns különbség volt ($p=0,05$ mellett, $p_{\text{számított}2010}=0,0003$, $p_{\text{számított}2011}=0,0013$). A legfertőzöttebbnek mindkét évben a Koltay fajta és a *P nigra* 1-es klón bizonyul. Nagyobb számú aknát képzett még a *P. nigra* 'Italica', a *P. nigra* ♀ és a Ghoy klónon. A legkevesebb aknáját a *P. trichocarpa* származásokon lehetett megtalálni. A *P. deltooides*ek és két olasz klón, a PG 52 clone 6 és a *P. nigra* 'Poli' fertőzőttsége is alacsonyabb volt.

A klónokat a *Fenusella hortulana* aknáinak alapján összehasonlítva szintén szignifikáns különbség adódott ($p=0,05$ mellett, $p_{\text{számított}2010}=0,0001$, $p_{\text{számított}2011}=0,0161$). A *F. hortulana* a legtöbb aknát 2010-ben a *P. nigra* 'Italica', 2011-ben a Ghoy klónokon készítette. Nagyobb számban fordult még elő a PG 51 clone 4, a *P. nigra* 1 és a PW 5 klónokon. A hibrideken ritkán, míg a *P. trichocarpa* és *P. deltooides* származásokon, az irodalmi adatoknak megfelelően, egyáltalán nem képzett aknát.

A klónok között a *Stigmella trimaculella* aknáinak számát tekintve mindkét évben szignifikáns különbség alakult ki ($p=0,05$ mellett, $p_{\text{számított}2010}=0,0363$, $p_{\text{számított}2011}=0,0147$).

A klónokat a *Tachyerges* fajok aknáinak alapján összehasonlítva 2010-ben szignifikáns, míg 2011-ben csak kisebb különbség adódott közöttük ($p=0,05$ mellett, $p_{\text{számított}2010}=0,0162$, $p_{\text{számított}2011}=0,0701$). A *Tachyerges* fajoknál megint csak említésre méltó a *P. deltooides* származások és az olasz klónok csaknem teljes mentessége, illetve a magyar és belga *P. nigra* származások közepes fertőzőttsége.

A *Zeugophora* fajok aknáinak átlagos száma a megvizsgált klónoknál egyik évben sem tért el szignifikánsan ($p=0,05$ mellett, $p_{\text{számított}2010}=0,1141$, $p_{\text{számított}2010}=0,0522$). *Zeugophora* aknákat nagyobb számban a hibrid nyárákon és a *P. nigra* klónokon lehetett megtalálni. Károsításukat tekintve mentesnek bizonyultak a *P. deltooides* származások és a kisebb levelű olasz klónok közül a PG 51 clone 4 és a PG 52 clone 6.

A *Phyllonorycter populifoliella* aknáinak átlagos száma a klónokon szignifikánsan nem tért el ($p=0,05$ mellett, $p_{\text{számított}2010}=0,4152$, $p_{\text{számított}2011}=0,5206$). A *S. trimaculella* és a *Ph. populifoliella* aknaképzése annyiban hasonló volt, hogy a *P. trichocarpa* és a *P. deltooides* származásokon, a hibridek közül a Kórnik fajtán, valamint a PG 51 clone 4 klónon aknáik nem fordultak elő. A *Ph. connexella* aknáit csak a *P. nigra* és *P. deltooides* hibrideken (Koltay, Pannónia, Robusta) lehetett megfigyelni.

A *Phyllocnistis xenia* az olasz klónokon kívül, a PW5 klónon, illetve a Koltay és a Pannónia fajtán képzett aknákat. A *Phyllocnistis saligna* a *P. nigra* 'Poli', a *P. nigra* ♀, PG51 clone 4, a *P. nigra* 1 jelzésű klónokon és a Pannónia fajtán fordult elő, észlelési szinten.

Az *Aulagromyza populi* és az *A. populicola* aknáit az olasz klónok kivételével a többi *P. nigra* származáson megtaláltam, valamivel nagyobb számban a magyar klónokon, míg a többin csak észlelési szinten.

A kísérletben szereplő *P. nigra* származások összehasonlítása az aknázók előfordulása alapján

A tizenegy *P. nigra* klónt, a különböző aknák átlagos száma alapján összehasonlítva $p=0,05$ mellett, 2010-ben nem ($p_{\text{számított}2010}=0,1481$), de 2011-ben szignifikáns különbség ($p_{\text{számított}2011}=0,0001$) adódott közöttük. A legnagyobb, de nem szignifikáns eltérés 2010-ben a *P. nigra* 1 és a PG 51 clone 4 ($p=0,5058$), a PG 52 clone 6 ($p=0,4152$), valamint a *P. nigra* 'Poli' ($p=0,4881$) klón között alakult ki. 2011-ben a Ghoy és a PW5 klón tért el jelentősen az aknák számát tekintve a *P. nigra* 'Poli' ($p_{\text{Ghoy}}=0,0096$, $p_{\text{PW5}}=0,0207$) és a PG 52 clone 6 ($p_{\text{Ghoy}}=0,0267$, $p_{\text{PW5}}=0,0126$) klóntól.

A *Ph. suffusella* aknáit vizsgálva, a *P. nigra* klónok között mindkét évben szignifikáns különbség mutatkozott (**42. táblázat**). Az ismétlődő legnagyobb, de nem szignifikáns eltérést a PG 52 clone 6 mutatta a *P. nigra* 'Italica' ($p_{2010}=0,5321$, $p_{2011}=0,8164$) és a *P. nigra* 1 ($p_{2010}=0,4348$, $p_{2010}=0,4884$) klónnal szemben. Érdeemes megemlíteni, hogy 2011-ben a *P. nigra* 'Poli', a legdélibb származású klón, adott még nagyobb eltéréseket a két legészakibb származású ($p_{\text{PW5}}=0,3411$, $p_{\text{Ghoy}}=0,0809$) klónnal összehasonlítva.

A *Zeugophora* fajok aknáinak mediánját tekintve a *P. nigra* klónok egységesnek bizonyultak, hiszen szignifikáns különbségek, sőt különbségek is alig alakultak ki közöttük.

A *F. hortulana* esetén a különbségek egyik évben nem, a másikban szignifikánsak voltak, de ennél a fajnál is a PG 52 clone 6 aknaszámainak átlaga tért el jelentősebben a *P. nigra* 1 ($p_{2010}=0,1978$, $p_{2011}=0,0394$), a Ghoy ($p_{2010}=0,4763$, $p_{2011}=0,0673$), illetve a PG 51 clone 4 ($p=0,5658$, $p_{2011}=0,7669$) klónétól.

A *Tachyerges* fajok által okozott aknákat értékelve a *P. nigra* klónok között 2010-ben szignifikáns eltérés volt. Nagyobb, de nem szignifikáns különbség a Ghoy klón és a PG51 clone 4 ($p_{2010}=0,2631$), illetve a *P. nigra* 'Poli' ($p_{2010}=0,2631$) klón között adódott.

A *S. trimaculella* aknáit vizsgálva 2010-ben nem, de 2011-ben szignifikáns volt az eltérés a klónok között. Említésre méltó, de nem szignifikáns eltérést az aknák mediánját illetően a *P. nigra* 1 adott, a PG 51 clone 4 ($p_{2010}=0,3058$) és a *P. nigra* 4 ($p_{2010}=0,3058$) klónnal szemben.

A *Ph. populi* aknáinak mediánja szerint a *P. nigra* klónok között eltérések nem alakultak ki.

Az *A. populi* aknáit tekintve 2011-ben szignifikáns eltérés volt a klónok között. Jelentősebb különbségek a *P. nigra* 1 és a *P. nigra* 'Italica', illetve az olasz klónok között volt.

Az aknák mediánjának eltérését elsősorban a *P. nigra* 1, a többi fekete nyár klóntól való eltérése, másodsorban a délebbi származású olasz, valamint az északabbi származású Ghoy és PW5 klón különbözősége váltotta ki. A *Zeugophora* és a *Ph. populi* fajok a *P. nigra* klónok között alig tettek különbséget, hasonló mennyiségű aknát készítettek rajtuk.

42. táblázat A *P. nigra* származások, az olasz és a magyar klónok összehasonlítása a különböző aknázó fajok megjelenése alapján

Aknázó fajok	<i>P. nigra</i> klónok		Magyar <i>P. nigra</i> klónok		Olasz <i>P. nigra</i> klónok	
	p=0,05 mellett, p _{számított}					
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
<i>Ph. suffusella</i>	0,0434	0,0013	0,2884	0,0994	0,0171	0,0031
<i>Zeugophora</i> fajok	0,1284	0,0522	0,3094	0,2184	0,0937	0,0703
<i>F. hortulana</i>	0,1466	0,0161	0,3640	0,0412	0,0148	0,0265
<i>Tachyerges</i> fajok	0,0244	0,0701	0,3916	0,2800	0,5433	0,5125
<i>S. trimaculella</i>	0,1242	0,0147	0,0245	0,1311	0,3633	0,0798
<i>Ph. populifoliella</i>	0,7039	0,5206	0,6935	0,4329	0,5296	0,3916
<i>A. populi</i>	0,0025	0,0967	0,2898	0,2214	...	0,3916

A *P. nigra* klónokat származás szerint csoportosítva 2010-ben nem, de 2011-ben szignifikáns volt az eltérés az olasz klónok között ($p=0,05$, $p_{számított2010}=0,3175$, $p_{számított2011}=0,0015$). A magyar klónoknál egyik évben sem ($p=0,05$, $p_{számított2010}=0,5853$, $p_{számított2011}=0,1184$) volt

szignifikáns a mediánok közötti különbség. Az olasz klónoknál különbség a *P. nigra* ♀ és a *P. nigra* 'Poli', valamint a PG 52 clone 6 klón között alakult ki, míg a magyaroknál az eltérések elhanyagolhatók voltak.

A Magyarországról beszerzett *P. nigra* klónok között szignifikáns különbség csak a *S. trimaculella* és a *F. hortulana* aknák összehasonlítása során adódott (**42. táblázat**). Mindkét aknázó fajnál az eltérés elsősorban *P. nigra* 1 és a *P. nigra* 4 ($p_{Stigmella}=0,0360$, $p_{Fenusella}=0,5184$), valamint a *P. nigra* 1 és *P. nigra* 8 ($p_{Stigmella}=0,5258$, $p_{Fenusella}=0,1197$) aknaszámainak különbségeiből eredt.

A *Ph. suffusella* vizsgálata során megint csak a *P. nigra* 1 mutatott nem szignifikáns eltérést a *P. nigra* 4 ($p_{2010}=0,5684$, $p_{2011}=0,1737$) és *P. nigra* 8 ($p_{2010}=0,6621$, $p_{2011}=0,2597$) klónnal szemben.

A klónokat a *Zeugophora* fajok alapján összehasonlítva mindkét évben a *P. nigra* 5, csak kissé, de eltért a *P. nigra* 1-től ($p_{2010}=0,768$, $p_{2011}=0,565$) és a *P. nigra* 4-től ($p_{2010}=0,768$, $p_{2011}=0,565$).

A *F. hortulana* levéldarázs aknáinak mediánja 2011-ben mutatott nagyobb különbségeket. A többi klóntól leginkább a *P. nigra* 1 tért el (*P. nigra* 4-nél $p=0,5185$, *P. nigra* 5-nél és 8-nál $p=0,1198$).

Az *A. populi*, *Ph. populi* és a *Tachyerges* fajok aknáinak mediánját tekintve a magyar *P. nigra* klónok között eltérések egyik évben sem alakultak ki.

A magyar klónok között az aknák tekintetében a legtöbb eltérést a *P. nigra* 1 és 8 alakított ki a másik két klónnal szemben.

A *P. nigra* olasz klónokon észlelt aknázó fajok összehasonlítása során szignifikáns különbséget *Ph. suffusella* és a *F. hortulana* aknáknál kaptam (**42. táblázat**). A *F. hortulana* aknáit vizsgálva a PG 51 clone 4 és a PG 52 clone 6 között ($p_{2010}=0,0385$, $p_{2011}=0,0500$) az eltérés szignifikáns volt, míg a PG 52 clone 6 és a *P. nigra* ♀ között ($p_{2010}=0,0969$, $p_{2011}=0,3003$) nem. A *Ph. suffusella* esetén a PG 51 clone 4 mutatott évenként ismétlődő különbséget a *P. nigra* 'Polival' ($p_{2010}=0,2468$, $p_{2011}=0,1737$) szemben, míg a *P. nigra* ♀, a PG 52 clone 6-tal ($p_{2010}=0,2468$, $p_{2011}=0,0811$) és a *P. nigra* 'Polival' ($p_{2010}=0,2468$, $p_{2011}=0,0053$) szemben.

Az olasz klónok között az aknákat tekintve a többi klóntól legtöbb esetben a PG 51 clone 4 klón tért el, de a legnagyobb eltéréseket a *P. nigra* ♀ mutatta a többi klónnal szemben. A *S. trimaculella* és a *Ph. populi* illetve a *Zeugophora* és a *Tachyerges* fajok kimutatható különbséget nem tettek az olasz származások között, hiszen aknáinak mediánja gyakorlatilag nem tért el.

Az aknák alapján kialakított clusterek

A *P. trichocarpa* és a *P. deltoides* fajcsoportok az aknák alapján képzett clusterek számának növelésével nem bomlanak fel, ezért az aknázások szempontjából egységes csoportoknak tekinthetők. Ezzel ellentétben a *P. nigra* és a hibridek csoportjának tagjai, már alacsonyabb cluster számnál is különböző csoportokba kerülnek. *P. nigra* klónok alapvetően egy olasz származású és egy északabbi származású csoportra váltak szét. Magasabb cluster számnál az olasz csoport tovább bomlott, és a legdélebbi származásúak a legalacsonyabb fertőzöttségi értékekkel bíró csoportba kerültek. A hibridek közül a Koltay fajta az aknázók által az egyik legkedveltebbnek bizonyult. A Pannónia, Robusta és a Kórnik fajta közepesen fertőzött volt, de az aknázó fajok eltérő aránya ezt a származási csoportot is szétválasztotta (43., 44. táblázat).

43. táblázat Az aknák alapján kialakított öt cluster 2010-ben

1. csoport	2. csoport	3. csoport	4. csoport	5. csoport
<i>P. nigra</i> 5	<i>P. nigra</i> 'Italica'	Pannónia	Muhle	Koltay
<i>P. nigra</i> 8	PG 51 clone 4	Robusta	V 24	<i>P. nigra</i> 1
PW 5	<i>P. nigra</i> ♀	Kórnik	<i>P. trichocarpa</i>	
Ghoy		<i>P. nigra</i> 4	<i>P. deltoides</i>	
			S 9-2	
			PG 52 clone 6	
			<i>P. nigra</i> 'Poli'	

44. táblázat Az aknák alapján kialakított öt cluster 2011-ben

1. csoport	2. csoport	3. csoport	4. csoport	5. csoport
<i>P. nigra</i> 'Italica'	Pannónia	Koltay	Muhle	Kórnik
PW 5	Robusta	<i>P. nigra</i> 1	V 24	<i>P. nigra</i> 4
Ghoy	<i>P. nigra</i> 5		<i>P. trichocarpa</i>	
<i>P. nigra</i> ♀	<i>P. nigra</i> 8		<i>P. deltoides</i>	
	PG 51 clone 4		S 9-2	
			PG 52 clone 6	
			<i>P. nigra</i> 'Poli'	

A fakadási idők és a májusi aknák száma, valamint a levélméreték és az aknák száma közötti kapcsolat

Az aknázások és a fakadási idő negatív korrelációt mutatott, de kapcsolatuk a vizsgálatokban nem volt szignifikáns. A levélméreték és az aknák száma közötti kapcsolat szintén negatív jellegű volt, de egyetlen felvételezés alkalmával sem volt szignifikáns (**45. táblázat**).

45. táblázat A fakadási idők és az aknák száma, valamint a levélméreték és az aknák száma közötti korreláció

Évek		május	június	augusztus	szeptember	október
		p=0,05				
2010	fakadás-aknázás	-0,0484	-	-	-	-
	levélméret-aknázás	-0,3399	-0,4083	-0,4102	-0,1824	-0,1063
2011	fakadás-aknázás	-0,2120				
	levélméret-aknázás	-0,2642	-0,1537	-0,2548	-0,1335	-0,0501

A rágás, a vázasítás és az akna típusú károsítások kapcsolata

A rágások és az aknázások korrelációja következetesen negatív, míg a vázasítások aknázások kapcsolata pozitív volt. 2010 augusztusában és szeptemberében a rágások és az aknázások korrelációs értékei szignifikánsak voltak. A vázasítások és az aknázások értékei csak 2010 júniusában, valamint 2011 augusztusában és szeptemberében (**46. táblázat**) mutattak szignifikáns értékeket. A szignifikáns értékek kialakulása leginkább az év azon időszakához volt köthető, amikor mindkét károsító közel állt a maximális károsítási értékéhez.

46. táblázat A rágások, a vázasítások és az aknák közötti korreláció

Rágás-aknázás	Vázasítás-aknázás	Rágás-aknázás	Vázasítás-aknázás	Rágás-aknázás	Vázasítás-aknázás	Rágás-aknázás	Vázasítás-aknázás	Rágás-aknázás	Vázasítás-aknázás
Össze klón 2010 év									
május		június		augusztus		szeptember		október	
-0,3399	0,2268	-0,4352	0,5570	-0,5469	0,4383	-0,4644	0,2126	-0,3288	0,1033
<i>P. nigra</i> 'Italica'									
-0,5449	0,2516	-0,4752	0,1726	-0,1495	0,2188	-0,0899	-0,0085	0,0449	-0,1115
Össze klón 2011 év									
május		június		július		szeptember		október	
-0,2151	0,2763	-0,0670	0,2929	-0,1320	0,6682	-0,1927	0,4575	-0,0622	0,3128
<i>P. nigra</i> 'Italica'									
-0,3732	0,5806	-0,3367	0,1894	-0,1581	0,2731	-0,4449	0,1271	-0,2385	0,3512

Az évjárat és a mintafák, mint faktorok hatása az aknázók egyedszámára

A különböző aknázó fajok számát évenként összehasonlítva 2010 és 2011 tekintetében szignifikáns különbség nem alakult ki ($p=0,6083$), míg a klónok között az eltérések a nyár folyamán szignifikánsnak ($p=0,0039$) bizonyultak, míg ősze ez a különbség jelentősen visszaesett ($p=0,0611$). A két faktor közötti kapcsolat nem volt szignifikáns.

5.2.4. Sodratok

A vizsgálatok idején megfigyelt fontosabb, sodratot képző károsítók és károsítási időszakuk

A vizsgálat ideje alatt a sodratképzők közül a legnagyobb egyedszámban a *Byctiscus populi* és a *B. betulae* (45., 46. ábra) egyedeit lehetett megfigyelni. Imágóik jellegzetes rövid szakaszszerű vázasításai a fakadást követően rögtön feltűntek a leveleken. Augusztus végétől pedig már az új nyári nemzedékük jelent meg a mintafákon. Ebben az időszakban vázasításuk intenzívebb volt és egészen október közepéig eltartott. A tojásrakási célú sodratképzésük április végén kezdődött és június közepéig is elhúzódott, az időjárástól függően.



45. ábra *Byctiscus populi* sodratai



46. ábra *Byctiscus betulae* sodrata

A *Caloptilia stigmatella* által okozott levélsúcsi sodratokat, észlelési szinten, a Pannónia fajtán, a *P. nigra* 'Italica' és a *P. nigra* 1 klónon lehetett megfigyelni. A *Phyllocolpa* spp.

sodratai elsősorban a *P. nigra* származásokon fordultak elő, így a *P. nigra* 8, a PG 51 clone 4 és a Ghoy klónon, gyenge-közepes fertőzési értékkel (2-3 db/fa), míg észlelési szinten (1 db/fa) a *P. trichocarpán*. A fehér horgasmoly (*Ancylis laetana*) szintén a *P. nigra* és ezek között is inkább a magyar származásokat és a *P. nigra* 'Italica' fákat részesítette előnyben.

A kísérletben szereplő fajok és hibridek összehasonlítása a *Byctiscus* fajok sodratai alapján

A megvizsgált 120 faegyedet tekintve a legtöbb sodratot a Koltay (2010-ben 38 db, 2011-ben 41 db), ezt követően a *P. deltoides* (2010-ben 24 db, 2011-ben 25 db), majd a *P. trichocarpa* hat egyedén lehetett megfigyelni (2010-ben 19 db, 2011-ben 20 db). Az értékelések időpontjában a PG 51 clone 4, PG 52 clone 6, *P. nigra*'Poli', *P. nigra* ♀ és a Robusta fajtán *Byctiscus* fajok által okozott sodratokat egyáltalán nem lehetett találni. Figyelme méltó, hogy az első négy említett klón mind Olaszországból származik, és tavasszal, a sodratkészítés időszakában, a *P. nigra* 'Poli', a PG 52 clone 6 és a PG 51 clone 4 klónnak voltak a legkisebb levelei.

Az elvégzett varianciaanalízis alapján szignifikáns különbség adódott ($p=0,05$, $p_{\text{számított}2010}=0,0004$, $p_{\text{számított}2011}=0,0005$) a megvizsgált nyár klónok között a *Byctiscus* fajok sodratainak átlagát illetően. A további páros próbák, $p=0,05$ érték mellett, szignifikáns különbséget mutattak, a sodratok átlagos számát tekintve, a Koltay és a *P. deltoides* fajta és az összes többi klón, valamint a *P. trichocarpa* és 8 klón (Muhle, PW5, Kórnik, Robusta, *P. nigra* 'Poli', *P. nigra* ♀, PG 51 clone 4, PG 52 clone 6) között.

A klónokat csoportonként is megvizsgálva, a sodratok átlaga a legmagasabb értékeket a *P. deltoides* és a *P. nigra* hibridjeinél érte el (2010-ben 2,9 sodrat/fa, 2011-ben 3,9 sodrat/fa), ezt követték a *P. deltoides* származások (2010-ben 2,4 sodrat/fa, 2011-ben 2,5 sodrat/fa), majd a *P. trichocarpa* klónok (2010-ben 1,7 sodrat/fa, 2011-ben 2,3 sodrat/fa). A legkisebb fertőzőtségi értékeket a *P. maximowiczii* és *P. nigra* hibridje (2010-ben 0,7 sodrat/fa, 2011-ben 0,7 sodrat/fa), illetve a PW5 és a 'Ghoy', valamint a magyar származású *P. nigra* klónok (2010-ben 0,6 sodrat/fa, 2011-ben 1,2 sodrat/fa) adták.

A négy csoportnál, az összes sodrat átlagát tekintve, a hibridek és a *P. nigrák* között mindkét évben szignifikáns különbség alakult ki (**47. táblázat**). A hibridek között a Koltay fajta átlaga, míg a *P. nigrák* között a *P. nigra* 4 és a *P. nigra* 'Italica' átlaga tért el leginkább a csoport többi tagjától.

47. táblázat A sodratok átlagának eltérése a négy nyár klóncsoportnál

<i>P. deltoides</i>			<i>P. nigra</i>			<i>P. trichocarpa</i>			Hibridek		
2010 (p=0,05)											
<i>B. populi</i>	<i>B. betulae</i>	összes	<i>B. populi</i>	<i>B. betulae</i>	összes	<i>B. populi</i>	<i>B. betulae</i>	összes	<i>B. populi</i>	<i>B. betulae</i>	összes
0,106	0,424	0,214	0,078	0,661	0,036	0,154	0,454	0,170	0,000	0,042	0,000
2011 (p=0,05)											
0,093	0,354	0,166	0,049	0,013	0,043	0,236	0,258	0,336	0,006	0,036	0,002

Elvégezve a kétmintás t-próbát a *B. populi* és a *B. betulae* sodratainak számára vonatkozóan, $p=0,05$ érték mellett szignifikáns különbség adódott ($p_{\text{számított}2010}=0,0003$, $p_{\text{számított}2011}=0,0063$) közöttük. Ezért a két *Byctiscus* faj adatait külön is statisztikai elemzésnek vettem alá. Ez alapján megállapítható, hogy a *B. populi* sodratszámaira vonatkozóan ugyanaz a sorrend állt fenn, mint a két fajt együttesen értékelve, tehát a legfertőzöttebbnek a Koltay (2010-ben 23 db, 2011-ben 27 db), a *P. deltoides* (2010-ben 12 db, 2011-ben 13 db), majd a *P. trichocarpa* (2010-ben 8 db, 2011-ben 13 db) klón bizonyult. Ezek az egyleveles sodratok, a már említett mentes klónokon túl, egyik évben sem fordultak elő az S 9-2-es és a *P. nigra* 8-as klónon.

A *B. populi* sodratok átlagát illetően, szintén szignifikáns különbség volt ($p=0,05$, $p_{\text{számított}2010, 2011}=0,0001$) a mintafák között. A további páros próbák szerint, $p=0,05$ érték mellett, szignifikáns különbséget a Koltay fajta adott, mindkét évben, az összes többi klónnal szemben, a *P. deltoides* 2011-ben 8 (S 9-2, *P. nigra* 8, Kórnik, Robusta, *P. nigra* 'Poli', *P. nigra* ♀, PG 51 clone 4, PG 52 clone 6), 2010-ben további 4 klónnal (Muhle, PW5, *P. nigra* 5, Pannónia) szemben, míg a *P. trichocarpa* mindkét évben, 8-8 klónnal (S 9-2, *P. nigra* 8, Robusta, *P. nigra* 'Poli', *P. nigra* ♀, PG 51 clone 4, PG 52 clone 6, 2010-ben Muhle, 2011-ben Kórnik) szemben.

A *B. populi* sodratok átlagát csoportonként vizsgálva, az eredmények az összesített adatokhoz hasonlóan alakultak, a hibridek és a *P. nigrák* között volt szignifikáns eltérés (**47. táblázat**). A hibridek között a Koltay fajta átlaga, míg a *P. nigrák* között a *P. nigra* 4 és a Ghoy klón egyleveles sodratainak átlaga tért el leginkább a csoport többi tagjától.

A *B. betulae* esetében a fertőzöttségi sorrend valamelyest eltért az előzőektől, így első és második továbbra is a Koltay (2010-ben 15 db, 2011-ben 14 db) és a *P. deltoides* (2010-ben 12 db, 2011-ben 12 db) maradt, de a harmadik a V 24 (2010-ben 9 db, 2011-ben 13 db) jelzésű, ugyancsak *P. trichocarpa* származású klón lett. Mindkét évben mentesnek bizonyult a már említett öt klónon túl a PW 5-ös és a *P. nigra* 1-es klón.

Az elvégzett varianciaanalízis során szignifikáns különbség adódott ($p=0,05$, $p_{\text{számított}2010}=0,0185$, $p_{\text{számított}2011}=0,0051$) a vizsgált nyár klónok között a *B. betulae* sodratok átlagát illetően. A további páros próbák szignifikáns különbséget mutattak ki, a sodratokat tekintve, $p=0,05$ érték mellett, a Koltay fajta esetén, 2010-ben 17, 2011-ben 12 a kísérletben szereplő nyárral összehasonlítva. A *P. deltooides* 2010-ben 14 nyárral, 2011-ben 9 nyárral, míg a Pannónia fajta mindkét évben 7, a *P. trichocarpa* pedig 2011-ben 10 nyárral szemben adott szignifikáns eltérést ugyancsak $p=0,05$ érték mellett (**48. táblázat**).

A sodratok átlagát csoportonként vizsgálva, az eredmények itt is az összesített adatokhoz hasonlóan alakultak, a hibridek és a *P. nigrák* között volt szignifikáns eltérés (**47. táblázat**). A hibridek között a Koltay fajta átlaga tért el elsősorban a Robusta és a Kórnik fajtától, míg a *P. nigráknál* leginkább a *P. nigra* 4 és 8 különbözött a többi klóntól.

