

ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATOK A MAGYAR KŐRIS (*FRAXINUS ANGUSTIFOLIA* SUBSP. *DANUBIALIS*) ÉS A MAGAS KŐRIS (*FRAXINUS EXCELSIOR*) GENERATÍV SZERVEIN

Silnicki Ádám, Zagyvai Gergely és Bartha Dénes

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

Kivonat

Kutatásunk során a *Fraxinus* nemzetség két hazai képviselője esetében vizsgáltuk a generatív szervek morfológiai bélyegeit. A mintavételezés elsősorban a Rábaköz – Répce-sík menti populációkat érintette. A begyűjtött minta kiértékelését többváltozós statisztikai módszerekkel végeztük, külön figyelmet fordítva a mennyiségi és minőségi bélyegek elkülönítésére. A feldolgozás során hierarchikus klasszifikációt, főkomponens-analízist (PCA), főkoordináta-analízist (PCoA) és nemmetrikus többdimenziós skálázást (NMDS) alkalmaztunk, melyekkel szemléltettük a morfológiai bélyegek, valamint az egyedek kapcsolatrendszerét. A hierarchikus és az ordinációs elemzés egyaránt arra utal, hogy a két taxon egyedei mennyiségi tulajdonságok alapján nem választhatók el egymástól, de minőségi bélyegek alapján, az alkalmazott módszer szerint, jól elkülönülő csoportokat kapunk. Az eredmények rámutatnak az elkülönítésben a virágzat felépítésének döntő jelentőségére. Elemeztünk olyan egyedeket is, amelyeknek a virágzata nem az adott taxonra jellemző felépítésű.

Kulcsszavak: *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis*, buga, fürt, többváltozós statisztikai adatfeldolgozás, hibridizáció

COMPARATIVE SURVEYS ON GENERATIVE ORGANS OF HUNGARIAN ASH (*FRAXINUS ANGUSTIFOLIA* VAHL SUBSP. *DANUBIALIS* POUZAR) AND COMMON ASH (*FRAXINUS EXCELSIOR* L.)

Abstract

The aim of this study was the morphological analyses of generative organs of two native *Fraxinus* species. *Fraxinus* samples were taken mostly from populations of Rábaköz – Répce-sík and analysed with multivariate statistics separating the qualitative and quantitative morphological characteristics. Hierarchical clustering, Principal Component Analysis (PCA), Principal Coordinates Analysis (PCoA) and Non-metric Multidimensional Scaling (NMDS) have been applied to demonstrate the correspondences between morphological characteristics and specimens. Specimens of two different taxa could not be distinctive through quantitative characteristics; however they separated considerable during the analyses of qualitative characteristics. Our results draw attention to the significance of inflorescence structure as an important distinctive morphological characteristic, although specimens with atypical inflorescence have been analysed as well.

Keywords: *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis*, panicle, raceme, multivariate statistical data analysis, hybridization

Levelező szerző/Correspondence:

Silnicki Ádám, 9400 Sopron, Ady E. u. 5; e-mail: silnickiadam@gmail.com



BEVEZETÉS

A *Fraxinus* nemzetség hazai képviselői közül a magyar kőris (*Fraxinus angustifolia* Vahl subsp. *danubialis* Pouzar, syn.: *Fraxinus angustifolia* Vahl subsp. *pannonica* Soó et Simon) és a magas kőris (*Fraxinus excelsior* L.) a vegetatív, és a generatív szerveik morfológiai sajátosságait tekintve is rendkívül változatos képet mutatnak. A két taxon között egészen az 1950-es évek közepéig nem tettek különbséget. Ebben az is fontos szerepet játszott, hogy Németországban a magas kőrisnek két „ökotípusát” (Bodenrasse) különböztették meg egy meszes, sziklás termőhelyeken növényű ún. „Kalkesche”-t, valamint egy nedves, lapályos termőhelyeken növényű ún. „Wasserresche”-t. Weiser (1964, 1975, 1995) német erdész kutató 33 éves időtartamú reciprok kísérletekkel bebizonyította, hogy a magas kőris esetében nincs ökológiai differenciálódás, csak széles termőhelyi toleranciájának köszönhető e sajátosság. A magyar kőris és a magas kőris megkülönböztethetőségét nehezíti, hogy mindkét taxon meglehetősen változatos (Magyar 1960; Soó 1966; Kárpáti Z. 1966, 1968; Kárpáti I. 1966). A magyar kőris változatait Kárpáti Z. írta le, két egymástól független morfológiai bélyeg, a levél és a termés alapján. Előbbi esetben 3, az utóbbiban 13 változatot különböztetett meg (Kárpáti Z. 1968). E megközelítés miatt előfordulhat, hogy termés alapján az egyik, de levél alapján a másik változathoz sorolható a vizsgált egyed (egyedül a var. *pannonica* Kárp. esetében jelezte mind a két tulajdonságot).

Az alapfajjal, a keskenylevelű kőrissel, s egyben alfajával, a magyar kőrissel legelmélyültebben Pavle Fukarek szarajevói erdészprofesszor foglalkozott a XX. század közepén (Fukarek 1955; 1956a,b,c; 1957; 1958; 1960a,b; 1963). Hazánkban a Kárpáti I. és a Kárpáti V. (1956a,b; 1957) felismerése volt az első, amellyel bizonyította a magas kőristől eltérő morfológiai sajátosságú egyedek síkvidéki ligeterdőkben betöltött meghatározó szerepét. Akkor ezt még tévesen a *Fraxinus oxycarpa* Willd. taxonnak tartották, azonban behatódott tanulmányában Tóth (1958), majd Soó és Simon (1960) megállapította, hogy ez a taxon a magyar alföldeken nem a *Fraxinus oxycarpa*-val azonos, hanem a *Fraxinus angustifolia*-val.

A magas és a magyar kőris egzakt elkülönítésére a generatív szervek architektúrájának vizsgálata a legcélravezetőbb, hiszen míg a magyar kőrisnek egyszerű fürt virágzata (inflorescentia simplex: racemosa) van, addig a magas kőrisnek összetett buga virágzata (inflorescentia compositae: paniculata) (Kárpáti Z. 1970). Ez a jellemző különbség vezetett ahhoz, hogy a két taxon elkülönítését a generatív szervek morfológiai megközelítésében végezzük.

A magyar kőris és a magas kőris botanikai jellemzésnek ismertetésétől tanulmányunkban eltekintünk, erről számos szakirodalom áll a rendelkezésünkre (Csapody és mtsai 1966; Haracsi 1975a, b; Kevey 1988; Vöröss 1991; Gencsi és Vancsura 1997; Bartha 2006a, b; Raddi 2009; Roloff 2009).

A kutatás legfőbb célja, hogy feltárja a magyar kőris és a magas kőris virágzat- és termésmorfológiájának változatosságát. A témaválasztást az alábbiak is indokolták:

- a két taxon megkülönböztetése máig problémát okoz a hazai szakközönségnek;
- az erdőtervi adatok közt sok esetben magas kőris szerepel ott is, ahol magyar kőris fordul elő;
- a magyar kőris és a magas kőris közeli rokonsága és térbeli érintkezése feltételezi hibridek létrejöttét.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Mintavétel

A vizsgálat tárgyát a virágtakaró nélküli, *Fraxinus* szekcióba tartozó *Fraxinus angustifolia* Vahl subsp. *danubialis* Pouzar és a *Fraxinus excelsior* L. virágzata és termése képezték.

