



Képfeldolgozási módszerek alkalmazása kajszimagok morfológiai tulajdonságainak leírására

Felföldi¹ J., Firtha¹ F., Hermán² R., Pedryc² A.

¹ Budapesti Corvinus Egyetem, Fizika-Automatika Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út, 29-43.

² Budapesti Corvinus Egyetem, Genetika és Növénynevelés Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út, 29-43.

ÖSSZEFOGLALÁS

A különböző kajszifajták magjának vizuális jellemzői (alak, felületi mintázat, szín) sokkal nagyobb változatosságot mutatnak, mint más gyümölcsfajok esetében. Ez a variabilitás érzékszervileg könnyen megfigyelhető, de nehezen írható le objektív, kvantitatív módon. A széles körben elfogadott nemzetközi módszer (UPOV) referencia-fajtákkal való összehasonlításon alapul. Az eredményt egy erre a célra kialakított pontrendszerben adhatjuk meg. Az információ, amit ez a rendszer szolgáltat, nem elégséges a fajta azonosításához, de két mintahalmaz megkülönböztetéséhez jól használható. Kutatómunkánk célja a magok morfológiai leírására alkalmas kvantitatív módszerek kifejlesztése volt. A statisztikailag validált objektív leíró paramétereket morfológiai markerként használhatjuk a fajták azonosításában, vagy genetikai elemzéseknél, anélkül, hogy más – referencia – fajtákkal való összehasonlításra kellene támaszkodnunk. A hagyományos módszerek csak a legegyszerűbb geometriai jellemzők (mint a hossz, szélesség, vastagság) meghatározását teszik lehetővé. A különböző fajtáknál megjelenő speciális tulajdonságok azonban sokkal összetettebb alakjellemzőkhöz kapcsolódnak. Számítógépes látórendszert és képfeldolgozási módszereket alkalmaztunk 6 – mintaként kiválasztott – kajszifajta magjainak vizsgálatához, a vizuális tulajdonságok rögzítéséhez, gyors és automatikus lényegkiemeléshez és új, kvantitatív alakjellemzők meghatározásához. A kifejlesztett módszerekkel a vizsgált fajtakörben 100%-os szétválasztási hatékonyságot értünk el.

(Kulcsszavak: képfeldolgozás, alakjellemzők, morfológia, kajszimag, fajta-azonosítás)

ABSTRACT

Characterization of Morphological Properties of Apricot Stones by Image Processing

J. Felföldi¹, F. Firtha¹, R. Hermán², A. Pedryc²

¹CorvinusUniversity of Budapest, Department of Physics and Control, H-1118 Budapest, Villányi út, 29-43.

²CorvinusUniversity of Budapest, Department of Genetics and Plant Breeding, H-1118 Budapest, Villányi út, 29-43.

The morphological characteristics of the apricot stones of different cultivars show much higher variability, as it is typical in case of other fruit species. The variety of forms is easy to observe sensorially (directly or using a reading-glass), however it's hard to describe exactly, in a quantitative way. The widely accepted international standard (UPOV) is based on comparison with standard cultivars, the results are given in a special point system, developed for this purpose. The information, provided by this evaluation system is not suitable for identification of the cultivars, but it can be used for distinguishing two sample sets. The aim of our research work was to develop quantitative methods for

description of the stones. The statistically validated quantitative parameters offer the possibility of applying them as morphological markers for identification of the cultivars or for other genetic analyses without leaning on any standard samples as references. The traditional measurement methods are able to determine only the simplest geometrical parameters of the samples (such as length, width or thickness). However, the special characteristics, connected to the different cultivars, are related to much more complex shape parameters. Computer based machine vision system and image processing was applied for quick, automatic shape feature extraction and determination of new, quantitative shape parameters to characterize stones of 6 tested cultivars.