48. táblázat A *B. betulae* sodratokat tekintve szignifikáns különbségeket mutató nyáarak

Szignifikáns különbségeket mutató nyáarak páronkénti csoportosításban			
Pannónia	<i>P. trichocarpa</i>	<i>P. deltooides</i>	Koltay
<i>P. nigra</i> 1	Muhle	Muhle	Muhle
PW 5	PW 5	PW 5	PW 5
Robusta	<i>P. nigra</i> 1	<i>P. nigra</i> 8	<i>P. trichocarpa</i>
<i>P. nigra</i> 'Poli'	Ghoy	<i>P. nigra</i> 5	S 9-2
<i>P. nigra</i> ♀	Kórnik	<i>P. nigra</i> 4	<i>P. nigra</i> 8
PG 51 clone 4	<i>P. nigra</i> 'Poli'	<i>P. nigra</i> 1	<i>P. nigra</i> 5
PG 52 clone 6	<i>P. nigra</i> ♀	<i>P. nigra</i> 'Italica'	<i>P. nigra</i> 4
	PG 51 clone 4	Ghoy	<i>P. nigra</i> 1
	PG 52 clone 6	V 24	<i>P. nigra</i> 'Italica'
		Kórnik	Ghoy
		Robusta	V 24
		<i>P. nigra</i> 'Poli'	Kórnik
		<i>P. nigra</i> ♀	Robusta
		PG 51 clone 4	<i>P. nigra</i> 'Poli'
		PG 52 clone 6	<i>P. nigra</i> ♀
			PG 51 clone 4
			PG 52 clone 6

Mindkét vizsgálati évben szignifikáns különbséget mutató párosítások: piros

2010-ben szignifikáns különbséget mutató párosítások: fekete

2011-ben szignifikáns különbséget mutató párosítások: zöld

A mentesség mindenképpen az olasz, leginkább a kisebb levelű *P. nigra* származásokat jellemezte. A polifág *B. betulae* sodratainak száma szűkebb, míg a monofág, illetve oligofág *B. populi* sodratainak száma tágabb értékhatárok között mozogott. A két *Byctiscus* faj növény

preferenciája kismértékben, de eltért. A *B. populi* előnyben részesítette sodratképzés szempontjából a *P. trichocarpa*, a *P. nigra* 1, a Ghoy klónokat és a Koltay fajtát, míg a *B. betulae* az S 9-2, a V 24, a *P. nigra* 4 klónokat, illetve a Pannónia fajtát.

A kísérletben szereplő *P. nigra* származások összehasonlítása a sodratok alapján

A *Byctiscus* fajok által okozott sodratok átlagát varianciaanalízissel összehasonlítva, a tizenegy *P. nigra* klónok között szignifikáns különbség ($p=0,05$, $p_{\text{számított2010}}=0,0010$, $p_{\text{számított2010}}=0,0012$) adódott. A legnagyobb és a legtöbb eltérést a *P. nigra* 4 klón mutatta, elsősorban az olasz, másodsorban a PW 5 és 2010-ben *P. nigra* 8, 2011-ben pedig a *P. nigra* 1 és 5 klónnal szemben. Mindkét évben leginkább hasonló klónnak a *P. nigra* 4 és a Ghoy klón bizonyult a sodratok átlagát tekintve.

Az egyleveles és hatleveles sodratok átlagát külön is megvizsgálva, mindkét esetben szignifikáns különbség adódott a fekete nyárok között. Az egyleveles sodratoknál az eltérés jelentősebb volt ($p=0,05$, $p_{\text{számított2010}}=0,0003$, $p_{\text{számított2011}}=0,0024$), míg a hatleveleseknél valamivel kisebbnek ($p=0,05$, $p_{\text{számított2010}}=0,025$, $p_{\text{számított2011}}=0,013$) bizonyult. A *B. populi* által okozott sodratoknál a legnagyobb különbség megint csak a *P. nigra* 4, az olasz és a *P. nigra* 8 klónok, valamint a Ghoy és ugyancsak az olasz és *P. nigra* 8 klónok között alakult ki. A *B. betulae* sodratainak átlaga a legnagyobb eltéréseket a *P. nigra* 4, a PW 5-ös és az olasz klónokkal történt összehasonlítása során mutatta. A sodratokat szempontjából, a két északabbi származású klón – az eredetileg Graupából származó *P. nigra* 4 és a belga Ghoy – mutatott nagyobb hasonlóságot.

Az olasz klónok a sodratoktól teljes mentesek voltak. A magyar klónoknál az átlagok között a két sodrat típust együttesen tekintve 2010-ben szignifikáns, 2011-ben nem volt szignifikáns a különbség ($p=0,05$, $p_{\text{számított2010}}=0,0095$, $p_{\text{számított2011}}=0,1800$). Nagyobb eltérést adott a *P. nigra* 4-es klón az *P. nigra* 1-es klónnal szemben ($p=0,05$, $p_{\text{számított2010}}=0,1733$, $p_{\text{számított2011}}=0,0596$), míg a leginkább hasonló átlagot a *P. nigra* 1 és *P. nigra* 5 ($p=0,05$, $p_{\text{számított2010}}=0,8617$, $p_{\text{számított2011}}=1,000$) klón mutatta.

A két sodrat típust külön is megvizsgálva a *B. populi* által okozott sodratok között az eltérés szignifikáns ($p=0,05$, $p_{\text{számított2010}}=0,0114$, $p_{\text{számított2011}}=0,0221$) volt, míg a *B. betulae* sodratok között nem ($p=0,05$, $p_{\text{számított2010}}=0,0680$, $p_{\text{számított2011}}=0,1711$). Az egyleveles sodratoknál nagyobb különbség a *P. nigra* 4-es és 8-as, valamint a *P. nigra* 1-es és 8-as ($p=0,05$, $p_{\text{számított2010}}=0,0809$, $p_{\text{számított2011}}=0,0091$) klón között, míg nagyobb hasonlóság a *P. nigra* 4-es

és 1-es ($p=0,05$, $p_{\text{számított2010}}=0,7955$, $p_{\text{számított2011}}=0,7955$) klónnál adódott. A hatleveles sodratoknál nagyobb eltérést megint a *P. nigra* 4 és 1 ($p=0,05$, $p_{\text{számított2010}}=0,3185$, $p_{\text{számított2011}}=0,039$) mutatott, míg a leginkább hasonlónak a *P. nigra* 4 és 5 ($p=0,05$, $p_{\text{számított2010}}=1,0000$) bizonyult.

Az eredményeket áttekintve a többitől leginkább eltérő klón itt is, a valójában német származású *P. nigra* 4 volt. Ilyen rokonsági kapcsolatok mellett a polifág *B. betulae* kimutatható különbséget már nem tett a klónok között a tojásrakás szempontjából, míg a monofág, illetve oligofág *B. populi* még ilyen szinten is megkülönböztette a klónokat.

A sodratok alapján kialakított clusterek

A sodratok alapján képzett clusterekben mind a négy származási csoport felbomlik. A *P. trichocarpa* csoporton belül a Muhle klón észlelési szintű fertőzöttségével válik el a másik két klontól, de a csoportszámok növelésével a *P. trichocarpa* és a V 24-es klón is külön csoportba kerül. A *P. deltooides* és az S 9-2-es klón is jelentős eltérést mutat, a sodratok számát tekintve. A *P. nigrákon* közepes számú sodrat volt, de csoportjuk így is három részre bomlott. Jól elváltak egymástól az északabbi és a délebbi származások. Az így kialakult csoportok stabilnak bizonyultak, mivel a clusterek számának növelése sem eredményezett átrendeződést közöttük. A vizsgálatba vont négy hibrid, a clusterek alacsonyabb számánál, többnyire rokonsági kapcsolataiknak megfelelően különült el. Így a Pannónia 2010-ben, míg a Kórnik fajta mindkét évben egy csoportba került egyik szülőjével a *P. nigra* 'Italica'val', míg a Robusta fajta származásának megfelelően, a *P. nigra* klónokkal alkotott csoportot. A clusterek számának növelésekor, a hibridek is eltávolodtak egymástól. Mind külön csoportba kerültek (49., 50. és 51. táblázat).

49. táblázat A sodratok száma alapján kialakított 4 tagú clusterek 2010-ben

1. cluster	2. cluster	3. cluster	4. cluster
<i>P. trichocarpa</i>	Koltay	S 9-2	Robusta
<i>P. nigra</i> 4		<i>P. nigra</i> 5	<i>P. nigra</i> 'Poli'
<i>P. nigra</i> 1		<i>P. nigra</i> 'Italica'	<i>P. nigra</i> ♀
Ghoy		Pannónia	PG 51 clone 4
V 24		Kórnik	PG 52 clone 6
<i>P. deltooides</i>		Muhle	PW 5
		<i>P. nigra</i> 8	

50. táblázat A sodratok száma alapján kialakított 7 tagú cluster 2010-ben

1. cluster	2. cluster	3. cluster	4. cluster
<i>P. nigra</i> 4	<i>P. nigra</i> 5	Pannónia	Robusta
<i>P. nigra</i> 1	<i>P. nigra</i> 8		<i>P. nigra</i> 'Poli'
Ghoy	Kórnik		<i>P. nigra</i> ♀
<i>P. nigra</i> 'Italica'	S 9-2		PG 51 clone 4
	Muhle		PG 52 clone 6
			PW 5
5. cluster	6. cluster	7. cluster	
<i>P. deltoides</i>	<i>P. trichocarpa</i>	Koltay	
	V 24		

51. táblázat A sodratok száma alapján kialakított 4 tagú cluster 2011-ben

1. cluster	2. cluster	3. cluster	4. cluster
<i>P. trichocarpa</i>	Koltay	Muhle	Robusta
<i>P. nigra</i> 4		S 9-2	<i>P. nigra</i> 'Poli'
V 24		<i>P. nigra</i> 8	<i>P. nigra</i> ♀
Pannónia		<i>P. nigra</i> 5	PG 51 clone 4
<i>P. deltoides</i>		<i>P. nigra</i> 'Italica'	PG 52 clone 6
		Ghoy	<i>P. nigra</i> 1
		Kórnik	PW 5

A fakadási idők, a levélméretek és a sodratok számának kapcsolata

A klónok clusterek közötti megoszlása és rokonsági kapcsolataik alig mutatottak hasonlóságot. Ezért megvizsgáltam, hogy a levélméret, esetleg a fakadás és a sodratok száma között van-e valamiféle statisztikailag is igazolható kapcsolat. A fakadások és a sodratok száma között egyik évben sem volt szoros a Pearson-féle korreláció. Egyet azonban érdemes észrevenni, a kialakult kapcsolat negatív előjelű, tehát az egyik érték növekedése (későbbi fakadás), ebben az esetben kismértékben, de csökkentőleg hat a másik értékre (sodratok száma) (**52. táblázat**).

52. táblázat A fakadási idők és a sodratok száma közötti korreláció

Évek	<i>B. populi</i> sodratai	<i>B. betulae</i> sodratai	Összes sodrat
	p=0,05		
2010	-0,2454	-0,1018	-0,1770
2011	-0,2211	-0,2058	-0,2332

A tavaszi levélméreteket és a sodratok számát csoportonként összehasonlítva az eredmények azt mutatják, hogy van egy ideális levélmérete a sodratkészítésnek, ez előtt és ezen túl csökken a sodratok száma. A *P. nigra* és *P. deltoides* (egyedül nem vizsgálható, mivel csak két klónja szerepelt a kísérletben) csoportnál a korreláció pozitív és a *B. betulae* sodrataitól eltekintve szignifikáns. Ezzel szemben a nagyobb levélméretű hibrideknél és a *P. trichocarpa*knál a kapcsolat negatív irányú (**53. táblázat**).

53. táblázat A levélméretek és a sodratok száma közötti korreláció

Évek	<i>B. populi</i> sodratai	<i>B. betulae</i> sodratai	Összes sodrat
	<i>P. nigra</i> és <i>P. deltoides</i> együtt, p=0,05		
2010	0,5912	0,7851	0,7511
2011	0,6189	0,7130	0,7449
<i>P. nigra</i> csoport, p=0,05			
2010	0,6864	0,4779	0,7249
2011	0,6409	0,4633	0,6756
Hibridek, p=0,05			
2010	-0,2721	-0,6146	-0,4141
2011	-0,4903	-0,4683	-0,4836
<i>P. trichocarpa</i> csoport, p=0,05			
2010	-0,9853	-0,6323	-0,9655
2011	-0,6323	-0,7985	-0,9928

A rágás, a vázasítás és a sodrat típusú károsítások kapcsolata

A sodratok és a rágások kapcsolatát pozitív, míg a sodratok és a vázasítások kapcsolatát negatív korreláció jellemezte (**54. táblázat**).

54. táblázat A rágások, a vázasítások és a sodratok kapcsolata májusban és júniusban

Évek	Klónok	Rágás - 1 leveles sodrat	Rágás - 6 leveles sodrat	Rágás – összes sodrat	Vázasítás - 1 leveles sodrat	Vázasítás - 6 leveles sodrat	Vázasítás – összes sodrat
május (p=0,05)							
2010	Összes klón	0,3853	0,3703	0,2245	-0,1257	-0,0389	-0,0568
	<i>P. nigra</i> 'Italica'	...	...	-0,3969	...	...	-0,1535
2011	Összes klón	0,4493	0,5597	0,5330	-0,0031	-0,0793	-0,0337
	<i>P. nigra</i> 'Italica'	...	...	-0,4299	...	...	-0,2058
június (p=0,05)							
2010	Összes klón	0,4554	0,5714	0,5396	-0,1683	-0,4860	-0,3283
	<i>P. nigra</i> 'Italica'	...	...	0,2629	...	...	0,0919
2011	Összes klón	0,4591	0,5119	0,5032	-0,2762	-0,2008	-0,2661
	<i>P. nigra</i> 'Italica'	...	...	0,1121	...	...	-0,0130

A korreláció értékei a rágások és a sodrók tekintetében 2010. májusának kivételével szignifikánsak voltak. A vázásítások és a sodratok között a kapcsolat nem volt szignifikáns.

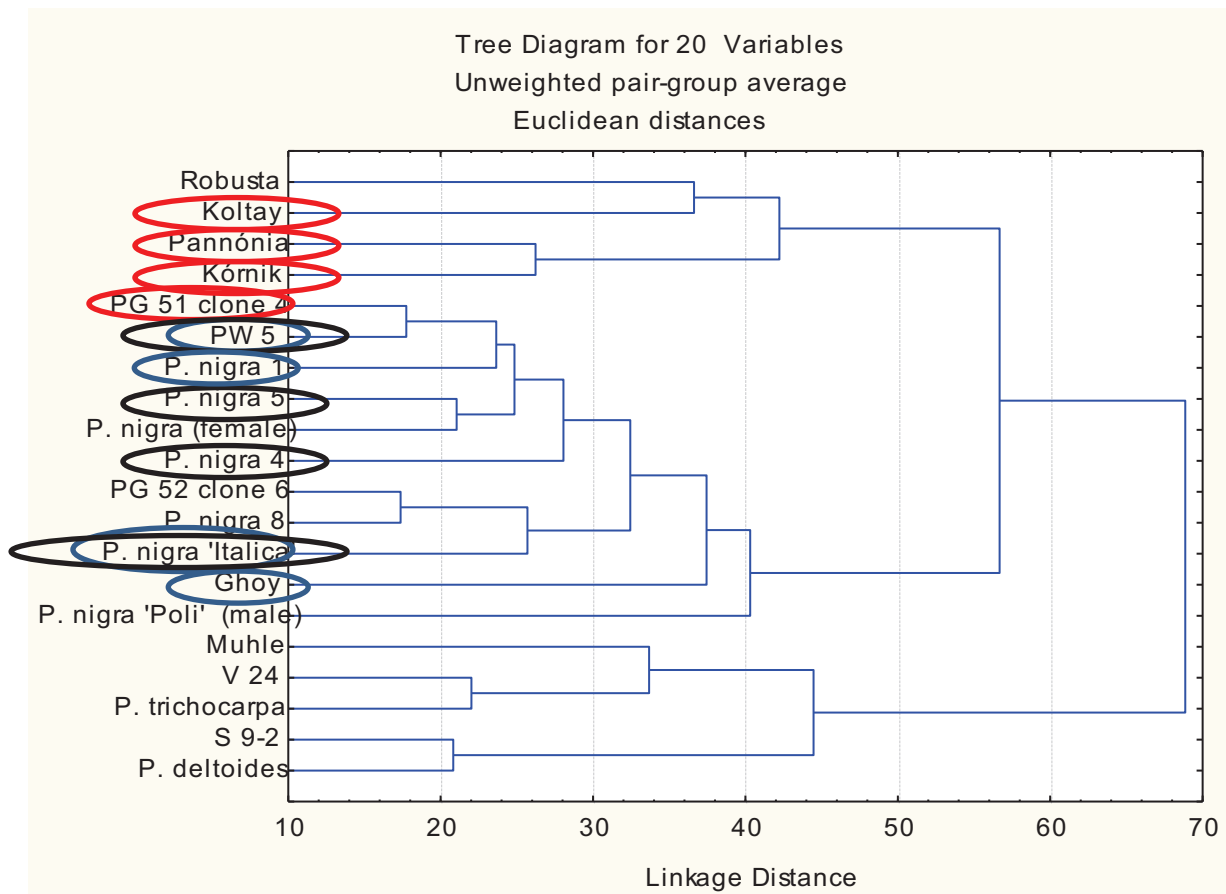
Az évjárat és a mintafák, mint faktorok hatása a sodratok számára

A kétfaktoros osztályozás rámutatott, hogy a két vizsgálati év sodratszámainak átlaga között szignifikáns különbség nem volt ($p=0,05$, $p_{\text{számított}}=0,232$), míg a klónok e tekintetben határozott eltérést mutattak ($p=0,05$, $p_{\text{számított}}=0,000$). A két tényező közötti kölcsönhatás nem volt szignifikáns ($p=0,05$, $p_{\text{számított}}=0,997$).

A csoportokat külön választva, a *P. nigráknál*, a *P. deltoideseknél*, a hibrideknél a Kórnik fajtaival együtt, illetve nélküle is, az évek átlaga között szignifikáns különbség nem volt ($p=0,05$, $p_{\text{számított P. nigra}}=0,391$, $p_{\text{számított P. deltoides}}=0,895$, $p_{\text{számított}}=0,653$, $p_{\text{számított Kórnik nélkül}}=0,627$), míg a klónok szignifikáns eltérést mutattak ($p=0,05$, $p_{\text{számított P. nigra}}=0,008$, $p_{\text{számított P. deltoides}}=0,005$, $p_{\text{számított hibrid}}=0,003$, $p_{\text{számított Kórnik nélkül}}=0,010$). A két tényező között gyakorlatilag nem volt kölcsönhatás ($p=0,05$, $p_{\text{számított}}=0,995$, $p_{\text{számított P. deltoides}}=0,895$, $p_{\text{számított hibrid}}=0,907$, $p_{\text{számított Kórnik nélkül}}=0,861$). A *P. trichocarpák* sodratátlagait tekintve se az évek ($p=0,05$, $p_{\text{számított}}=0,364$) se a klónok között ($p=0,05$, $p_{\text{számított}}=0,096$) nem volt szignifikáns eltérés, és ennek megfelelően összefüggés sem volt a tényezők között ($p=0,05$, $p_{\text{számított}}=0,980$).

5.2.5. Gubacsképzők

Pemphigus spyrothecae (2010-ben 1; 2011-ben 2 db) és *P. borealis* (2010-ben 2; 2011-ben 4 db) gubacsot a PW 5; *P. spyrothecae* (2010-ben 3; 2011-ben 4 db), *P. populinigrae* (2010-ben 1; 2011-ben 2 db) és *P. borealis* (2010-ben 1; 2011-ben 3 db) gubacsot a *P. nigra* 'Italica'; *P. borealis* (2010-ben 1; 2011-ben 2 db) és *Pemphigus spyrothecae* (2011-ben 1 db) gubacsot a *P. nigra* 1 klónon, továbbá *P. borealis* (2010-ben; 2011-ben 2 db) és *P. populinigrae* (2010-ben 1) gubacsot a Ghoy klónon (**47. ábra**) lehetett megfigyelni a vizsgálat két éve alatt. A klónok származási helyét tekintve a PW 5 és a Ghoy klón északi típusú klónnak minősül, míg a *P. nigra* 'Italica' egy Európában széles körben elterjedt, inkább déli jelleget mutató klón. A *Pemphigus* fajok gubacsképzése genetikai kapcsolatokra is utalt, hiszen a közeli rokonságot mutató PW5 és *P. nigra* 1-es klónon, valamint a szintén közelebbi rokonságot mutató PW5-ös és *P. nigra* 'Italica' klónon csaknem ugyanazok a fajok képeztek gubacsot.



A kék szín a *Pemphigus* spp., a piros szín *Thecabius affinis*, a fekete pedig a *Parathecabius lysimachiae* fertőzöttséget mutató klónokat jelöli.

47. ábra Gubacstetű fertőzöttség a vizsgálatba vont nyárok genetikai rokonságának függvényében

A *Thecabius affinis* károsítása inkább a hibridekhez kötődött. A fundatrix és a fundatrixgén gubacsait (48. ábra) a PG 51 clone 4, a Kórnik, a Koltay és a Pannónia fajtán lehetett megfigyelni. A genetikai kapcsolatokat tekintve a három fajta és az olasz klón szorosabb rokonságot mutatott. Ezzel szemben a *Parathecabius lysimachiae* gubacsképzés szempontjából a fekete nyár klónokat részesítette előnybe. A fundatrix és a fundatrixgén gubacsait (49. ábra) a *P. nigra* 'Italica', a *P. nigra* 4, a *P. nigra* 5 és a PW 5 klónon lehetett megtalálni. A hasonló fertőzési értékkel bíró klónok, származási helyüket tekintve, kapcsolatot nem mutattak. A *P. nigra* csoporton belül genetikai távolságuk is nagyobb volt (47. ábra).

A *P. trichocarpa* és a *P. deltoides* csoport, valamint a *P. nigra* csoportból a *P. nigra* 1, *P. nigra* 8 magyar és a *P. nigra* ♀, PG 52 clone 6 olasz klón a gubacsokat tekintve mentesnek bizonyultak.



48. ábra *Thecabius affinis* őszanyának és leánynemzedékeinek gubacs



49. ábra *Parathecabius lysimachiae* őszanyának és leánynemzedékeinek gubacs

5.2.6. További levéltetű fajok

A levéltetvek fertőzése a vizsgálati időszakban általában gyenge és közepes szinten mozgott. Csak késő ősszel lehetett néhány erősebben fertőzött levelet találni az érzékenyebb klónokon. A *Chaitophorus leucomelas* egyedei tavasszal és ősszel a fiatalabb esetleg a középkorú levelek fonákán szívogattak (55. táblázat). Jelenlétüket a nyári időszakban nem lehetett észlelni. Telepeik hangyalátogatottsága a tavaszi időszakban gyenge, az őszi időszakban közepes volt. A *Ch. leucomelas* a kísérletben elsősorban a *P. nigra* származásokon, másodsorban a Koltay hibriden fordult elő (50. ábra).

55. táblázat A vizsgálatban szereplő nyárok *Chaitophorus leucomelas* fertőzöttsége

Rendszeres fertőzés ¹ (csökkenő sorrendben)	Évszakhoz kötött előfordulás ² (csökkenő sorrendben)	Észlelési szintű fertőzés ³	Fertőzésmentes
Ghoy	<i>P. nigra</i> 'Poli' ♂ (Ő)	Robusta (T)	<i>P. deltooides</i>
PG 52 clone 6	<i>P. nigra</i> 'Italica' (Ő)		S 9-2
<i>P. nigra</i> ♀	<i>P. nigra</i> 4 (Ő)		<i>P. trichocarpa</i>
<i>P. nigra</i> 1	PG 51 clone 4 (T)		V 24
Koltay	<i>P. nigra</i> 5 (T)		Muhle
<i>P. nigra</i> 8	PW 5 (T)		Pannónia
			Kórnik

¹ Mind ősszel, mind tavasszal megjelenő gyenge, közepes esetenként erős fertőzés.

² Csak ősszel (Ő) vagy tavasszal (T) észlelt fertőzés.

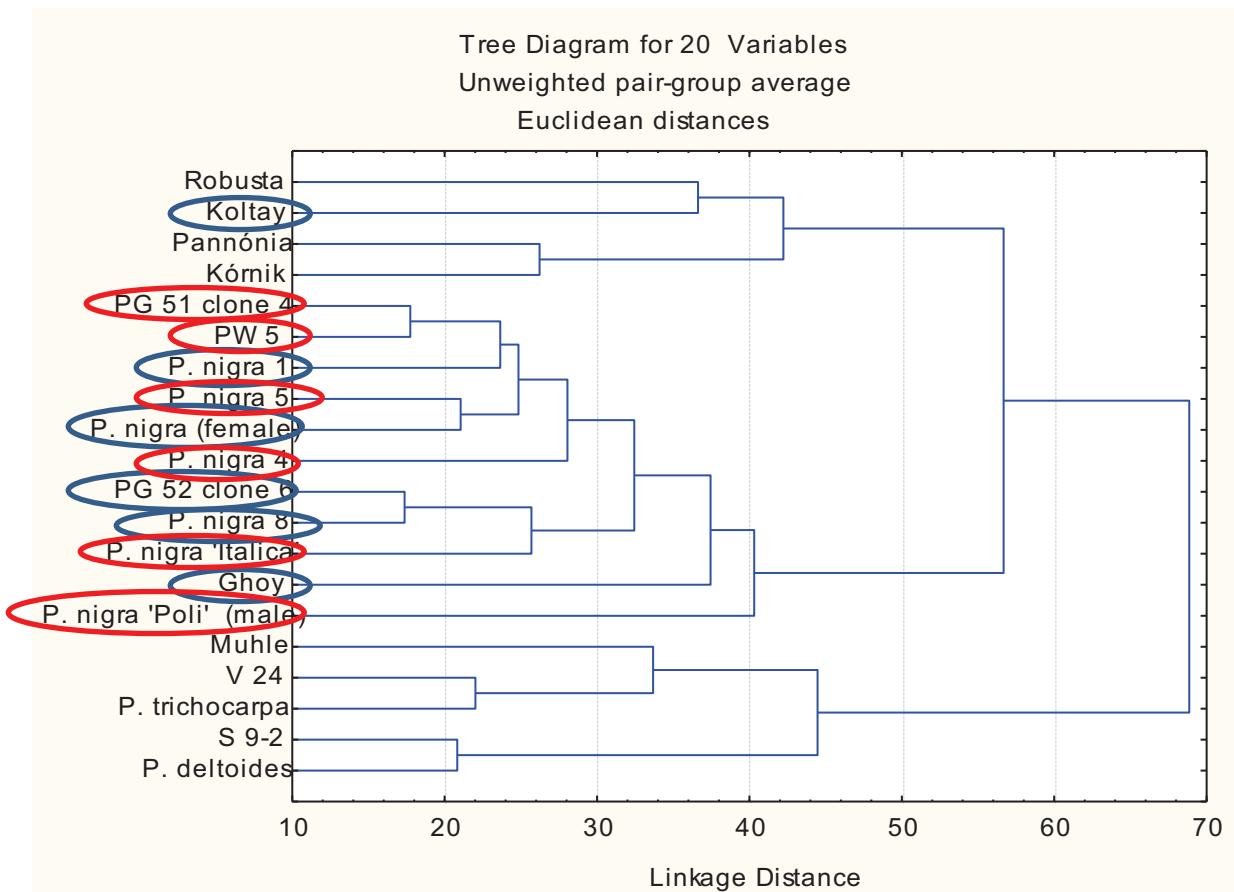
³ Csak egyszer egyetlen fán előforduló fertőzés.



50. ábra *Chaitophorus leucomelas*

A *Ch. leucomelasszal* rendszeresen fertőzött nyárok genetikailag közel álltak egymáshoz, mind a *P. nigra* csoportba tartoztak. A *P. trichocarpa* és a *P. deltooides* származások, illetve a Pannónia és a Kórnik fajta a *Ch. leucomelas* fertőzésétől mentesek voltak (**51. ábra**).

A *P. nigrák* származási helyét és a *Ch. leucomelas* károsításának mértékét tekintve kapcsolatot nem lehetett felfedezni. A legfertőzöttebbek között ugyanúgy megtalálható volt olasz, belga és magyar klón is. Ősszel, a legtöbb és a legnépesebb telepeket a Ghoy és a *P. nigra* 1 egyedeken lehetett megfigyelni.



A kék szín a tavasszal és ősszel egyaránt fertőzött, a piros szín csak az egyik évszakban fertőzött klónokat jelöli.

51. ábra A *Chaitophorus leucomelas* előfordulása a vizsgálatba vont nyárok genetikai rokonságának függvényében

A *Ch. nassonowi* (Mordvilko 1894) szórványosan fordult elő, kolóniái kis létszámúak voltak. Csak a *P. nigra* 1 és a *P. nigra* 8 klónon károsított. A tavaszi és őszi időszakban, a levelek fonákán táplálkozott. A nyár folyamán jelenlétét nem észleltem. Telepeinek hangyálatogatottsága élénk volt.

A *Ch. populeti* (Panzer 1804) kizárólag a V 24 hajtáscsúcsain, legfiatalabb levelein szívoogatott. Telepei népesek voltak, de csak a tavaszi időszakban lehetett megfigyelni azokat.

Ezekon a fiatal mintafákon *Pterocomma populeum* telepeit egyáltalán nem lehetett megtalálni.

A *P. nigra* 8 azon felül, hogy a legtöbb levéltetű faj rajta telepedett meg, még a *Pulvinaria vitis* (L. 1758) pajzstetű fertőzését is elszenvedte. A *P. nigra* ♀ klónon az akác pajzstetű (*Parthenolecanium corni* Bouche 1844) fordult elő kisebb egyedszámban.