A kutatás területe elsősorban a Kisalföld középső, Répce – Rábaköz menti populációját fedte le. A populációk kiválasztásának fő kritériuma a *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis* magas előfordulási aránya, feltűnő

változatossága volt. Ezekben a területeken véletlenszerűen kiválasztott, termő korú, állomány szélén elhelyezkedő egyedekről vettünk mintát, egyedenként annyit, hogy kvantitatív tulajdonságaik mérhetőek legyenek. A mintavétel valamennyi egyed esetében megegyező volt. A minták begyűjtésére augusztustól október elejéig került sor, amikor a termések már teljesen kifejlett állapotban voltak. Több gyűjtési körzetet jelöltünk ki, a magyar kőris esetében Csáfordjánosfa, Csánig, Dénesfa, Répcelak községek határait. Magas kőris mintát a Szigetközből, Sopronból, Peresznyéről gyűjtöttünk. Összesen 97 különböző egyedről szedtünk mintát, 82 magyar kőrisről és 15 magas kőrisről. A magyar kőris minták nagyobb arányát, a taxon magas kőrishez viszonyított nagyobb változatossága, formagazdagsága indokolta, melyet a korábbiakban ismertetett irodalmak (Soó 1966; Kevey 1988) és az előzetes terepi tapasztalatok is alátámasztottak. A magyar kőris változatosságának tényét a 69 egyértelműen meghatározható magyar kőris mintából véletlenszerűen kiemelt 3-szor 15 egyedből álló mintarészek magas kőris mintával való összevetésével is vizsgáltuk, melynek során a mennyiségi tulajdonságok esetében a minták szórását, a minőségi tulajdonságoknál értékeik eloszlását és terjedelmét hasonlítottuk össze. Az összehasonlításokat a hibrid gyanús egyedek kizárásával végeztük (13 egyed).

Egyedenként 10 virágzaton, illetve terméságazaton 23 tulajdonságot vizsgáltunk. A feldolgozandó mintába a mintaelemek átlagértékei kerültek be.

A vizsgált generatív szervek hatékony gyűjtése érdekében, a korábban leírt módon, a mintavétel során a jól termő egyedeket részesítettük előnyben (preferáltuk), vagyis a mintából levont következtetések nem általánosíthatók a vizsgálati területek teljes kőris populációira, de a két taxon összehasonlítását lehetővé teszik.

A mért és származtatott mennyiségi, valamint a minőségi tulajdonságok a következők:

Mért adatok:

- a termés hossza (mm);
- a termés szélessége (mm);
- a mag hossza (mm);
- a mag szélessége (mm);
- a terméskocsány hossza (mm);
- a bibemaradvány hossza (mm);

Származtatott adatok:

- a termés hosszának és szélességének aránya, ezek átlaga;
- a termés hosszának átlaga;
- a termés szélességének átlaga;
- a mag hosszának és szélességének aránya, ezek átlaga;
- a mag hosszának átlaga;
- a mag szélességének átlaga;
- a terméskocsány hosszának átlaga;

Minőségi adatok:

- a termés alakja;
- a termés csúcsa;
- a termés csavarodottsága;
- a mag alakja;
- a mag aránya a terméshez képest;
- a mag csavarodottsága;
- a termés válla;



- a virágzat hosszúsági kategóriája;
- a virágzat jellege;
- a virágzati főtenhely struktúrája;
- a virágzati melléktenhelyek struktúrája.

Adatelemzés

A mért tulajdonságok esetében, az adatelemzés során az egy egyedről vett mintaelemek átlagértékei kerültek a mintába.

Módszereink alkalmazásához szükséges volt a minőségi tulajdonságok kategóriáinak ordinációs skálára való átalakítása, mely a virágzat attribútumai esetében, módszertani szempontból, fokozott óvatosságot igényel (1. táblázat). A táblázatból látható, hogy a mért tulajdonságok kategóriái pontos mennyiségi adattal nem jellemezhetők, de elegendő információt hordoznak, hogy a morfológiára vonatkozó szélső értékek között, átmenetet képezve sorba állítsuk őket, így ordinális skálával rendelkező értékeket rendelünk hozzájuk. Az ordinális változók alapján képzett objektumok közötti távolságképzéshez Podani (1997b) diszkordancia módszerét alkalmaztuk, mely az ordinális skála értékein túl a jelenlét-hiány információkat is hangsúlyosan veszi figyelembe. A módszer ez utóbbi képességét vizsgálatunkban nem használtuk ki. Podani távolságfüggvénye alkalmas az ordinális skálán (A-D értékek) felvett növénytársulástani adatok feldolgozására is.

1. táblázat: A termés és a virágzat gyűjtött tulajdonságaihoz rendelt ordinális értékek.
Table1: Ordinal values of characteristics collected about fruit and inflorescence.

A termés jellemzői:			A termés jellemzői:	
A	Alakja:	Érték:	Minimális, < 10°	3
	Az alsó harmadban a legszélesebb	1	<45°	4
	Középen a legszélesebb	2	~45°	5
	A felső harmad alján a legszélesebb	3	~45°, a szárny kissé kanalasodik	6
	Párhuzamos	4	>45°	7
	A felső harmadban a legszélesebb	5	~90°	8
B	Csúcsa:		>90°	9
	Hegyes	1	Mag:	
	Hegyes, lehet kicsipett	2	E Alakja:	Érték:
	Tompa	3	Ellipszis	1
	Kissé kicsipett	4	Megnyúlt ellipszis	2
	Kicsipett	5	F A mag aránya a terméshez:	Érték:
	Mélyen kicsipett	6	Felénél rövidebb	1
C	Bibemarádvány:		Körülbelül a fele	2
	∅	1	Felénél hosszabb	3
	Ha van, 0,5- 1 mm	2	G A mag csavarodottsága:	
	0,5-1 mm	3	-	1
	1-2 mm	4	+	2
	2 mm <	5	H A termés válla:	
D	Csavarodottság:		Hirtelen kihegyesedő	1
	Nincs	1	Keskeny ék	2
	Nincs, a szárny kanalasodik	2	Ék	3

A termés jellemzői:			A termés jellemzői:		
	Tompa	4		Erősen elágazó	4
	Lekerekített	5		Buga	5
A virágzat jellemzői:			K	A főtenyegy struktúrája:	
I	A virágzat hossza:	Érték:		Átellenes	1
	Rövidek, tömöttek	1		3-as örvös, átellenes	2
	4-9 cm	2		3-as örvös	3
	Hosszúak, lazábbak	3	L	A melléktenyegy struktúrája:	
J	Virágzat:			Nincs melléktenyegy	1
	Fürt	1		Átellenes	2
	Gyengén elágazó	2		3-as örvös	3
	Elágazó	3			

A nagyszámú tulajdonság számokban kifejezhető adatait sokváltozós statisztikai eljárásokkal elemezve, ezgakt módon közelíthetjük meg (Borovics 1997, 1998). Az elemzéseket a SYN-TAX 2000 (Podani 2001) programcsomaggal végeztük, hierarchikus osztályozás és ordináció segítségével.

