

Napraforgó hibridek genetikai homogenitásának vizsgálata a fajtakitermesztésben

¹KRISTÓ ATTILA – ²LAJKÓ LÁSZLÓ – ³GERGELY LÁSZLÓ – ¹NAGY JÁNOS

¹Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

²Phytopatent Kft., Budapest

³NÉBIH MGEI Szántóföldi Fajtakísérleti Osztály, Budapest

Összefoglalás

A vetőmagok Magyarországon is csak hivatalos minősítést követően kerülhetnek kereskedelmi forgalomba, garantálva ezzel a sikeres növénytermesztés alapfeltételének tekinthető minőségi vetőmag meglétét, amely egyben az egészséges élelmiszerelőállítás alapját is képezi, hiszen csak jó minőségű vetőmagtól várható el a fajtára jellemző maximális terméspotenciál elérése. A hatósági vetőmagminősítés részeként a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) Monoriéri Fajtakitermesztő Állomásán kisparcellás posztkontroll vizsgálatokat végeznek, amelyek célja a vetőmagok fajtaazonosságának és fajtatisztaságának ellenőrzése.

Jelen dolgozatban a 2024-es fajtakitermesztési eredményeket vizsgáltuk, öt hibrid napraforgó esetében. A fémzárolásból származó vetőmagminták a vetés után átettek a hivatalos utóvizsgálati eljáráson, vagyis morfológiai és fenológiai jellemzőiket a hivatalos fajtaleyírásokhoz hasonlítottuk. A növényállományok a vegetációs időszak alatt többszöri szemlében részesültek, majd az ebből származó homogenitási eredmények statisztikai módszerekkel elemzésre kerültek. Eszerint az öt vizsgált hibrid eltérő mértékű, de még a szabvány által rögzített heterogenitási érték alatti (4,5%) homogenitást mutatott. Az N3 hibrid bizonyult a leginkább homogénnek, mivel a minták jelentős része elérte a 100%-os fajtatisztaságot, míg az N5 hibrid esetében a minták között a legnagyobb változékonyság volt megfigyelhető. A varianciaanalízis kimutatta, hogy a hibridek homogenitási értékei között szignifikáns különbség van. A háttérben genetikai és/vagy termesztéstechnológiai tényezők állhatnak (pl. genetikai instabilitás vagy mechanikai keveredés). Ezek pontos

felderí tése (a rendszer finomí tása) közelebb viheti a vetőmag-előállí tókat a magasabb minőségű termék előállí tásához és ez által növelhetik fajtaik értékét a vetőmagpiacon.

Kulcsszavak: napraforgó, fajtakitermesztés, homogenitás, vetőmagminősí tés, fajtaérték

Examination of the genetic homogeneity of sunflower hybrids in a grow-out test

¹A. KRISTÓ – ²L. LAJKÓ – ³L. GERGELY – ¹J. NAGY

¹University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Foods Sciences and Environmental Management, Institute of Land Use, Engineering and Precision Farming Technology, Debrecen

²Phytopatent Kft., Budapest

³National Food Chain Safety Office (NÉBIH), Agricultural Genetic Resources Directorate, Arable Crop Variety Testing Department, Budapest

Summary

In Hungary, seeds can only be placed on the market after obtaining official certification. This ensures the availability of high-quality seeds, which are considered a fundamental prerequisite for successful crop production. High-quality seeds also form the basis of food production, as only seeds of superior quality can achieve the maximum yield potential of a given variety. As part of the official seed certification process, the National Food Chain Safety Office (NÉBIH) conducts small-plot post-control tests at the Monorierdő Variety Post Control Station. The purpose of these tests is to verify the varietal identity and purity of the seeds.

This study examines the 2024 variety post control results for five sunflower hybrids. Seed samples obtained from certified seed lots underwent an official progeny testing procedure after sowing. Where their morphological and phenological traits were compared to the official variety descriptions. Throughout the growing season, multiple field inspections were performed, and the resulting homogeneity data were analyzed using statistical methods. The five tested hybrids exhibited varying degrees of homogeneity, but all remained within the error limit

accepted by the authorities. Among them, the N3 hybrid proved to be the most homogeneous, as a significant portion of the samples achieved 100% genetic purity. In contrast, the N5 hybrid showed the greatest variability. Variance analysis revealed a significant difference in homogeneity values among the hybrids. These differences may be attributed to genetic and cultivation technology factors, such as genetic instability and/or mechanical mixing. A more precise identification of these factors (refining the system) could help seed growers to producers higher-quality products, increasing the genetic value of their varieties on the seed market.