(Keywords: image processing, shape characteristics, morphology, apricot stone, cultivar identification)

BEVEZETÉS

A kajszí az egyik legízletesebb és legpiacképesebb gyümölcsünk. A gyümölcsöt mind friss, mind szárított formájában fogyasztjuk, de a konzerviparban is fontos alapanyag a gyümölcslé, illetve velő készítésében. Párlatokat és gyümölcsborokat egyaránt készítenek a termesztett és a nem-háziasított kajsziból Európa és Ázsia számos országában (Joshi et al., 1990; Genovese et al., 2004). Az első botanikai közleményekben a *Prunus armeniaca* L. fajtáinak és a taxonómiai rokon fajoknak a leírása és megkülönböztetése alapvetően a levél alakján és szőrözöttségén alapult, ami nem mindig nyújtott elegendő információt. 1916-ban Bailey is ilyen rendszert ír le, amelyben a fajok és fajták azonosítása a levél-tulajdonságokon alapult. Kínai kutatók szintén főként a levél jellemzőit vették alapul az országukban megtalálható nagy változékonyságot mutató kajszí populációk leírása során (Hou, 1983). Rehder a termő szőrözöttségét figyelembe véve tett különbséget kajszibarack és szilva fajták között (Rehder, 1940). Megfigyeléseiben a szilvafajták termőit nem borította szőr, míg a kajszí esetében eltérő mértékű szőrözöttséget tapasztalt. Egyre fontosabbá válik azon tulajdonságok tanulmányozása, amelyek alapján a fajták és a taxonómiai rokon fajok között különbségeket tudunk detektálni, ezek alapján osztályozhatjuk őket és felhasználhatjuk a nemesítésben is (Asma és Ozturk, 2005; Badenes et al., 1998).

A kajszibarack más gyümölcsfajoktól eltérően, jelentős variabilitást mutat a mag egyes morfológiai bélyegeinek tekintetében. Szabad szemmel vagy nagyítóval megfigyelt formagazdagság ugyanakkor egzakt módon nehezen írható le. Az általánosan elfogadott, nemzetközi szabvány (UPOV, 2008; IPGRI, 1980) a standard fajtákkal való összehasonlításon alapul, az eredményeket pedig az erre a célra kialakított pontrendszerben fejezik ki. Az így nyert információ önmagában nem elegendő a fajták azonosítására, de arra alkalmas, hogy különbséget lehessen tenni a két adott minta között.

Kutatásaink célja olyan mag leírási módszer kidolgozása, amely az objektív, számszerű, matematikai-statisztikai – összefüggéseket alkalmazza. Az így nyert eredmények önállóan, az összehasonító fajta nélkül morfológiai markerként használhatók fajtaazonosításra, illetve más genetikai elemzéseknél.

A hagyományos mérési módszerek csak a minták legegyszerűbb geometriai jellemzőit képesek meghatározni (mint a hosszúság, szélesség, vastagság). A különböző fajtákra jellemző speciális tulajdonságok azonban jóval komplexebb alakjellemzőkhöz kapcsolódnak. Munkánkban számítógépes látórendszert és képfeldolgozási módszereket alkalmaztunk az alaktulajdonságok gyors és automatikus kinyerésére és új, kvantitatív alakjellemzők bevezetésére és mérésére.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatok alapja a Budapest Corvinus Egyetem, Genetika és Növénynevelés Tanszék gyűjteménye volt, ami kb. 300 mag-minta készletet tartalmaz (az összes magyar fajta mellett a fontosabb külföldi fajtákat és a genetikai elemzésekhez szükséges hibrid családokat). Az egyes fajtákat 14-20 mag-minta reprezentálja. A módszerek fejlesztéséhez hat – morfológiailag határozottan elkülönülő – hibrid mintát választottunk (1. ábra).