A klasszifikáció módszerével vizsgáltuk a vizsgált mennyiségi és minőségi tulajdonságok egymással való összefüggését. Ezekben az esetekben a vizsgálati objektumot az egyes paraméterek (pl. termés válla) jelentik, míg az egyedek a változók (1-2. ábra). A mennyiségi tulajdonságok kapcsolatait csoportátlag (UPGMA) analízissel, euklidészi távolság alkalmazásával (Podani 1997a), a minőségi, nem metrikus tulajdonságok összefüggését Podani (1997b, 2001) diszkordancia koefficiensével (Podani's discordance) elemeztük.

Külön a mennyiségi és külön a minőségi tulajdonságok egymáshoz való viszonyát, és az egyedek ezekhez képesti helyzetét főkomponens-analízissel (PCA, euklidészi biplot) is elemeztük. Az egyedek közötti kapcsolat vizsgálatához, a mennyiségi adatok esetében a metrikus többdimenziós skálázást (főkoordináta-analízis, principal coordinates analysis, PCoA, euklidészi távolság) alkalmaztuk. A minőségi adatok esetében nem-metrikus többdimenziós skálázást (non-metric multidimensional scaling, NMDS) használtunk (Podani 1997a, 2000). Utóbbi elemzéseknél (PCoA, NMDS) a vizsgálati objektumok az egyedek, a változók az egyes tulajdonságok (3-6. ábra)

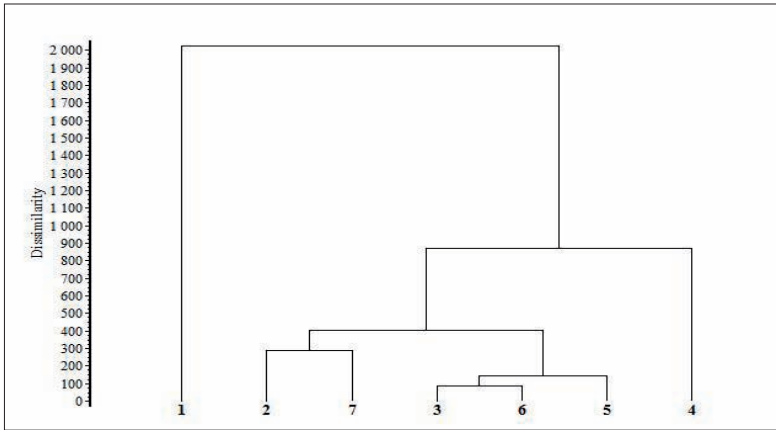
Az adatfeldolgozással és értelmezéssel kapcsolatos fontos megjegyzés, hogy a virágzat jellege (fürt vagy buga, vagy ezek kombinált előfordulása) és a melléktenyegy struktúrája közt magától értetődő összefüggés van, hiszen a fürtnek nincs melléktenyegye, a bugának van, ezért az adatelemzés során ezt nem vehetjük figyelembe.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

Hierarchikus osztályozás

A tulajdonságok közti összefüggések vizsgálata

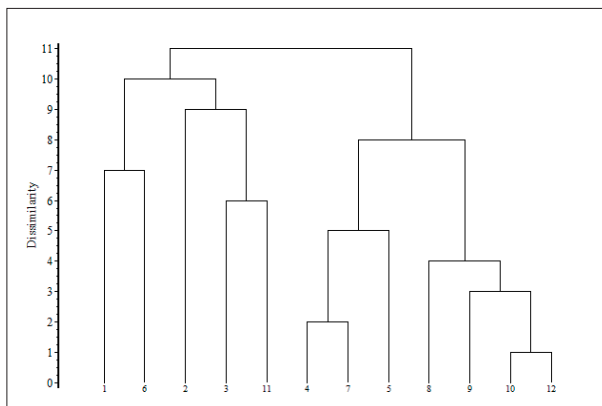
A mennyiségi tulajdonságok elemzése során kapott dendrogram szerint a legszorosabb kapcsolat a termés szélesség és hossz arányának átlaga (3) és a mag szélesség és hossz arányának átlaga (6) tulajdonságok közt van, de erősen összefügg velük a mag szélességének átlaga (5) is. Tehát a mag és termés szélesség-hosszúság arányai közel megegyeznek, számszerűen minél szélesebb a mag, arányaiban annál szélesebb a mag és a termés is. Érdekes eredmény, hogy a termés szélessége (2) elsősorban a terméskocsány hosszával (7) mutat összefüggést. A többitől a legfüggetlenebb tulajdonság a termés hossza (1) (1. ábra).



1. ábra: A vizsgált mennyiségi tulajdonságok csoportátlag analízise (UPGMA, euklidészi távolság) (1. termés hosszának átlaga, 2. termés szélességének átlaga, 3. a termés szélesség és hossz arányának átlaga, 4. a mag hosszának átlaga, 5. a mag szélességének átlaga, 6. a mag szélesség és hossz arányának átlaga, 7. ta erméskocsány hosszának átlaga).

Figure 1: Group average analysis (UPGMA, Euclidean distance) of studied quantitative characteristics (1. average of fruit length, 2. average of fruit width, 3. average of fruit length and width ratio, 4. average of seed length, 5. average of seed width, 6. average of seed length and width ratio, 7. average of fruit stalk length).

Megfigyeltük, ha olyan magyar kőris egyedeket találtunk, amelyeknek nem csupán fűrtvirágzata, hanem emellett a bugához hasonló, de annál gyengébb felépítésű virágzata („subpaniculata”) volt, akkor a melléktengelyek minden esetben keresztben átellenesek, még akkor is, ha a virágzat főtengele hármass örvös állású volt. Ez a tulajdonság a magyar kőris hajtásrendszerében is nagyon gyakori jelenség (Vöröss 1974a, b; 1982; Kevey 1988). A magas kőris esetében a virágzati főtengele, és a virágzati melléktengely is keresztben átellenes elágazásának bizonyult. Az említett két változó szorosabban összefügg a virágzat hosszával (9) és a termés vállával (8.). A mag (7) és a termés csavarodottsága (4) logikus módon összefügg, lazábban függ össze velük a mag alakja (5) is (2. ábra).



2. ábra: A vizsgált minőségi tulajdonságok nem-metrikus (Podani's discordance) analízise (1. a termés alakja, 2. a termés csúcsa, 3. a bibemaradvány, 4. a termés csavarodottsága, 5. a mag alakja, 6. a mag aránya a terméshez képest, 7. a mag csavarodottsága, 8. termés válla, 9. virágzat hossza, 10. virágzat jellege, 11. főtengele struktúrája, 12. melléktengelyek struktúrája).

Figure 2: Non-metric, Podani's discordance analysis of studied qualitative characteristics. (1. fruit shape, 2. top of fruit, 3. remain of stigma, 4. twist of fruit, 5. seed shape, 6. seed fruit ratio, 7. twist of seed, 8. shoulder of fruit, 9. length of inflorescence, 10. trait of inflorescence, 11. structure of prime inflorescence axis, 12. structure of lateral axis).