Key words: sunflower, grow-out test, homogeneity, seed certification, genetic value

Bevezetés

A sikeres mezőgazdasági növénytermelés sok tényező függvénye, melyek közül alapfeltételnek tekinthetjük a minőségi vetőmag meglétét. A vetőmag egyik fontos értékmérő tulajdonsága a fajtaérték (a fajta eredeti géngyakorisága), amelynek megőrzése, a fajták vetőmag-előállítása során kiemelt feladat. Ez biztosítja a fajta eredeti morfológiai, fenológiai és beltartalmi tulajdonságainak megőrzését is az egymást követő generációkban. Bármely gazdasági növényünkről is legyen szó, a fajták szabványának megfelelő genetikai homogenitása alapfeltétele a kiváló minőségű vetőmag-előállításnak. Ez az értékesíthetőség feltétele is, hiszen a nem megfelelő genetikai tisztaság jelentős termés csökkenéshez vezethet, ezáltal a hozammal is összefüggésbe hozható (Malya et al. 2024). A forgalmazás alapfeltétele a hibridek szabványos genetikai tisztasága, ami azonban az egyes szaporítási lépcsőkben (szakaszokban) különböző okok következtében (pl. az idegen pollenekkel való keresztbeporzás vagy fizikai keveredés révén) sérülhet. Ez pedig genetikai leromláshoz, a tulajdonságok szegregációjához vezethet. A fajta eredeti jellemzőinek megőrzésének céljából, a tanúsítás kötelező feltételeként, el kell végezni a hagyományosan morfológiai markereken alapuló genetikai tisztasági teszteket (Pallavi et al. 2011). A vetőmag fajtaazonosságára és a fajtatisztaságára irányuló vizsgálatok a modern és hatékony mezőgazdasági termelési rendszer alapvető elemei közé tartoznak. A vetőmag genetikai homogenitása meghatározza azt a százalékos arányt, amelyben a minta nem szennyezett más fajhoz vagy fajtához tartozó idegen-

maggal. Ennek meghatározására laboratóriumi (fehérjemarkerek, izoenzimek, tartalékfehérjék és molekuláris markerek) és szántóföldi módszerek egyaránt alkalmazhatók (*Nikolić et al.* 2008). Laboratóriumi körülmények között végzett vizsgálatok hasznos kiegészítő eszközt jelenthetnek a hagyományos szántóföldi vizsgálatok mellett (*Kapse és Nerkar* 1985).

A fajtameghatározásra vonatkozó szabályokat hazai, közösségi és nemzetközi szinten is vizsgálják a fajtaelismerés, a vetőmag-minősítési és a növénynemesítési jogok keretében (*Zauli és Bianchi* 1993). A fejlett agráriummal rendelkező országokban a vetőmag-ellenőrzés rendszere egy jól definiált, jogilag szabályozott terület, ennek egyik eleme a fémzárolás, amelyhez szorosan kapcsolódik a kisparcellás fajtaazonosító kitermesztés. Az EU vetőmag-minősítési rendszere az OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) országok hatvanas éveiben elindított növényfajta-igazolási rendszerének alapjaira épült. A fajta eredeti tulajdonságainak megőrzése és ennek nyomon követése kiemelt szempont a szaporítási lépcsőkön végig haladva, az alapanyagtól az árualapú vetőmag forgalomba helyezéséig. Magyarországon a vetőmag-ellenőrzés színvonalát nemzetközileg is elismert kiemelkedő szintet képvisel (*Ertseyné* 2004). Hazánkban kereskedelmi forgalomba csak hivatalosan minősített vetőmag kerülhet. A minősítési és a vetőmagok fémzárolási folyamatán keresztül valósul meg. A hivatalos mintavételeken keresztül történő vetőmagminőség ellenőrzését a hatóság több szempont alapján vizsgálja. Ennek a folyamatnak az utolsó állomása a kisparcellás fajtakitermesztés, amely a Nemzeti Élelmiszerlánc-Biztonsági Hivatal (NÉBIH) Genetikai Erőforrások Igazgatóság Vetőmagfelügyeleti Osztályának Fajtakitermesztő Állomásán, Monorierdőn zajlik. Ez a folyamatos ellenőrzés garantálja a vetőmag-kereskedelelem szereplőinek (a végfelhasználóknak is) a szabványos minőségű vetőmagot, valamint visszajelzést is ad a fajtatulajdonosoknak és előállítóknak termékeik minőségéről. A vizsgálat jellegéből adódóan egy utólagos utóvizsgálat, úgynevezett posztkontroll kitermesztés. A vizsgálat párhuzamosan már megkezdhető a vetőmagtétel forgalomba hozatala, tekintettel a vetőmag gazdasági értékére és biológiai paramétereinek időarányos romlására. Hiszen csak annak a vetőmagnak van gazdasági értéke, amelynek csírázóképesége szabványszerű (*Mándy* 1974).