5.2.7. A vizsgálatba vont klónokat jellemző Shannon-Weaver indexek

Az aknázók, a sodratok, a gubacsképzők és a levéltetvek egyed- és fajszáma alapján számított Shannon-Weaver indexek az **56. táblázatból** olvashatók le.

56. táblázat A klónok Shannon-Weaver diverzitási indexe 2010-ben és 2011-ben

Klónok	Az index alapján kapott sorrend	2010	2011
		Shannon H	
<i>P. trichocarpa</i>	16.	1,488	1,272
Muhle	17.	1,091	1,481
V 24	12.	1,579	1,509
<i>P. deltooides</i>	19.	1,373	1,216
S 9-2	20.	0,687	0,662
Koltay	10.	1,564	1,740
Pannónia	1.	2,146	2,290
Kórnik	9.	1,670	1,670
Robusta	18.	1,063	1,080
<i>P. nigra</i> 'Italica'	5.	1,966	2,214
<i>P. nigra</i> 1	4.	2,004	2,258
<i>P. nigra</i> 4	2.	2,122	2,275
<i>P. nigra</i> 5	8.	1,843	1,905
<i>P. nigra</i> 8	6.	2,001	2,089
PW 5	3.	2,017	2,289
Ghoy	7.	1,929	1,948
PG 51 clone 4	11.	1,175	1,537
PG 52 clone 6	15.	1,512	1,332
<i>P. nigra</i> 'Poli'	14.	1,456	1,490
<i>P. nigra</i> ♀	13.	1,477	1,746

A legmagasabb diverzitási indexszel a Pannónia fajta rendelkezett, majd zömében *P. nigra* klónok következtek. A legkisebb értékek a *P. deltooides* származásoknál adódtak. A *P. nigrákon* belül az olasz származásokat alacsonyabb értékek jellemezték. Érdekes, hogy ugyanez az északabbi származásokról nem mondható el. A hasonló diverzitási indexszel rendelkező klónok között a genetikai kapcsolatok csak kisebb egységekben nyilvánultak meg, így a *P. nigra* 1 és a PW5, valamint a Ghoy, a *P. nigra* 'Italica' és a *P. nigra* 8 klónnál.

6. Következtetések

6.1. A közvetlen környezet és az időtényező hatása a *Populus nigra* 'Italica' fákon kialakuló ízeltlábú közösségekre

6.1.1. A *Populus nigra* 'Italica' mintafák összehasonlítása, vizsgálati helyenként, a funkcionális csoportok alapján

Egy mintaterület két-két fáját, az 50-50 levél károsítási értékei – levélfelületi hiány %-ban vagy kárkép előfordulás – alapján összehasonlítva szignifikáns eltérések csak a rágásoknál és a vázasításoknál adódtak. Az aknázók, a sodratképzők, a gubacsképzők és levéltetű telepek gyakoriságát összevetve a két-két mintafán jelentősebb különbségek nem alakultak ki.

A rágáskárosítások vegetációs időszak alatti szórványos, szignifikáns eltérésére egy általános magyarázat aligha adható. Ha csak egy évet vizsgálunk, úgy tűnik, hogy a különbségek magukhoz a helyekhez – jelentősebb eltérés inkább a külterületi, illetve a falvakban álló fáknál alakult ki –, vagy esetleg a helyeken belül a fák egymástól való távolságához köthetők. Felmerülhet még az időszaktól való függés is, hiszen szignifikáns különbségek többnyire szeptemberben, októberben adódtak. Azonban a két vizsgálati évet együttesen vizsgálva, ezek az eltérések még nehezebben értelmezhetők. Valószínűsíthető, hogy ezek a különbségek az előbb említett tényezők mellett, az évjárat hatásának (lásd 6.1.6.), a mintavétel egyfajta hibájának, valamint az adott hely biotikus és abiotikus tényezőinek, sajátos eredőjeként alakulnak ki.

A vázasítóknál a szignifikáns eltérések száma a vegetációs időszakban magasabb volt, mint a rágásoknál. Azon túl, hogy ennél a károsítási csoportnál egy időszaktól való függés körvonalazódott (jelentősebb eltérések július közepéig alakultak ki), úgy tűnik, a közvetlen biotikus és abiotikus környezeti változásokra, így az évjárat hatására a vázasítók érzékenyebben reagálnak. A szignifikáns eltérések magasabb számát néhány rágó és vázasító faj fejlődési alakjainak kapcsolata és a csoportok között kialakuló interspecifikus kompetíció is befolyásolhatja. Ennél a csoportnál is számolni kell a már említett mintavételi hiba lehetőségével.

A monofág aknázó, sodrat- és gubacsképző, valamint levéltetű fajok, adott évben, egy szűkebb élőhelyen egyenletesen oszlottak el a hasonló korú, azonos genetikai háttérű tápnő-

vényeiken. Ennek oka egyrészt, hogy a monofág és az oligofág rovarok megjelenése, populációik mérete szorosan kötődik egy adott tápnövény jelenlétéhez és egyedszámához. Másrészt mindenképpen összefüggésbe hozható életmódjukkal. Az aknázók, sodrók, gubacsképzők egyes alakjai – védettebb helyen, a környezeti tényezőket a jelek szerint jobban kompenzálni tudó – aknában, sodratban és gubacsban fejlődnek. Kennedy (1951) és Forrest (1987) is szól arról, hogy a gubacsok képesek egyes biotikus, illetve abiotikus hatásokat mérsékelni. Ez a védettebb helyen történő fejlődés populációik stabilitását is megnöveli az adott élőhelyen. A helyhez kötött fejlődésnek azonban árnyoldalai is vannak a predáció és a parazitizmus tekintetében, hiszen ezek az alakok aktív menekülésre nem képesek. A nyáron élő egygazdás (autoecikus) levéltetű fajok élete egy szűkebb élőhelyre korlátozódik, kizárva ezzel a migrálás kockázatát, ami adott élőhelyen a populációik stabilitását szintén növeli.

6.1.2. A *Populus nigra* 'Italica' mintafák vizsgálati helyeinek összehasonlítása a funkcionális csoportok alapján

A rágáskárosítások és vázasítások eltérése vizsgálati helyenként minden egyes felvételezés alkalmával szignifikánsnak bizonyult. Hasonló eredményeket kaptam a gubacsképző *A. populira* és két levéltetű fajra, (*Chaitophorus leucomelas*, *Pterocomma populeum*) vonatkozóan is. Az aknázókat, a sodratképzőket és a *Pemphigus* fajok gubacsait a 11 vizsgálati helyen összehasonlítva, nem találtam szignifikáns különbség közöttük.

A rágásokat tekintve nagyobb eltérések leginkább a külterületi fák és a többi élőhely fái között alakultak ki, míg a városi fák kisebb különbségeket mutattak a másik két csoporttal szemben. Ebből az következik, hogy a városi fákat egy leginkább átlagosnak tekinthető károsítási szint és károsítási gyakoriság jellemezte. A külterületi fák magasabb rágásértékeinek oka lehet a 6.1.3. részben részletesebben kifejtett, fajok feltorlódásának jelensége. Fizikai akadály nélküli feltorlódás jöhet létre elsősorban Söptén és Nemescsón, másodsorban Sárváron, ahol a fákat szántóterületek ölelik körül, évenként váltakozó, egyéves kultúrákkal. Ilyen körülmények között a polifág, fás fajokon károsító rágófajok nem tudnak szétszéledni, így az ott lévő nyárfákhoz kötődnek, megemelve a rágáskárosítások értékét.

A vázasítások szempontjából leggyakrabban és legnagyobb mértékben a falvakban található mintafák tértek el a többi felvételezési helyen álló fától. A kisebb különbségek itt is a városi fák egy részén (Szombathely1 és 2) és a falusi, valamint a külterületi fák között alakultak ki. A falvakban kialakult alacsonyabb vázasítási értékek a környezet diverzebb növény-

összetételével és az interspecifikus kompetícióval függhetnek össze. A külterületek magasabb értékei pedig szintén a feltorlódás jelenségével hozhatók összefüggésbe.

Az *A. populi* gubacsképző atka előfordulása a városi mintaterületekre korlátozódott. Számos atkafaj a szárazabb, melegebb mikroklimatikus viszonyok között szaporodik fel. Evans és mtsai (2012) kimutatták, hogy az *A. parapopuli* gubacsképzését a nedvesebb viszonyok negatívan befolyásolták, míg a szárazabb, kiegyenlítettebb hőmérsékleti viszonyok a felszaporodásnak kedveztek. Az *A. parapopuli* a *Populus fremontiin* és a *P. angustifolián*, illetve hibridjein képez gubacsot. Az *A. populinal* is feltételezhető, hogy a városi, szárazabb, melegebb, az éjszakákat és a nappalokat tekintve kiegyenlítettebb mikroklimatikus viszonyok kedveznek megtelepedésének és felszaporodásának.

A *Ch. leucomelas* és a *P. populeum* nem migráló fajok, ami terjedésük ütemét valamilyest csökkentheti, különösen tápnövényük ritkább előfordulása esetén. Az ilyen autoecikus levéltetvek a nyár folyamán a kedvezőtlen tápanyag összetételnek, a hőmérséklet és a telepek zsúfoltságának növekedésével szaporodási nyugalomba kerülnek (Basky, 2005). Ez a nyugalom többféleképpen is létrejöhetett, így a *P. populeum* esetén nyáron csak a lárvák voltak megfigyelhetőek a lombkoronában, míg a *Ch. leucomelas* egyedei a fák gyökerére vándoroltak táplálkozni. Az egygazdás levéltetű fajok tápnövényre találását és megtelepedését egy-egy újabb élőhelyen, a véletlen tényezőkön túl, számos esetben segíti a tápnövény speciális illatanyaga (Nottingham és Hardie, 1993; Hori, 1999). Ilyen kapcsolat a nyárok estén, a nagy nyárlevelészre és predátoraira, valamint parazitoidjaira vonatkozóan már bizonyított (Takabayashi és Dicke, 1996; Dicke és Baldwin, 2010). Ezek a csalogató anyagok valamilyest csökkenthetik – a levéltetveknél is – a véletlen szerepét a tápnövényre találásnál, de ritkább tápnövény hálózatnál ez az előny minimálisra redukálódik. A levéltetvek a levegőből nem képesek felismerni tápnövényeiket, csak a borított és nem borított területek határát. A borított területeken belül tápnövénykereső repülésük néhány métertől 30 méterig terjedhet (Basky, 2005), ezért olyan fontos a számukra a tápnövény hálózat sűrűsége. Így még 30 évesnél idősebb nyárfák esetén sem biztos, hogy a két említett faj ritka tápnövény hálózat esetén természetes terjedéssel megtelepedjen rajtuk. Vizsgálataimban a legkevesebb *Ch. leucomelas* telepet a külterületeken találtam, ahol az emberi mozgás a legkevesebb volt, míg a városokban és a két faluban, ahol élénk az emberi mozgás, a közlekedés, nagyobb fertőzöttségi értékei alakultak ki és populációja is stabilabb volt. A *P. populeum* esetén a mintaterületek között ilyen eltérések nem mutatkoztak. Ezek alapján úgy gondolom, hogy a *Ch. leucomelas* terjedésében az emberi, míg a *P. populeum* terjedésében a természetes tényezők játsszák a nagyobb szerepet. Ezen különbözőség kialakításában tápnövényükön való elhelyezkedésük is szerepet

kaphat, hiszen a levélen szívogató *Ch. leucomelast* nagyobb eséllyel lehet lesodorni, továbbhurcolni, mint a hajtáson, vesszőkön táplálkozó *P. populeumot*.

Az aknázókat és sodratképzőket, valamint a gubacsképzőket a 11 vizsgálati helyen összehasonlítva, a hasonló közösségek kialakulása feltehetőleg szintén összefüggésbe hozható, monofág, illetve oligofág voltukkal. Az aknázók és a sodrók esetén a levéltetvekhez viszonyított aktívabb helyváltoztató képességük is elősegítheti a tápnövény célzott megtalálását és a megtelepedési folyamat gyorsítását. A már korábban említett egyes alakjaik védettebb helyen történő fejlődése pedig fontos lehet populációik stabilizálódása szempontjából.

6.1.3. A vizsgálati helyek károsítási értékei, fajgazdagsága, illetve diverzitása

A vizsgálati helyek károsítási értékei, illetve a faj- és egyedszáma a funkcionális csoportokat két részre választotta szét. Az egyik csoportba a rágók, a vázasítók és a sodrók kerültek, melyek a külterületen alakítottak ki domináns viszonyt, míg a másik csoportba az aknázók, a gubacs- és a levéltetvek tartoztak, melyek egyedszáma a falvakban és városokban volt magasabb.

A vizsgálati hely csoportokat tekintve a rágáskárosítások és a vázasítások a külterületi fákon voltak a legmagasabbak, míg a rágások a városi fáknál, a vázasítások a falvakban élő fáknál voltak a legalacsonyabbak.

Az egy adott élőhely fenotípusát jellemző számok a fajszám, az egyedszám és a diverzitás, a sodróknál a legmagasabb értékeket a külterületi, a gubacsoknál a falvakban álló fákon érte el. Ezekre a csoportokra többnyire jellemző volt a magasabb fajszámhoz kapcsolódó magasabb egyedszám is. Ellentétben az aknázókkal, ahol a fajszám az egymást követő években minden felvételezési helyen stabilnak bizonyult, az egyedszám és ebből adódóan a diverzitás is jelentős ingadozásokat mutatott, elsősorban az évek, kisebb mértékben a helyek között. Aknázó fajokban a városi fák leggazdagabbak, míg a legtöbb akna a falvakban volt, ahol a rágások és a vázasítások értéke, valamint a sodró fajok száma alacsonyabb volt. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy az inter- és intraspecifikus verseny az aknázók populációit jelentősen befolyásolja és egyedszámukat nagymértékben meghatározzák egy adott élőhelyen. A gubacsoknál a legkisebb faj- és egyedszám a külterületeket jellemezte (Söpte, Nemescsó), ahol a rágók és vázasítók károsításai értékei, valamint a sodrók jelenléte a legmagasabb volt. Mindent egybevetve ez a külterületeken az interspecifikus kompetíció kiéleződésére mutat rá.

A városi és a két falusi mintaterületen mind tavasszal, mind ősszel lehetett levéltetű fertőzést tapasztalni, míg a többi helyen csak tavasszal, vagy még akkor sem. A leginkább levéltetűvel fertőzött két vizsgálati helyen (Acsád, Lukácsháza), élénk, nagyobb távolságokkal jellemezhető közúti forgalom volt (vízműtelep, ipari üzem).

A rágó, a vázasító és a sodratképző fajok egyedszáma, illetve károsítási értéke Kőszegszerdahelyen volt a legmagasabb. Ez az élőhely, a funkcionális csoportokra vonatkozó cluster analízis alapján is határozottan elkülönült a többitől. Meglepő és elgondolkodtató volt, hogy egy vizsgálati helyen, több funkcionális csoport tekintetében is ilyen magas értékek alakultak ki és ilyen élesen elhatárolódott a többi területtől. A fák környezetét összehasonlítva ez volt az egyetlen mintaterület, melynek közvetlen szomszédságában egy ültetett erdei fenyves, a másik oldalán pedig egy szántó terült el. A szántó közelsége több vizsgálati területre is jellemző volt, de az erdei fenyves megléte egyedinek bizonyult. Véleményem szerint ezek a magasabb értékek ezekhez az egyedi körülményekhez kapcsolódnak, de a hogyanra is miéértre csak teoretikus válaszokat tudok adni. Mivel erdeifenyőről van szó, sűrű szeder aljnövényzettel, közös károsítója a nyárakkal nemigen található, még a polifágok között sem. Ilyen esetben az erdőnek, az ízeltlábúakat tekintve, elhatároló jellege van mind fizikai (magasság, szélesség, sűrűség), mind biológiai értelemben (nagy kiterjedésű, nem megfelelő tápnövény). Ezért elképzelhető, hogy a környékről véletlenszerűen a területre érkező, lombosokat fogyasztó fajok a szántó és a tűlevelű erdő közötti részen feltorlódnak, magasabb egyedszámokat és károsítási értékeket okozva. Felvetődik azonban a kérdés, hogy akkor a másik három funkcionális csoport miért nem ért el ezen a mintaterületen magasabb egyedszámot? Valójában Kőszegszerdahely a gubacsokat tekintve is a legmagasabb egyed- és fajszámokkal jellemezhető mintaterületek közé tartozott. Az aknázók esetén az előbbi 4 funkcionális csoport magasabb egyed- és fajszáma kielezi az interspecifikus versenyt, aminek ilyen körülmények között valószínűleg az aknázó fajok esnek áldozatul. Erre nem annyira alacsonyabb egyedszámuk, mint inkább erősen ingadozó diverzitási indexük utalt. A levéltetvek esetén sem tűnik ellentmondásosnak a felvázolt magyarázat, ha a *Ch. leucomelas*-nál a már említett emberi tényező szerepét, a *P. populeumnál* pedig a lassabb természetes terjedését és felszaporodás dominanciáját elfogadjuk.

A legkisebb egyedszámok és károsítási értékek tekintetében nem volt olyan vizsgálati hely, mely következetesen elvált volna a többi mintaterülettől. A különböző funkcionális csoportokat jellemző legkisebb értékek más és más vizsgálati helyen alakultak ki. Így a rágások a Sopron 2-es, a vázasítások a lukácsházi mintafákon bizonyultak a legalacsonyabb értékűnek,

a levéltetveket Gencsapátiban, a sodrók Szombathely 2-es, az aknák és a gubacsok pedig Nemescsón voltak a legkisebb egyedszámban jelen.

6.1.4. Általánosan elterjedt, valamint adott vizsgálati helyhez, illetve vizsgálati helycsoporthoz köthető ízeltlábú fajok

Egy-egy faj általános elterjedésében számos abiotikus és biotikus tényező kaphat szerepet (hőmérséklet, csapadék, talaj fizikai és kémiai tulajdonságai, életsiklus, táplálkozás mód, természetes ellenségek, speciális igények stb.), illetve egy faj korlátozottabb előfordulása is különböző okokra és ezek együttes hatására vezethető vissza. Az alábbiakban csak néhány példa és lehetséges ok felsorolására kerül sor, hiszen ezeket, mint tényeket rögzítettem, de dolgozatom keretei szűkösek voltak ahhoz, hogy az okokat külön-külön is megvizsgáljam.

A rágó fajok közül általánosan elterjedt volt a vörös csipkésbagoly. Az ormányosok mind az egyed, mind a fajszámot tekintve inkább a városi fákon, míg a levélbolhák inkább a külterületi fákon fordultak elő. Ilyen jellegű elkülönülésük, akár az azonos guildet használók versenyével is összefüggésbe hozható. A nagy púposzövő, a szürke púposzövő és a nyárfa-szender hernyói inkább a falvakban fordultak elő. Valószínűleg a falvak, mint közepes bolygatottságú területek kedveznek a nagyobb testű hernyók fejlődésének. Érdekes volt, hogy a levéldarazsak megjelenése nem annyira az élőhely jellegétől, mint inkább a biogeográfiai körzeten belüli elhelyezkedésétől függött (Kőszegszerdahelyen, Lukácsházán, Szombathely1, Gencsapáti, Söpte, Acsád tengelyen), ami akár terjedési stratégiájukkal, vagy az élőhely speciális abiotikus, illetve biotikus tényezőivel is összefügghet.

Az aknázók közül négy lepkefaj (*Ph. suffusella*, *S. trimaculella*, *Ph. populifoliella*, *E. hannoverella*) egyedszáma viszonylag magas, elterjedése pedig általános volt. Két bogár- és két légyfaj (*Z. flavicollis*, *Z. scutellaris*, *A. populi*, *A. populicola*) alacsonyabb, illetve változó egyedszámúnak bizonyult, és megjelenésük egy-egy élőhelyen évenként változó volt. Hét aknázó fajt vélhetőleg az interspecifikus versenyhez, illetve valamelyest az élőhely típusához kapcsolódóan, alacsonyabb egyedszámok és véletlenszerű előfordulások jellemezték. Ilyen volt a *Phyllocnistis xenia* csak két, egymáshoz igen közel eső falusi mintaterületen való előfordulása, a *Fenusella hortulana* Szombathely1 és Sopron2 egymástól igen távoli megléte, a *Tachierges* fajok kőszegszerdahelyi, a Sopron1-es és a Szombathely1 mintaterületen való aknaképzése vagy a *R. pulicarius* kőszegszerdahelyi, lukácsházi és sárvári megtelepedése. Ezek alapján, úgy tűnik, hogy ideális tápnövény mellett, változó körülmények között is, az aknázó

lepkefajok stabilabb populációkat alakítanak ki. Ezzel egyidejűleg interspecifikus versenypozíciójuk is megerősödik. Az aknázó bogarak és legyek valószínűleg érzékenyebbek a közvetlen környezet hatásaira, populációik kevésbé kiegyensúlyozottak, így az interspecifikus versenyre is érzékenyebben reagálnak.

A gubacsképzők közül a *P. lysimachiae*, a *P. spyrothecae* és a *P. bursarius* általánosan elterjedt, nagyobb egyedszámban előforduló fajok voltak. Sikerességük fejlődési és gubacsképzési stratégiájukkal hozható összefüggésbe, melyről a 6.2. fejezetben még részletesen szölk. Az *Aceria populi* gubacsai csak a városi fákon fordultak elő. Ennek egyik oka esetleg a már a korábbiakban fejtegetett városi mikroklimatikus viszonyokban keresendő. A *T. affinis* alacsonyabb egyedszáma és korlátozottabb elterjedése egyrészt tápnövény preferenciájával mutat összefüggést, miszerint a fiatalabb fákon gubacsait gyakrabban lehet megtalálni, illetve a hibrid nyárat jobban kedveli, mint a fekete nyárat; másrészt lágyszárú tápnövényének jelenlétével kapcsolható össze. Az előbbi megállapítást támasztja az is alá, hogy csak azokon a helyeken lehetett gubacsait megfigyelni, ahol a közelben fiatalabb nyárat is voltak, így Kőszegszerdahelyen, Szombathely2-n és Gencsapátiban. A *P. protospirae* kizárólagossága a kőszegszerdahelyi fákon, a többi vizsgálati hely nagyobb *P. spyrothecae* fertőzöttségével és a levélnyélen gubacsot képző *Pemphigus* fajok jelentősebb versenyével hozható összefüggésbe. A *P. borealis* és *P. gairi* korlátozottabb elterjedése faunisztikai újdonságukra, illetve a *P. borealishnál* esetleg arra a megfigyelésemre vezethető vissza, hogy a fiatalabb fákat jobban kedveli, és az irodalom az előfordulását a fekete nyáraton esetlegesként említi (Blackman and Eastop, 1994; Kollar, 2011).

A levéltetvek között általánosan elterjedt fajról nem számolhatok be. Ez elsősorban életmódjukkal és ehhez kapcsolódóan terjedési lehetőségeikkel lehet kapcsolatban. A *P. populeum* városi fákon egyáltalán nem fordult elő, ami a mikroklimatikus viszonyoktól kezdve, a közepesen bolygatott élőhelytől, a természetes terjedésének korlátain át számos tényezővel összefügghet.

6.1.5. A vegetációs időszak hatása a különböző funkcionális csoportokra

A rágáskárok és vázasítások lefutása a vegetációs időszakban hasonlóan alakult. Egykét hetes eltolódás inkább csak a nyár második felében fordult elő. Ez a párhuzamos kártétel azt is jelzi, hogy az idősebb *P. nigra* 'Italica' fákon a rágó és vázasító fajok kisebb része között van csak fejlődési kapcsolat. Jellemzően nem az adott faj nemzője lép fel rágó károsító-

ként, majd ugyanezen faj álcája vázasítóként, hanem nagyrészt csak rágó vagy vázasító fajok fordulnak elő rajtuk.

Mindkét évben megfigyelhető volt a rágó és vázasító károsítóknál, hogy július közepétől szeptember végéig a mintaterületek között kisebb különbségek alakultak ki, mint tavasszal, nyár elején és a vegetációs időszak legvégén. Az alacsonyabb károsítási értékek a nyár folyamán együtt jártak a különböző élőhelyeken kialakult károsítási szintek és gyakoriságok kiegyenlítetté válásával. A tavaszi időszak nagyobb, az őszi némileg kisebb különbségekkel volt jellemezhető. Ez az eredmény egybecseng azzal, ami a károsítások időbeni lefutásánál is körvonalazódott, azaz az első maximum időbeni alakulása és lefutása nagyobb különbségeket mutat a vizsgálati helyek között. Ezen jelenség oka részben a tavaszi rovarasszociáció összetételében, a fakadási idők eltéréseiben, illetve a közvetlen környezet növényösszetételében keresendő. A fakadási idők eltérése miatt az adott polifág és oligofág rovarra jellemző tápnövény preferencia időlegesen megváltoztatható, a közvetlen környezet pedig nagyban befolyásolja a nyáron létrejövő rovarasszociációk polifág és oligofág képviselőinek megtelepedését és felszaporodását. Az eltérések kora ősszel megint nagyobbak voltak, de az őszi időszak előrehaladtával ezek a különbségek mind a rágó, mind a vázasító fajokat illetően egyre inkább csökkentek a helyek és a fák között is.

A legtöbb aknát szeptember, illetve október folyamán lehetett a mintafákon megfigyelni. A második legnépesebb időszak május közepétől június közepéig tartott, míg a legkevesebb akna a nyári hónapokban volt észlelhető. A több nemzedékes lepkéknél a tavaszi nemzedék egyedszáma számos esetben alacsonyabb, mint a nyárié, aminek oka egyrészt téli mortalitásuk, másrészt az interspecifikus versennyel függhet össze. Az idősebb *P. nigra* 'Italica' fánkon a sodratképzők zöme szintén a lepkék közül került ki, így ennél a funkcionális csoportnál is, a már említett okok miatt a legtöbb sodratot a nyár végén, ősz folyamán lehetett észlelni.

A gubacsképzés fő időszaka a tavasz volt. A *Pemphigusok* gubacsképzése április közepén kezdődött, a gubacsok kiürülésének ideje pedig, fajtól függően, június eleje és vége, illetve szeptember vége volt. A *P. lysimachiae* és a *T. affinis* gubacsképzése elhúzódóbb volt, hiszen az őszanya és leánynemzedékei külön-külön képeztek gubacsot. A kétnemzedékes *A. populi* tavaszi és őszi nemzedékének egyedszáma között említésre méltó különbség nem alakult ki.

A levéltetveknél a *Ch. leucomelas* tavaszi egyedszáma magasabb volt és több helyen lehetett megtalálni, mint ősszel. Nem kizárt, hogy helyenként (jellemzően külterületen) ősszel a telelő populáció később jelenik meg, emellett kisebb létszámú, és így kevésbé feltűnő. A

Pterocomma populeum esetén is a tavaszi egyedszám bizonyult magasabbnak, de a helyeket illetően eltérés nem alakult ki a tavaszi és őszi időszak között.

A jegenyenyárokban a tavaszi, kora nyári időszak kialakuló ízeltlábú közösség, részben az interspecifikus versenyen keresztül képes befolyásolni a vegetáció későbbi időszakának ízeltlábú közösségeit mind mennyiségileg, mind minőségileg és szerkezetileg. Van Zandt és Agrawal (2004) selyemkóró vizsgálata során is arra a következtetésre jutott, hogy a vegetáció korábbi időszakának ízeltlábú asszociációja meghatározó jellegű, és képes a tápnövény genotípusos diverzitásán alapuló várakozást pozitív vagy negatív irányba eltolni a vegetáció végére.

6.1.6. Az évek hatása a különböző funkcionális csoportokra

A *P. nigra* 'Italica' fánál a rágás típusú károsítások mértékét a vizsgálati hely szignifikánsan befolyásolta, míg az év és e két faktor kölcsönhatása a szignifikancia határát súrolta.

A vázasítóknál ezek a kapcsolatok még erősebbnek bizonyultak; mind a hely, mind az év szignifikánsan befolyásolta a károsítás mértékét, sőt a két faktor közötti kölcsönhatás is szignifikáns volt. Erre magyarázatot részben az adhat, hogy a vázasítók között nagyobb arányban szerepelnek azon fejlődési alakok, melyek a biotikus és abiotikus környezeti tényezőknek jobban kitettek.

A sodratokat tekintve sem a vizsgálati évek, sem a vizsgálati helyek között nem alakultak ki jelentősebb különbségek. Ennek oka részben az, hogy a funkcionális csoportok közül legkisebb károsítási értékkel és egyedszámban is a sodró fajok fordultak elő. Másrészt az előforduló fajok oligofág jellege, de a lárvaalak védettebb helyen történő fejlődése is pozitívan befolyásolhatta mind a helyek, mind az évek között a populációk kiegyenlítettebbé válását.