Az egyedek közötti kapcsolatok vizsgálata

A mennyiségi paraméterek alapján a csoportátlag-analízissel (UPGMA) készített dendrogramon a két taxon egyedei nem válnak el egymástól, ebből következően a két taxon termésének mennyiségi, azaz mérhető tulajdonságai nem fajspecifikusak, tehát nem határozó jellegűek. Ugyan kialakultak jól elkülönülő, határozott csoportok, de ezekben a magyar kőris és magas kőris minták keveredve fordulnak elő.

A minőségi tulajdonságok alapján végzett analízis (non-metric, Podani's discordance) szerint megállapítható a két taxon különválása. Jól körülhatárolható csoport tartalmazza a magas kőris egyedeket, illetve az olyan hibrid gyanús egyedeket, amelyek a termésmorfológia alapján inkább a magas kőrishez hasonlítanak.

Az említett egyedek közötti kapcsolatra vonatkozó dendrogramok közzétételétől terjedelmi okokból eltekintünk.

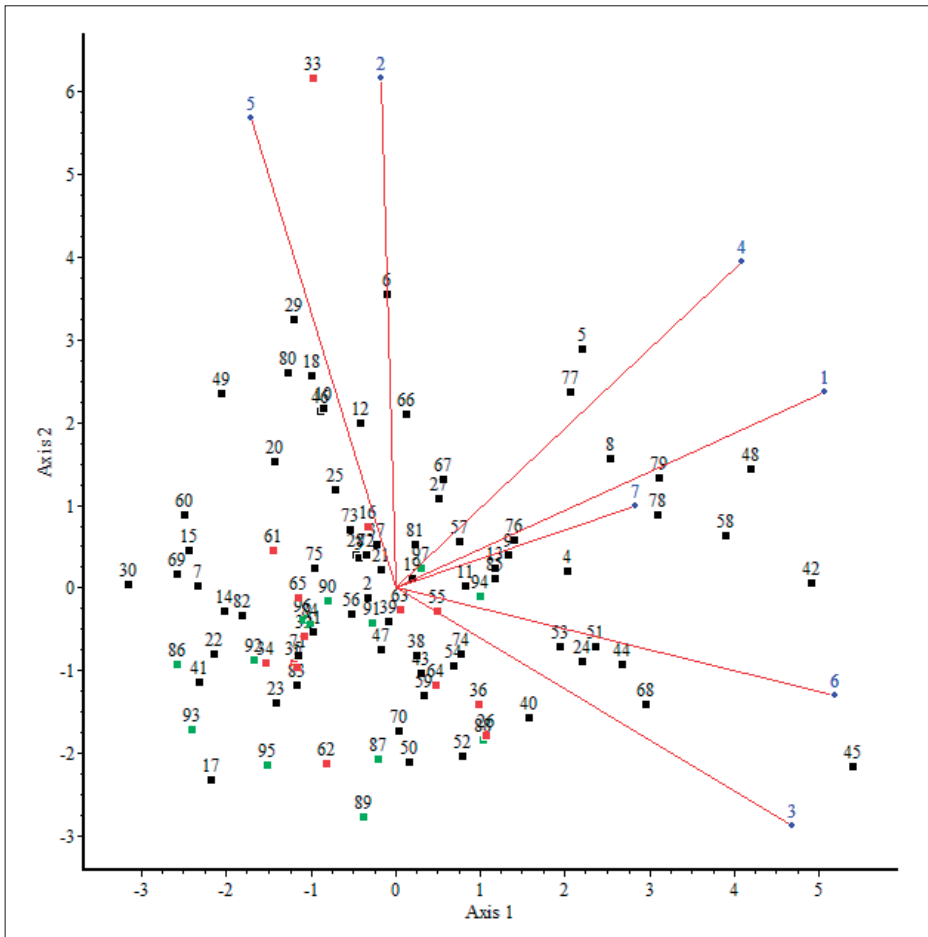
Ordináció

A tulajdonságok közti összefüggések vizsgálata

A mennyiségi változók főkomponens analízise során (PCA, euklideszi biplot) eltérő kapcsolati viszonyt vélhetünk felfedezni a hierarchikus klasszifikáció eredményeitől (1. ábra), mely esetében a termés hossz átlaga (1) tulajdonság viszonylag függetlennek bizonyult. Ebben az esetben (PCA) azonban a többivel viszonylag egyformán összefügg, kivéve a terméskocsány hosszának átlagát (7), mellyel szorosabban összefügg. A termés szélesség és hossz aránya (3) és a mag szélesség és hossz aránya (6) tulajdonság továbbra is szorosan kapcsolódik egymáshoz (3. ábra).

A 3. ábrán látható diagramon az egyedek ordinációs helyzete hasonlóságot mutat az 5. ábrán látható főkoordináta analízis eredményével. Mindkét esetben létezik egy, a minta többi részétől elkülönülő magyar kőris csoport a diagram jobb oldalán és felső részén (fekete pontok). A diagram alsó és bal oldali részén az eltérő színekkel jelölt három csoport mintái vegyesen, egymáshoz közel helyezkednek el. Az elemzés alapján megállapítható, hogy az elkülönülő két csoport helyzetét a termés szélesség és hossz arányának átlaga (3) kivételével minden változó magyarázza. A változók magasabb értékei minden esetben az elkülönülő magyar kőris csoport példányaihoz kötődnek, míg az átlagos és alacsony értékeket a vegyes csoport mintáinál figyelhetjük meg elsősorban.

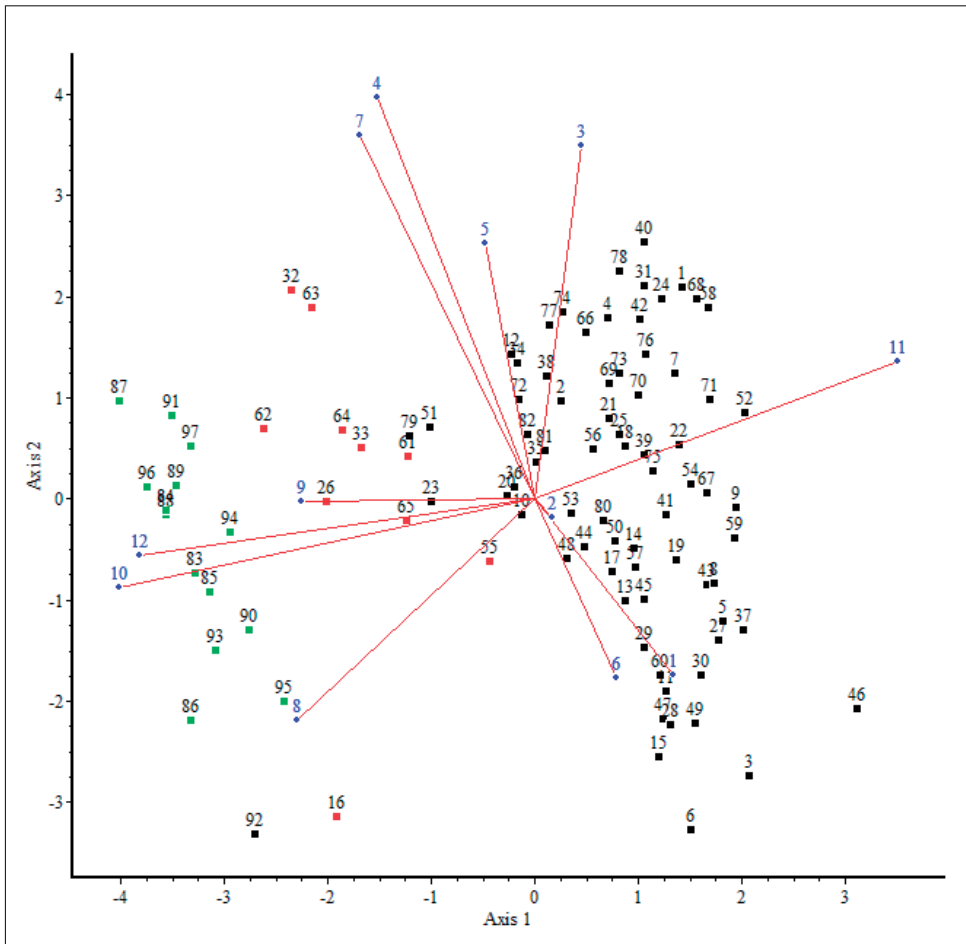
Adataink szerint a magyar kőris generatív szerveinek mennyiségi tulajdonságai jóval változatosabbak a magas kőrisénél és a hibrid gyanús egyedekénél. Felmerül a lehetősége annak, hogy hibridizáció során elsősorban a magas kőris méretbeli tulajdonságai érvényesülnek, a nagyobb mérettartományok adatai csak a tisztán magyar kőris esetében fordulnak elő. Alternatív lehetséges magyarázat lehetne a populációk földrajzi elhelyezkedéséből eredő elkülönülés, amit mintáink eredete nem támaszt alá.