A növényi olajok nagyfokú kereslete egy folyamatosan növekvő piacot teremtett napjainkra. Világviszonylatban a jelentős olajnövény-kultúrák között

a napraforgó áll vetésterülete alapján a 4. helyen. Magyarországi jelentősége kiemelkedik a többi olajnövény közül, de sikeres termesztésének feltétele a megfelelő technológiai szinthez választott genotípus (*Pepó* 2018). A napraforgó ipari és élelmiszercélú felhasználása jelentős, 2024-ben hazánkban 674 894 hektáron takarították be (*KSH* 2024). A vetőmag minősége – azon belül is annak genetikai tisztasága – elengedhetetlen a magas terméshozam eléréséhez. A genetikai tisztaságot és homogenitást hagyományosan szántóföldi kísérletekben vizsgálják a napraforgóvonalak és hibridek vetőmagjai esetében is. A terméshozam becslése alkalmával a növényeket közvetlenül a virágzási időszakban értékelik a morfológiai paraméterek alapján (*Aksyonov* 2005). A napraforgó hibridek genetikai homogenitásának, a fajtaidegenek kiszűrésének laboratóriumi vizsgálati lehetőségei is vannak, például a fehérje alapú izoelektromos fókuszálás (IEF), amely az ISTA (International Seed Testing Association) által is akkreditált gélelektroforézis technika (*Ertseyne* 2004). A laboratóriumi tesztek összhangban a kitermesztés eredményeivel a kereskedelmi napraforgó vetőmagtétel genetikai tisztaságának rutinszerű vizsgálatában is fontos szerepet játszhatnak (*Kumar et al.* 2001).

A szántóföldi növénykultúrák – így a napraforgó hibridek – fajtakitermesztésének jogi és szakmai hátterét a *2003. évi LII. törvény* a növényfajták állami elismeréséről, valamint a szaporítóanyagok előállításáról és forgalomba hozataláról, továbbá a szántóföldi növényfajok vetőmagvainak előállításáról és forgalombahozataláról szóló *48/2004. (IV.21.) FVM rendelet* határozza meg. A hatályos eljárásrendet az *MSZ 20476:2008* számú, Kisparcellás fajtaazonosító vizsgálat című szabvány tartalmazza. Ennek alapján készült a *NÉBIH Fajtakitermesztő Állomásának Szabályzata* (2023) a kisparcellás fajtaazonosító és fajtatisztasági vizsgálatokról. A törvény rendelkezése alapján: „A növénytermesztési hatóság a szaporítóanyag fajtaazonosságának utólagos ellenőrzése érdekében fajtaazonosító kitermesztést végez” [*2003. évi LII. törvény 15. § (13)*]. A törvényt részletező rendelet értelmében kötelező kisparcellás fajtaazonosító és fajtatisztasági vizsgálatot végezni a hazánkban minősített napraforgó szuperelit és elit szaporítóanyag fokú vetőmagtételből (szülői vonalak). A napraforgó F1 hibrid (I. fok) vetőmagtétel legalább 50%-ából szintén el kell végezni az előzőben hivatkozott vizsgálatokat [*48/2004. (IV.21.) FVM rendelet 38.§ (4)*].

A kisparcellás fajtakitermesztés alapvetően két hatósági vizsgálatot foglal magába: a fajtaazonosság és a fajtatisztaság vizsgálatát. A fajtaazonossági vizsgálat annak megállapítása, hogy a fajta a hivatalos fajtaleírásban rögzített (jellemző) tulajdonságait a továbbzaporítások során változatlan formában megőrizte-e. A fajtatisztaság vizsgálata annak megállapítása, hogy a vizsgált vetőmagmintából felnevelt növényállomány fajtatisztaság-e, mennyire homogén, azaz milyen mértékben tartalmaz idegen fajú vagy fajtájú egyedeket (*MSZ 20476:2008*). A posztemergens gyomirtású árunapraforgó hibridek (CL, CLP, SU, AIR) esetében felvetődik a fenti homogenitási vizsgálatok kiegészítése ezen hibridek herbicid-érzékenységeinek tesztelésével is.

A napraforgó hibridek és alapanyagok fajtakitermesztésekor a vetőmag-előállító által a fémzárolás során kötelezően beküldendő mintákat a hivatalos (nemesítő által deklarált) fajtaleírásához és a kontroll mintához (ha rendelkezésre áll), mint a tétel élő fajtaleírásához kell hasonlíttani. A vizsgálat az UPOV (Union internationale pour la Protection des Obtentions Vegetales) a növényfajták oltalmára létesült nemzetközi egyezmény és a CPVO (Community Plant Variety Office) a növényfajták közösségi oltalmáért felelős hivatal irányelveinek leírása (deszkriptor) listái alapján történik (*MSZ 20476:2008*).

A napraforgó vetőmagminták beérkezése folyamatos, a fémzárolások ütemét követi, de határidőre (március 15.) be kell érkezniük a fajtakitermesztésre. A beérkezett napraforgóminták nyilvántartásba vételre kerülnek, adatait regisztrálják és eltárolják vetésig. A vetési sorban az azonos fajtájú tételek együtt kerülnek besorolásra. Az így kialakított kisparcellák elé kerülnek a kontroll minták, megkönnyítve a morfológiai tulajdonságok elbírálását. A vegetációs időszak alatt a növényállomány többszöri szemlében részesül (bonitálás a fenotípus alapján), figyelembe véve a fajra jellemző fenológiai stádiumokat és a fajta morfológiai bélyegeit. A fajtától eltérő egyedek (morfológiai és/vagy fenológiai eltérések), idegenként kerülnek felvételezésre, ezek adják a mintákon belül kimutatható heterogenitás mértékét. A szabvány által megengedett (F1 napraforgó vetőmagvak) maximális idegentartalom határértékét (4,5%) meghaladó tételek alkalmatlan minősítést kapnak, tovább nem forgalmazhatók (A NÉBIH Fajtakitermesztő Állomásának Szabályzata a kisparcellás fajtaazonosító és fajtatisztasági vizsgálatokhoz).