1. ábra

A vizsgált hibrid fajták magmintái



Figure 1: Sample stones of the tested apricot varieties

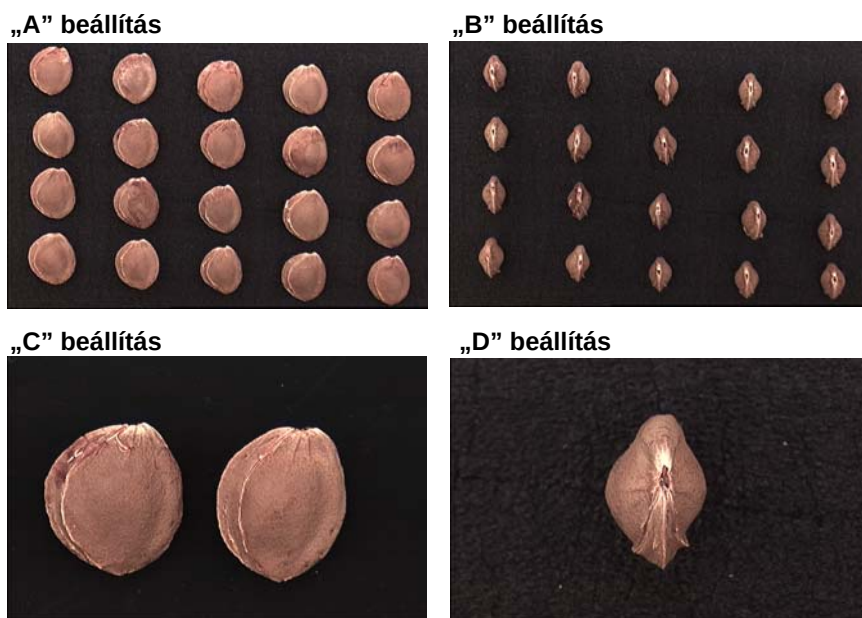
A digitális felvételeket egy Hitachi HV-C20 3-chipes ipari CCD kamerával készítettük el. A kamerát kép-digitalizáló interfésszel illesztettük egy PC-hez. A rögzített felvételeket 768×576 pixel felbontású, valós színű bitmap fájlokban tároltuk a későbbi adatfeldolgozáshoz. A felvételek elkészítésénél speciális diffúz megvilágító rendszert alkalmaztunk, amelyben a mintákat kizárólag visszavert, szórt fény világítja meg. A képeket valamennyi mintáról 4 különböző elrendezésben vettük fel (2. ábra).

A rögzített képek elemzését a Budapesti Corvinus Egyetem Fizika-Automatika Tanszékén erre a célra kifejlesztett „FFImgPro” programmal végeztük el. A program a kép intenzitás-hisztogramjának elemzése alapján (Firtha, 2007) elválasztja a háttértől a vizsgált objektumokat, meghatározza és fájlba írja azok területét, átlagszínének RGB színösszetevőit. Az alakelemzéshez megállapítja és tárolja az objektumok körvonal-pontjainak koordinátáit. A kvantitatív alakjellemezést ez utóbbi adatok alapján a „Shape” programmal végeztük el (3., 4. ábra). A program a következő geometriai jellemzőket határozza meg:

- l: a mag hosszúsága,
- d: a legnagyobb szélesség,
- e: a legnagyobb szélesség pozíciója a hossz tengely mentén.

2. ábra

Képfelvételi elrendezések



„A” beállítás: magok oldalnézetben – hibridenként 14-20 mag egy képen, „A” setup: side view of the stones – 14-20 samples of the variety on an image; „B” beállítás: magok felülnézetben - hibridenként 14-20 mag egy képen, „B” setup: top view of the stones – 14-20 samples of the variety on an image; „C” beállítás: hibridenként 2-2 példányról oldalnézetben kinagyítva (a felület textúrájához kapcsolódó módszertani vizsgálatokhoz), „C” setup: magnified side view of 2-2 samples/variety (for the methodological investigations of the surface pattern; „D” beállítás: hibridenként 1-1 példányról felülnézetben kinagyítva (a magok oldalán elhelyezkedő képződmények, a “tarajok” szerkezetéhez kapcsolódó módszertani vizsgálatokhoz), „D” setup: magnified top view of 1-1 samples/variety (for the investigations of the crest-like formation of the stones;

Figure 2: Image recording setups

Az adatokat képpont-számban, vagy – kalibrálás után – mm-ben fejezi ki. A képfeldolgozási módszer előnyeként új, objektív és kvantitatív alakjellemzőket is meghatározhatunk az alak-adatok elemzésével. Esetünkben az objektumok fő szimmetria-tulajdonságaihoz leginkább kapcsolható periodicitás-jellemzőket kapcsoltuk be a vizsgálatba. Ezek a mérőszámok az ún. „Fast Fourier Transform” (FFT) algoritmussal határozhatóak meg és az egyes komponensek konkrét szimmetriákhoz köthetők, pl.:

- FFT2: elliptikus alak,
- FFT3: háromszög-szerű alak,
- FFT4: négyszög-szerű alak, ...