3. ábra: A vizsgált mennyiségi tulajdonságok főkomponens-analízise (PCA) (1. a termés hosszának átlaga, 2. a termés szélességének átlaga, 3. a termés szélesség és hossz arányának átlaga, 4. a mag hosszának átlaga, 5. a mag szélességének átlaga, 6. a mag szélesség és hossz arányának átlaga, 7. a terméskocsány hosszának átlaga). (A pontok az egyedeket jelölik: zöld – magas kőris, fekete – magyar kőris, piros – hibrid gyanús egyedek).

Figure 3: Principal components analysis (PCA) of studied quantitative characteristics (1. average of fruit length, 2. average of fruit width, 3. average of fruit length and width ratio, 4. average of seed length, 5. average of seed width, 6. average of seed length and width ratio, 7. average of fruit stalk length) (Points show examined trees: green – *Fraxinus excelsior*, black – *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis*, red – individual trees with hybrid traits.)

A főkomponens analízis (PCA, euklideszi biplot) alátámasztja a korábbi megállapítást (2. ábra), miszerint a legjobban összefüggő minőségi tulajdonságok a termés csavarodottsága (4) és a mag csavarodottsága (7), illetve a virágzat jellege (10) és a melléktengelyek struktúrája (12) (4. ábra).



4. ábra: A vizsgált minőségi bélyegek főkomponens-analízise (PCA) (1. a termés alakja, 2. a termés csúcsa, 3. a bibemaradvány, 4. a termés csavarodottsága, 5. a mag alakja, 6. a mag aránya a terméshez képest, 7. a mag csavarodottsága, 8. a termés válla, 9. a virágzat hossza, 10. virágzat jellege, 11. főtenyely struktúrája, 12. melléktenyelyek struktúrája) (A pontok az egyedeket jelölik: zöld – magas kőris, fekete – magyar kőris, piros – hibrid gyanús egyedek).

Figure 4: Principal components analysis (PCA) of studied qualitative characteristics. (1. fruit shape, 2. top of fruit, 3. remain of stigma, 4. twist of fruit, 5. seed shape, 6. seed fruit ratio, 7. twist of seed, 8. shoulder of fruit, 9. length of inflorescence, 10. trait of inflorescence, 11. structure of prime inflorescence axis, 12. structure of lateral axis) (Points show examined trees: green – *Fraxinus excelsior*, black – *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis*, red – individual trees with hybrid traits).

Megfigyelhető, hogy a magyar kőris, a magas kőris és a nem egyértelmű egyedek (az esetleges hibridek) különválnak, ami az előző mennyiségi főkomponens-analízis során nem volt így. Ez is bizonyítja, hogy a csupán mennyiségi tulajdonságok nem megfelelőek a két taxon különválasztására. A három mintacsoport határozott elkülönülése fontos következtetések levonását teszi lehetővé arra vonatkozóan, hogy milyen erősségűek a minőségi változók az előzetesen megállapított három csoport ordinációja szempontjából. Legfontosabbak azok a változók, melyek tengelye merőlegesen, gradiensként áthalad a három megkülönböztetett csoporton. Ezek a következők: a virágzat jellege (10.), a főtenyely struktúrája (11.), a melléktenyelyek struktúrája (12.), a virágzat hossza (9.), a termés válla (8.). Ezek közül az első három vagy négy akár egy tulajdonságként is értelmezhető, mely a virágzatot szerkezetileg jellemzi, és mutatja meghatározó jelentőségét. A termés válla itt

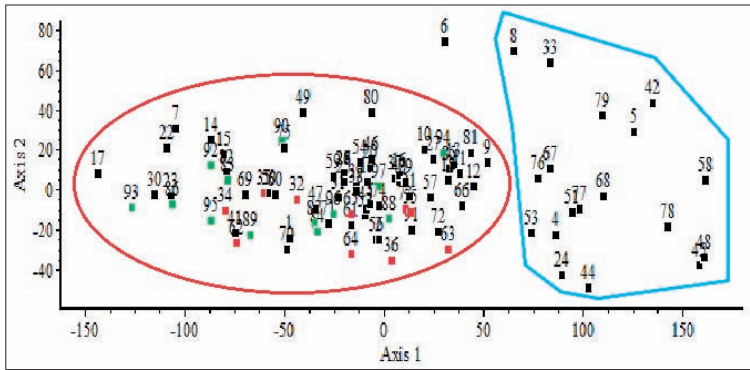
is és a 2. ábra dendrogramján is kapcsolódik a virágzatra vonatkozó változókhoz, így a mag- és termésváltozók közül ez a legalkalmasabbnak bizonyuló differenciáló bélyeg. Az előzetesen magas és magyar kőrisként meghatározott csoportok morfológiai változatosságát esősorban azok a változók magyarázzák, melyek az előző tengelyekre merőlegeshez hasonló szöveget zárnak be. Ide tartozik a termés és a mag tulajdonságainak többsége (kivéve a termés válla – 8).

Elvégeztünk egy olyan csökkentett ordinációs főkomponens-analízist is, amelyben nem szerepeltettük a virágzat kvalitatív (minőségi) tulajdonságait, hanem csak az első kilencet, a virágzat jellege (10), a főtenyeg struktúrája (11), a melléktenyeg struktúrája (12) tulajdonság nélkül. Ebben az esetben a csoportok nem válhattak szét egyértelműen, hiszen a 4. ábrán látható módon ezeknek a változóknak a tengelyei összesítve szinte egyenes vonalként húzódnak mindhárom csoporton keresztül.