Az aknázóknál az év faktor hatása szignifikáns, míg a vizsgálati hely faktora és a két faktor kölcsönhatása nem volt szignifikáns. Az aknázók faj- és egyedszáma a vizsgálat két éve alatt nagyobb különbségeket azokon a helyeken mutatott, ahol a közvetlen környezetben a mintafákon kívül más nyárfa nem volt. Ahol több *P. nigra* 'Italica' is előfordult, ott az évek közötti különbségek kisebbek voltak. Az aknázóknál a tápnövény egyedszámának növekedésével a populációk stabilitása évről-évre nagyobb lehet. Még az aktív helyváltoztatásra képes rovaroknál is, a tápnövény megtalálása nagyban függ a véletlentől. A tápnövény egyedszámának növekedésével ez a véletlen tényező az, ami tulajdonképpen csökkenhet. Ez a stabilitás a városokban még kifejezettebb volt, ami összefügghet a jegenyenyárok sorfa szerepével (sop-

roni vizsgálati helyek), hiszen az utcák a lepkék repülésének irányát bizonyos mértékben meg is határozhatják. Az aknázó populációk stabilitását a több biotikus és abiotikus hatást tompító, védettebb helyen történő lárvafejlődésük is elősegítheti. A rágások, de a vázasítások alacsonyabb értéke és a sodró fajok kisebb egyedszáma a városokban az intrespecifikus versenyt csökkentheti, ami elősegíti a városi fáknál az aknázó populációk nagyobb állandóságát az évek viszonylatában is. Összefoglalva: a nyáron élő monofág aknázók megjelenését, populációinak méretét egy adott területen a tápnövény gyakorisága és az intraspecifikus verseny jelentősen befolyásolhatja.

A gubacsképzőknél sem az év, sem a vizsgálati helyek faktora nem mutatott szignifikáns hatást a gubacsok számára. A gubacsképzők a biotikus és az abiotikus környezeti tényezők változásainak kevésbé kitettek, gubacsaik védelmében az évjárat hatásokat is mérsékelve élik meg. Kennedy (1951) és Forrest (1987) is kiemeli a gubacstetvekkal kapcsolatban, hogy a gubacsok kedvező mikroklímájú élőhelyet biztosítanak lakóiknak, miközben mérsékelik a külső időjárási viszonyok hatásait. Az eltérő funkcionális csoportokba, illetve rendszertani egységekbe tartozó fajokkal szemben a *Pemphigus* gubacsok versenypozíciója is kedvezőbb, mint az aknázóké (pl. a gubacsot nem fogyasztja el a hernyó, de az aknát minden további nélkül).

A levéltetű fertőzés a két vizsgálati évet összehasonlítva jelentősebb eltéréseket nem mutatott. Itt megjegyzendő, hogy 2009-ben és 2010-ben a vizsgálati helyeken szélsőséges időjárási események – heves eső, hőség a jegenyenyáron előforduló fajok fő károsítási idején – nem voltak, ami évenként nagyobb egyedszám ingadozást válthatott volna ki. A mintafákon előforduló tetűfajok egygazdásak, ősszel legfeljebb a szárnyas egyedeknek csak egy kisebb hányada keres új tápnövényt. A többség az adott fán vagy közeli fákon rakja le telelő tojásait. Így populációik kisebb területen, évről-évre stabilnak tekinthetők. A helyek között azonban levéltetvek populációját illetően jelentősebb különbségek alakultak ki. Ennek egyik oka mindenképpen az, hogy életmódjuknál fogva terjedésük nem túl gyors.

A vizsgálati helyek szűkebb és tágabb, az időszakok éven belüli és évek közötti eltérését és hasonlóságát a felsorolt tényezőkön túl, némileg a felvételezés módja is befolyásolta, hiszen a rágóknál és a vázasítóknál a kísérlet jellegéből adódóan csak a károsított levélfelület százalékos megadására volt lehetőség, és egy-egy károsítást nem lehetett közvetlenül fajhoz kötni. Ezért is volt szükség az alap statisztikai eljárásokon túl esetenként egymást átfedő próbák használatára, valamint olyan statisztikai módszerek alkalmazására, ahol ezen körülmények a próba kimenetelét nem befolyásolták, és az adatok összehasonlíthatóságát biztosították.

ták. Például a helyek funkcionális csoportonkénti önálló Kruskal-Wallis próbával történt összehasonlítása során és a két faktor szerinti keresztosztályozásnál is, teljesen azonos eredményeket kaptam, ami megerősítette az évekre vonatkozó eredmények helytállóságát.

6.2. A *Pemphigus* fajok „túlélési-stratégiái”

A fekete nyáron élő *Pemphigus* fajok más és más, több tényezőtől álló „túlélési-stratégiát” fejlesztettek ki. Az összetevők sajátos keveréke egy adott fajra jellemző. A „túlélési-stratégia” hatékonysága adott körülmények között alapvetően meghatározza a *Pemphigus* fajok szaporodását, az utódok ragadozók elleni védelmét, terjedésüket, megtelepedésüket és felszaporodásukat. Sikeres „túlélési-stratégia” több különböző tényező kombinációjával is elérhető (57. táblázat).

A *Pemphigus* fajok fejlődésének szinkronizáltsága összhangot mutat a szájníylásuk típusával és azzal, hogy rendelkeznek-e eltérő morfológiájú, illetve eltérő funkciójú fejlődési alakokkal. A teljesen zárt gubacsokban a tetvek fejlődése szinkronizált, és nem rendelkeznek eltérő alakokkal, míg a szájníylással rendelkezők fejlődése nem szinkronizált és eltérő morfológiájú, illetve funkciójú alakjaik vannak.

Az általam vizsgált mintaterületeken, a legtöbb helyen és legnagyobb egyedszámmal, vagyis a legsikeresebb „túlélési-stratégiával” rendelkező fajok a *P. spyrothecae* és *P. bursarius* voltak. E két faj kiválóan példázta, hogy mind a gazdaváltó, mind az egygazdás *Pemphigus* fajok magas egyedszámot érhetnek el, ha „túlélési-stratégiájuk” elemei adott élőhelyen jól összehangoltak az életmódjukkal. Például a *P. spyrothecae* hosszabb idejű egy helyen való fejlődésének hátrányait (predátorok), magas egyedszámával, valamint a migrálás kockázatának nullára redukálásával képes kompenzálni. A vizsgálati helyek összehasonlítása arra is rámutatott, hogy e két, levélnyélen gubacsot képző domináns faj között komoly verseny alakul ki a kedvezőbb gubacsképzési helyekért.

A mintaterületeken a *P. populi* is széles körben elterjedt faj volt, de egyedszáma és populációinak stabilitása évről-évre kisebbnek bizonyult, mint az előbb említett két fajé. Teljesen zárt gubacsával, rövidebb fejlődési idejével képes kompenzálni az eltérő morfológiájú, védelmi szerepű egyedek hiányát, amelyek kulcsfontosságúak a többi *Pemphigus* fajnál a gubacsokat veszélyeztető predátorokkal szemben.

57. táblázat Különböző *Pemphigus* fajok "túlélési-stratégiája"

	<i>P. spyrothecae</i>	<i>P. protospirae</i>	<i>P. bursarius</i>	<i>P. populi</i>	<i>P. populimigrae</i>	<i>P. gairi</i>	<i>P. phenax</i>	<i>P. borealis</i>
A "túlélési-stratégia" elemei								
A tápnövényhez való alkalmazkodás	Egygazdás	Gazdaváltó	Gazdaváltó	Gazdaváltó	Gazdaváltó	Gazdaváltó	Gazdaváltó	Gazdaváltó
A fejlődés hossza	18–24 hét	8–11 hét	8–10 hét	6–7,5 hét	7–8 hét	8–13 hét	7–8 hét	8–10 hét
Egyedszám a gubacsban	Magas	Közepes	Közepes	Közepes	Alacsony	Közepes	Alacsony	Közepes
Morfológiailag eltérő fejlődési alakok	Igen (Aoki és Kurosu, 1986)	Igen (Rhoden és Foster, 2002)	Igen (Rhoden és Foster, 2002)	Nem (Rhoden és Foster, 2002)	Igen	Igen (Rhoden és Foster, 2002)	Igen (Rhoden és Foster, 2002)	Igen
Szinkronizált fejlődés	Nem	Nem	Nem	Igen	Nem	Nem	Nem	Nem
A gubacs szájnnyílása	Hosszú, de szorosan zárt	Hosszú, de szorosan zárt	Kicsi	Zárt	Hosszú és laza	Kicsi	Hosszú és laza	Kicsi
Elsődleges gubacs-képzési hely	Levélnyel	Levélnyel	Levélnyel	Középér	Középér	Középér	Közvetlenül a középér mellett	Rügy

10.13147/NYME.2012.027

A *P. populi* gubacsait más, a levél főerén, illetve főere mellett képződő gubaccsal, sőt az ilyen típusú gubacsokat együtt is egyáltalán nem, vagy nagyon ritkán találtam meg. Ez arra utal, hogy a *Pemphigusoknál* az azonos guildet használó fajok között komoly verseny alakul ki.

A *P. populinigrae* és a *P. gairi* valamivel szűkebb körben volt megfigyelhető és egyedszámuk is alacsonyabb volt, mint a *P. populié*. A *P. phenax* elterjedése még szűkebb körre korlátozódott és egyedszáma még alacsonyabb volt. A gazdaváltás, az alacsonyabb egyedszám, a hosszabb és lazább nyílás, illetve a levél felületén a kitettebb gubacsképzési pozíció, nagyobb kockázatot hordoz ezen fajok terjedése, valamint túlélése szempontjából. Ezt a védelmi szerepet betöltő egyedek jelenléte sem tudja jelentősen kompenzálni.

A *P. protospirae* a „túlélési-stratégia” elemeit tekintve egy átlagos faj, ennek ellenére nem tűnik túl sikeresnek. Ez több okra vezethető vissza. A Nyugat-Dunántúlon még viszonylag új faj, most van elterjedőben. A fekete nyárok levélnyelén, ahol a gubacsát képzzi, két fajjal is osztoznia kell. A vizsgálatok eredményei is azt mutatták, hogy a *P. spyrothecae* és a *P. protospirae* között komoly verseny alakul ki a gubacsképző helyekért.

A *P. borealis* viszonylag új a magyar faunában. „Túlélési-stratégiája” szempontjából átlagos faj. Fejlődése kicsit hosszabb, és jobban a nyári időszakba nyúlik, mint a többi *Pemphigus* fajté. Nyár közepén már csak a *P. borealis* és a *P. spyrothecae* gubacsában vannak tetvek. Ez a körülmény mindkét faj esetén megnöveli a predáció kockázatát. A *P. borealis* a *P. spyrothecae*hez képest hátrányosabb helyzetben van, hiszen a tetvek sűrűsége a gubacsban alacsonyabb. Az irodalmi adatok szerint a fekete nyárokra csak esetlegesen táplálkozik (Blackman and Eastop, 1994; Kollar, 2011). Megfigyeléseim szerint ezek között is inkább a fiatalabb példányokat részesíti előnyben.

A levélnyelén való elhelyezkedés, a kisebb vagy a hosszabb, de szorosan zárt szájnnyílás vagy a gubacs teljes zártsága, legalább közepes tetű egyedszámmal párosulva mind-mind olyan tényezők, melyek előnyt jelentenek egy *Pemphigus* faj számára. A hosszú, lazán záródó szájnnyílás, a kitettebb gubacsképzési pozíció a levél felületén, és az alacsony egyedszám olyan tényezők, melyek a predátoroknak kedveznek, hiszen a gubacsokat sebezhetőbbé teszik.

Minden *Pemphigus* fajnak megvan az optimális gubacsképzési helye, de magasabb egyedszám esetén a legjobb gubacsképző helyekért verseny alakulhat ki. Ilyenkor előfordul, hogy egy-egy gubacsnak kevésbé ideális helyen kell kifejlődni. A diszpozíciós helyen történő fejlődésnek azonban van néhány hátrányos következménye is a gubacsra nézve: a gubacs kisebb, a benne fejlődő tetvek egyedszáma alacsonyabb, a nyílása lazább, aminek következté-

ben gyakrabban esik áldozatul a predátoroknak. Van néhány olyan kombináció is, ahol egy *Pemphigus* faj gubacsképzése biztos kudarcot jelent; pl. a *P. protospirae* nem tudja a hajtást kellően „megtekerni”, így gubacsai a hajtáson felnyílnak és már az ősanya elpusztul. Ilyen szempontból valamivel szerencsésebb helyzetben van a *P. spyrothecae*: a hajtáson képzett gubacsai kisebb eltérést mutatnak az ideális helyen képzett gubacsaihoz képest. Különbség abban adódik, hogy ezek a gubacsok kevesebb fordulatúak (0,5–0,75 fordulat, átlagos esetben $\leq 1,6$ fordulat) és valamivel lazább a nyílásuk. A *P. spyrothecae* számára is van teljesen reménytelen gubacsképzési hely: gyakran lehet olyan gubacskezdeményét találni a főéren, melyben semmi, vagy csupán az ősanya fejlődik. Ennél a fajnál is spirális gubacsról van szó, így a probléma itt is az, hogy nem tud a levéléren fordítani.

Amikor több gubacs egyazon levél különböző részein fejlődött, a gubacs méretét, a tetvek számát és fejlődési ütemét tekintve nem tapasztaltam eltérést a magányosan fejlődő gubacsokhoz képest. Ha azonban két gubacs ugyanazon növényi részen fejlődött, mind méretüket, mind a gubacsban élő tetvek számát és fejlődésük ütemét tekintve különbség adódott köztük (pl. a magányos a *P. spyrothecae* 413 ± 145 , a páros 144 ± 67 ; a magányos a *P. bursarius* 46 ± 7 , a páros 20 ± 4 egyed tartalmazott). Szélsőséges esetben az egyik gubacs akár üres is lehetett. Pike és mtsai (2007) *P. populi* egy egyedének életterét 70 mm^3 -ben a *P. spyrothecae* esetén $3,5 \text{ mm}^3$ -ben határozták meg. E szerint az azonos növényi részen fejlődő gubacsok konzekvensen kevesebb tetűt tartalmaznak, de a méret csökkenésével a tetvek egyedszám változása a különböző fajoknál különböző mértékű lesz.

Vizsgálataim során a *P. gairi* első ízben került beazonosításra Magyarországon (Tuba és Lakatos, 2010). Stroyan 1964-ben írta le először a *P. gairi*t egy 1956 és 1964 között a *Pemphigus* fajok nagy-britanniai elterjedését vizsgáló kutatásban. Szelegiewicz és Szalay-Marzsó (2000) németországi és lengyelországi előfordulást is említ, de erre vonatkozóan irodalmi hivatkozást nem közölnek. Urban (2004) 2003-ban találta meg a *P. gairi*t Brnoban *P. nigra* és *P. nigra* 'Italica' fákön, és véleménye szerint 2003-ig csak Nagy-Britanniában találták meg ezt a fajt. A Fauna Europae (Nafria, 2010) a *P. gairi* előfordulását Nagy-Britanniában, Csehországban és Ukrajnában jelzi. A *P. lysimachiae* esetén és két *Pemphigus* fajnál az utóbbi évtizedben jelentős area bővülést lehetett megfigyelni. Szelegiewicz és Szalay-Marzsó (2000) a *P. lysimachiae* előfordulását csak Nagytétényben, a *P. protospirae* és a *P. populinigrae* elterjedési területét pedig a Kárpát-medence keleti részén a Duna vonaláig jegyzi. Vizsgálataim során ezen fajok stabil populációit a Kárpát-medence nyugati részén is megtaláltam.

Ahogy Dickson és Whitham (1996), valamint Larson és Whitham (1997) a *Populus angustifolián* élő *P. betaere* vonatkozóan megállapította, úgy a mi faunánkban is számos *Pemphigus* faj fontos táplálékforrása több különböző trofikus szintet képviselő predátornak (madarak, virágpoloskák stb.) és kiürült gubacsai menedéket biztosítanak a fajok széles skálájának. A *P. spyrothecae*, *P. bursarius*, *P. gairi* és a *P. protospirae* birtokában van mindezen tulajdonságoknak, továbbá adott élőhelyen gubacsaik száma magasabb, populációik évről-évre megőrzik stabilitásukat, és kiürült gubacsaik hosszasan a fán maradnak. Következésképpen képesek pozitívan befolyásolni az adott ízeltlábú közösség fajgazdagságát és egyedszámát, szerepük a fekete nyárok ízeltlábú közösségeit illetően meghatározó jellegű.

6.3. Fiatal és idős *Populus nigra* 'Italica' fákon kialakuló ízeltlábú közösségek összetétele és működése

A mintavétel fogyatékosága volt, hogy a fiatal fákon, méreteiknél fogva, a korona nagyobb hányadát lehetett megmintázni, mint az idős fákon. Így mintavételük reprezentatívabb volt, mint az idős fáké. A korona sűrűségére vonatkozóan ezt valamelyest igyekeztem a két korcsoporton eltérő számú levélmintával kompenzálni, de a fák magassági eltérése továbbra is hibaforrás maradt. Ezért hangsúlyozom, hogy eredményeim a fák 3 m-es magasságáig érvényesek.

6.3.1. Fajösszetétel

Az idősebb *P. nigra* 'Italica' mintafákon kialakult ízeltlábú asszociációk fajösszetétele és abundanciája jelentős eltérést mutatott a fiatal *P. nigra* 'Italica' mintafákhoz képest. Az idősebb fákon a legnagyobb rágáskárokat a lepkehernyók és a levéldarazsak álhernyói okozták, míg a fiatalabb fákon a nagy nyárlevelész idősebb lárvái és imágói. A nagy nyárlevelész az idősebb fákon csak észlelési szinten fordult elő. Waltz és Whitham (1997) *Chrysomela confluens* (Rogers 1856) esetén is azt tapasztalta, hogy a fiatalabb nyárfákat részesíti előnyben, míg Ruel és Whitham (2002) *Dioryctria albovittella* (Hulst 1900) károsítását szinte kizárólag csak az idősebb *Pinus edulis* fákon találták meg. Lawrence és mtsai (2003) vizsgálataiban a *Chrysophtharta agricola* (Chapuis 1877) károsítása idős *Eucalyptus globuluson* kilencszer nagyobb volt, mint a fiatal példányokon. A levélbolhák, az ormányosok és a lepkék közössége az idősebb fákon valamivel gazdagabb volt, mind a fajokat, mind az egyedszámokat

tekintve. A rágáskárt okozó levéldarazsak fajösszetétele és egyedszáma között nagyobb különbségek nem alakultak ki a két korcsoport fái között. A fajgazdagságra és a fajok gyakoriságára vonatkozóan Waltz és Whitham (1997) is talált különbséget az idősebb és a fiatalabb nyárfákon.

A fajok összetétele és egyedszáma a hámozgató rovaroknál is eltéréseket mutatott. A fűz cserje levélbogár sokkal kisebb egyedszámban és károsítási értékkel volt jelen, míg a nyárfa-apróbogoly, abban a magasságban (3 m), ami a kísérletek során átvizsgálható volt, az idősebb fákon nem fordult elő. A nyárfa-apróbogoly az irodalmi adatok szerint (Szontagh, 1990) a fiatal, még ki sem fejlődött leveleket rágják. Ezek a levelek a fiatalabb fákon koncentráltabban vannak jelen.

Az idősebb és fiatalabb fákon megjelenő aknázók fajszáma jelentősen nem tért el, azonban gyakoriságuk a két korcsoport fáin nagyobb különbségeket mutatott. A leggyakoribb aknázó fajnak mindkét korcsoportnál a *Ph. suffusella* bizonyult, de a fiatalabb fákon egyedszáma magasabb volt. A *R. pulicarius* például az idősebb fákon bizonyult gyakoribb fajnak.

A fiatal fákon rendszeresen előforduló *Byctiscus* sodratokat az idősebb fákon 3 m-es magasságig, egyáltalán nem lehetett megtalálni, de még jellegzetes érési táplálkozásuk nyomait sem lehetett megfigyelni. Az idősebb fákon inkább csak a sodró-, illetve keskenyszárnyú molyok sodratai fordultak elő nagyobb fajgazdagságban, mint a fiatalabb fákon.

Az *Aceria populi* egyedei csak és kizárólag idősebb fákon okoztak gubacsot, ott is csak egy meghatározott környezetben. Az idősebb fákon a *P. lysimachiae*, a fiatalabbakon a *T. affinis* egyedszáma volt magasabb. Míg a fiatalabb fákon három *Pemphigus* faj egyedei csupán észlelési szinten fordultak elő addig az idősebb fákon gubacsaik faj- és egyedszáma, ezzel összefüggésben diverzitása is, magasabb volt. Kearsley és Whitham (1998) úgy találta, hogy pozitív kapcsolat van a fák kora és a *P. betae* gubacsszáma és életképessége között. A *P. betae* az idősebb fákon, sőt egy fán belül is az idősebb részekben gyakrabban fordult elő, és az ilyen gubacsokban élő tetvek fitnesze is magasabb volt, mint a fiatal fákon vagy fiatal részekben. Hasonló eredményekről számoltak be Holeski és mtsai (2009) is *P. betae* és *P. angustifolia* csemetekerti vizsgálatai alapján.

A *Chaitophorus leucomelas* nem tett különbséget a fiatalabb és idősebb fák között, mindkettőn előfordult, egyedszámukat az idősebb fák esetén inkább a közvetlen környezet határozta meg. Ezzel ellentétben a *Pterocomma populeum* határozott különbséget tett a fiatal és az idős fák között, a fiatalabb fákon egyáltalán nem fordult elő.

Az eredményekből kitűnt, hogy a monofág fajok a tápnövényükhöz kor szerint is nagyobb kötődést mutattak. Az ebben a fejezetben említett irodalmi hivatkozások is mind a monofág fajok kor szerinti kötődését említik.

Egyes fajok a fiatal jegenyenyárat, míg mások, az idősebbeket fogyasztják előszere-ttel. Van egy semleges csoport is, mely nem válogat kor szerint a fák között. Egy-egy faj hiánya, vagy alacsonyabb egyedszáma természetesen nem csak a fák korával hozható összefü-gésbe. Majdnem mindig több tényező egybeeséséről lehet szó. Ha csak a kor szerinti külön-b ségtétel okait vesszük, ezek között lehetnek általánosak és akár csak egy-egy fajra jellemzőek. Általános okként említhető, hogy a kolonizáció és a felszaporodás is időt vesz igénybe, példá-ul egy talajban telelő, évi többnemzedékes fajnál kevesebbet, míg a speciális telelőhelyet igénylő, egynemzedékes fajnak hosszabb időre van szüksége. Példaként említhetők a gubacs-tetű fajok vagy akár a levéltetvek is, hiszen terjedésük is korlátozottabb és a telelésük a kéreg-részekhez kötött, ami a fiatalabb fákon még más jellegű, mint az idősebb fákon. Előbbi cso-port megtelepedésénél további meghatározó tényező a másodlagos tápnövény jelenléte vagy hiánya is. Fontos szerepet kaphat az interspecifikus kompetíció is különösen az abundancia tekintetében, például a rágóknál és a vázasítóknál. Az idősebb és fiatalabb fák tápanyag össze-tétele, másodlagos anyagcseretermékeinek aránya olyan mértékben eltérhet, ami az egyes fa-jok táplálkozását jelentősen befolyásolhatja. Egyes fajok hiányában, az idősebb fákon egysze-rűen a mintaterületek bolygatottsága is szerepet játszhat.

6.3.2. A károsítások időbeni alakulása

A károsítások időbeni eltérése a két korosztály fái között elsősorban a fajösszetétel elté-résével függ össze.

Az idősebb fákon szinte minden helyen és minden felvételezés alkalmával a rágáskáro-sítások értéke alacsonyabb volt, mint a fiatalabb fákon. A rágáskárok időbeni alakulását te-kintve az idősebb fákon, csaknem minden vizsgálati helyen, az őszi maximumok meghaladták a tavasziakat, míg a fiatalabb fáknál a tavaszi értékek valamivel magasabbak voltak. A károsí-tások időbeni lefutása az idősebb fáknál kevésbé volt szabályos, és évről-évre nagyobb válto-zatosságot mutatott, mint a fiatalabb fáknál.

A vázasítások átlagos mértéke a vegetáció során, az idősebb *P. nigra* 'Italica' fákon egy-egy május végi esettől eltekintve, meghaladta a fiatalabb fák károsítási értékeit. Nagyobb eltérést a károsítás időbeni maximumának kialakulásában lehetett még megfigyelni, ami az idősebb fáknál május végén, júniusban, a fiatalabbaknál szeptemberben, októberben volt. A

rágó fajokhoz hasonlóan, az idősebb fáknál a vázasítások időbeni alakulása kevésbé volt szabályos és évről-évre nagyobb különbségek alakultak ki közöttük, mint a fiatalabb fáknál.

Az idősebb és fiatalabb fákon a különböző aknák megjelenésének ideje jelentősen nem tért el. Egyetlen kivételként a *Zeugophora* fajok említhetők, hiszen az idős jegenyenyárákon aknaképzésük csak a késő tavaszi időszakra korlátozódott, míg a fiatal fákon aknáikat két hullámban, késő tavasszal és nyár végén lehetett megfigyelni.

A két korcsoport fáin megjelenő sodró fajok jelentős eltérésének köszönhetően a sodratszerű károsítások időbeni eloszlása is teljesen eltért a fiatalabb és idősebb fákon. A fiatalabb fákon a károsítás fő időszaka május és június közepe között, míg az idősebb fáknál augusztus közepe és szeptember vége között volt. Az őszi fertőzési értékek az idősebb fákon a fiatal fákon megfigyelt károsítási értékektől nemigen tértek el, tehát az ebben az időszakban károsító lepke és levéldarázs fajok nem tettek kimutatható különbséget az idősebb és fiatalabb fák között.

A *Chaitophorus leucomelas* károsítási ideje hasonlóan alakult a két korosztály fáin, a legtöbb telepét késő ősszel lehet megtalálni.

6.3.3. A funkcionális csoportok korrelációja

Az idős fákon az egyes károsítók kapcsolata, a vizsgálat ideje alatt, csak ritkán és majdhogynem véletlenszerűen volt szignifikáns. A funkcionális csoportokra vonatkozóan szorosabb korreláció nem bontakozott ki, sőt a kapcsolatok negatív vagy pozitív volta is változó volt, mind éven belül, mind az évek között.

A fiatal *P. nigra* 'Italicák' esetében azonban a rágók és a vázasítók között negatív irányú volt a korreláció és az őszi időszakig szignifikáns is. A szignifikáns értékek kialakulása leginkább az év azon időszakához voltak köthetők, amikor mindkét károsító csoport közel állt a maximális károsítási értékéhez. A rágások és aknázások között negatív, míg a vázasítások és az aknázások között pozitív kapcsolat állt fent, jóval gyakoribb szignifikanciával, mint az idősebb fáknál, de a szignifikanciák teljesülésének ideje, a két éves vizsgálat során, nem volt időszakhoz köthető. A rágások és a sodratok között pozitív volt a korreláció és a sodratképzés fő időszakában következetesen szignifikáns is. A vázasítások és a sodratok között a kapcsolat negatív volt, de nem szignifikáns. DeWoody és mtsai (2012) *Populus trichocarpa* x *P. deltoides* évenként visszavágott (tulajdonképpen mesterségesen fiatalon tartott) hibridjeinek, csemetekerti vizsgálata során is több szignifikáns kapcsolatot észleltek a funkcionális csoportok között.

A herbivorok kapcsolatát tekintve a fiatalabb fákon érdekes kapcsolatot lehetett megfigyelni a *Ch. leucomelas* és a *Ph. suffusella* között. Ősszel, a *Ch. leucomelasszal* fertőzött levelek 71 %-án egyidejűleg a *Ph. suffusella* aknáit is meg lehetett találni. Ennek oka a *Ph. suffusella* aknáit által kiváltott levéltorzulásban, levélkanalásodásban, illetve esetleges tápanyagtartalom változásában keresendő. Az ilyen típusú levelek egyrészt öblösségük miatt, mind az abiotikus (páratartalom, szél), mind a biotikus (predátorok) hatásokkal szemben képesek némi védelmet nyújtani. Másrészt nem kizárható, hogy a növény a *Ph. suffusella* aknázásának már csekély szöveti sebzése mellett is beindítja a védekezési mechanizmusait. Ez a sérülések környezetében aktívabb anyagcserében nyilvánulhat meg, ami a levéltetvek számára vonzóbbá teheti ezeket a leveleket.