Színjellemzésre az átlagos R, G, B (Red – vörös, Green – zöld, Blue – kék) színek komponenseket használtuk.

A statisztikai elemzést (Variancia-analízis, Diszkriminancia-analízis, Szűcs, 2002) az adatfájlok alapján végeztük el Microsoft Excel 2003, illetve SPSS for Windows (Ver. 10.0) programban.

3. ábra

Az 1. hibrid vizsgált egyedeinek (20 db) körvonalai és a hibridre jellemző átlagalak

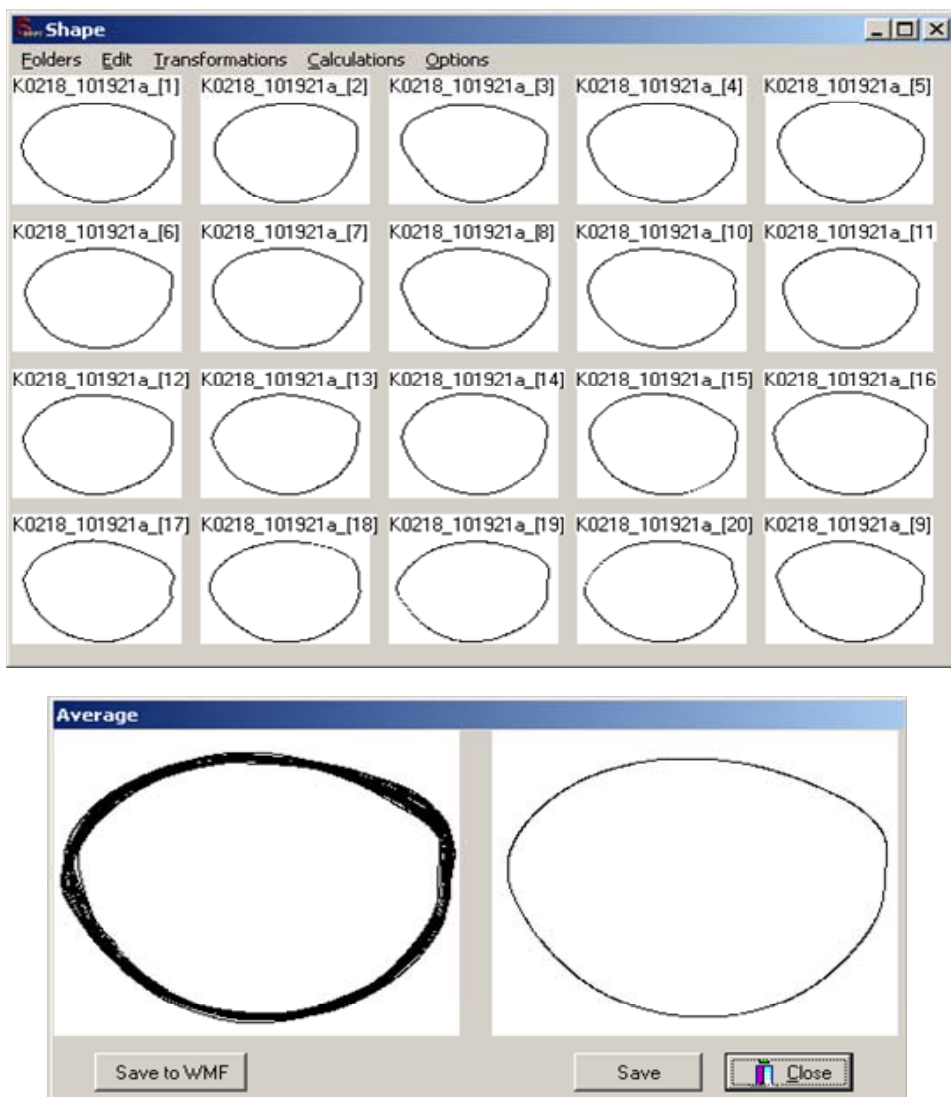


Figure 3: Outlines of the samples of 1st hybrid (20 pieces) and averaged outline, characteristic for the hybrid