A mag és termés minőségi tulajdonságainak változatossága a magas és magyar kőris esetében nagyobb, mint az előzetesen hibrid-gyanúsaként értékelt minták esetében, melyek minőségi tulajdonságaik szerint viszonylag egységesek, és jól mutatják átmeneti tulajdonságaikat.

Az egyedek közötti kapcsolatok vizsgálata

A mennyiségi vizsgálatoknál a metrikus többdimenziós skálázást (főkoordináta analízis, principal coordinates analysis, PCoA, euklidészi távolság) alkalmaztuk, mely alkalmas a metrikus értékek feldolgozására (5. ábra). Az ábrán nem különülnek el a taxonok, tehát itt is megállapíthatjuk a mennyiségi mutatók elégtelenségét a pontos meghatározáshoz, de vizsgálatunk alkalmas a magyar kőris csoport differenciálására. A mennyiségi tulajdonságok alapján a vizsgált magyar kőris minták egy része nagyfokú hasonlóságot mutat a magas kőris mintákkal és a hibrid gyanús egyedekkel. A magyar kőrisek másik csoportja viszont határozottan elkülönülő pontfelhőként jelenik meg az ordinációs diagramon, amint azt a 3. ábrán is megfigyelhettük a főkomponens-analízis esetében. Léteznek tehát olyan metrikus változó kombinációk, melyek csak a magyar kőrisek egy részére jellemzőek.



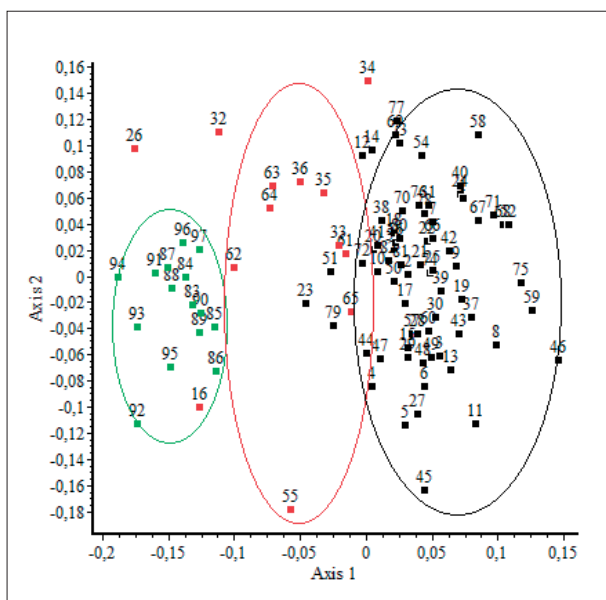
5. ábra: A vizsgált egyedek főkoordináta-analízise a mennyiségi tulajdonságok alapján (PCoA, euklidészi távolság).

(A pontok az egyedeket jelölik: zöld – magas kőris, fekete – magyar kőris, piros – hibrid gyanús egyedek. A vonalak az elkülönített csoportokat jelentik: piros – vegyes csoport, kék – elkülönülő magyar kőris csoport)

Figure 5: Principal coordinates analysis (PCoA, Euclidean distance) of studied trees by quantitative characteristics. (Points show studied trees: green – *Fraxinus excelsior*, black – *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis*, red – individual trees with hybrid traits. Lines show separated groups: red – mixed group, blue – separated *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis* group).

További vizsgálatokat a nem-metrikus többdimenziós skálázás (non-metric multidimensional scaling, NMDS) segítségével végeztünk (6. ábra). A minőségi tulajdonságok ordinációja jól szemlélteti az egyes csoportok különválását hasonlóan a 4. ábrához. Ebben a vizsgálatban szerepeltek az olyan ordinális skálába

alakított változók, mint a virágzat típusa, elágazásainak struktúrája. Ha ezeket a változókat figyelmen kívül hagyjuk, nincs elkülönülés. Az összefüggést törvényszerűnek is tekinthetjük, hiszen az előzetes határozás, csoportba sorolás elsősorban ezek alapján a tulajdonságok alapján történt. Ez azonban még nem jelenti azt, hogy más minőségi változók ne foghatnák össze a csoportokat. A 6. ábra alapján levonható az a következtetés, hogy a vizsgált minták alapján a magas kőrisek csoportja a minőségi tulajdonságok szerint egységesebb. A magyar kőrisként kategorizált minták jóval változatosabbak, a hibrid gyanús példányok is a magyar kőris csoporttal elegyednek és mutatnak hasonló tulajdonságokat. Azok az előzetesen hibrid gyanús egyedeként kategorizált minták, melyek az ordináció szerint nem képeznek átmenetet a két taxon között (26., 32., 55. egyed), a minőségi tulajdonságok alapján mégsem tekinthetők valóban hibridjellegűeknek. Ezek az atipikus példányok kisszámú, de különálló csoportként leválaszthatók, így módosítva kategóriarendszerünket.



6. ábra: A vizsgált egyedek ordinációja a minőségi tulajdonságok alapján (nem-metrikus többdimenziós skálázás) (A pontok az egyedeket jelölik, zöld – magas kőris, fekete – magyar kőris, piros – hibridgyanús egyedek.)

Figure 6: Ordination of studied trees by qualitative characteristics (Non-metric multidimensional scaling). (Points show examined trees, green – *Fraxinus excelsior*, black – *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis*, red – individual trees with hybrid traits).

A magyar kőris és magas kőris minták szóródásának összehasonlítása

A mennyiségi tulajdonságok esetében szinte minden paraméternél nagyobb a magyar kőris változatossága, mint a magas kőrisé. Kivételként említhető a mag hosszának átlaga, melynél a 2. random magyar kőris minta szórása alumulja a magas kőrisé. A magyar kőris esetében különösen a terméskocsány hossza és a mag szélességének átlaga bizonyult a magas kőrisénél jelentősen változatosabb tulajdonságnak (2. táblázat).



2. táblázat: A mennyiségi tulajdonságok értékeinek szórása a magas kőrís minták és a random magyar kőrís minták esetében.
Table 2: Deviation of quantitative characteristic values by *Fraxinus excelsior* and random *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis* samples.

	Magas kőrís	Magyar kőrís – Random 1.	Magyar kőrís – Random 2.	Magyar kőrís – Random 3.
A termés hosszának átlaga (mm)	4,50	7,05	5,50	6,39
A termés szélességének átlaga (mm)	1,06	1,13	1,49	1,23
A termés hosszának és szélességének aránya, ezek átlaga	0,60	0,83	0,77	1,14
A mag hosszának átlaga (mm)	2,26	3,62	1,77	3,18
A mag szélességének átlaga (mm)	0,35	0,68	0,90	0,56
A mag hosszának és szélességének aránya, ezek átlaga	0,53	0,62	0,57	0,97
A terméskocsány hossza (mm)	0,87	2,78	2,19	1,83

A minőségi tulajdonságok szóródását oly módon vizsgáltuk, hogy összehasonlítottuk a két taxon mintáinak terjedelmét az ordinális skálákon, illetve azt, hogy az adott skála értékeiből mennyit vesznek fel a mintákban lévő egyedek. Ebben az összehasonlításban nem szerepel a virágzat jellege, a virágzati főtengegy struktúrája és a virágzati mellétengelyek struktúrája, mert ezek a változók a két taxonon belül szinte teljesen egységesek. Az elemzés eredményei szerint több olyan tulajdonság van, mely esetében megállapítható, hogy a magyar kőrís minták a magas kőrísénél, mindhárom random minta esetében szélesebb spektrumon vesznek fel értékeket, vagy több ordinális skálaértékkel fordulnak elő (piros számok). Ezek a tulajdonságok a következők: a bibemaradvány hossza, a termés csavarodottsága, a termés válla, a virágzat hosszúsági kategóriája. A magas kőrís minőségi értékeinek nagyobb terjedelme két tulajdonság esetén állapítható meg, 2 – 2 random magyar kőrís minta viszonylatában (zöld számok) (3. táblázat).