Anyag és módszer

Vizsgálati helyszín és háttér

A fajtakitermesztés hatósági vizsgálata a NÉBIH Monorierdei Fajtakitermesztő Állomásán (47.31328634786019, 19.488208858480753) történik az 1950-es évek eleje óta. A fémzárolásból beérkező, hivatalos mintavételből származó minták a vetésforgók betartása mellett kerülnek elvetésre az állomás területén. Jelen vizsgálatban a 2024. évi napraforgó fajtakitermesztés eredményeiből 5 hibrid homogenitásának mértékét (fajtatisztaságát) elemezzük. A vizsgálat hatósági voltából adódóan a hibridek nem kerülnek megnevezésre (jelölésük N1, N2, N3, N4, N5).

Kísérleti anyag és módszer

A kiválasztás alapját a 10–25 mintaszám intervallumba eső hibridek mintái képezték. A vetésre 2024. április 10-én került sor, követve a vonatkozó szabvány előírásait. Napraforgó esetén a mintákat 50 méter hosszú (4–5 tő/fm) parcellaméretben (1 sor = 1 parcella) határozza meg. A vizsgálat során kulcsfontosságú a minimális növénydarabszám (200 db) megléte. A vetési sorban az egy fajtához tartozó minták egymás mellé kerülnek a könnyebb összehasonlíthatóság érdekében. A talajművelés, tápanyag visszapótlás és a növényvédelem egységesen történt, figyelembe véve a napraforgó-termesztés általános technológiai előírásait, azért, hogy az így megvalósított agrotechnika ne torzítsa az egyes fajtabélyegek megítélését.

Értékelési protokoll

Az értékelés (bonitálás) a CPVO napraforgóra vonatkozó TP/081/1 protokollja alapján történt, ami dekódolja a hivatalos fajtaleírásban rögzített morfológiai és fenológiai bélyegeket. Fontos megjegyezni, hogy a CPVO protokoll által meghatározott morfológiai bélyegeket mindig az előírt fenofázisban kell vizsgálni, ugyanis az adott tulajdonság csak ekkor tekinthető relevánsnak. Mindezen előírások alapján a június–július időszakban felvételezésre kerültek a fajta kitermesztés szempontjából kiemelt, napraforgóra vonatkozó csillagos tulajdonságok (növénymagasság, szár-, levél-, virág tulajdonságok, sterilitás vizsgálata). Ezt követte szeptemberben a kaszat bírálata (kaszat színe, csíkoltsága, nagysága). Mindezen paraméterek kerültek összehasonlításra a hivatalos fajtaleírásában

foglaltakkal. A leírástól eltérő morfológiai és/vagy fenológiai bélyeget mutató növényegyed a vizsgálat szempontjából idegennek tekintendő. Az idegenként azonosított egyedek különbözőségének okát a fajtakitermesztés protokollja már nem vizsgálja tovább. Azonban a bírálat során ki kell zárni az esetleges agrotechnikai hibára vagy környezeti hatásra visszavezethető morfológiai és/vagy fenológiai eltéréseket.

Adatfeldolgozás és elemzés

Az adatok elemzéséhez és vizuális megjelenítéséhez Excel és Jamovi szoftvereket használtunk. Az elemzés során alapstatisztikai mutatókat számoltunk (átlag, medián, szórás stb.), majd hisztogramokat és boxplotot készítettünk az adatok eloszlásának és szórásának vizuális értékelésére. A statisztikai próbák közül a Shapiro-Wilk tesztet alkalmaztuk a normalitás vizsgálatára, a Levene-tesztet pedig a varianciák homogenitásának ellenőrzésére. A csoportok közötti különbségeket varianciaanalízissel (ANOVA) vizsgáltuk, azonban a normalitás sérülése miatt a Welch-ANOVA-t használtuk, amely megbízhatóbb eredményt adott eltérő eloszlású adatok esetén.

A mintaparcella összes egyedszámához viszonyított, idegenként azonosított egyedek száma adja meg a minta heterogenitásának mértékét. Ennek inverz értékéből megkapjuk a minta homogenitási százalékát. A statisztikai eredményeket minden esetben 5 %-os szignifikancia szinten elemeztük.