A fiatalabb fákat jellemző szorosabb korrelációs kapcsolatok kialakulásában mindenképpen szerepet kap, hogy ezen a korcsoporton egyes herbivorok egy-egy időszakban határozott dominanciát tudnak kialakítani. Az ilyen fajok imágója, és időben kissé eltolódva, lárvaalakjuk is ugyanitt károsít, esetenként, mint rágó és vázasító vagy rágó és rágó vagy vázasító és vázasító faj. Az ilyen dominancia viszonyok minél korábbi létrejöttében a fiatal fákon a herbivorokat vonzó növényi illatanyagoknak (Takabayashi és Dicke, 1996; Dicke és Baldwin, 2010) is döntő szerepe lehet. Waltz és Whitham (1997) úgy találta, hogy az idősebb nyárfákon fajgazdagabb közösségek alakulnak ki. A fajgazdagabb közösségek tovább növelik az interspecifikus kompetíciót, ami pedig úgy tűnik, kevésbé átlátható kapcsolatrendszerek kialakulásához vezet, változó irányú és szorosságú korrelációkkal.

6.4. A genotípus és az időtényező hatása a nyárok herbivor közösségeire, valamint a diverzitás és a károsítási szintek, illetve az egyedszámok kapcsolata

6.4.1. A vegetációs időszak hatása a különböző funkcionális csoportokra

Minden nyár klón és fajta esetén egyértelműen megmutatkozott, hogy a rágás és a vázasítás típusú károsítások mélypontja augusztusban van, ami összhangban áll a többnemzedékes, nyáron rágó és vázasító rovarfajok szaporodási ütemével. Rágások szempontjából eltérés a klónok között elsősorban a károsítás mértékét, illetve a károsítás maximumának időbeni alakulását tekintve adódott. A *P. trichocarpa* származások, a *P. nigra* 'Poli', a Ghoy klón és a Kórnik hibrid károsításuk maximumát az őszi folyamán, míg a *P. deltooides* származások, a *P.*

nigra származások zöme, a Robusta, a Koltay és a Pannónia fajta májusban érték el. Az utóbbi három interspecifikus hibridnél egyértelmű volt a szülőfajokkal mutatott hasonlóság. A Kórnik ilyen szempontból nagyobb hasonlóságot mutatott a *P. trichocarpa* szülőjével. Érdekes, hogy a földrajzilag két szélső helyzetből származó klón is az őszi csoportot erősítette. Ennek logikus magyarázata lehet, hogy ezeken a helyeken a vegetáció hosszabb, pontosabban a belga klón esetén inkább az őszi időszak időjárási viszonyai kiegyenlítettebbek, a levélhullás később következik be, így a herbivorok tovább táplálkozhatnak rajta. Ebből úgy tűnik, hogy a vegetációs időszak hosszának adaptációja semmiképpen sem megy végbe 2-3 év alatt, ha ilyen kisebb léptékű eltérésnél, ami még nem vezet a hajtások kései beérése által komolyabb fagykárokhöz, egyáltalán végbemegy. A *P. trichocarpa*knál az őszi, magasabb rágáskárosításuk, egyrészt a már említett két klónhoz hasonlóan kései lombhullásukkal, másrészt alacsonyabb rozsdafertőzésükkel függhet össze.

A vázasításoknál a legnagyobb károsítási szintek szeptemberben és október első felében adódtak, kivételt csak a Koltay és a Pannónia fajta képzett a május végi maximum értékeivel. Mivel 16 klónon a rágások értékei, valamint a sodratok száma is tavasszal volt a legmagasabb, feltételezhető, hogy a vázasítások maximuma, nagyrészt a komolyabb intraspecifikus kompetíció miatt csak ősszel alakulhatott ki.

A rágások és a vázasítások eltérésgörbéinek lefutása a *P. trichocarpa* csoportnál a vegetációs időszak első felében hasonlóan alakult. A másik három csoportnál az egész vegetációs időszakban és a *P. trichocarpa*knál a vegetációs időszak második felében a rágási és vázasítási görbék között 3-4 hetes eltolódás volt megfigyelhető. Ennek oka, hogy számos rágó károsító fiatal lárvaalakja vázasít. A levélbogaraknál a lárva és imágó megjelenése között pedig átlagosan 3-4 hét telik el. A *P. trichocarpa* klónoknál mind a rágók, mind a vázasítók tekintetében a tavaszi időszakban egy kényszertáplálkozási jelleg érvényesül. Ebben az időszakban a *P. trichocarpa* klónok károsítások szintje hasonlóan alakul. A vegetáció további részében, amikor már táplálékhiányról beszélhetünk, a *P. trichocarpa*knál között is nagyobb eltérések alakulnak ki, és a két károsítási típus között itt is kialakul a 3-4 hetes eltolódás.

A legtöbb aknát szeptemberben és október elején lehetett a mintafákon megfigyelni. A második legnépesebb időszak június első és július első dekádja között volt. A legkevesebb aknát a nyári hónapokban lehetett észlelni. Az aknák zömét okozó, többnemzedékes lepkéknél a tavaszi nemzedék egyedszáma számos esetben alacsonyabb, mint a nyárié, aminek oka elsősorban a téli mortalitásukban keresendő. A magasabb őszi értékek kialakulásában ugyanúgy, mint a vázasítóknál, szerepe lehet az interspecifikus kompetíció csökkenésének is.

A sodrat- és a gubacsképzés fő időszaka a tavasz volt. A *Ch. leucomelas* megjelenése érdekesen alakult, hiszen egyes klónokon csak ősszel, másokon csak tavasszal, de voltak olyanok is, melyeken mindkét évszakban kialakult a fertőzése. A tavaszi fertőzés hiányának, mivel ilyen fiatal fákról van szó, oka lehet a mindkét évszakban fertőzöttséget mutató fákhoz képest a megtelepedés késlekedése. Mindez összefüggésbe hozható azzal, hogy *P. nigra* „Italica” a *P. nigrák* között elsőként, míg a *P. nigra* 4 és *P. nigra* „Poli” utolsóként fakad. Lehet, hogy a levéltetvek és ezen nyár klónok fenológiájának kevésbé pontos összehangolódása a vizsgálat két évében az, ami a tavaszi megjelenésüket valamelyest korlátozta. A *P. nigra* „Poli” esetén ok lehet az is, hogy tavaszi levelei igen aprók, amik a levéltetvek számára talán nem eléggé vonzóak. Az őszi fertőzés hiánya esetleg az őszi telelő populáció későbbi megjelenésével, illetve azzal hozható összefüggésbe, hogy ezeken a klónokon a levéltetű populációk még nem stabilak.

6.4.2. Az évek és a genotípus hatása a különböző funkcionális csoportokra

A két és fél év 13 felvételezéseinek rágási és vázasítási adatait klónonként összevetve, az eredmények rámutattak, hogy mindkét faktor – az évjárat és maguk a mintafák – hatása is szignifikáns. Kölcsönhatásuk augusztus és október hónaptól eltekintve számszakilag szintén szignifikánsnak bizonyult. A vázasításoknál az eredmények nem annyira szabályosak, mint a rágó károsítóknál. Esetükben, az évekre vonatkozóan, az augusztusi hasonlóbb eredmények annak köszönhetőek, hogy a 2009-es év egy köztes jellegű év volt a másik két év eltérései között. Az októberben kapott, mind a rágóknál, mind a vázasítóknál megfigyelhető, klónokra vonatkozó, nem szignifikáns eltérés pedig a vegetációs időszak végére jellemző különbségek csökkenésének következménye lehet. Crustinger és mtsai (2006, 2008) a kanadai aranyvessző különböző genotípusainak és a rajtuk kialakuló herbivor közösségek a vizsgálata során, szintén arra az eredményre jutott, hogy a vegetációs időszak végén a herbivor közösségek szempontjából az eltérő genotípusok között csökken a különbség, vagyis a kapcsolatok fellazulnak. A rágók és a vázasítók érzékenyebb reagálása az évekre, álcáik – a levélbogaraknál álcáik és bábjaik – a környezeti tényezőknek, elsősorban az időjárási körülményeknek, de természetesen a predátoroknak, parazitoidoknak kitettebb helyeken történő fejlődésével is kapcsolatba hozható.

A vizsgálatok alatt az akna- és sodratszámok átlaga között szignifikáns különbség nem volt, míg a klónok határozott eltérést mutattak. A sodró fajoknál a csoportokat külön választva (*P. nigra*, *P. deltooides*, hibridek), az évek átlaga között szignifikáns különbség nem volt, míg

a klónok szignifikánsan eltértek. A *P. trichocarpák* sodratátlagait tekintve sem az évek, sem a klónok között nem volt szignifikáns eltérés, és ennek megfelelően összefüggés sem volt a tényezők között. Ez az eredmény arra mutat rá, hogy a csoportokon belül a *P. trichocarpa* klónok nagyon hasonlóak voltak a sodratképzés szempontjából, de ezt a hasonlóságot nem levelek méretének egyezése, mint inkább levélalakjuk hasonlósága adta. Azaz a levélfelület nagyságán túl, feltehetőleg a levelek hossz és keresztirányú méretei is meghatározóak a sodratképzés szempontjából. Biomechanikai vizsgálatok szerint a levélsodróknak sajátos „szabásmintája” van (Horváth, 2009). Erre vonatkozó részletesebb adatok a nyírfalevélsodrónál (*Deporaus betulae* L. 1758) állnak rendelkezésre (Rosskothén, 1945-48). A sodratot képzőknél és az aknázóknál, populációik stabilitását évről-évre védettebb helyen történő lárvafejlődésük is elősegíti.

A gubacs- és levéltetvek egyedszáma a két év tekintetében lassú növekedést mutatott azokon a klónokon, ahol egyáltalán előfordultak, ám ez semmiképpen nem nevezhető jelentős különbségnek a vizsgálati évek között. Ezek szerint a levéltetveknél egy frissen telepített, illetve 2-3 éves nyár ültetvényénél, az évek között nem kell jelentős eltérésekre számítani, mivel a betelepülésük és stabil populációik kialakulása több időt vesz igénybe. Hosszabb távon azonban, a populációk stabilizálódását követően a levélen szabadon szívgató fajok állományát az adott év időjárási viszonyok jelentősen befolyásolhatják. A rövid idő alatt lehulló, nagy mennyiségű csapadék fizikailag pusztítja el őket, hűvösebb időjárási körülmények között fejlődésük lelassul, a túl meleg, alacsony relatív páratartalmú körülmények is hátráltatják felszaporodásukat (Benedek és mtsai, 1974). A gubacstetvek az időjárási szélsőségeket gubacsaik védelmében élik meg, így populációik méretét az évjárási hatások kevésbé befolyásolják és ez a fák idősödésével sem változik. Kennedy (1951) és Forrest (1987) is felhívta a figyelmet a gubacsok kompenzációs képességeire. A genotípus, mint faktor, a gubacs- és levéltetvekre szignifikáns hatást gyakorolt, hiszen megjelenésük egy-egy klónon határozott eltéréseket mutatott.

Az évek hatása a különböző funkcionális csoportoknál hasonlóan alakult a fiatalabb és az idősebb fáknál. Ez megerősíti az évekre vonatkozó eredmények következetes voltát és a védettebb és kevésbé védett fejlődési alakokra vonatkozó megállapításokat, továbbá felveti a rovarasszociációk egyes elemeinek örökölhetőségét.

6.5. Az aknázók, a gubacsképzők, a sodrók és a levéltetvek együttes diverzitása és a károsítási szintek, illetve az egyedszámok kapcsolata

A legnagyobb rágásból származó károsítási értékhez a legkisebb diverzitási értékek (S 9-2, *P. deltoides*, Robusta) társultak. A legnagyobb vázasítási értékekhez is alacsonyabb diverzitási értékek kapcsolódtak (Muhle, a *P. trichocarpa*, *P. nigra* 'Poli'). A legkisebb rágási (magyar és olasz klónok) értékek a hazai fajoknál nagyobb, az idegen származásoknál közepes diverzitási indexekkel párosultak. Ezek az eredmények a rágók és vázasítók között kialakuló komoly intraspecifikus versenyt is visszatükrözik, különösen a legkisebb diverzitási értékekhez kapcsolódóan.

Az aknázók inkább egy köztes helyzetet töltöttek be, nagyobb egyed- és fajszámuk a közepesnél nagyobb diverzitású klónokon alakult ki, míg az alacsonyabb diverzitású klónokon kisebb fajszám mellett kevesebb aknát képeztek. A magasabb és az alacsonyabb sodratszámok is inkább a közepesnél kisebb diverzitású klónokon alakultak ki, míg a közepesnél nagyobb diverzitású klónok a sodratszámok szempontjából inkább az átlagosakhoz tartoztak. A *Pemphigusok* és a *T. affinis* a magasabb diverzitású klónokon voltak inkább megfigyelhető, míg a *Ch. leucomelas* a közepes diverzitású klónokon fordult elő.

Az eredmények alapján az körvonalazódik, hogy a fiatalabb nyárfákon a károsítások összetételét elsősorban a rágók és a vázasítók viszonya, illetve az olyan sodrók aránya határozza meg, akik a teljes levelet felhasználják (*Byctiscus* fajok). A többi funkcionális csoport ebben az intraspecifikus versenyben inkább csak a térben és időben adódott réseket töltik ki. Az interspecifikus kompetíció jelentőségére a fitofág rovarok tekintetében több szerző is felhívta a figyelmet, ugyan vizsgálataikat többnyire lágyszárú növényeken végezték (Karbon, 1986; Denno és mtsai, 1995; González-Megías és Gómez, 2003).

6.6. A tápnövény genetikai hátterének hatása a kialakuló ízeltlábú közösségekre

6.6.1. A tápnövény genetikai hátterének hatása a különböző funkcionális csoportokra

A különböző klónok rágáskárosításainak Kruskal-Wallis próbával történt összehasonlítása során a fajcsoportok jól elváltak egymástól. Leginkább a *P. nigrák* különültek el a másik három csoporttól. Ehhez társult még a májusi és az októberi időszakban, a rágáskárosítások

időben eltérő maximalizálása miatt a *P. deltoidesek* és *P. trichocarpák* közötti szignifikáns eltérés is.

Az eltérésgörbék lefutása is mind a rágóknál, mind a vázasítóknál fajokra jellemzően és évenként ismétlődően alakult. A rágóknál a *P. trichocarpa* és a *P. nigra* csoport eltérésgörbéi mind mértéküket, mind időbeni lefutásukat tekintve eltérnek a *P. deltoides* és a hibridek csoportjától.

A rágások mennyiségi és időbeni alakulása alapján kialakított clusterekben a klónok fajszerint elváltak egymástól. A *P. nigrák* csoportba sorolása pedig a rokonsági viszonyok és a származások ötvözetének egyfajta visszatükröződése volt.

A vázasítások mennyiségi és időbeli alakulásának összehasonlítása, valamint az eltérésgörbék lefutása alapján a négy fajcsoport jól elvált egymástól, különösen igaz volt ez a *P. nigrákra*.

A vázasításoknál a clusterbe sorolás a fajokat az egymást követő években nem olyan következetesen választotta el egymástól, mint a rágók esetén. A *P. nigrák* csoportba sorolásánál a rokonsági és a származási kapcsolat is kisebb jelentőségűnek bizonyult. A Kórnik és a Robusta fajta évenként újabb és újabb csoportba kerülése rámutat arra, hogy a hibrideknél számítani lehet arra, hogy egyes években inkább a szülőkhöz, míg más években inkább a rokon hibridekhez hasonló tulajdonságaik érvényesülnek. A vázasítóknál ezen eredmények kialakulásában egyrészt szerepet játszik a rágók és közöttük fennálló komolyabb interspecifikus kompetíció, másrészt úgy tűnik, hogy a rágásokra és a vázasításokra való hajlamot több gén befolyásolja, melyek között vannak olyanok, amik mindkét tulajdonságra hatnak, és vannak olyanok, amik csak az egyikre, vagy csak a másira.

A klónokon kialakult aknák számát összehasonlítva a négy nyár fajcsoport határozottan elvált egymástól, de a csoportokon belül alig lehetett eltéréseket tapasztalni. A fajok közötti eltérések kiváltásának legfőbb oka az volt, hogy számos aknázó faj elő sem fordult egy-egy fajon, így a *F. hortulana*, *Ph. saligna* és a *Ph. xenia* a *P. trichocarpa* és *P. deltoides*, a *Tachyerges* és a *Zeugophora* fajok a *P. deltoides* klónokon. Hasonló fajok közötti különbségtételre az irodalom is utal (Roques, 1998, in: Ellis, 2011). Az *Aulagromyza* fajok csak a *P. nigrák*on képeztek aknákat. A legváltozatosabb és legnagyobb egyedszámú aknázó közösség a *P. nigra* származásokon alakult ki. Itt a klónokat és az egyes aknázó fajokat tekintve szorosabb kötődések és mentességek is körvonalazódtak. Így az olasz klónokon a *Phyllocnistis* fajok gyakoribbak, míg a *Zeugophora* és a *Tachyerges* fajok észlelési szintű előfordulása, illetve az *Aulagromyza* fajoktól való mentességük volt igazolható.

A *P. trichocarpa* és a *P. deltooides* származási csoportok által alkotott clusterok a csoportok számának növelésével sem bomlanak fel, ezért az aknázások szempontjából egységes csoportoknak tekinthetők. Ez genetikai szempontból is elfogadható, hiszen az elvégzett rokonsági vizsgálatok szerint is elsősorban egymással, másodsorban a *P. nigrákkal* mutattak kapcsolatot. A *P. nigra* és a hibridek csoportja már alacsonyabb cluster számnál is különböző csoportokba kerültek. *P. nigra* klónok alapvetően egy olasz származású és egy északabbi származású csoportra váltak szét. Magasabb cluster számnál az olasz csoport tovább bomlott, egy legdélebbi származású, alacsonyabb fertőzöttségi értékekkel jellemezhető és egy közép-olaszországi magasabb fertőzöttségi értékekkel bíró csoportra.

A sodratoknál az elvégzett varianciaanalízis csak egy-egy klón eltérését tárta fel az összes többivel szemben. A sodratok számát tekintve a fajcsoportok nem váltak el egymástól. A csoportokon belül határozott elkülönülést csak a hibrideknél lehetett tapasztalni, a *P. nigrák* között fennálló különbségek kevésbé voltak határozottak és inkább csak a két *Byctiscus* faj együttes sodratképzésére vonatkoztak.

A sodratok alapján képzett clusterokban mind a négy fajcsoport felbomlott. Az így kialakult csoportok, magasabb clusterszám mellett is stabilnak bizonyultak. A sodrók esetén a klónok clusterok szerinti megoszlása és rokonsági viszonyaik alig mutattak kapcsolatot.

A gubacsképzőknél a klónok két részre váltak szét: azokra melyeket a gubacstetvek fertőzték (*P. nigrák* és hibridek) és azokra melyeket nem (*P. trichocarpák* és *P. deltooidesek*). A *Th. affinis* gubacsképzése a különböző klónokon szoros rokonsági kapcsolatot mutatott. A *Pemphigus* fajok gubacsképzése szintén meghatározott genetikai háttérrel volt jellemezhető, hiszen a közeli rokonságot mutató PW5 és *P. nigra* 1-es klónon ugyanazon fajok, míg a genetikailag távolabb álló, de egymással megint csak közelebbi rokonságot mutató klónokon (PW5-ös és *P. nigra* 'Italica') csaknem ugyanazon fajok telepedtek meg. A *P. lysimachiae* által fertőzött klónok álltak egymástól genetikailag a legtávolabb, de távolságuk még így is a szorosabb kapcsolatokon belül marad.

A levéltetű fertőzés szempontjából a klónok a gubacstetvekhez hasonlóan ugyanarra a két csoportra váltak szét. Levéltetű fertőzést minden *P. nigra* klónon meg lehetett figyelni. Érdekes volt, hogy a csak tavasszal fertőzött klónok egymáshoz, és a csak ősszel fertőzött klónok szintén egymáshoz mutattak genetikailag szorosabb kötődést.

Vizsgálataimban a gubacs és a levéltetvek megjelenése komoly genetikai függést mutatott a tápnövényektől, hiszen akár klón szinten is különbséget tettek közöttük. A rágók és az aknázók kötődése is jelentős volt tápnövényeikhez, de inkább csak faj szinten érvényesült. A vázásítóknál ez a kapcsolat kicsit gyengébbnek bizonyult, de azért faj szinten még jól követ-

hető volt. A sodróknál (*Byctiscus* spp.) a rokonsági kapcsolatok megléte elenyésző volt a fertőzés szempontjából. Az eredmények rámutatnak arra, hogy a közelebbi rokonságot mutató tápnövényekhez hasonlóbb ízeltlábú közösség kapcsolódnak. Ugyanerre a következtetésekre jutottak Bangert és mtsai (2006a), valamint Fritz és Price (1988) két fűz klón gubacsdarázs közösségeit vizsgálva.

6.6.2. Adott genotípushoz köthető ízeltlábú fajok

Egyértelmű kötődést a különböző klónok és a rágáskárt okozó rovarok rendszertani hovatartozását tekintve egyetlen esetben lehetett megállapítani. A levéldarazsak előfordulása nagy biztonsággal a *P. nigra* származásokhoz, illetve a Muhle klónhoz volt köthető, és ez a kapcsolat a teljes vegetációs időszakban fennállt. Határozottan, egyetlen genotípushoz köthető rágó károsítót a vizsgálat ideje alatt nem lehetett megfigyelni.

Hasonlóan alakult a helyzet a vázasító rovaroknál is mind rendszertani szempontból, mind a genotípust illetően. A klóncsoportokat tekintve, a nyárfa-apróbagoly károsítását csak a *P. nigra* klónok és a hibridek egy szűkebb körén, míg a nyár bagolylepke, a fehérhátú tükrösmoly és az ezüstsávós sodrómoly károsítását csak a *P. nigra* klónokon lehetett megfigyelni. Csak egyetlen klónhoz köthető vázasító fajt a vizsgálat ideje alatt nem lehetett megfigyelni.

Táplálkozás szempontjából a monofág rágó és vázasító bogár- és lepkefajok a tavaszi-kora nyári időszakban szorosabb kötődést mutattak tápnövényeikhez, míg a vegetáció előrehaladtával preferenciájuk valamelyest megváltozott, és tápnövény körük is szélesedett. Különbségként említhető a két csoport között, hogy a monofág lepkefajok szűkebb tápnövény körrel rendelkeztek, és ehhez szorosabban is kötődtek, mint a monofág bogarak. A polifág és az oligofág lepkefajok a vegetáció első felében szintén valamivel határozottabban kapcsolódtak egy-egy tápnövényhez, mint a vegetáció későbbi időszakában, míg a polifág és oligofág bogarak semmiféle kötődést nem mutattak. A bogár és lepkefajok táplálkozásának ilyen irányú eltérése összefügghet a károsító alakok (lárva és/vagy imágó), illetve az anyagcserében közreműködő endoszimbionták különbözőségével. Az őszi tápnövény kör szélesedés (pl. *Nycteola asiatica*) és egyes rovarfajoknál a tápnövény preferencia változása (pl. *Ph. vitellinae*–*P. trichocarpa*) a levelek öregedésével párhuzamosan, a másodlagos anyagcsere-termékek megváltozásával, a rovarok éves életciklusával (tojásrakás vagy telelés előtti állapot), illetve az azonos guildet használók között a táplálékért folytatott verseny éleződésével hozható összefüggésbe. Megfigyeléseim szerint, a tojásrakás idején és az azt megelőző idő-

szakban a nagy nyárlevelész táplálék preferenciája más, igényesebb, mint a teletést megelőző időszakban. Hasonló táplálék preferencia változásról Urban (2012) is beszámol a *B. populi* kapcsán.

A különböző klóncsoportok és az aknát készítő rovarok rendszertani hovatartozását tekintve állandó jellegű kapcsolatokat is meg lehetett figyelni. A *P. deltoides* származásokon csak lepkék, a *P. trichocarpákon* lepkék és bogarak, míg a hibrideken lepkék, bogarak és levéldarazsak által okozott aknák fordultak elő. Azonban egyetlen genotípushoz köthető aknázó faj a vizsgálat ideje alatt ebben a csoportban sem volt.

A gubacstetveknél és a levéltetveknél szintén voltak rendszertanilag is értelmezhető kapcsolatok (lásd 6.5.1.). Genotípushoz köthető fajt, egyet találtam ezekben a csoportokban: a *Chaitophorus populeti* csak a V 24-es klónon fordult elő. Hasonlóan szoros tápnövény– károsító kapcsolatot McIntyre és Whitham (2003) *Aceria parapopuli* és F₁ hibrid nyárak esetén figyelt meg.

6.7. A fenotípusosan érvényesülő tulajdonságok (fakadás, levélméret) hatása a herbivor közösségekre

A rangkorreláció vizsgálatok szerint mind a rágások, mind a vázasítások mértéke pozitív korrelációt mutatott a fakadási idővel, vagyis a korábban fakadókon nagyobb rágási és vázasítási károsítások alakultak ki. Ez a rágásokra vonatkozóan mindkét évben szignifikáns volt, míg a vázasításoknál egyik évben szignifikánsnak bizonyult a másikban nem. A vázasításoknál az évenként változó eredmény összefügghet a vázasítók és a rágók között kialakuló táplálékért folytatott versennyel. Több fafajnál is megfigyelték már, hogy a korábban fakadó változataik, klónjaik egy-egy károsítónak jobban kitettek. Azonban ez a veszélyeztetettség nagyban függ, attól, hogy a rovar és tápnövényének fenológiája – az adott év téli és tavaszi időjárás viszonyaitól befolyásolva – mennyire fedí át egymást. Például Chen és mtsai (2003) *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* korábban fakadó változatain jelentősebb *Choristoneura occidentalis* (Freeman 1967) fertőzést és károsítást tapasztaltak, mint a később fakadó változatokon. Fox és mtsai (1997) *Quercus laevis* korán fakadó változatain figyelt meg nagyobb *Brachys tessellatus* (Fabricius 1801) fertőzöttséget. Satchell (1962) szintén korábban fakadó *Quercus roburon* tapasztalt jelentősebb *Tortix viridana* (L. 1758) fertőzést.

A nyáraknál a vegetáció elején az első károsítóknál mindenképpen megfigyelhető egy kényszertáplálkozási jelleg, – ami ebben az esetben a *P. trichocarpákat* sújtja – addig, amíg a

számukra „finomabb” klón ki nem fakad. A kényszertáplálkozás tényét igazolja az is, hogy ez a korai táplálkozási szokás a vegetáció további időszakában egyáltalán nem tér vissza és a többi klón fakadásával párhuzamosan szinte azonnal eltűnik. Tavasszal a korábban kihajtó *P. trichocarpa* klónokon a károsítások szintje hasonlóan magas volt, azonban a vegetáció további részében, amikor már táplálékbőségről beszélhetünk, köztük is következetesen nagyobb eltérések alakultak ki. Azokon az élőhelyeken, ahol évtizedek óta több nyár faj klónjait termesztik, az ebben az időszakban legnagyobb kárt okozó *Ch. populi* populációja már ehhez alkalmazkodhatott. Így lehetnek elsősorban *P. trichocarpákat*, *P. deltoideákat*, *P. nigrákat* károsító csoportjai, melyek fejlődési üteme és táplálkozási tulajdonságai némileg eltérnek. Ilyen nemzetségszinten elválló alkalmazkodásról Tuba (2008) is beszámol a cseresznyelégycsapásán, meggyénél és cseresznyénél. A legvalószínűbb, hogy a fent említett két ok együttesen idézi elő a fakadások a nyár fajcsoportok között a számadatokban is megjelenő különbségeket.

Az aknázók egy-egy klónon történő megjelenése a fakadásukkal nem mutatott kapcsolatot. A fakadások és a sodratok száma között sem volt szoros a korreláció, de a kapcsolat iránya következetesen negatív volt, tehát a túl késői fakadás a sodratképzési hajlandóságot csökkentheti. Ennek azért mindenképpen oka lehet, hogy a sodratkészítés megkezdése előtt a *Byctiscus* fajoknak táplálkozniuk kell. Sodrataikat pedig a táplálkozás helyén vagy annak közelében készítik el.

A *Pemphigus* fajok gubacsképzése a *P. nigrák* fakadásával jól szinkronizált. Hasonló megállapításra jutott Whitham (1980) a *Populus angustifolia* és a *P. betae* kapcsolatát illetően. A *Ch. leucomelas* a fakadási idők tekintetében minden bizonnyal hasonló szinkronizáltsággal rendelkezik, mint a gubacstetvek. Két év eredményeit tekintve esetleg a legkésőbb fakadó fekete nyáraknál fordulhat elő, némi időbeni eltolódás a tavaszi időjárásától függően, ami a levéltetű telepek meglétét, illetve egyedszámát némileg módosíthatja ezeken a klónokon.

A két év vizsgálati eredményei arra utaltak, hogy azok a fajok, melyek a nyárakon telelnek, illetve a monofág fajok fejlődése különösen a fakadás idején, de a vegetáció további időszakában is jobban szinkronizált a nyárak fenológiájával, mint azoké, melyek telelőhelye fizikailag elválnak a nyáraktól különösen, ha azok polifág fajok.