A minták szóródásának elemzését a hibridgyanús, de előzetesen magyar kőrís-ként határozott egyedek kizárásával végeztük. Feltételezhető, hogy ezek bevonása és a magyar kőrís mintához sorolása esetén még magasabb szórásértékeket kapnánk.

3. táblázat: A minőségi tulajdonságok értékeinek eloszlása a magas kőrís minták és a random magyar kőrís minták esetében.
Table 3: Distribution of qualitative characteristic values by *Fraxinus excelsior* and random *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis* samples.

	Magas kőrís (db)	Magyar kőrís – Random 1. (db)	Magyar kőrís – Random 2. (db)	Magyar kőrís – Random 3. (db)
A termés alakja				
1	0	0	0	0
2	6	6	8	8
3	6	2	5	4
4	1	2	0	0
5	2	5	2	3
A termés csúcsa				
1	3	1	2	1
2	1	0	0	1

	Magas kőris (db)	Magyar kőris – Random 1. (db)	Magyar kőris – Random 2. (db)	Magyar kőris – Random 3. (db)
3	0	2	1	2
4	7	2	8	4
5	3	10	4	7
6	1	0	0	0
A bibemaradvány hossza				
1	1	3	0	3
2	11	7	7	5
3	0	3	4	5
4	3	1	3	1
5	0	1	1	1
A termés csavarodottsága				
1	0	1	0	1
2	2	1	4	1
3	0	4	1	3
4	0	1	0	1
5	10	4	7	8
6	0	1	1	0
7	0	0	1	0
8	3	3	1	1
9	0	0	0	0
A mag alakja				
1	6	8	8	6
2	9	7	7	9
A mag aránya a terméshez képest				
1	5	1	2	3
2	4	10	7	9
3	6	4	6	3
A mag csavarodottsága				
1	2	4	5	5
2	13	11	10	10
A termés válla				
1	0	1	0	1
2	0	1	0	2
3	0	5	4	4
4	7	3	6	5
5	8	5	5	3
A virágzat hosszúsági kategóriája				
1	0	4	4	6
2	8	7	7	7
3	7	4	4	2



Következtetéseink a következőkben foglalhatók össze:

- Mennyiségi morfológiai adatok alapján a magyar kőris minták két részre oszthatók, a magas kőrishez és a hibrid gyanús egyedekhez hasonló és az azoktól eltérő csoportra.
- A magyar kőris mennyiségi és minőségi tulajdonságok terén is változatosabb, mint a magas kőris.
- A sokváltozós statisztikák szerint a hibrid gyanúnak minősített egyedek egymáshoz hasonlító elemekből álló, jól körülhatárolható halmazt alkotnak, figyelembe véve a mag- és a termés minőségi tulajdonságait.
- A magyar és magas kőris, valamint a kettő közötti átmeneti csoport mennyiségi tulajdonságok alapján nem, csak minőségi, elsősorban a virágzatra vonatkozó bélyegek szerint választhatók szét.

ÖSSZEFOGLALÁS

Tanulmányunkban arra kerestük a választ, hogy sokváltozós statisztikai módszerek alkalmazásával, mennyiségi és minőségi morfológiai változók segítségével elválaszthatók-e egymástól a magyar kőris és a magas kőris egyedek, valamint az előzetesen átmenetinek mutatózó, hibridgyanús egyedek hová helyezhetők el az előbbi két taxonhoz képest. Munkánk során az alkalmazott változók egymáshoz való viszonyát is elemeztük.

A sokváltozós statisztikák értékelése során eltérő szemszögből kell megítélni a mennyiségi és a minőségi változókra vonatkozó eredményeket. A mennyiségi adatokra vonatkozó eredmények könnyen értelmezhetőek, jellegükből adódóan minimális a szubjektívitas lehetősége. Az egyedek ordinációja során az előzetes elvárásokkal ellentétben a fajok nem választhatók el egymástól, így nem mutathat tendenciát a hibridjellegű példányok elhelyezkedése hozzájuk képest. Értékes eredmény a magyar kőris egyedek mennyiségi változók szerinti differenciálása, nagymértékű változatosságának detektálása. A magyar kőris magas kőrishez viszonyított nagyobb változatosságát a minták szóródására vonatkozó elemzés is igazolta.