Eredmények és értékelés

Az év közbeni bonitálás során mind az öt hibrid mintái között találtunk idegenként azonosított egyedeket, mivel morfológiai (általában magasság és kaszat) és fenológiai (általában korai vagy későbbi virágzási idő) eltérés mutatkozott a hivatalos fajtaleíráshoz és a minta többi egyedéhez képest. Az eltérés okának keresése nem része a fajtakitermesztésnek. Amennyiben kizárható a minta vizsgálati metodikája során esetlegesen elkövetett agrotechnikai hiba vagy időjárás okozta anomália, akkor az eltérő egyedeket idegennek kell tekinteni. A minták idegentartalma alapján megkaptuk az egyedszámhoz viszonyított homogenitási százalékot. A minták homogenitás% adataiból számolt, hibridekre vonatkozó statisztikai alapadatokat az *1. táblázatból* olvashatjuk ki.

1. táblázat. Napraforgó fajták homogenitásának statisztikai alapadatai

Fajta (1)	Elemszám (2)	Átlag (%) (3)	Medián (%) (4)	Minimum (%) (5)	Maximum (%) (6)	Szórás (%) (7)
N1	16	98,06	97,94	96,89	99,45	0,70
N2	20	98,56	98,55	97,04	99,58	0,70
N3	14	99,52	100,00	97,64	100,00	0,70
N4	19	98,68	98,80	97,22	100,00	0,71
N5	16	98,48	98,71	97,04	99,52	0,86

Table 1. Statistical basic data on the homogeneity of sunflower varieties. (1) Variety, (2) Element number, (3) Mean (%), (4) Median (%), (5) Minimum (%), (6) Maximum (%), (7) Standard deviation (%)

Az 1. táblázat adataiból megállapítható, hogy homogenitás tekintetében az N3 hibrid mutatja a legjobb eredményeket, hiszen az átlag (99,52%) és medián (100%) értékei a legmagasabbak a vizsgált hibridek között. Az adatok szórása is mérsékeltnek mondható. Az N5 hibrid mutatja legnagyobb szórását (0,86%) ami a többihez képest nagyobb heterogenitásra utal. Ezzel szemben az N1, N2, N3 hibridek homogenitásának stabilitása kiegyensúlyozottabb az adatok szórása alapján. Az átlag és a medián minden hibridnél közel azonos, ami azt jelzi, hogy az adatok eloszlása szimmetrikus, nincsenek jelentősen kiugró értékek. A maximum értékekből kitűnik, hogy az N3 és N4 hibridek között akad maximális homogenitást mutató minta is. A minimum értékeket nézve az N1 hibrid tartalmaz olyan mintát, ami 3,11%-ban mutat heterogenitást. Ez a hatósági vizsgálat szempontjából még hibahatáron belüli (4,5%).

Az N1 hibrid box-plot ábráját elemezve nem látunk jelentős eltéréseket az alsó és felső széleken, az interkvartilis tartomány is viszonylag keskeny, az adatok a felső kvartilisben egy kicsit jobban koncentrálnak, ezért egyenletes eloszlásról beszélhetünk (1. ábra). Kiugró érték nincs, a minták homogenitása stabilnak mondható. Az N2 hibrid értékei már közelebb vannak a magasabb homogenitáshoz. Az adatok szórása az alsó tartományban nagyobb, mint az N1 hibrid esetén. Az N3 hibrid szóráseloszlásán látható,

hogy a minták fele 100%-os homogenitást mutat, ez következik a medián helyzetéből. A hibrid homogenitása kiemelkedően jó a többihez képest, a minták között található kiugró érték (97,64%) ellenére is. Ennek minimális hatása van a többi adat eloszlására. Az N4 hibrid mediánja a 98,8%-os homogenitási szintnél található, az alsó és felső határtartományok aránylag szimmetrikusak, nem mutatnak jelentős eltéréseket. Az adatok az alsó kvartilisben koncentráltabbak, mint a felsőben, de eloszlásuk nem tekinthető aszimmetrikusnak. Nem láthatók kiugró értékek, a stabilitás itt is megnyilvánul. Az N5 hibrid mediánértéke hasonló az N4 hibridéhez, de az interkvartilis tartomány szélessége az összes többi hibridhez képest tágabb. A nagyobb szórás jelzi az adatok közötti nagyobb változékonyságot és ezzel instabilabb homogenitást eredményez.