4. ábra

A hibridek magjának körvonalai és az adott hibridre jellemző átlagalakok

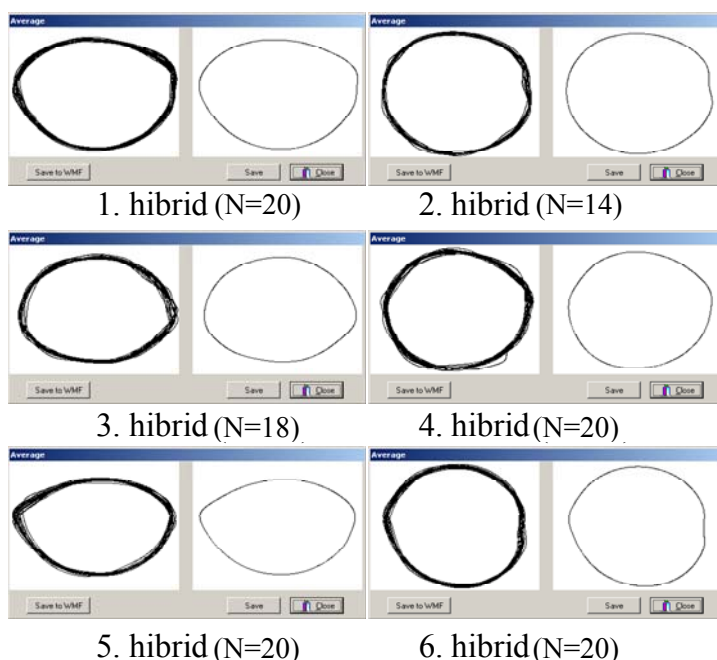


Figure 4: Averaged outlines of the tested hybrids

EREDMÉNYEK

ANOVA

A minták hosszúságának és szélességének statisztikai jellemzésére egytényezős variancia-analízist végeztünk. Ezek az adatok önmagukban nem elegendőek a hibridek egyértelmű elkülönítéséhez. Az eredmények szemléltetésére az átlagértékeket és azok 95%-os konfidencia-intervallumait ábrázoltuk grafikonon (5. ábra).

Diszkriminancia-analízis több változó bevonásával

1. A hosszúság és szélesség diszkriminancia-analízise alapján a 2. hibrid és az 5. hibrid 100 %-osan elkülönül egymástól, még a másik négy hibridet nem tudtuk elkülöníteni (6. ábra).
2. Az alakjellemzők diszkriminancia-analízise. Az analízis elvégzéséhez felhasználtuk a minták közvetlen geometriai jellemzőit, valamint az ún. „Fast Fourier Transform” (FFT) algoritmussal meghatározható mérőszámokat. Ebben az esetben 4 hibridet (1., 2., 5. és a 6.) 100%-osan el tudtunk különíteni, de 2 tétel még mindig nem volt elkülöníthető (7. ábra).
3. Az alak- és színjellemzők diszkriminancia-analízise. A vizsgálatban az alakjellemzők mellett az átlagszín adatok is szerepeltek. Ezen változók elemzése lehetővé tette az összes vizsgált hibrid minden magjának pontos azonosítását (8. ábra).

5. ábra

A hibridek hosszúságának (a) és legnagyobb szélességének (b) konfidencia-intervallumai

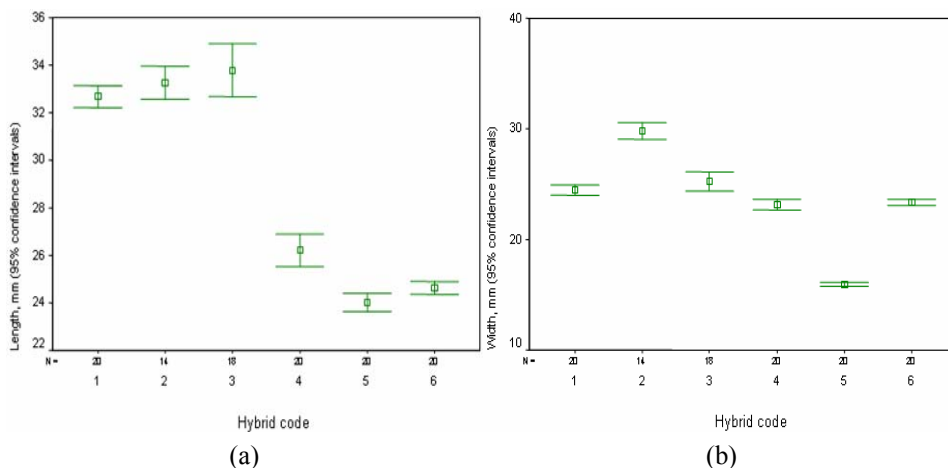


Figure 5: Confidence intervals of length (a) and width (b) parameters of the hybrids