Az egyedek minőségi változók szerinti ordinációja ellentmondásosnak tűnő tényekre mutat rá. A generatív szervek minőségi jellemzői alapján a magyar kőris és magas kőris egyedek az ordináció során egyértelműen elválnak egymástól, a hibridjellegű egyedek is viszonylag kompakt összefüggő halmazt alkotnak. Ez jelentős részben a módszertanból adódó jelenség, a terepi mintavételezés során a meghatározás elsősorban a virágzat szerkezetén alapult, amit a statisztikának igazolnia kellett. Elméletileg a virágzat szerkezetének változóit felülírhatták volna a magra és a termésre vonatkozó adatok, de ez nem következett be. Információt kaptunk ellenben arra, hogy a két taxon egyértelműen elkülönülő egyedeinek a mag- és termésadatokra vonatkozó minőségi tulajdonságai szélesebb spektrumot ölelnek át, mint az átmeneti egyedeké, melyek egységesebbek. Néhány egyed még az előzőekben ismertetett, a csoportosulásokat elősegítő és irányító módszertani adottságok ellenére sem sorolható csoportokba, esetükben a generatív szervek morfológiája alapján nem számíthatunk eredményre. A generatív szervekkel párhuzamosan folynak a vegetatív szerveknek is a metrikus adatok szerinti morfológiai vizsgálata, melyek a jövőben módosíthatják vagy árnyalhatják a két taxonra vonatkozó eddigi eredményeinket.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetünket fejezzük ki dr. Csizsár Ágnesnek, Kovács Miklósnak, Sporčič Deannak és Horváth Tímeának, akik hozzájárultak a szakirodalmi forrásanyagok felkutatásához, fordításához. Köszönet illeti a Kiszalárdi Erdőgazdaság Zrt. munkatársait a vizsgálati anyag bővítésében nyújtott segítségükért. Kutatásunkat a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004. projekt támogatta.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Bartha D. 2006a: A magyar kőrís botanikai jellemzése. Erdészeti Lapok, 141: 84-86.
- Bartha D. 2006b: A magyar kőrís megismerésének viszonytárságos története. Erdészeti Lapok, 141: 58-61.
- Borovics A. 1997: A kocsánytalan tölgyek levélmorfológiai vizsgálata. Erdészeti Kutatások, 86-87: 125-142.
- Borovics A. 1998: A tölgyek hibridizációja, morfológiai és genetikai változatossága. Erdészeti Kutatások, 88: 89-108.
- Csapody I.; Csapody V. és Rott F. 1966: Erdei fák és cserjék. OEF, Budapest.
- Fukarek, P. 1955: Dodatak članku »Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl)«. Šumarski list, 79: 16-21.
- Fukarek, P. 1956a: Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl) i neke njegove šumskouzgojne osobine. Šumarstvo, 9: 331-345.
- Fukarek, P. 1956b: Prilog poznavanju šumskih zajednica u kojima se javlja poljski jasen. Šumarski list, 80: 30-40.
- Fukarek, P. 1956c: Razlike između poljskog i običnog jasena. Narodni šumar, 10: 27-38.
- Fukarek, P. 1957: Novipodaci o poljskom jasenu (*Fraxinus angustifolia* Vahl). Šumarski list, 81: 30-35.
- Fukarek, P. 1958: Dendrogeografski prilozi flori Bosne i Hercegovine. Nova nazališta poljskog jasena – *Fraxinus angustifolia* Vahl – u Hercegovini i Bosne. Godišnjak Biološkog Instituta u Sarajevu, 12: 46-47.
- Fukarek, P. 1960a: Differences morphologiques et anatomiques entre le Frêne commun (*Fraxinus excelsior* L.) et le Frêne oxyphylle (*F. angustifolia* Vahl). Bulletin de la Société botanique de France, 107: 192-198.
- Fukarek, P. 1960b: Poljski jasen i njegova morfološka varijabilnost. *Fraxinus angustifolia* Vahl (= *F. oxycarpa* Willd.). Glasnik za šumske pokuse, 14: 133-258.
- Fukarek, P. 1963: Rasprotrajenost i druge fitohorološke karakteristike poljskog jasena (*F. angustifolia* Vahl). Naučno društvo SR bosne i Hercegovine Djela, 20 (4): 1-99.
- Gencsi L. és Vancsura R. 1997: Dendrológia. Erdészeti növénytan II. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Haracsi L. 1975a: A szlavónkőrís (*Fraxinus slavnica* Maj.-Har. n. sp.). Az Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei, 1 (1): 7-17.
- Haracsi L. 1975b: A szlavónkőrís / *Fraxinus slavnica* Máj.-Har. n. sp. Az Erdő, 24 (8): 363-374.
- Kárpáti I. és Kárpáti V. 1956a: A hegyesfogó és a magas kőrís megkülönböztetése. Erdőgazdaság, 10 (16): 10.
- Kárpáti I. és Kárpáti V. 1956b: Natürlliches Vorkommen von *Fraxinus oxycarpa* in Ungarn. Acta Botanica Hungarica, 2: 275-280.
- Kárpáti I. és Kárpáti V. 1957: A *Fraxinus oxycarpa* Willd. és *Fr. excelsior* L. cönológiai elkülönítése. Erdészeti Kutatások, 4 (1-2): 65-81.
- Kárpáti I. 1966: Bartók Béla emlékfá. Keszthelyi Agrártudományi Főiskola Kiadványai, 8 (3): 3-4.
- Kárpáti Z. 1966: Egy új vadontermő magyarkőrís-változat (*Fraxinus angustifolia* Vahl ssp. *pannonica* Soó et Simon var. *Bartoki* Kárp. Z.). Keszthelyi Agrártudományi Főiskola Kiadványai, 8 (3): 5-7.
- Kárpáti Z. 1968: A magyar kőrís (*Fraxinus angustifolia* Vahl. ssp. *pannonica* Soó et Simon) alakváltozatossága. Botanikai Közlemények, 55: 37-43.
- Kárpáti Z. 1970: Eine kritisch-taxonomische Übersicht der in Europa wildwachsenden Eschen-Arten und deren Unterarten. Feddes Repertorium, 81: 171-186.
- Kevey B. 1988: Adatok Magyarország flórájának és vegetációjának ismeretéhez IV. Botanikai Közlemények, 74-75 (1-2): 93-100.
- Magyar P. 1960: Alföldfásítás I. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Podani J. 1997a: Bevezetés a többváltozós biológiai adatfeltárás rejtelmeibe. Scientia Kiadó, Budapest.
- Podani, J. 1997b: A measure of discordance for partially ranked data when presence/absence is also meaningful. Coenoses, 12: 127-130.
- Podani J. 2000: Introduction to the exploration of multivariate biological data. Backhuys Publishers, Leiden.
- Podani, J. 2001: Computer Programs for Data Analysis in Ecology and Systematics. User's Manual. Scientia, Budapest.
- Raddi, S. 2009: *Fraxinus angustifolia* Vahl, 1804. 1-18. In: Roloff, A.; Weisgerber, H.; Lang, U. und Stimm, B. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse, Handbuch und Atlas der Dendrologie 54. Erg. Lfg. 01/10.
- Roloff, A. 2009: *Fraxinus excelsior* Linné, 1753. 1-15. In: Roloff, A.; Weisgerber, H.; Lang, U. und Stimm, B. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse, Handbuch und Atlas der Dendrologie 7. Erg. Lfg. 3/97.
- Soó R. és Simon T. 1960: Bemerkungen über südosteuropäische *Fraxinus*- und *Dianthus*-Arten. Acta Botanica Hungarica, 6: 143-153.



- Soó R. 1966: A magyar flóra és vegetáció rendszertani-növényföldrajzi kézikönyve II. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Tóth I. 1958: Az Alsó-Dunaárter erdőgazdálkodása. A termőhely és az erdőtípusok összefüggése. Erdészeti Kutatások, 5 (1-2): 77-160. spec. p. 100.
- Vöröss L. Zs. 1974a: Újabb taxonok Bátorliget flórájához. Botanikai Közlemények, 61 (1): 43-44.
- Vöröss L. Zs. 1974b: Néhány újabb adat Baranya flórájához. Botanikai Közlemények, 61 (1): 45-46.
- Vöröss L. Zs. 1982: Hármastagú váltakozó örvös állás egyes *Oleaceae* nemzetségeknél. Botanikai Közlemények, 69 (1-2): 151-154.
- Vöröss L. Zs. 1991: Ártereink fája: a magyar kőris. Erdészeti Lapok, 126: 84.
- Weiser, F. 1964: Anlage und erste Ergebnisse vergleichender Anbauversuche mit generativen Nachkommenschaften von Eschen (*Fraxinus excelsior* L.) trockener Kalkstandorte und grundwasserbeeinflusster Standorte. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 83 (7/8):193-211.
- Weiser, F. 1974: Ergebnisse 10-jähriger vergleichender Anbauversuche mit generativen Nachkommenschaften von Eschen (*Fraxinus excelsior* L.) trockener Kalkstandorte und grundwassernaher Standorte. Beiträge für Forstwirtschaft, 1: 11-16.
- Weiser, F. 1995: Beitrag zur Existenz von Ökotypen bei gemeiner Esche (*Fraxinus excelsior* L.). Forstarchiv, 66: 251-257.

Érkezett: 2014. március 11.
Közlésre elfogadva: 2014. július 15.