1. ábra. A vizsgált hibridek homogenitásának eloszlása

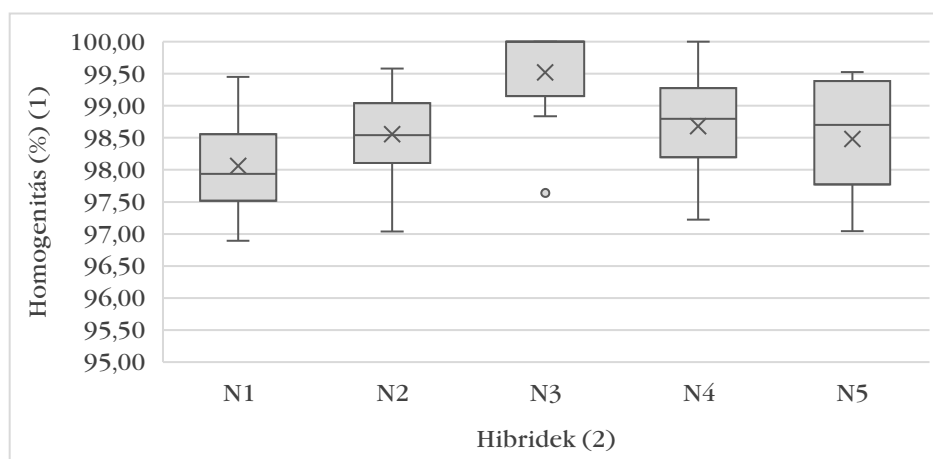


Figure 1. Distribution of homogeneity of the examined hybrids. (1) Homogeneity (%), (2) Hybrids

Az N1 hibrid homogenitási értékeinek hisztogramja alapján (2. ábra) megállapítható, hogy az adatainak eloszlása nem teljesen szimmetrikus. A minták egy része a 97,39–97,89%-os szűk intervallumban található, a magasabb homogenitási értékek szélesebb tartományban oszlanak el. Ebből következik, hogy a hibrid egy szűk és stabil homogenitási szinten van, de néhány értéke a magasabb tartományba esik, ami növeli a hibrid

megbí zhatóságát. Az alsó határhoz közeli értékek kevésbé gyakoriak, de szemléltetik, hogy előfordulhatnak kisebb ingadozások az alacsonyabb tartományban is.

2. ábra. Az N1 hibrid homogenitási értékeinek gyakorisági eloszlása
(lépték 0,5%)

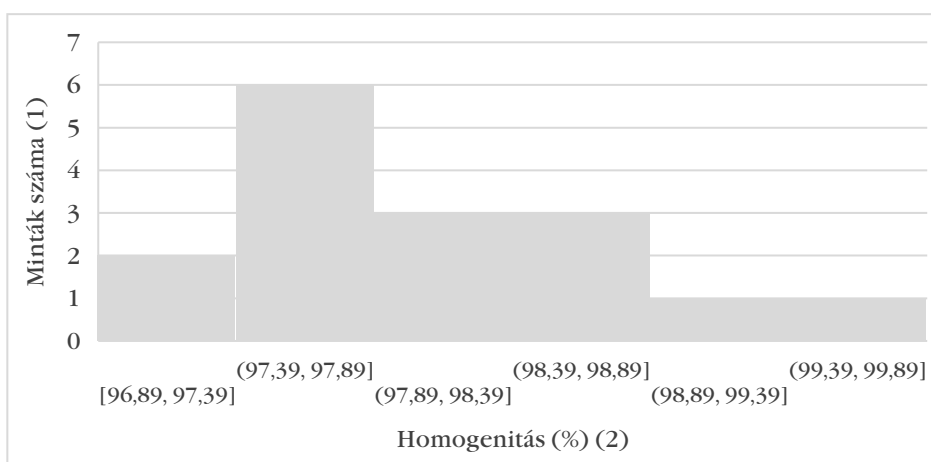


Figure 2. Frequency distribution of N1 hybrid homogeneity values (scale 0.5%). (1) Number of samples, (2) Homogeneity (%)

Az N2 hibrid esetében (3. ábra) a minták többsége a 98,04–99,04%-os tartományban koncentrálódik. A hisztogram eloszlása majdnem szimmetrikus, de enyhén jobbra torzított, mivel a magasabb homogenitási értékek valamivel gyakoribbak, viszont a különbség nem jelentős az alacsonyabb értékekkel összehasonlítva. A hisztogram két oldalán előfordulnak nagyon magas és alacsonyabb homogenitású minták, de ezek nem dominálnak és nem befolyásolják jelentősen az átlagos eloszlást. A hibrid homogenitását nagyfokú egyenletesség jellemzi.

Az N3 hibrid adatainak (4. ábra) több mint 50%-a a legfelsőbb 99,64–100,14%-os tartományba található, ennek következtében a hibrid kiemelkedően magas homogenitást mutat. A legalacsonyabb homogenitási érték elszigeteltsége szembeűnő.

3. ábra. Az N2 hibrid homogenitási értékeinek gyakorisági eloszlása
(lépték 0,5%)