6. ábra

**A vizsgált hibridek elkülönítése
a hosszúság és szélesség diszkriminancia-analízise alapján
(DA1 és DA2 a kanonikus diszkriminancia-függvények)**

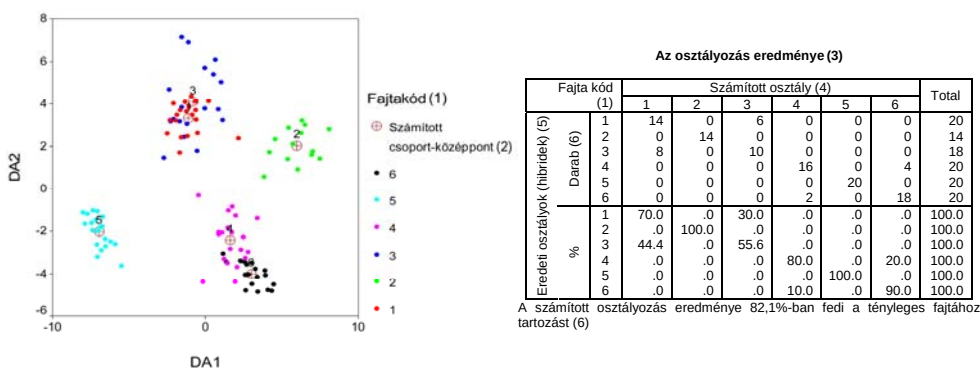


Figure 6: Separation of the tested hybrids according to Discriminant Analysis of their length and width parameters (DA1 and DA2: canonical discriminant functions)

Hybrid codes(1), Calculated group centers(2), Result of the classification(3), Predicted class(4), Original class(5), Pieces(6), The prediction efficiency was 82.1%(7)

7. ábra

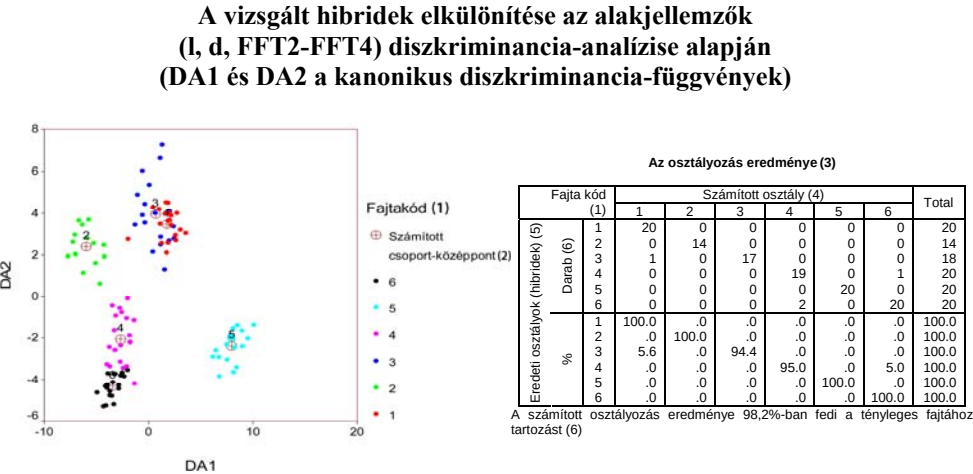


Figure 7: Separation of the tested hybrids according to Discriminant Analysis of their shape characteristics (DA1 and DA2: canonical discriminant functions)

Hybrid codes(1), Calculated group centers(2), Result of the classification(3), Predicted class(4), Original class(5), Pieces(6), The prediction efficiency was 98.2%(7)