A levélméretek és a rágások mértéke között a korreláció pozitív, valamint 2009 és 2011 októberének kivételével szignifikáns is volt, tehát a nagyobb levelű klónokon következetesen nagyobb rágáskárok alakultak ki. Brown és mtsai (1991) is foglalkoztak a levélméretek és a

herbivorok kapcsolatával és arra a következtetésre jutottak, hogy a kisebb levelek fogyasztása a táplálkozás hatékonyságát csökkenhet.

A levélméretek és a vázasítások mértéke és az aknák száma között a korreláció a rágásokkal ellentétben negatívnak bizonyult, tehát kisebb levélméretekhez nagyobb károsítási értékek kapcsolódtak. A szignifikáns értékek a vázasítók fő károsítási idejéhez voltak köthetők (június, augusztus-szeptember), míg az aknázók esetén a kapcsolat nem volt szignifikáns. Ez azzal hozható összefüggésbe, hogy a fiatalabb nyárfákon a vázasítók nagy többsége olyan fejlődési alak, ami nem egyezik meg a telelő formával, így korábban abbahagyják a táplálkozást, hogy még időben felvegyék telelő alakjukat. A rágások és a vázasítások viszonyát a levélmérettel kapcsolatban, nem csupán a levél tényleges mérete határozza meg, hanem a két csoport versenyhelyzete is. Valószínűleg a rágók valóban a nagyobb leveleket részesítik előnyben, míg a vázasítók inkább csak az azonos guildért folytatott verseny során szorulnak a kisebb levelekre.

A tavaszi levélméreteket és a sodratok számát csoportonként összehasonlítva az eredmények azt mutatják, hogy a sodratkészítésnek van egy ideális levélmérete, és ez előtt és ezen túl csökken a sodratok száma. A *P. nigra* és *P. deltoides* csoportnál a korreláció pozitív és a *B. betulae* sodrataitól eltekintve szignifikáns. Ezzel szemben a nagyobb levélméretű hibrideknél és a *P. trichocarpáknál* a kapcsolat negatív irányú. A nyárok azon tulajdonságait, amelyek alkalmassá teszik a sodratképzésre, mindenképpen egy többgénés rendszer befolyásolja, aminek egyik morfológiailag is megfogható bélyege a levélméret. Emellett nem csupán a levél mérete, hanem alakja is meghatározó lehet, amire *P. trichocarpák* eredményei utalnak (a nagyobb levelű *P. trichocarpák*, arányaikban keskenyebb levelűek). Példának okáért a sodratok előfordulásának csökkenése várható, ha keresztezési partnerként kisebb levelű *P. nigra* klónt választunk, elsősorban az olasz származásokat, a PW 5 vagy a *P. nigra* 'Italica' klónt. A sodratok számának emelkedése a vizsgált *P. deltoides* klónok, illetve a kisebb levelű *P. trichocarpa* klónok keresztezési partnerként történő alkalmazása esetén valószínűsíthető. A *B. betulae* mint polifág faj a levélméreteket tekintve is kevésbé válogatott a klónok között, mint az oligofág *B. populi*.

Mind a gubacstetvek, mind a levéltetvek károsítás szempontjából a nagyobb levelű *P. nigra* klónokat részesítették előnyben. Azoknak a klónoknak, melyeknek nagyobbak a levelei, általában kevesebb levele is van. Riihimaki és mtsai (2006) szerint kevesebb levél kevésbé jó rejtőzködési lehetőséget biztosít a predátoroknak, ami pedig a hosszan egy helyben fejlődő gubacstetvekre nézve kedvező.

6.8. A tápnövény származásának hatása a kapcsolódó ízeltlábú közösségre

A *P. nigra* származásokat tekintve elsősorban az olasz klónok, másodsorban az északi származások, ezek között is leginkább a távolabbi származású Ghoy különült el a többi *P. nigra* klóntól. Nagyobb különbségek a származások között a rágásokat, a sodratokat és a gu-bacstetveket illetően alakultak ki. Többnyire az olasz klónokra vonatkozó elkülönülés volt megfigyelhető a vázasításoknál és az aknázóknál, míg a levéltetvek származás szerint gyakorlatilag nem tettek különbséget a klónok között. Az olasz klónok diverzitási indexeik alapján is elváltak a többi *P. nigra* klóntól.

A *P. trichocarpák* elkülönülése elsősorban a Nagy-Britanniában és a kontinensen fenntartott klónok tekintetében alakult ki.

Barbour és mtsai (2009) is hasonló elkülönülést tapasztalt az ízeltlábúakra vonatkozóan *Eucalyptus globulus* különböző helyekről származó egyedeinél.

A rágáskárok időben lefutását és a rágások mértékét tekintve is a legdélebbi származású *P. nigra* 'Poli' és a legnyugatibb, illetve a legészakibb származású Ghoy klón különült el leginkább a többi *P. nigrától*. Ez a két klón a mikroszatellitek alapján készített genetikai távolságok szerint is a leginkább eltérő *P. nigra* klónok voltak, és más klónokkal sem mutattak szorosabb kapcsolatot. Tehát a genetikai hatást és a származás hatását nem lehet teljesen elválasztani. Ha a csoportokat tekintjük a rágások szempontjából, újból csak az olasz klónok különülnek el a többitől.

A *P. nigrák* származási csoportjait a vázasítások alapján összehasonlítva a különböző származások szignifikáns eltérései időszakhoz voltak köthetők. Tavasszal, nyár elején inkább a magyar klónok, nyár végén, ősszel inkább az olasz klónok tértek el jelentősebben a csoport többi tagjától. Ennek oka a magyar klónoknál a vegetációs időszak elején az olasz és az északabbi származású klónokhoz viszonyított erőteljesebb növekedésében, az olasz klónok esetén pedig elnyújtottabb vegetációs idejükben keresendő.

A *P. nigra* klónok különbözőségét az aknák szempontjából elsősorban a délebbi származású olasz klónok mind fajszám, mind egyedszám szerinti, valamint az északabbi származású Ghoy és PW5 klón egyedszámában mutatkozó eltérése váltotta ki a többi fekete nyár klónnal szemben. A *Ph. suffusella* és a *F. hortulana* aknaszámait tekintve az olasz klónok, mind a magyar, mind az északi klónoktól eltértek. A *Tachyerges* fajok elsősorban az olasz és északi származások között tettek különbséget. A *Zeugophora* fajok, a *Ph. populi* és a *S. trimaculella* a *P. nigra* klónok között származás szerint nem tettek különbséget.

A sodratok alapján az olasz klónok ismét teljesen elkülönültek mentességükkel a többi *P. nigra* származástól. A *Byctiscus* fajok sodratait tekintve az olasz klónok teljesen egységesen viselkedtek, annak ellenére, hogy a *P. nigra* ♀ tavaszi levélmérete nem indokolta a sodratképzés hiányát. Az északabbi származású klónok – a Ghoy, a *P. nigra* 4 és részben a PW5 is – mindkét évben elkülönültek a többi *P. nigra* klóntól, és sodratképzés szempontjából leginkább egymásra hasonlítottak.

A gubacstetveket tekintve három olasz klón teljesen mentesnek bizonyult a fertőzéstől, míg a PG 51 clone 4-en több *Th. affinis* gubacs is kialakult. Érdekes, hogy ez a gubacstetű ezen a klónon kívül csak a hibrideket fertőzte. A két északabbi származású klón, különösen a PW5, de a Ghoy klón is majdhogynem különlegesnek számított, hiszen két-két *Pemphigus* fajjal és a PW5 *P. lysimachiae* gubacsával is fertőzött volt. A magyar klónok ilyen szempontból átmeneti jellegűek voltak, hiszen egy-egy gubacsfaj a *P. nigra* 8 kivételével mindegyiken előfordult. A gubacsképző tetveknél a vizsgálati idő rövidege miatt csak sejthető, hogy a magyarországi nyárákon előforduló gubacstetvek könnyebben alkalmazkodnak az északabbi származású fekete nyárákhoz, mint a déli típusokhoz.

A *Ch. leucomelas* a földrajzi származás tekintetében nem tett értékelhető különbséget a *P. nigra* klónok között.

A rágásokat és a vázasításokat tekintve a *P. trichocarpáknál* a csoporton belüli eltérések kialakulását elsősorban a *P. trichocarpa* és a másik két (elsősorban a Muhle, másodsorban a V24), a kontinensről származó klón rágáskárosításainak eltérése okozta. Az aknázásoknál származás szerint a *P. trichocarpák* között gyakorlatilag nem alakult ki különbség. A sodratokat tekintve eltérés elsősorban a *P. trichocarpa* és a Muhle klón között volt.

A *P. nigrák* és a *P. trichocarpák* származási kapcsolatait és a különböző funkcionális csoportok károsítási értékeit, illetve egyedszámait összevetve, úgy tűnik, hogy kezdetben (esetünkben 2 év) az idegen származású klónok herbivor kapcsolatai a földrajzilag közebbi populációból származó klónokéra hasonlít.

6.9. A helyi ízeltlábú közösségek és a távolabbi populációból származó tápnövények adaptációja

A rágások tekintetében a *P. nigra* 4, határozottan elvált a *P. nigra* 1-től és a *P. nigra* 8-tól, míg nagyobb hasonlóságot a *P. nigra* 5-tel mutatott. Az összes *P. nigrát* tekintve leginkább az olasz klónoktól különbözött.

A magyar *P. nigra* klónok a vázasítások szempontjából homogénebbek voltak. A *P. nigra* 4 elsősorban a *P. nigra* 1-től, másodsorban a *P. nigra* 8-tól tért el, de inkább csak a vegetációs időszak első felében. A *P. nigrák* között a *P. nigra* 4 a legnagyobb eltérést az olasz klónokkal szemben adta, különösen a legdélibb származású *P. nigra* 'Polira' vonatkoztatva.

Az aknázókat tekintve a *P. nigra* 4-et a magyar klónokkal összevetve csak a *P. nigra* 1-től és vele szemben is inkább csak a lepkék (*Ph. suffusella*, *Phyllonorycter populifoliella*, *S. trimaculella*) tekintetében tért el. A délebbi és az északabbi származásoktól nem tért el.

A *P. nigra* 4 leginkább a sodratok alapján vált el a többi *P. nigrától*. Nagyobb eltérés a *P. nigra* 4 és az olasz klónok, illetve a magyar *P. nigra* 1-es és 8-as klón között alakult ki. Hasonlóságot a szintén északabbi származású Ghoy klónnal mutatott.

A *P. nigra* 4-et a *P. lysimachiae* fertőzöttsége a *P. nigra* 5-höz teszi hasonlatossá, míg a másik két magyar klóntól ez elválasztja.

A *Ch. leucomelas* esetén az adaptációs folyamat gyorsnak bizonyult, hiszen minden *P. nigra* klónon kisebb-nagyobb fertőzöttségi értékkel megtalálható volt.

A funkcionális csoportok rovarközösségeinek adaptációs ütemét tekintve egy északabbi származású klónon, megállapítható, hogy a levéltetvek és az aknázók (bogarak, levéldarazsak, legyek) viszonylag gyorsabban alkalmazkodtak az eltérő származású klónhoz, míg a gubacs-tetvek, az aknázó lepkék és a vázasítók tekintetében ez a folyamat lassabbnak bizonyult. Azoknál a károsítási formáknál, ahol a fenotípusosan is megjelenő tulajdonság a levélméret, kapcsolatot mutatott a károsítások értékével, vagyis a rágásoknál és a sodratképzésnél az elkülönülés viszonylag hosszan fennmaradt.

7. Javaslatok

A nemesítés tekintetében, valamint a klímaváltozás szempontjából is érdekes a rovar közösségek és idegen származású tápnövényeik kölcsönös alkalmazkodási folyamatának minél részletesebb megismerése. Erre vonatkozóan célszerű különböző származásokat hosszútávon, csemetekerti körülmények között összehasonlítani.

A feltorlódási jelenség ellenőrzése és pontosabb leírása számos információval szolgálhat a mezővédő erdősávok kialakítása és egészségügyi állapotának javítása szempontjából.

A nyárfánál a vegetáció utolsó negyedében a tápnövény genetikai befolyása csökken a rovarasszociációkra nézve. Lényeges lenne az ezen jelenség kialakulásában szerepet játszó tényezők felderítése, illetve annak vizsgálata, hogy ez a jelenség köthető-e egy meghatározott fenológiai állapothoz. Különösen az alapító fajokra vonatkozóan, de a többi fás növény szempontjából is fontos, hogy a genetikai befolyás csökkenése általános jelenség-e a mérsékelt övi fákban, vagy csupán egy adott fajt jellemző tulajdonság.

Az idősebb nyárfák koronájának magasabb részein kialakuló rovarasszociációk vizsgálata hasznos információkkal szolgálhat a rovarok élőhelyének vertikális tagozódására vonatkozóan.

A nyárfák rovarasszociációinak kialakulásában fontos szerephez jutó gubacstetvek megjelenésének sorrendje segíthet megérteni a közösségi szintű folyamatokat.

A *Chrysomela populi* illatanyagának hatása a predátorokra és a parazitoidokra nézve széles körben kutatott, de az interspecifikus versenyben betöltött szerepe kevésbé vizsgált, holt erdő- és növényvédelmi vonatkozásai nem mellőzhetőek.

8. Összefoglalás

Dolgozatomban azonos biogeográfiai körzetben élő, azonos genotípusú *Populus nigra* 'Italica' fák, valamint egyazon helyen nevelkedő *Populus* fajok, klónok és hibridek ízeltlábú közösségeinek jellemzőit vizsgáltam. Részleteiben sor került a közösségek ismertetésére, vegetációs időszak alatti és évek közötti változásának jellemzésére, a funkcionális csoportok kapcsolatainak bemutatására és a különböző élőhelyeken, valamint a különböző klónokon kialakult diverzitások ismertetésére. A vizsgálatba vont fajok, klónok és hibridek között idegen származásúak is voltak, így ezek új környezetben kialakuló ízeltlábú közösségeinek, adaptációs képességeiknek vizsgálatára is mód nyílt. Elvégeztem rovarantani szempontból az azonos genotípusba tartozó különböző korcsoportú *P. nigra* 'Italica' fák összehasonlítását is.

Jelen vizsgálatok segítséget nyújthatnak annak megértésében, hogy a növény genotípusa, a fenotípusos tulajdonságokon keresztül érvényesülve, kölcsönhatásban a környezettel, hogyan befolyásolja a herbivor közösségek kialakulását, stabilizálódását, fejlődését.

A *Populus nigra* 'Italica', mint azonos genotípusú fák vizsgálatára természetes élőhelyükön (sorfák, közterületi fák) került sor, 2009-ben és 2010-ben. Ezen fák 30 évesnél idősebbek voltak, ami feltételezi, hogy az adott környezet biotikus és abiotikus feltételeihez már alkalmazkodtak. A *Populus* fajok, klónok és hibridek vizsgálata csemetekerti körülmények között történt a Bajti csemetekertben. Itt fiatal, dugványokról nevelt fákat vizsgáltam 2009 és 2011 között. A két kísérletrészben a felvételezés módszere hasonló volt, csupán a mintázott levelek száma, valamint a mintavételek sűrűsége tért el, a fák és közvetlen környezetük jellege miatt. Az ízeltlábúakat hat funkcionális csoportba osztottam és károsításuk mértékét (rágó, vázasító) vagy egyedszámukat (aknázó, sodró, gubacsképző, phloemszívó) jegyeztem fel.

Az idősebb *P. nigra* 'Italica' fákat a 11 vizsgálati helyen összehasonlítva a rágások és a vázasítások eltérése minden egyes felvételezés alkalmával szignifikánsnak bizonyult. Hasonló eredményeket kaptam a helyek vonatkozásában a gubacsképző *A. populira* és a két levéltetű fajra vonatkozóan is. A helyek között az aknázók, a sodratképzők és a *Pemphigus* fajok egyedszámát tekintve, szignifikáns különbség nem alakult ki, vagyis populációik szélesebb körben is stabilnak bizonyultak.

Ezen eredmények kialakulásában, a funkcionális csoportoktól függően, számos tényező különböző arányban játszott szerepet. Ilyen tényezők voltak a mono-, az oligo- és a polifág fajok

aránya a funkcionális csoportokban, az aknázók, sodrók és a gubacsképzők védettebb helyen történő fejlődése, az interspecifikus verseny, egyes fajok kisebb terjedőképessége, az élőhely bolygatottsága és növényfajokra vonatkozó diverzitása stb.

A rágók, a vázasítók, a sodrók, az aknázók, a gubacsatka és a levéltetvek is károsításuk, illetve egyedszámuk maximumát a május, június és szeptember, október folyamán érték el, hogy melyik időszak értékei voltak magasabbak, az csoportonként változott. A gubacstetvek fő károsítási időszaka a tavasz és a kora nyár volt. A jegenyenyáron a tavaszi, kora nyári időszak ízeltlábú közösségi, részben az interspecifikus versenyen keresztül befolyásolják a vegetáció későbbi időszakának ízeltlábú közösségeit mind mennyiség és minőségi, mind szerkezeti szempontból.

A vázasítóknál, az aknázóknál és levéltetveknél az év faktor hatása szignifikáns volt. A rágók esetében az év faktor hatása közel állt a szignifikancia szinthez. A levélsodróknál és a gubacsképző tetveknél azonban az év nem mutatott szignifikáns hatást a sodratok és a gubacsok számára. A számos rágó és vázasító fejlődési alakjai, valamint a levéltetvek a biotikus és abiotikus környezeti tényezőknek jobban kitéttek. Az aknázók egy adott hely biotikus tényezőihez jobban alkalmazkodtak, de az évenként változó abiotikus körülményekre érzékenyebben reagálnak. A gubacsképzők a biotikus és az abiotikus környezeti tényezők változásainak kevésbé kitéttek. Gubacsaik védelmében az évjárat hatásokat is mérsékelve élik meg, így populációik évenként nagyobb stabilitást mutatnak. A *Pemphigus* gubacsok versenypozíciója a nyárfákon az aknázókéhoz képest kedvezőbb.

A *Pemphigus* fajok „túlélési-stratégiájában” fontos szerephez jut a gubacs elhelyezkedése, szájnnyílása, a tetvek sűrűsége a gubacsban, a morfológiailag eltérő fejlődési alakok megléte. A levélnyélen való elhelyezkedés, a gubacs teljes zártsága vagy a kisebb, esetleg hosszabb, de nagyon szorosan záródó szájnnyílás, a legalább közepes tetű egyedszám, az eltérő morfológiájú és funkciójú alakok mind-mind olyan tényezők, melyek előnyt jelentenek egy *Pemphigus* faj számára. A hosszú, egyenes, lazán záródó szájnnyílás, a kitéttebb gubacsképzési pozíció a levél felületén, és az alacsony egyedszám, az eltérő morfológiájú és funkciójú alakok hiánya olyan tényezők, melyek a predátoroknak kedveznek, hiszen a gubacsokat sebezhetőbbé teszik.

Az idősebb *P. nigra* 'Italica' fákon kialakult ízeltlábú közösségek fajösszetétele és abundanciája eltért a fiatal fákétól. A rágó, a vázasító, a sodró és a gubacsképző fajoknál mind a fajösszetétel, mind az abundancia, az aknázóknál az abundancia, míg a phloemszívóknál a fajösszetétel különbözőt jelentősebben a két korosztály fáin.

Az idősebb fáknál a rágáskárosítások és a vázasítások időbeni lefutása kevésbé volt szabályos, és évről-évre nagyobb változatosságot mutatott. Az aknák és a *Chaitophorus leucomelas* károsítási ideje hasonlóan alakult a két korosztály fáin. A sodratképzőknél, az előforduló fajok különbözősége miatt károsításuk időbeni lefutása is teljesen eltért.

Az idős fákon az egyes károsítók kapcsolata a vizsgálat ideje alatt csak ritkán és majdhogynem véletlenszerűen volt szignifikáns. A funkcionális csoportokra vonatkozóan szorosabb korreláció nem bontakozott ki, sőt a kapcsolatok negatív vagy pozitív volta is változó volt mind éven belül, mind az évek között. A fiatal *P. nigra* 'Italicák' esetében azonban a funkcionális csoportok között határozott irányú és gyakran az őszi időszakig szignifikáns korrelációk alakultak ki. A fiatalabb fákat jellemző szorosabb korrelációs kapcsolatok kialakulásában mindenképpen szerepet kap, hogy egyes herbivorok egy-egy időszakban határozott dominanciát tudnak kialakítani rajtuk, valamint a fajok többségének nemző és álca alakja is, gyakran eltérő módon ugyanitt károsít. Az idősebb fák fajgazdagabb közösségei megnövelik az interspecifikus kompetíció szerepét, ami pedig úgy tűnik, kevésbé átlátható kapcsolatrendszeret eredményez, változó irányú és szorosságú korrelációkkal.

A két és fél év 13 felvételezéseinek rágási és vázasítási adatait klónonként összevetve, az eredmények rámutattak, hogy mindkét faktor – az évjárat és maguk a mintafák – hatása is szignifikáns, azonban a klónokra vonatkozó szignifikancia értékek augusztustól növekedésnek indultak és októberre a különbségek jelentősen lecsökkentek. Mindez jelzi, hogy a vegetáció utolsó negyedében a genetikai befolyás a rágókra és a vázasítókra nézve veszít jelentőségéből. Az éveket tekintve az akna- és sodratszámok átlaga között szignifikáns különbség nem volt, míg a klónok genotípusa szignifikánsan befolyásolta az aknák (de ebben az esetben is csak szeptemberig) és a sodratok számát. A gubacs- és levéltetvek egyedszáma a két év tekintetében lassú növekedést mutatott azokon a klónokon, ahol egyáltalán előfordultak, ám ez semmiképpen nem nevezhető jelentős különbségnek a vizsgálati évek között. A genotípus, mint faktor, a gubacs- és levéltetvekre szignifikáns hatást gyakorolt.

A legnagyobb rágásból származó károsítási értékhez a legkisebb diverzitási értékek társultak. A legnagyobb vázasítási értékekhez is alacsonyabb diverzitási értékek kapcsolódtak. Az eredmények alapján az körvonalazódott, hogy a fiatalabb nyárfákon a károsítások összetételét elsősorban a rágók és a vázasítók viszonya, illetve az olyan sodrók aránya határozza meg, akik a teljes levelet felhasználják (*Byctiscus* fajok). A többi funkcionális csoport ebben az intraspecifikus versenyben inkább csak a térben és időben adódott réseket töltötte ki.

A gubacs- és a levéltetvek megjelenése komoly genetikai függést mutatott a tápnövényektől, hiszen akár klón szinten is különbséget tettek közöttük. A rágók és az aknázók is szorosabban kötődtek tápnövényeikhez, de ez a kapcsolat inkább csak faj szinten érvényesült. A vázasítóknál ez a kapcsolat kicsit gyengébbnek bizonyult, de azért faj szinten még jól követhető volt. A sodróknál (*Byctiscus* spp.) a rokonsági kapcsolatok meglete elenyésző volt a fertőzés szempontjából. Az eredmények arra is rámutattak, hogy a közelebbi rokonságot mutató tápnövényekhez hasonlóbb ízeltlábú közösség kapcsolódnak.

A rangkorreláció vizsgálatok szerint mind a rágások, mind a vázasítások mértéke pozitív és szignifikáns korrelációt mutatott a fakadási idővel. Az aknázók megjelenése egy-egy klónon a fakadásukkal nem mutatott kapcsolatot. A fakadások és a sodratok száma között sem volt szoros a korreláció, de a kapcsolat iránya következetesen negatív volt, tehát a túl késői fakadás a sodratképzési hajlandóságot csökkenheti. A *Ch. leucomelas* megjelenése és a *Pemphigus* fajok gubacsképzése a *P. nigrák* fakadásával jól szinkronizált volt.

A két év vizsgálati eredményei arra utaltak, hogy azok a fajok, melyek a nyáron telelnek, illetve a monofág fajok fejlődése különösen a fakadás idején, de a vegetáció további időszakában is jobban szinkronizált a nyárok fenológiájával, mint azoké, melyek telelőhelye fizikailag elválk a nyáraktól különösen, ha azok polifág fajok.

A levélméretek és a rágások mértéke között a korreláció pozitív és szignifikáns volt. A levélméretek és a vázasítások mértéke és az aknák száma között a korreláció a rágásokkal ellentétben negatívnak bizonyult. A szignifikáns értékek a vázasítók fő károsítási idejéhez voltak köthetők, míg az aknázók esetén a kapcsolat nem volt szignifikáns. A rágások és a vázasítások viszonyát a levélmérettel kapcsolatban, nem csupán a levél tényleges mérete határozza meg, hanem a két csoport versenyhelyzete is. A tavaszi levélméreteket és a sodratok számát csoportonként összehasonlítva az eredmények azt mutatták, hogy a sodratkészítésnek van egy ideális levélmérete, ez előtt és ezen túl csökken a sodratok száma. Emellett nem csupán a levél mérete, hanem alakja is meghatározó lehet. Mind a gubacstetvek, mind a levéltetvek károsítás szempontjából a nagyobb levelű *P. nigra* klónokat részesítették előnyben.

A *P. nigra* származásokat tekintve elsősorban az olasz klónok, másodsorban az északi származások, de ezek között is elsősorban a legtávolabbi helyekről származók a *P. nigra* 'Poli' és a Ghoy, illetve a többi *P. nigra* klón között alakult ki jelentős eltérés. Nagyobb különbségek a származások között a rágáskárok időbeni lefutását és a rágások mértékét, a levélsodratok és a gubacstetvek számát illetően alakultak ki. Az olasz klónok elkülönülése, a levéltetvek kivételével minden funkcionális csoportnál megfigyelhető volt. Az olasz klónok

diverzitási indexeik alapján is elváltak a többi *P. nigra* klóntól. Az északabbi származások nagyobb különbségeket a rágók, az aknázók, a sodratok és a gubacstetvek tekintetében mutatnak a többi *P. nigra* klónnal szemben. A *P. trichocarpáknál* jelentősebb különbség a Nagy-Britanniában és a kontinensen fenntartott klónok között alakult ki, elsősorban a rágások, a vázasítások és a sodratok tekintetében.

A *P. nigrák* és a *P. trichocarpák* származási kapcsolatait és a különböző funkcionális csoportok károsítási értékeit, illetve egyedszámait összevetve, úgy tűnik, hogy kezdetben (esetünkben két év) az idegen származású klónok herbivor kapcsolatai a földrajzilag közebbi populációból származó klónokéra hasonlít.

A funkcionális csoportok rovarközösségeinek adaptációs ütemét egy északabbi származású klón példáján vizsgálva, megállapítható volt, hogy a levéltetvek és az aknázók (bogarak, levéldarazsak, legyek) viszonylag gyorsabban alkalmazkodtak az eltérő származású klónhoz, míg a gubacstetvek, az aknázó lepkék és a vázasítók tekintetében ez a folyamat lassabbnak bizonyult. Azoknál a károsítási formáknál, ahol a fenotípusosan is megjelenő tulajdonság a levélméret, kapcsolatot mutatott a károsítások értékével, vagyis a rágásoknál és a levélsodróknál az elkülönülés viszonylag hosszan fennmaradt.

Ezen eredmények gyakorlati szempontból segíthetik a *Populus* nemzetségbe tartozó fajok nemesítési alapanyagainak kiválasztását, a nemesítés irányainak meghatározását.

A nyárok mint alapító fajok a rehabilitációs ökológiában is fontos szerepet töltenek be, így a nyárfákhoz kapcsolódó herbivor közösségek minél részletesebb megismerése e komplex feladat végrehajtását eredményesebben támogatja. Dolgozatom a természetvédelmi szempontból érzékeny területeken történő telepítési-helyreállítási tervek kimunkálásához is adhat hasznos ismereteket.

Eredményeim az ültetvényszerű erdőgazdálkodás számára is fontosak. Megfigyeléseim újabb szempontokat jelenthetnek a telepítendő nyár fajok és klónok megválasztásakor, a hosszabb és rövidebb vágásfordulójú ültetvényeknél egyaránt. Helyesen alkalmazva őket erősíthető az ültetvények ellenálló-, illetve öngyógyító képessége. Az erdősítéseknel az önszabályozás javítását, az ültetvényeknél az önszabályozás alapjainak megteremtését támogatja. Az energetikai faültetvények létrehozásánál, az ilyen típusú ültetvényeket jellemző szélsőségek – instabil asszociációk, gyenge immunrendszer hatásainak – mérséklését teszi lehetővé.

A dolgozat megállapításai növelik a szaporítóanyag termelésben, a precíziós és költséghatékony növényvédelemben alkalmazandó ismeretek körét. Megítélésem szerint dolgozatommal bővítem, a rovarközösségek és a nyárok interakcióiról alkotott ismeretink körét.