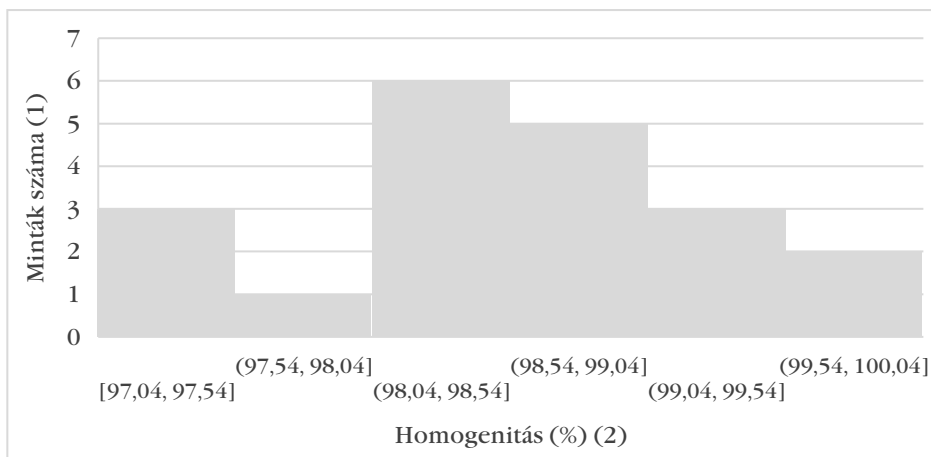


Figure 3. Frequency distribution of N2 hybrid homogeneity values (scale 0.5%). (1) Number of samples, (2) Homogeneity (%)

4. ábra. Az N3 hibrid homogenitási értékeinek gyakorisági eloszlása
(lépték 0,5%)

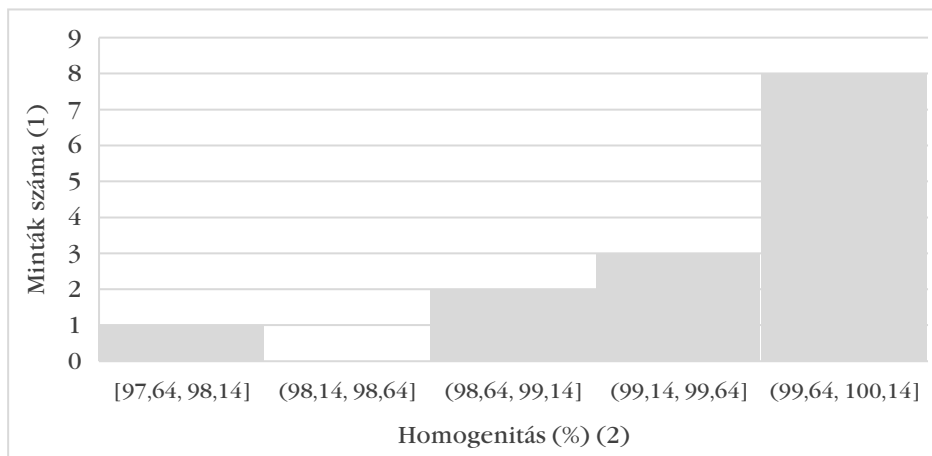


Figure 4. Frequency distribution of N3 hybrid homogeneity values (scale 0.5%). (1) Number of samples, (2) Homogeneity (%)

Az N4 hibrid hisztogramját elemezve (5. ábra) megfigyelhető, hogy az adatok két tartományban sűrűsödnek (97,72–98,22% és 99,22–99,72%), de a köztes tartományok is csak néhány mintával tartalmaznak kevesebbet, jelentős különbségről nem beszélhetünk. Jelen esetben nem dönthető el egyértelműen, hogy a hibrid homogenitása kétszcúcsú eloszlást mutat, vagy az csak véletlenszerű mintaingadozás eredménye.

5. ábra. Az N4 hibrid homogenitási értékeinek gyakorisági eloszlása (lépték 0,5%)

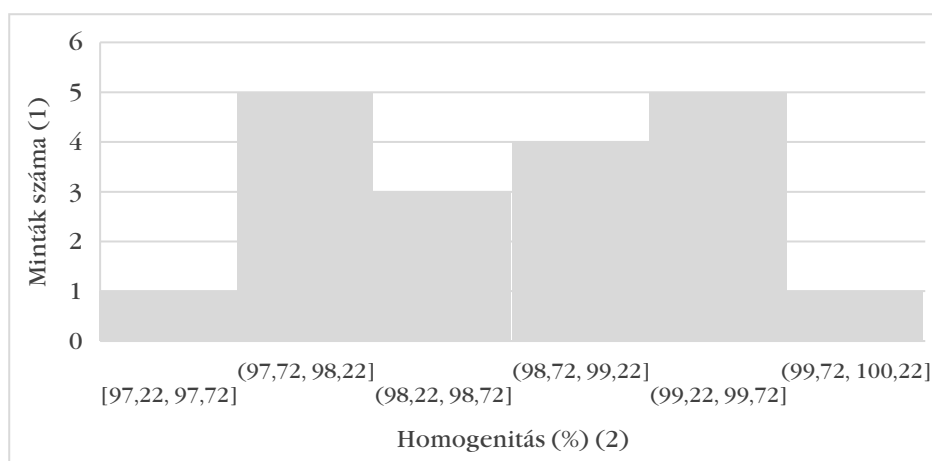


Figure 5. Frequency distribution of N4 hybrid homogeneity values (scale 0.5%). (1) Number of samples, (2) Homogeneity (%)

Az N5 hibrid esetében (6. ábra) az adatok több tartományban is megjelennek, ebből az következik, hogy a homogenitás értékei szélesebb skálán mozognak, nem koncentrálnak egy szűk intervallumban. Nincs egyértelműen domináns értéktartomány, egyik irányba sem tapasztalható erős torzió. Mivel az eloszlás széles, így a stabilitás kevésbé egyértelmű.