8. ábra

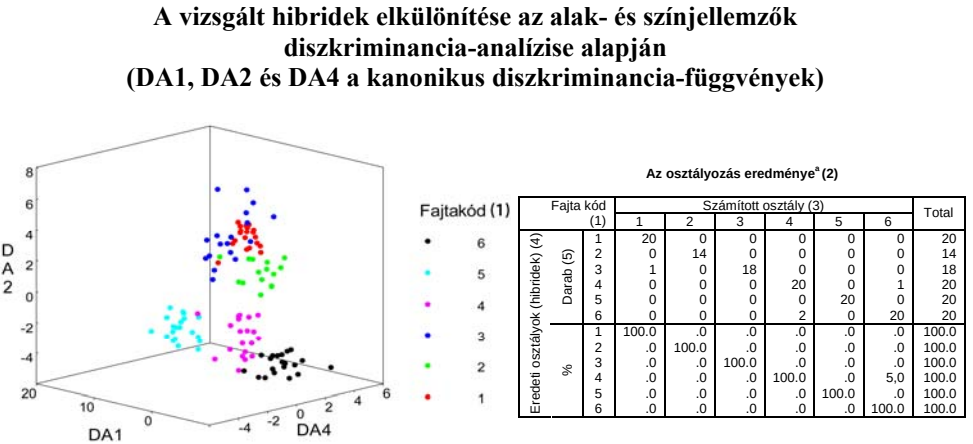


Figure 8: Separation of the tested hybrids according to Discriminant Analysis of their shape and colour characteristics (DA1, DA2 and DA4: canonical discriminant functions)

Hybrid codes(1), Result of the classification(2), Predicted class(3), Original class(4), Pieces(5)

A végső modellben a bemeneti változóként használt méret (l, d), alak (FFT2, FFT3, FFT4) és színjellemzők (R, G, B) közül a következő paraméterek bizonyultak

szignifikánsnak a lépésenkénti („stepwise”) diszkriminancia-analízis eredménye szerint (zárójelben az egyes paraméterek súlyát kifejező F-érték):

- FFT2 (331),
- l (279),
- R (174),
- B (177),
- d (135),
- FFT3 (113).

A további céljaink között szerepel több, kevésbé eltérő magtétel vizsgálata. Ehhez a munkához az alak- és színjellemzők mellett a nagy változékonyságot biztosító felület textúrájának, valamint a magok oldalán elhelyezkedő képződmények – tarajok - számának, nagyságának és elhelyezkedésének számszerű leírását és statisztikai elemzését tervezzük felhasználni (9. és 10. ábra).

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást a TÁMOP 4.2.1/B-09/1/KMR/-2010-0005 projekt támogatta.

9. ábra

A kajsziparackmag tarajainak számítógépes ábrázolása

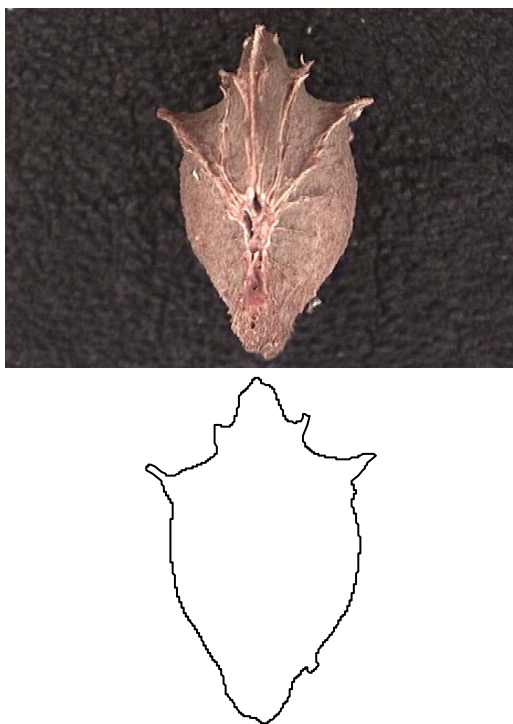


Figure 9: Machine vision representation of the crest-like formation on the side part of the stones

10. ábra

A hat hibrid felületi érdességének számszerűsítése felületi mozgóátlaghoz viszonyított szórás (s) számításával