9. Tézisek

- 1. A vizsgálat két éve alatt a védettebb helyen fejlődő fajok, illetve csoportok (gubacsok, aknázók) egyedszámát az élőhelyek nem, ezen túl a levélsodrók és a gubacsok esetén az évek sem befolyásolták szignifikánsan.**

Az aknázóknál az évjárat faktor hatása szignifikáns, míg a vizsgálati helyek faktora nem volt szignifikáns. A levélsodróknál és a gubacsképzőknél sem az évjáratnak, sem a vizsgálati helyeknek nem volt szignifikáns hatása a sodratok, illetve a gubacsok számára.

Az előbbiekkal szemben a rágás típusú károsítások mértékét a vizsgálati helyek szignifikánsan befolyásolták, míg az évjárat hatása a szignifikancia szint határán mozgott. A vészítőknél ez a kapcsolat még határozottabb volt, a helyek és az évjárat szignifikánsan befolyásolták a károsítás mértékét.

- 2.1. A *Pemphigus* fajok „túlélési-stratégiájában” fontos szerephez jutott a gubacs elhelyezkedése, szájnnyílása, a tetvek sűrűsége a gubacsban, a morfológiailag eltérő fejlődési alakok megléte.**

A levélnyélen való elhelyezkedés, a gubacs teljes zártsága vagy a kisebb, esetleg hosszabb, de nagyon szorosan záródó szájnnyílás, a legalább közepes egyedszám, az eltérő morfológiájú és funkciójú alakok mind-mind olyan tényezők, melyek előnyt jelentenek egy *Pemphigus* faj számára. A hosszú, egyenes, lazán záródó szájnnyílás, a kitettebb gubacsképzési pozíció a levél felületén, és az alacsony egyedszám, az eltérő morfológiájú és funkciójú alakok hiánya olyan tényezők, melyek a predátoroknak kedveznek.

- 2.2. Az egy guildbe tartozó *Pemphigus* fajok között jelentős verseny alakult ki, mely a gubacsok méretében és a gubacsokban élő tetvek számában is megmutatkozott.**

A verseny szempontjából meghatározó volt a gubacsképzés helye, a páros gubacsképzésben résztvevő fajok azonossága vagy különbözősége, illetve maguk a fajok. Páros gubacsképzésnél a leggyakoribb eset az volt, amikor az egyik gubacs a levélnyélen, a másik a levél főerén képződött, ezt követte az az eset, amikor a levélnyélen ugyanazon faj két egyede képezett gubacsot, majd ugyanitt, de különböző fajok jelentek meg. Szórványosan fordult elő, hogy az egyik faj a levél főerén, míg a másik a főér mellett a levélfelületen készítette el gubacsát és végül a legtrikább együttes gubacsképzés az volt, amikor több faj a levél főerén képezett gubacsot.

2.3. A *Pemphigus gairi* a magyar faunában új fajként azonosítottam. A *Parathecabius lysimachiae*, a *Pemphigus protospirae* és a *Pemphigus populinigrae* esetén jelentős area bővülést figyeltem meg.

A *P. gairi* előfordulását az irodalmi adatok eddig csak három országban jelezték. A *P. lysimachiae*t Magyarországon Nagytétényben találták meg. A *P. protospirae* és a *P. populinigrae* előfordulása csak a keleti országrészben, a Duna vonaláig volt ismert. Most ezen három faj stabil populációit figyeltem meg a nyugati országrészben is.

2.4. Nyolc *Pemphigus* faj életciklusról és egyedfejlődéséről szóló ismereteket gyarapítottam.

Fajonként meghatároztam a gubacsképzés kezdetét, az 1., a 2., a 3. és a 4. fejlődési alakok megjelenésének idejét, az első szárnyas egyedek, ezzel összefüggésben a migrálás ütemét, a gubacs teljes kiürülését és a gubacsok fán maradásának idejét.

3. Az idősebb *P. nigra* 'Italica' fákon, a 3 m magasságig kialakuló ízeltlábú közösségek több szempontból is eltértek a fiatalabb fákétól. Különbség volt az ízeltlábú közösségek fajösszetételében, abundanciájában és a károsítók korrelációjában. A rágó, a vázasító és a sodratképző fajoknál a károsítások időbeni lefutása és maximalizálása is határozott eltéréseket mutatott.

A rágó, a vázasító, a sodró és a gubacsképző fajoknál mind a fajösszetétel, mind az abundancia, az aknázóknál az abundancia, míg a phloemszívóknál a fajösszetétel különbözött jelentősen a két korosztály fáin.

Az idősebb fáknál a rágáskárosítások és a vázasítások időbeni lefutása kevésbé volt szabályos és évről-évre nagyobb változatosságot mutatott. A rágások és a vázasítások maximalizálásának ideje is eltér. A sodratképzők károsításának időbeni lefutása már a fajok különbözőségéből adódóan is más volt. Az aknázók és a *Chaitophorus leucomelas* megjelenésének ideje jelentős eltéréseket nem mutatott.

Az idős fákon a károsítók kapcsolata a vizsgálat ideje alatt csak ritkán és majdhogynem véletlenszerűen volt szignifikáns. A funkcionális csoportokra vonatkozóan szorosabb korreláció nem bontakozott ki, sőt a kapcsolatok negatív vagy pozitív volta is változó volt, mind éven belül, mind az évek között. A fiatal *P. nigra* 'Italica'k esetében azonban a korreláció a rágók és a vázasítók között negatív irányú volt és az őszi időszakig szignifikáns is. A rágás és aknázás között negatív, a vázasítás és az aknázás között pozitív kapcsolat állt fent, jóval gyakoribb szignifikanciával, mint az idősebb fáknál. A rágások és a sodratok között többnyire pozitív volt a korreláció és a sodratképzés fő időszakában követke-

zetesen szignifikáns is. A vázasítások és a sodratok között negatív volt a korreláció, de nem szignifikáns.

4. A genotípus a vegetációs időszak mintegy háromnegyedéig jelentősen befolyásolta a károsítások típusát és mértékét, ezen túl azonban veszített jelentőségéből.

A 13 felvételezés rágási, vázasítási és aknázási adatait klónonként összevetve, mindkét faktor – az évjárat és maguk a mintafák – hatása is szignifikáns volt a vegetációs időszak háromnegyedéig. Ezek az eredmények rámutattak arra, hogy a vegetációs időszak előrehaladtával, augusztustól a herbivor rovarok és a nyárok közötti kapcsolatok veszítenek szorosságukból. Ennek oka a növények anyagcseretermékeinek változása, illetve a kapcsolódó ízeltlábú közösség átalakulása lehet. A két vizsgálati év sodrat- és gubacs-számainak átlaga között szignifikáns különbség nem volt, de a klónok genotípusa szignifikánsan befolyásolta a sodratok, a gubacsok és a levéltetvek számát.

5. Egy adott nyár genotípuson kialakuló kevésbé diverz rovarközösség mellett nagyobb, míg nagyobb diverzitási értékek mellett közepes vagy kisebb rágási és vázasítási értékek alakultak ki.

A legkisebb diverzitási értékekhez a legnagyobb rágásból és vázasításból származó károsítások társultak. A legkisebb rágási és vázasítási értékekhez közepes diverzitási indexek kapcsolódtak.

Az aknázók, a sodratok, a gubacsképzők és a levéltetvek egyed- és fajszáma alapján számított Shannon-Weaver diverzitási indexek szerint a legegységesebbnek a *P. nigra* csoportba tartozó klónok bizonyultak. A legjobban a hibridek távolodtak el egymástól.

6. Hasonló genetikai háttérű nyárok hasonlóbb ízeltlábú közösség kialakulását támogatták.

7. A funkcionális csoportok megjelenését egy-egy genotípuson számos tényező befolyásolta. Ezen tényezők egymáshoz viszonyított aránya változó volt, de az adott csoportot jellemezte.

A rágások mértéke a földrajzi kapcsolatokkal nem mutatott szorosabb összefüggést. A rágások károsítási értékei a rokonsági viszonyokat jól visszatükrözték, és tavasszal a fakadással, míg májustól-szeptemberig a levélméretekkel mutattak szignifikáns korrelációt. A vázasítások alapján a fajok elhatárolódása nem volt olyan éles, de a fajszintű rokonsági kapcsolatok így is jól kirajzolódtak. A vázasítások mértéke a földrajzi származással nem mutatott összefüggést.

A különböző *Populus* fajok az aknázó fajok és az aknák száma alapján jól elváltak egymástól. A *P. nigra* csoporton belül földrajzi elkülönülés is megfigyelhető volt. A déli típusok határozottan és következetesen elváltak a többi *P. nigra* klóntól. Az északabbi típusoknál ez az elkülönülés kevésbé volt határozott és következetes.

A sodratoknál, elsősorban a *Byctiscus populi* sodratképzésénél, a fertőzés mértéke a levelek méretével mutatott összefüggést.

A gubacsképzők és a levéltetvek előfordulásában a klónok rokonsága meghatározó szerepet töltött be. A leghatározottabb genetikai kapcsolatot a *Thecabius affinis* előfordulása mutatta.

8.1. Ugyanazon nyárfaj különböző termőhelyről származó egyedei többé-kevésbé eltérő ízeltlábú kapcsolatokat, kapcsolatrendszeret alakította ki. Ezek a kapcsolatok az új élőhelyen eltérő ütemben adaptálódtak.

A peremterületről származó *Populus nigra* klónok nagyobb elkülönülést mutattak az ízeltlábú közösségek tekintetében a központi területekről származó klónokkal szemben. A funkcionális csoportok közül a rágóknál, a vázasítóknál, az aknázóknál és a gubacstetveknél mind az északibb, mind a délibb származásoknál fennálltak ezek a különbségek, míg a sodratoknál inkább csak a déli származásokat jellemezték. A déli származások az eltérések tekintetében egységesebbnek bizonyultak, mint az északi származások.

A *P. trichocarpáknál* jelentősebb különbség a Nagy-Britanniában és a kontinensen fenn tartott klónok között alakult ki, elsősorban a rágások, a vázasítások és a sodratok tekintetében.

8.2. Azon károsítási formák, melyeket feltételezhetően a másodlagos anyagcseretermékek jelentősen befolyásolnak, gyorsabban adaptálódtak egy új környezet biotikus és abiotikus feltételeihez, mint a fenotípusosan is megjelenő tulajdonsághoz kötöttek.

A németországi származású *P. nigra* 4 klón az aknázók (bogarak, levéldarazsak, legyek) és a phloemszívók tekintetében gyakorlatilag nem vált el a magyarországi *P. nigra* klónoktól. A gubacstetvekre, az aknázó lepkékre és a vázasítókra vonatkozóan ez az alkalmazkodási folyamat lassabbnak bizonyult. Azoknál a károsítási formáknál, ahol a levélméret, vagyis egy fenotípusosan megjelenő tulajdonság mutatott kapcsolatot a károsítók értékével, a rágásoknál és a levélsodróknál az elkülönülés viszonylag hosszan fennmaradt. Különösen igaz volt ez a levélsodratot készítő *Byctiscus* fajok esetén.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom elsősorban témavezetőmnek, Prof. Dr. Lakatos Ferencnek, aki lehetővé tette a doktori disszertációm elkészítését és a nehézségeim leküzdésében mindig segítségemre volt. Köszönet illeti Dr. Borovics Attilát, az Erdészeti Tudományos Intézet igazgatóját, hogy bajti csemetekertjükben helyet adott kísérletemnek. Hálás vagyok Cseke Klárának, az Erdészeti Tudományos Intézet munkatársának, aki lehetővé tett és segítséget nyújtott a nyárák genetikai vizsgálatainak elvégzésében.

Munkám pénzügyi fedezetét a Network of Excellence EVOLTREE, szerződés szám: 016322, 6. Keretprogram, 6. részfeladata „A fenntartható fejlődés, és a globális ökológiai változások” biztosította.

Végezetül, de nem utolsó sorban hálával tartozom családomnak, Balinkónak, Lolának és a Zezének, akik kibírták EZT.

Irodalomjegyzék

- Aguilar, J.M. and Boecklen, W.J. (1992): Patterns of herbivory in the *Quercus grisea* – *Quercus gambelii* species complex. *Oikos*, 64:498–504.
- Altenhofer, E. (1980): Zur Biologie der in Baumblättern minierenden Blattwespen (Hym., Tenthredinidae). *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 89:122–134.
- Aoki, S. (1977): *Colophina clematis* (Homoptera, Pemphigidae), an aphid species with soldiers'. *Kontya*, 45:276–282.
- Aoki, S. (1979): Dimorphic first instar larvae produced by the fundatrix of *Pachypappa arsupialis* (Homoptera: Aphidoidea). *Kontya*, 47:390–398.
- Aoki, S. and Kurosu, U. (1986): Soldiers of a European gall aphid, *Pemphigus spyrothecae* (Homoptera: Aphidoidea): Why do they molt? *Journal of Ethology*, 4:97–104.
- Aoki, S. and Kurosu, U. (1988): Secondary monoecy of a North American gall aphid, *Pemphigus monophagus* (Homoptera, Aphidoidea). *Kontya*, 56:394–401.
- Arimura, G–I., Huber D.P.W. and Bohlmann, J. (2004): Forest tent caterpillars (*Malacosoma disstria*) induce local and systemic diurnal emissions of terpenoid volatiles in hybrid poplar (*Populus trichocarpa x deltoides*): cDNA cloning, functional characterization, and patterns of gene expression of (-)-germacrene-D synthase, PtdTPS1. *Plant Journal*, 37:603–616.
- Augustin, S. (1998): Les Chrysomelidae. In: Les insectes associés aux peupliers (Delplanque, A. ed.):39–46. In: Ellis, 2011.
- Bailey, J.K., Schweitzer, J.A., Úbeda, F., Koricheva, J., LeRoy, C.J., Madritch, M.D., Rehill, B.J., Bangert, R.K., Fischer, D.G., Allan, G.J., and Whitham, T.G. (2009): From genes to ecosystems: a synthesis of the effects of plant genetic factors across levels of organization. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364:1607–1616.
- Bailey, J.K., Wooley, S.C., Lindroth, R.L. and Whitham, T.G. (2006): Importance of species interactions to community heritability: a genetic basis to trophic–level interactions. *Ecology Letters*, 9: 78–85.
- Baldwin, I.T. and Schultz, J.C. (1983): Rapid changes in tree leaf chemistry induced by damage: evidence for communication between plants. *Science (Wash.)*, 221:277–279.
- Bangert, R.K., Allan, G.J., Turek, R.J., Wimp, G.M., Meneses, N., Martinsen, G.D., Keim, P. and Whitham, T.G. (2006b): From genes to geography: a genetic similarity rule for arthropod community structure at multiple geographic scales. *Molecular Ecology*, 15:4215–4228.
- Bangert, R.K., Lonsdorf, E.V., Wimp, G.M., Shuster, S.M., Fischer, D., Schweitzer, J.A., Allan, G.J., Bailey, J.K. and Whitham, T.G. (2006c): Genetic structure of a foundation species: scaling community phenotypes from the individual to the region. *Heredity* (advance online publication, 18 October 2006; doi:10.1038/sj.hdy.6800914).

- Bangert, R.K., Turek, R.J., Martinsen, G.D., Wimp, G.M., Bailey, J.K. and Whitham, T.G. (2005): Benefits of conservation of plant genetic diversity to arthropod diversity. *Conservation Biology*, 19:379–390.
- Bangert, R.K., Turek, R.J., Rehill, B., Wimp, G.M., Schweitzer, J.A., Allan, G.J., Bailey, J.K., Martinsen, G.D., Keim, P., Lindroth, R.L. and Whitham, T.G. (2006a): A genetic similarity rule determines arthropod community structure. *Molecular Ecology*, 15:1379–1392.
- Bangert, R.K. and Whitham, T.G. (2007): Genetic assembly rules and community phenotypes. *Evolutionary Ecology*, 21:549–560.
- Barbour, R.C., O'Reilly-Wapstra, J.M., De Little, D.W., Jordan, G.J., Steane, D.A., Humphreys, J.R., Bailey, J.K., Whitham, T.G. and B. M. Potts, B.M. (2009): A geographic mosaic of genetic variation within a foundation tree species and its community-level consequences. *Ecology*, 90:1762–1772.
- Basky, Zs. (2005): Levéltetvek leírás–életmód–kártétel–védekezés. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 50., 169., 197–198.
- Benedek, P., Surján, J. és Fésűs, I. (1974): Növényvédelmi előrejelzés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 98-103.
- Berland, L. (1947): Faune de France 47 Hyménoptères Tenthredoïdes. Office central de faunistique, Paris.
- Bernal, E.M. y Simarro, P. (1986): *Pterocomma populeum* Kaltenbach, nueva plaga de las choperas. *Bol. San. Veg Plagas*, 12:291–296.
- Bernays, E.A. and Graham, M. (1988): On the evolution of host specificity in phytophagous arthropods. *Ecology*, 69:886–892.
- Bernays, E.A. and Funk, D.J. (1999): Specialists make faster decisions than generalists: experiments with aphids. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, London, 266:51–156.
- Blackman, R.L. and Eastop, V.F. (1994): *Aphids on the World's Trees: an Identification and Information Guide*. Wallingford, CAB International.
- Boecklen, W.J. and Spellenberg, R. (1990): Structure of herbivore communities in two oak (*Quercus* spp.) hybrid zones. *Oecologia*, 85:92–100
- Bridgeland, W.T., Beier, P., Kolb, T. and Whitham, T.G. (2010): A conditional trophic cascade: Birds benefit faster growing trees with strong links between predators and plants. *Ecology*, 91:(1) 73–84.
- Broadway, R.M. and Duffey, S.S. (1986): Plant proteinase-inhibitors – mechanism of action and effect on the growth and digestive physiology of larval *Heliothis zea* and *Spodoptera exigua*. *Journal of Insect Physiology*, 32:827–833.
- Brown, V.K., Lawton, J.H. and Grubb, P.J. (1991): Herbivory and the evolution of leaf size and shape [and discussion]. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 333(1267):265–272.

- Cervera, M.T., Storme, V., Soto, A., Ivens, B., Van Montagu, M., Rajora, O.P. and Boerjan, W. (2005): Intraspecific and interspecific genetic and phylogenetic relationships in the genus *Populus* based on AFLP markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 111:1440–1456.
- Chen, Z., Clancy, K.M. and Kolb, T. (2003): Variation in Budburst Phenology of Douglas-fir Related to Western Spruce Budworm (Lepidoptera: Tortricidae) Fitness. *Journal of Economic Entomology*, 96(2):377-387.
- Christopher, M.E., Miranda, M., Major, I.T. and Constabel, C.P. (2004): Gene expression profiling of systemically wound-induced defenses in hybrid poplar. *Planta*, 219:936–947.
- Collinge, D.B., Kragh, K.M., Mikkelsen, J.D., Nilsen, K.K., Rasmussen, U. and Vad, K. (1993): Plant chitinases. *Plant Journal*, 3:31–40.
- Constabel, C.P. (1999): A survey of herbivore-inducible defensive proteins and phytochemicals. In: Agrawal, A.A., Tuzun, S. and Bent, E., (eds) *Induced Plant Defenses Against Herbivores and Pathogens*. St. Paul: APS Press, 137–166.
- Crawford, K.M. et al. (2007): Genotypic diversity mediates the distribution of an ecosystem engineer. *Ecology* 88:2114–2120.
- Crutsinger, G.M., Reynolds W.N., Classen A.T., Nathan J. and Sanders N.J. (2008): Disparate effects of plant genotypic diversity on foliage and litter arthropod communities *Oecologia* 158:65–75.
- Crutsinger, G.M., Collins, M.D., Fordyce, J.A., Gompert, Z., Nice, C.C. and Sanders, N.J. (2006): Plant genotypic diversity predicts community structure and governs an ecosystem process. *Science* 313:966–968.
- Csóka, Gy. (1997): *Plant galls*. AGROINFORM Kiadó Nyomda és Kft., Budapest, 62–66.
- Csóka, Gy. (2003): *Levélnák és levélnázók*. AGROINFORM Kiadó és Nyomda Kft., Budapest, 108–112.
- Denno, R.F., McClure, M.S. and Ott, J.R. (1995): Interspecific interactions in phytophagous insects—competition reexamined and resurrected. *Annual Review of Entomology*, 40:297–331.
- De Tillesse, V. and Nef, L. (1998): *Les insectes dommageables au peuplier, Espèces d'importance internationale*. Édité sous les auspices de la Commission Internationale du Peuplier FAO.
- DeWoody, J., Viger, M., Lakatos, F., Tuba, K., Taylor, G. and Smulders M.J.M. (2012): Quantitative trait loci for insect community composition and leaf development co-locate in hybrid poplar. *Functional Ecology*, in press.
- Dicke M. and Baldwin, I.T. (2010): The evolutionary context for herbivore-induced plant volatiles: beyond the “cry for help”. *Trends in Plant Science*. 15:167-175.
- Dickmann, D.I. and Stuart, K.W. (1983): *The culture of poplars in eastern North America*. Michigan State University, East Lansing In: Cervera, M.T., Storme, V., Soto, A., Ivens, B., Van Montagu, M., Rajora, O.P. and Boerjan, W. (2005): Intraspecific and

- interspecific genetic and phylogenetic relationships in the genus *Populus* based on AFLP markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 111:1440–1456.
- Dickmann, D. I. (2006): Silviculture and biology of short-rotation woody crops in temperate regions: Then and now. *Biomass and Bioenergy*, 30:696–705.
- Dickson, L.L. and Whitham, T.G. (1996): Genetically-based plant resistance traits affect arthropods, fungi, and birds. *Oecologia*, 106:400–406.
- Dövényi, Z. (szerk.) (2010): Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 343–390.
- Dungey, H.S., Potts, B.M., Whitham, T.G., and Li, H.F. (2000): Plant genetics affects arthropod community richness and composition: evidence from a synthetic eucalypt population. *Evolution*, 54:1938–1946.
- Dunn, J.A. (1960): The natural enemies of the lettuce root aphid, *Pemphigus bursarius* (L.). *Bulletin of entomological research*, 5:271–278.
- Eastop, V.F. (1973): Biotypes of aphids. *Bulletin of the Entomological Society of New Zealand* 2:40–51.
- Eckenwalder, J.E. (1996): Systematics and evolution of *Populus*. In: Stettler, R.F., Bradshaw, H.D.Jr., Heilman, P.E. and Hinckley, T.M. (eds) (1996): *Biology of Populus and its implications for management and conservation. Part I.* NRC Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa 7–32 in: Cervera, M.T., Storme, V., Soto, A., Ivens, B., Van Montagu, M., Rajora, O.P. and Boerjan, W. (2005): Intraspecific and interspecific genetic and phylogenetic relationships in the genus *Populus* based on AFLP markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 111:1440–1456.
- Elli, W.N. (2011): Leafminers of Europe Zoölogisch Museum, Universiteit van Amsterdam <http://www.bladmineerders.nl/index.htm>
- Ellison, A.M., Bank, M.S., Clinton, B.D., Colburn, E.A., Elliott, K., Ford, C.R. et al. (2005): Loss of foundation species: consequences for the structure and dynamics of forested ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9:479–486.
- Endrődi, S. (1958): Eszelények Attelabidae. Magyarország Állatvilága, Fauna Hungariae, X. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 26–29.
- Evans, L.M., Clark J.S., Whipple, A.V. and Whitham, T.G.(2012): The relative influences of host plant genotype and yearly abiotic variability in determining herbivore abundance. *Oecologia* 168(2):483–489.
- Fairclough, R. (1986): *Phyllonorycter comparella* Dup. feeding on *Populus nigra*. – *Entomologist's Record and Journal of Variation*, 98(3–4):81–81.
- Farkas, H. (1966): Gubacsatkák *Eriophyidae*. Magyarország Állatvilága, Fauna Hungariae, XVIII. kötet, 23–24.
- Fekete, L. és Blattny, T. (1913): Az erdészeti jelentőségű fák és cserjék elterjedése a Magyar Állam területén. Joerges Ágost özvegye és fia könyvnyomdája, Selmechánya; 523, 564, 566.

- Fekete, L. és Mágócsy–Dietz, S. (1896): Erdészeti növénytan. Országos Erdészeti Egyesület, Budapest, 596–599.
- Felton, G.W., Donato, K.K., Broadway, R.M. and Duffey, S.S.(1992): Impact of oxidized plant phenolics on the nutritional quality of dietary-protein to a noctuid herbivore, *Spodoptera exigua*. *Journal of Insect Physiology*, 38:277–285.
- Felton, G.W., Donato, K.K., Delvecchio, R.J. and Duffey, S.S.(1989): Activation of plant foliar oxidases by insect feeding reduces nutritive quality of foliage for noctuid herbivores. *Journal of Chemical Ecology*, 15:2667–2694.
- Fittler, O. (1987): Az észak-hansági erdők egészségi állapotáról. *Az Erdő*, 36 (1):36–39.
- Floate, K.D., Fernandes, G.W. and Nilsson, J.A. (1996): Distinguishing intrapopulational categories of plants by their insect faunas: galls on rabbitbrush. *Oecologia*, 105:221–229.
- Floate, K.D. and Whitham, T.G. (1995): Insects as traits in plant systematics: their use in discriminating between hybrid cottonwoods. *Canadian Journal of Botany*, 73:1–13.
- Folcz, T. (1990): A dél-hansági erdészeti nemesnyárasainak egészségi állapota. *Az Erdő*, 39 (2):59–63.
- Forrest, J.M.S. (1987): Galling aphids. In *Aphids, Their Biology, Natural Enemies, and Control* (A.K. Minks and P. Harrewijn, eds), *World Crop Pests*, Vol. 2A, Amsterdam, pp. 341–354.
- Foster, W.A. (1990): Experimental evidence for effective and altruistic colony defense against natural predators by soldiers of the gall-forming aphid *Pemphigus spyrothecae* (Hemiptera, Pemphigidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 27:421–430.
- Fox, C.W., Waddell, K.J., Groeters, F.R. and Mousseau T.A. (1997): Variation in budbreak phenology affects the distribution of a leafmining beetle (*Brachys tessellatus*) on turkey oak (*Quercus laevis*). *Ecoscience* 4(4):480–489.
- Fritz, R.S. and Price, P.W. (1988): Genetic variation among plants and insect community structure: willows and sawflies. *Ecology*, 69:845–856.
- Gencsi, L. és Vancsura, R. (1992): *Dendrológia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 352–378.
- Gonzalez, A. and Descamps–Julien, B. (2004): Population and community variability in randomly fluctuating environments. *Oikos* Volume 106, Issue 1:105–116.
- González-Megías, A. and Gómez J.M. (2003): Consequences of removing a keystone herbivore for the abundance and diversity of arthropods associated with a cruciferous shrub. *Ecological Entomology*, 28:299–308.
- Gozmány, L. (1956): *Molylepkek II., Microlepidoptera II.* Magyarország Állatvilága Fauna Hungariae. XVI. kötet. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Greenaway, W., English, S. and Whatley, F.R. (1991): Interrelationships of poplars in a hybrid swarm as studied by gas chromatography–mass spectrometry. *Canadian Journal of Botany*, 69:203–208.

- Greenaway, W., English, S. and Whatley, F.R. (1992): Relationships of *Populus x acuminata* and *Populus generosa* with their parental species examined by gas chromatography-mass spectrometry of bud exudates. *Canadian Journal of Botany*, 70:212–221.
- Gutiérrez-Alaiz, I., and Mier-Durante, M.P. (1983): *Chaitphorinae, Lachninae y Pterocommatinae* de la provincia de León. (*Horn. Aphidoidea*). *Actas I. Congreso Ibérico de Entomología, León*, 329–338.
- Györfi, J. (1962): A nyárák növényi és állati károsítói. 461–476. In: Keresztesi B. (ed.) (1962): *A magyar nyárfatermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest*.
- Haddad, N.M., Tilman, D., Haarstad, J., Ritchie, M. and Knops, J.M.H. (2001): Contrasting effects of plant richness and composition on insect communities: a field experiment. *American Naturalist*, 158:17–35.
- Hagerman, A.E. and Butler, L.G. (1991): Tannins and lignins. In *Herbivores: their interactions with secondary plant metabolites*. 2nd ed. Vol. I. The chemical participants. Edited by G. A. Rosenthal and M. R. Berenbaum. Academic Press, San Diego, California, 355–388.
- Halupa L. és Simon, M. (1985): Az 'I-214' nyár. *Akadémiai Kiadó, Budapest*. 110–113.
- Haracsi, L. (1938): Adatok a levéltetvek biológiájához. *Erdészeti Kísérletek* 40 (1–4):1–46.
- Haruta, M., Major, I.T., Christopher, M.E., Patton, J.J. and Constabel, C.P. (2001): A Kunitz trypsin inhibitor gene family from trembling aspen (*Populus tremuloides* Michx.): cloning, functional expression, and induction by wounding and herbivory *Plant Molecular Biology*, 46:347–359.
- Havill, N.P. and Raffa, K.F. (2000): Compound effects of induced plant responses on insect herbivores and parasitoids: implications for tritrophic interactions. *Plant Molecular Biology*, 25:171–179.
- Hector A., et al. (1999): Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. *Science*, 286:1123–1127. (doi:10.1126/science.286.5442.1123)
- Heie, O.E. (1980): The Aphidoidea (Hemiptera) of Fennoscandia and Denmark. I. General Part. The Families Mindaridae, Hormaphididae, Thelaxidae, Anoeciidae, and Pemphigidae. *Klarnpenborg, Denmark, Fauna Entomologica Scandinavica*, 9:1–236.
- Hering, M. (1957): Bestimmstabellen der Blattminen von Europa: einschliesslich des Mittelmeerbeckens und der Kanarischen Inseln. 1,2: 1–1185, 3:1–221. Junk, 's Gravenhage. in: Ellis, 2011.
- Hirka, A. (szerk.) (2005-): A 2004. évi biotikus és aiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2005-ben várható károsítások. *Erdővédelmi Figyelő-Jelzőszolgálati Rendszer éves kiadványai. AGROINFORM Kiadó és Nyomda Kft., Budapest*.
- Hirka, A. és Csóka, Gy. (2010): Kevésbé ismert lombfogyasztó rovarok tömeges megjelenése hazai nemesnyár-ültetvényeken. *Növényvédelem*, 46 (11): 529-531.
- Hochwender, C.G. and Fritz, R.S. (2004): Plant genetic differences influence herbivore community structure: evidence from a hybrid willow system. *Oecologia*, 138:547–557.