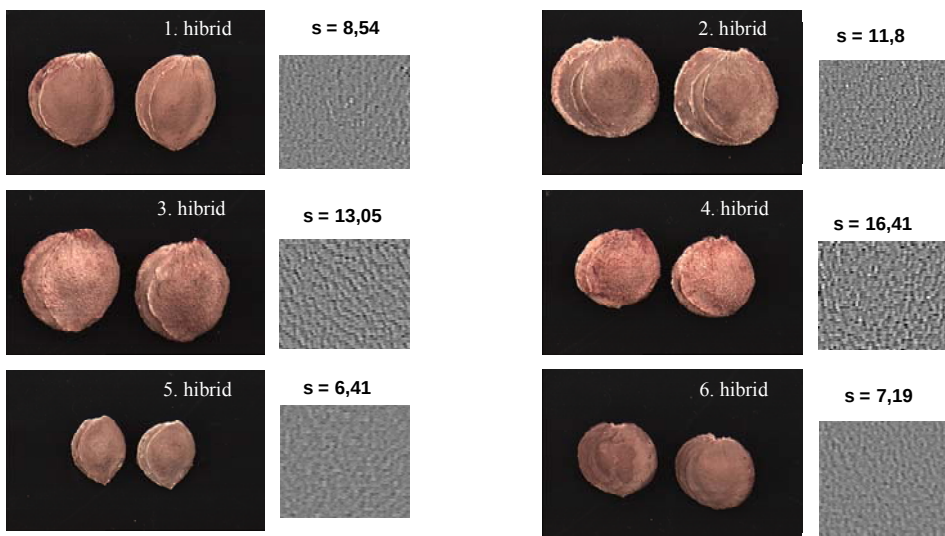


Figure 10: Quantitative description of the surface texture (roughness) of the tested hybrids based on standard deviation of the equalised grayscale surface image

IRODALOM

- Asma BM, Ozturk K (2005): Analysis of morphological, pomological and yield characteristics of some apricot germplasm in Turkey. *Genet Resour Crop Evol* 52. 305–313. p.
- Badenes ML, Martínez-Calvo J, Ll'acer G (1998): Analysis of apricot germplasm from the European ecogeographical group. *Euphytica* 102. 93-99. p.
- Bailey LH (1916): *Prunus*. In: The standard cyclopedia of horticulture, 5. P-R. Mount Pleasant Press, J. Horace McFarland Co., Harrisburg, PA, 2822–2845. p
- Firtha F (2007): Digitális képfeldolgozás, hiperspektrális mérési módszer. In: Balla Csaba, Síró István(szerk): Élelmiszer-biztonság és minőség III. Fogyasztóvédelem és élelmiszervizsgálat. Mezőgazda Kiadó : Budapest. 296-301. p.
- Genovese A, Ugliano M, Pessina R, Gambuti A, Piombino P, Moio L (2004): Comparison of the aroma compounds in apricot (*Prunus armeniaca* L. cv Pellecchiella) and apple (*Malus pumila* L. cv Annurca) raw distillates. *Ital J Food Sci* 16. 185–196. p.
- Hou HY (1983): Vegetation of China with reference to its geographical distribution. *Ann Missouri Bot Gard* 70. 509–548. p
- IPGRI (1980): International Plant Genetic Resources Institute: List of descriptors for apricot (*Prunus armeniaca* L.). EUCARPIA meeting on Tree Fruit Breeding, Angers, France, 3-7 September 1979.

- Joshi VK, Bhutani VP, Sharma RC (1990): The effect of dilution and addition of nitrogen source on chemical, mineral and sensory qualities of wild apricot wine. *American J Enol Vit* 41. 229–231. p.
- Rehder A (1940): *Manual of cultivated trees and shrubs hardy in North America, exclusive of the subtropical and warmer temperate regions*, 2nd revised and enlarged edition. Macmillan, New York, NY, USA
- Szűcs I. (2002). *Alkalmazott statisztika*, Agroiinform Kiadó, Budapest
- UPOV (2008): *Protocol for Distinctness, Uniformity and Stability Tests: Apricot*. Community Plant Variety Office. CPVO-TP/070/2 Final

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Felföldi József

Budapesti Corvinus Egyetem, Fizika-Automatika Tanszék

1118 Budapest, Somlói út 14-16.

Corvinus University of Budapest, Department of Physics and Control

H-1118 Budapest, Somlói út 14-16.

Tel.: 36-1-482-6205

e-mail: jozsef.felfoldi@uni-corvinus.hu