- Holeski, L.M., Kearsley, M.J.C. and Whitham, T.G. (2009): Separating ontogenetic and environmental determination of resistance to herbivory in cottonwood. *Ecology* 90:2969–2973.
- Hooper, D.U., Ewel, J.J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J.H., Lodge, D., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A.J., Vandermeer, J. and Wardle D.A. (2005): Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75:3–35.
- Hori, M. (1999): Role of host plant odors in the host finding behaviors of aphids. *Applied Entomology and Zoology*, 34(3):293-298.
- Horváth, G. (2009): Biomechanika. A mechanika biológiai alkalmazásai. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- Hughes, A.R. and Stachowicz, J.J. (2004): Genetic diversity enhances the resistance of a seagrass ecosystem to disturbance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101:8998–9002.
- Hughes, A.R., Inouye, B.D., Johnson, M.T.J., Underwood, N. and Vellend, M. (2008): Ecological consequences of genetic diversity. *Ecology Letters*, 11:609–623.
- Hunter, M.D. and Price, P.W. (1992): Playing chutes and ladders: heterogeneity and the relative roles of bottom-up and top-down forces in natural communities. *Ecology*, 73:724–732.
- Huston, M.A. (1997): Hidden treatments in ecological experiments: re-evaluating the ecosystem function of biodiversity. *Oecologia*, 110:449–460.
- Hutchinson, G.E. (1959): Homage to Santa Rosalia or why are there so many kinds of animals? *American Naturalist*, 93:145–159.
- Johnson, M.T.J. and Stinchcombe, J.R. (2007): An emerging synthesis between community ecology and evolutionary biology. *Trends in Ecology and Evolution*, 22:250–257.
- Johnson, M.T.J., Lajeunesse, M.J. and Agrawal, A.A. (2006): Additive and interactive effects of plant genotypic diversity on arthropod communities and plant fitness. *Ecology Letters*, 9:24–34.
- Johnson, M.T.J. and Agrawal, A.A. (2005): Plant genotype and the environment interact to shape a diverse arthropod community on Evening Primrose (*Oenothera biennis*). *Ecology*, 86:874–875.
- Johnson, M.T.J. (2008): Bottom-up effects of plant genotype on aphids, ants and predators. *Ecology*, 89:145–154.
- Jongsma, M.A., Bakker, P.L., Peters, J., Bosch, D. and Stiekema, W.J. (1995): Adaptation of *Spodoptera exigua* larvae to plant proteinase-inhibitors by induction of gut proteinase activity insensitive to inhibition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 92:8041–8045.
- Karban, R. (1986): Interspecific competition between folivorous insects on *Erigeron glaucus*. *Ecology*, 67:1063–1072.

- Kaszab, Z. (1962): Magyarország Állatvilága, Levélbogarak –Chrysomelidae. Akadémiai Kiadó, Budapest, 36–38, 203–204, 230–233.
- Kearsley, M.J.C. and Whitham, T.G. (1998): The developmental stream of cottonwoods affects ramet growth and resistance to galling aphids. *Ecology* 79:178–191.
- Keddy, P. and Weiher, E. (1999): Introduction: the scope and goals of research on assembly rules. In: Weiher, E., Keddy, P. (eds) (1999) *Ecological assembly rules: perspectives, advances, retreats*. Cambridge Univ Press, Cambridge, 1–20.
- Kennedy J.S. (1951): Benefits to aphids from feeding on galled and virus-infected leaves. *Nature*, 168:825-826.
- Keith A R, Bailey J K and Whitham T G (2010): A genetic basis to community repeatability and stability. *Ecology*, 91(11):3398–3406.
- Kelt, D.A. and Brown, J.H. (1999): Community structure and assembly rules: confronting conceptual and statistical issues with data on desert rodents. Pages 75–107. In: E. Weiher and P.A. Keddy, eds. *The search for assembly rules in ecological communities*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Knapp, A.K. Smith, M.D., Collins, S.L., Zambatis, N., Peel, M., Emery, S., Wojdak, J., Horner–Devine, M.C., Biggs, H., Kruger, J. and Andelman, S.J. (2004): Generality in ecology: testing North American grassland rules in South African savannas. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2:483–491.
- Knops, J.M.H., Tilman, D., Haddad, N.M., Naeem, S., Mitchell, C.E., Haarstad, J. et al. (1999): Effects of plant species richness on invasion dynamics, disease outbreaks, insect abundances and diversity. *Ecology Letters*, 2, 286–293.
- Kollár, J. (2011): Gall-inducing arthropods associated with ornamental woody plants in a city park of Nitra (SW Slovakia). *Acta entomologica serbica*, 16(1/2):115-126.
- Kovács, L. (1971): Die Lebensverhältnisse und Gradation 1963/64 von *Clostera (Pygaera) anastomosis* L. in Ungarn. *Erdészeti kutatások*, 66:147–154.
- Lampel, G (1969): Untersuchungen zur Morphenfolge von *Pemphigus spirothecae* Pass. *Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg*, 58:56–72.
- Larson, K.C., and Whitham, T.G. (1997): Competition between gall aphids and natural plant sinks: plant architecture affects resistance to galling. *Oecologia*, 109:575–582.
- Lasch, P., Kollas, C., Rock, J. and Suckow, F. (2010): Potentials and impacts of short-rotation coppice plantation with aspen in Eastern Germany under conditions of climate change. *Regional Environmental Change*, 10:83-94.
- Lawrence, R., Potts, B.M. and Whitham, T.G. (2003): Relative importance of plant ontogeny, host genetic variation, and leaf age for a common herbivore. *Ecology* 84:1171–1178.
- Leskó, K. (szerk.) (-2004): A 2003. évi biotikus és aiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2004-ben várható károsítások. Erdővédelmi Figyelő-Jelzőszolgálati Rendszer éves kiadványai. AGROINFORM Kiadó és Nyomda Kft., Budapest.
- Liebard, P. (2009): Energetikai faültetvények. Cser Kiadó, Budapest. 47–52.

- Loreau, M. and Hector, A. (2001): Partitioning selection and complementarity in biodiversity experiments. *Nature*, 412:72–76.
- MacArthur, R.H. (1972): *Geographical ecology*. Harper & Row, New York.
- Maddox, G.D. and Root, R.B. (1990): Structure of the encounter between goldenrod (*Solidago altissima*) and its diverse insect fauna. *Ecology*, 71:2115–2124.
- Major, I.T. and Constabel, C.P. (2006): Molecular analysis of poplar defense against herbivory: comparison of wound- and insect elicitor-induced gene expression. *New Phytologist*, 172: 617–635.
- McAllister, T.A., Martinez, T., Bac, H.D., Muir, A.D., Yanke, L.J. and Jones, G.A. (2005): Characterization of condensed tannins purified from legume forages: chromophore production, protein precipitation, and inhibitory effects on cellulose digestion. *Journal of Chemical Ecology*, 31:2049–2068.
- McCann, K.S. (2000): The diversity-stability debate. *Nature*. 405:228–233.
- McIntyre, P.J. and Whitham, T.G. (2003): Plant genotype affects long-term herbivore population dynamics and extinction: conservation implications. *Ecology*, 84:311–322.
- Mészáros, Z. (2005): A magyarországi molylepkék gyakorlati albuma. *Növényvédelem 2005, különszám*, 30:144, 147.
- Mondor, E.B. and Roland, J. (1997): Host locating behaviour of *Leschenaultia exul* and *Patelloa pachypyga*: two tachinid parasitoids of the forest tent caterpillar, *Malacosoma disstria*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 85:161–168.
- Mondor, E.B. and Roland, J. (1998): Host searching and oviposition by *Leschenaultia exul*, a tachinid parasitoid of the forest tent caterpillar, *Malacosoma disstria*. *Journal of Insect Behavior*, 11:583–592.
- Mooney, K.A. and Agrawal, A.A. (2008): Plant genotype shapes antaphid interactions: implications for community structure and indirect plant defense. *American Naturalist*, 171: E195–E205.
- Moran, N.A. (1993): Defenders in the North-American aphid *Pemphigus obesinymphae*. *Insect Sociaux*, 40:391–402.
- Morris, M.G. (1993): A review of the British species of Rhynchaeninae (Col., Curculionidae). – *Entomologist's monthly Magazine*, 129:177–197.
- Morse, D.R., Lawton, J.H., Dodson, M.M. and Williamson, M.H. (1985): Fractal dimension of vegetation and the distribution of arthropod body lengths. *Nature*, 314:731–733.
- Naeem, S. (2002): Ecosystem consequences of biodiversity loss: the evolution of a paradigm. *Ecology*, 83:1537–1552.
- Nafria N.J.M. (2010): *Fauna Europaea: Aphididae, Pemphigus*. Fauna Europaea version 2.3 [WWW document]. URL <http://www.faunaeur.org>
- Nef, L. (1982): Relation between population density of *Phyllocnistis suffusella* and genetical and environmental characteristics of poplars. *Proc. 5th International Symposium on*

- Insect–Plant Relationships, Wageningen, The Netherlands, 1–4 March 1982. Ed. Visser, J.H., Minks, A.K.
- Nef, L. (1986): Interactions between *Phyllocnistis suffusella* Z. and poplar leaves. In: Tillesse, V. and Nef L.: Les insectes dommageables au peuplier, Espèces d'importance internationale. Édité sous les auspices de la Commission Internationale du Peuplier, F.A.O.
- Neuhaus, J.M. (1999): Plant chitinase (PR–3, PR–4, PR–8, PR–11). In Pathogenesis-related Protein sin Plants. Edited by S. Datta, and S. Muthurishnan. CRC Press, Boca Raton, Fla., 77–105.
- Noel, A., Levasseur, C., Le, V.Q. and Seguin, A. (2005): Enhanced resistance to fungal pathogens in forest trees by genetic transformation of black spruce and hybrid poplar with a *Trichoderma harzianum* endochitinase gene. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 67:92–99.
- Nottingham, S.F. and Hardie, J. (1993): Flight behaviour of the black bean aphid, *Aphis fabae*, and the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae*, in host and non-host plant odour. *Physiological Entomology*, 18(4):389–394. Article first published online: 13 Mar 2008.
- Osier, T.L. and Lindroth R.L. (2004): Long-term effects of defoliation on quaking aspen in relation to genotype and nutrient availability: plant growth, phytochemistry and insect performance. *Oecologia*, 139:55–65.
- Paige, K.N. and Capman, W.C. (1993): The effects of host-plant genotype, hybridization and environment on gall aphid attack and survival in cottonwood: The importance of genetic studies and the utility of RFLP's. *Evolution*, 47:36–45.
- Philippe, R.N. and Bohlmann, J. (2007): Poplar defense against herbivores. *Canadian Journal of Botany*, 85:1111–1126.
- Pike, N. Whitfield, J.A. and Foster, W.A. (2007): Ecological correlates of sociality in *Pemphigus* aphids, with a partial phylogeny of the genus. *BMC Evolutionary Biology*, 7: 185.
- Rajora, O.P. and Dancik, B.P. (1995a): Chloroplast DNA variation in *Populus*. II. Interspecific restriction fragment polymorphisms and genetic relationships among *Populus deltoides*, *P. nigra*, *P. maximowiczii*, and *P. canadensis*. *Theoretical and Applied Genetics*, 90:324–330
- Rajora, O.P. and Zsuffa, L. (1984): Interspecific crossability and its relation to the taxonomy of the genus *Populus* L. In: Proceedings of the joint meeting of the working parties S2–02–10 poplar provenances and S2–03–07 breeding poplar, XVII session of the international poplar commission, October 1–4, 1984. National Research Council, Ottawa, 33–45. In: Cervera, M.T., Storme, V., Soto, A., Ivens, B., Van Montagu, M., Rajora, O.P. and Boerjan, W. (2005): Intraspecific and interspecific genetic and phylogenetic relationships in the genus *Populus* based on AFLP markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 111:1440–1456.
- Ralph, S., Oddy, C., Cooper, D., Yueh, H., Jancsik, S., Kolosova, N., Philippe, R.N., Aeschliman, D., White, R., Huber, D., Ritland, C.E., Benoit, F., Rigby, T., Nantel, A.,

- Butterfield, Y.S.N., Krikpatrick, R., Chun, E., Liu, J., Palmquist, D., Wynhoven, B., Stott, J., Yang, G., Barber, S., Holt, R.A., Siddiqui, A., Jones, S.J.M., Marra, M.A., Ellis, B.E., Douglas, C.J., Ritland, K. and Bohlmann, J. (2006): Genomics of hybrid poplar (*Populus trichocarpa x deltoides*) interacting with forest tent caterpillars (*Malacosoma disstria*): normalized and fulllength cDNA libraries, expressed sequence tags, and a cDNA microarray for the study of insect-induced defences in poplar. *Molecular Ecology*, 15: 1275–1297.
- Ramirez, C.C., Zamudio F., Jaime, V., Verdugo, J.V. and Nunez, M.E. (2004): Differential Susceptibility of Poplar Hybrids to the Aphid *Chaitophorus leucomelas* (Homoptera: Aphididae) *Journal of Economic Entomology* 97(6): 1965–1971
<http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/plagas/BSVP-12-02-291-296.pdf>
- Rehder, A. (1947): *Manual of cultivated trees and shrubs: Hardy in North America: exclusive of the subtropical and warmer temperate regions*, 2nd edn. MacMillan, New York, 71–83.
- Remaudière, G. and Remaudière, M. (1997): *Catalogue des Aphides du Monde*. Paris, INRA.
- Reusch, T.B.H., Ehlers, A., Hämmerli, A. and Worm; B. (2005): Ecosystem recovery after climatic extremes enhanced by genotypic diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102:2826–2831.
- Rhoden, P.K. and Foster, W.A. (2002): Soldier behaviour and division of labour in the aphid genus *Pemphigus* (Hemiptera, Aphididae). *Insect Socialia* 49:257–263.
- Riihimäki, J., Vehviläinen, H., Kaitaniemi, P. and Koricheva, J. (2006): Host tree architecture mediates the effect of predators on herbivore survival. *Ecological Entomology*, 31:227–235.
- Robbins, J. (1991): *The leaf miners of Warwickshire with notes on other occurring in the Midlands.*, 182.
- Romanuk, T.N. and Kolasa, J. (2004): Population variability is lower in diverse rock pools when the obscuring effects of local processes are removed. – *Ecoscience*, 11:455–462.
[Web of Science](#)
- Roques, A. (1998): Les Curculionidae. In: *Les insectes associés aux peupliers* (Delplanque, A. ed.):47–64.
- Roskothen, P. (1945-48): Der Brutfürsorgeinstinkt des Trichterwicklers (*Deporaus betulae* L.). *Entomologische Blätter*, 41-44:66-76.
- Ruel, J. and Whitham T.G. (2002): Fast-growing juvenile pinyons suffer greater herbivory when mature. *Ecology*, 83:2691–2699.
- Ryan, C.A. (1990): Protease inhibitor in plants – genes for improving defenses against insects and pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 28:425–449.
- Salminen, J.P., Rosalin, T., Karonen, M., Sinkkonen, J., Pihlaja, K. and Pikkinen, P. (2004): Seasonal variation in the content of hydrolyzable tannins, flavonoid glycosides, and proanthocyanidins in oak leaves. *Journal of Chemical Ecology*, 30:1693–1711.
- Satchell, J.E. (1962): Resistance in oak (*Quercus* spp.) to defoliation by *Tortrix viridana* L. in Roudsea Wood National Nature Reserve. *Annals of Applied Biology*, 50(3):431-442.

- Scherf, H. (1964): Die Entwicklungsstadien der mitteleuropäischen Curculioniden (Morphologie, Bionomie, Ökologie). – Abhandlungen der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft, 506:1–335. In: Ellis, 2011.
- Schmidt, G. és Tóth, I. (2006): Kertészeti dendrológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 121.
- Schmidt, G. szerk. (2003): Növények a kertépítészetben. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 247–248.
- Schweitzer, J.A., Bailey, J.K., Rehill, B.J., Martinsen, G.D., Hart, S.C., Lindroth, R.L., Keim, P. and Whitham, T.G. (2004): Genetically based trait in a dominant tree affects ecosystem processes. *Ecology Letters*, 7:127–134.
- Schweitzer, J.A. et al. (2005): Nonadditive effects of mixing cottonwood genotypes on litter decomposition and nutrient dynamics. *Ecology*, 86:2834–2840.
- Schweitzer, J.A., Bailey, J.K., Fischer, D.G., Leroy, C.J., Lonsdorf, E.V., Whitham, T.G. and Hart, S.C. (2008): Plant–soil–microorganism interactions: heritable relationship between plant genotype and associated soil microorganisms. *Ecology*, 89(3):773–781.
- Shuster, S.M., Lonsdorf, E.V., Wimp, G.M., Bailey, J.K. and Whitham, T.G. (2006): Community heritability measures the evolutionary consequences of indirect genetic effects on community structure. *Evolution*, 60:146–158.
- Siemann, E., Tilman, D., Haarstad, J. and Ritchie, M. (1998): Experimental tests of the dependence of arthropod diversity on plant diversity. *American Naturalist*, 152:738–750.
- Smith, D. S., Bailey, J.K., Shuster, S.M. and Whitham, T.G. (2010): A geographic mosaic of trophic interactions and selection: trees, aphids and birds. *Journal of Evolutionary Biology*, 24:422–429.
- Spehn, E.M. et al. (2005): Ecosystem effects of biodiversity manipulations in European grasslands. *Ecological Monographs*, 75:37–63.
- Srivastava, D.S. and Lawton, J.H. (1998): Why more productive sites have more species: an experimental test of theory using tree-hole communities. *The American Naturalist*, Vol. 152, No.4
- Steiner, C.F., Long, Z.T., Krumins, J.A. et al. (2005): Temporal stability of aquatic food webs: partitioning the effects of species diversity, species composition and enrichment. *Ecology Letters*, 8: 819–828.
- Steinhausen, W. (1994): Familie Chrysomelidae. In: *Die Larven der Käfer Mitteleuropas* (Klausnitzer B, ed.) 2: Myxophaga, Polyphaga., 1:231–314.
- Stern, D.L. and Foster, W.A. (1996): The evolution of soldiers in aphids. *Biological Reviews*, 71:27–79. (doi:10.1111/j.1469–185X.1996.tb00741)
- Stern, D.L. and Foster, W.A. (1997): The evolution of sociality in aphids: a clone’s-eye view. In: *Social Behaviour in Insects and Arachnids* (eds Choe JC, Crespi BJ), 150–165. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Stevens, M.T. and Lindroth, R.L. (2005): Induced resistance in the indeterminate growth of aspen (*Populus tremuloides*). *Oecologia*, 145:298–306.

- Stroyan, H.L.G. (1964): Notes on some British species of *Pemphigus* Hartig (Hom.: Aphidoidea) forming galls on poplar, with the description of a new species. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 33:92–100.
- Swain, T. (1979): Tannins and lignins. In: *Herbivores: their Interaction with secondary plant metabolites*. Edited by G. A. Rosenthal and D. H. Janzen. Academic Press, New York, 657–682.
- Symstad, A.J., Chapin III, F. S., Wall, D. H., Gross, K. L., Huenneke, L. F., Mittelbach, G. G., Peters, D. P. C. and Tilman D. (2003): Long-term and large-scale perspectives on the relationship between biodiversity and ecosystem functioning. *BioScience*, 53:89–98.
- Szelegiewicz, H. (1977): Magyarország Állatvilága, Levéltetvek I. – Aphidinea I. Akadémiai Kiadó, Budapest, 17–21, 64–67, 74–88.
- Szelegiewicz, H. és Szalay-Marzsó, L. (2000): Levéltetvek IV. – Aphididinae IV. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Szontagh, P. (1990): A nyárak és fűzek növényvédelme. Glória Kft., Budapest. 33–47.
- Szontagh, P. and Tóth J. (1988): Erdővédelmi útmutató. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Szontagh, P. (1967): Nyárállományaink rovarfertőzöttsége. *Az Erdő* 16 (7):300–303.
- Szontagh, P. (1978): A nyárasok és füzesek védelme. 179–201. In: Keresztesi Béla (szerk.) (1978): *A nyárak és fűzek termesztése*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Szontagh, P. (1979): A *Nycteola asiatica* Krul. (Lepidoptera: Noctuidae) életmódja és károsítása nyárállományokban. *Állattani Közlemények*, 56 (1–4):167–171.
- Szontagh, P. (1982): Fitofág rovarok nyár- és fűzállományokban. *MTA Agrártudományi Közlemények* 41 (3–4):582–584.
- Szőcs, J. (1977): Lepidoptéra-aknák és -gubacsok. Akadémiai Kiadó, Budapest, 252–258.
- Takabayashi, J. and Dicke, M. (1996): Plant-carnivore mutualism through herbivore-induced carnivore attractants. *Trends in Plant Science*, 1:109–113.
- Thompson, J.N. (2005): The geographic mosaic theory of coevolution. University of Chicago Press, Chicago. In: Smith, D. S., Bailey, J.K., Shuster, S.M. and Whitham, T.G. (2010): A geographic mosaic of trophic interactions and selection: trees, aphids and birds. *Journal of Evolutionary Biology*, 24:422–429.
- Tilman, D., Knops, J., Wedin, D., Reich, P., Ritchie, M. and Siemann E. (1997): The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, 277:1300–1302. (doi:10.1126/science.277.5330.1300)
- Tilman, D., Reich, P.B., Knops, J., Wedin, D., Mielke, T. and Lehman C. (2001): Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science*, 294:843–845. (doi:10.1126/science.1060391)
- Tilman, D., Reich, P.B. and Knops, J.M.H. (2006): Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. *Nature*, 441:629–632.
- Tóth, B. (2006): Nemesnyár-fajták ismertetője. *Agroinform Kiadó, Budapest*, 15, 44, 48.

- Tóth, J. (1969): Nyárfa gyapjaspille nevelési kísérlet tanulságai. *Az Erdő* 18(2):80–82.
- Tóth, J. (1972): A nyárfa apróbagoly károsítása csemetekertben. *Az Erdő*, 21(2):76–79.
- Tóth, J. (1999): Erdészeti rovartan. AGROINFORM Kiadó, Budapest.
- Tóth, J. és Szontagh, P. (1977): Erdővédelmi útmutató I. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Tovar–Sánchez, E. and Oyama, K. (2006): Effect of hybridization of the *Quercus crassifolia* x *Quercus crassipes* complex on the community structure of endophagous insects. *Oecologia*, 147:702–713.
- Tsai, C.J., Harding, S.A., Tschaplinski, T.J., Lindroth, R.L. and Yuan, Y.N. (2006): Genom-wide analysis of the structural genes regulating defense phenylpropanoid metabolism in *Populus*. *New Phytologist*, 172:47–62.
- Tuba, K. (2008): Cseresznyelegyek (*Rhagoletis* spp.) Vas megyében (Szakdolgozat). Szent István Egyetem, 59-61.
- Tuba, K., Lakatos, F. (2010): Diversity of *Pemphigus* galls on the Lombardy black poplar (*Populus nigra* ‘Italica’). In: IXth European Congress of Entomology: Programme and Book of Abstracts. Budapest, Magyarország, 2010.08.22-2010.08.27., p. 72.
- Urban, C. (1922): Zur Biologie der Zeugophora flavicollis Mrsh. (Col. Chrysom.) – Deutsche entomologische Zeitschrift 1922:405–408.
- Urban, J. (2004): Occurrence, development and natural enemies of cecidogenous generations of *Pemphigus gairi* Stroyan (Sternorrhyncha, Pemphigidae). *Journal of Forest Science*, 50:415-438.
- Urban, J. (2012): Biology of *Byctiscus populi* (L.)(Coleoptera, Attelabidae). Part II. Leafrolls, larvae and this year’s imagoes. *Acta Universitatis Agriculturae Mendelianae Brunensis*, 60(1):155-165.
- Van Zandt, P.A. and Agrawal A.A. (2004): Community-wide impacts of herbivore-induced plant responses in milkweed (*Asclepias syriaca*). *Ecology*, 85:2616–2629.
- Vanden Broeck, A. (2003): EURFORGEN. Technical Guidelines for genetic conservation and use for European black poplar (*Populus nigra* L.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, 1–6.
- Vanden Broeck, A., Villar, M., Van Bockstaele, E. and Van Slycken, J. (2005): Natural hybridization between cultivated poplars and their wild relatives: Evidence and consequences for native poplar populations. *Annals of Forest Science*, 62:601–613.
- Varga, F. (2001): Erdővédelemtan. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 165-171.
- Waltz, A.M. and Whitham T.G. (1997): Plant development affects arthropod communitius: opposing impacts of species removal. *Ecology*, 78:2133–2144.
- Wang, J.H. and Constabel, C.P. (2004): Polyphenol oxidase over-expression in transgenic *Populus* enhances resistance to herbivory by forest tent caterpillar (*Malacosoma disstria*). *Planta*, 220:87–96.
- Weigelt, A., Schumacher, J., Roscher, C. and Schmid, B. (2008): Does biodiversity increase spatial stability in plant community biomass? *Ecology Letters*, 11:338–347.

- Weihner, E., Keddy, P. (eds) (1999): Ecological assembly rules: perspectives, advances, retreats. Cambridge Univ Press, Cambridge.
- Whitham, T.G. (1980): The theory of habitat selection: examined and extended using Pemphigus aphids. *The American Naturalist*, 115 (4):449-466.
- Whitham, T.G., Floate, K.D., Martinsen, G.D., Driebe, E.M. and Keim, P. (1996): Ecological and evolutionary implications of hybridization: Populus-herbivore interactions. In: *Biology of Populus and its implications for management and conservation*. Edited by Settler R. F., Bradshaw H. D., Heilman P.E., Hinckley T. M. NRC Research Press, Ottawa, Ont., 247-275.
- Whitham, T.G., Bailey, J.K., Schweitzer, J.A., Shuster, S.M., Bangert, R.K., LeRoy, C.J., Lonsdorf, E.V., Allan, G.J., DiFazio, S.P., Potts, B.M., Fischer, D.G., Gehring, C.A., Lindroth, R.L., Marks, J., Hart, S.C., Wimp, G.M. and Wooley, S.C. (2006): Community and ecosystem genetics: a framework for integrating from genes to ecosystems. Invited paper. *Nature Reviews Genetics*, 7:510-523.
- Whitham, T.G., Young, W.P., Martinsen, G.D., Gehring, C.A., Schweitzer, J.A., Shuster, S.M., Wimp, G.M., Fischer, D.G., Bailey, J.K., Lindroth, R.L., Woolbright, S.A. and Kuske, C.R. (2003): Community and ecosystem genetics: a consequence of the extended phenotype. *Ecology*, 84:559-573.
- Whitham, T.G., DiFazio, S.P., Schweitzer, J.A., Shuster, S.M., Allen, G.J., Bailey, J.K., and Woolbright, S.A. (2008): Extending genomics to natural communities and ecosystems. *Science*, 320:492-495.
- Wimp, G.M., Martinsen, G.D., Floate, K.D., Bangert, R.K. and Whitham, T.G. (2005): Plant genetic determinants of arthropod community structure and diversity. *Evolution*, 59:61-69.
- Wimp, G.M., Young, W.P., Woolbright, S.A., Martinsen, G.D., Keim, P. and Whitham, T.G. (2004): Conserving plant genetic diversity for dependent animal communities. *Ecology Letters*, 7:776-780.
- FAO (2008): Forest and energy – Key issues. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Forestry Paper No. 154. Rome. Italy.
- MgSzH (2011): Erdővagyon, Erdő-és Fagazdálkodás Magyarországon, 2011. Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Erdészeti Igazgatósága, Budapest.