A hibridek homogenitási értékei közötti szignifikáns különbségek kimutatására először megvizsgáltuk az adateloszlás normalitását. Ezt a Shapiro-Wilk teszt segítségével végeztük el a viszonylag kis mintaszám miatt (2. táblázat). A kapott W értékek alapján az N1, N2, N4 és N5 hibridek homogenitási eloszlása közel áll a normálhoz, míg az N3 hibridé jelentősen eltér attól. Az N1, N2, N4, N5 hibridek esetén a p-értékek 0,05 felett vannak, ami azt jelzi, hogy az eloszlás

normális. Az N3 hibrid p-értéke azonban nagyon kicsi ($<0,001$), ami arra utal, hogy a minták szignifikánsan nem normál eloszlásúak.

6. ábra. Az N5 hibrid homogenitási értékeinek gyakorisági eloszlása
(lépték 0,5%)

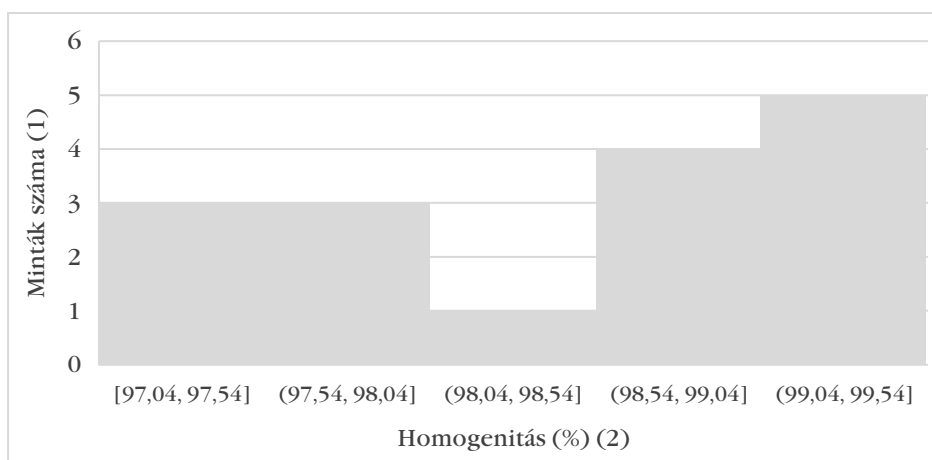


Figure 6. Frequency distribution of N5 hybrid homogeneity values (scale 0.5%). (1) Number of samples, (2) Homogeneity (%)

2. táblázat. A Shapiro-Wilk normalitásvizsgálat eredményei
(Jamovi elemzés)

Hibrid (1)	Mintaszám (N) (2)	Shapiro-Wilk statisztika (W) (3)	Szignifikancia (p-érték) (4)
N1	16	0,982	0,979
N2	20	0,952	0,395
N3	14	0,731	$<0,001$
N4	19	0,971	0,804
N5	16	0,915	0,141

Table 2. Results of the Shapiro-Wilk normality test (Jamovi analysis). (1) Hybrids, (2) Number of samples (N), (3) Shapiro-Wilk statistics (W), (4) Significance (p value)

A varianciaanalízis másik alapkövetelménye a csoportok varianciáinak egyenlősége. Ennek ellenőrzésére Levene-tesztet végeztünk (3. táblázat), amelynek p-értéke 0,519 lett. A kapott F-érték a csoportok közötti és a csoporton belüli varianciák arányát fejezi ki. Az F-értékhez tartozó szabadságfokok közül a df1 a vizsgált csoportok számából ($n - 1$), míg a df2 a teljes mintanagyságból (összes elemszám mínusz csoportszám) származik. A p-érték alapján a hibridek közötti varianciák nem térnek el szignifikánsan egymástól, tehát a varianciák homogénnek tekinthetők.

3. táblázat. A Levene-teszt eredményei

Teszt (1)	F érték (2)	df1 szabadságfok (3)	df2 szabadságfok (4)	p-érték (5)
Homogeneity of Variances Test (Levene's) (6)	0,816	4	80	0,519

Table 3. The results of the Levene test. (1) Test, (2) F value, (3) df1 degree of freedom, (4) df2 degree of freedom, (5) p value

Az egytényezős ANOVA feltételezi az egyes csoportok adatainak normál eloszlását. Ez a feltétel az N3 hibrid esetében nem teljesül, ezért a varianciaanalízishez inkább a Welch-ANOVA-t alkalmaztuk (4. táblázat), amely kevésbé érzékeny a normalitás torzulására. Ezáltal az eredmény megbízhatóságát növeltük.

4. táblázat. A Welch-ANOVA varianciaanalízis eredményei

Teszt (1)	F érték (2)	df1 szabadságfok (3)	df2 szabadságfok (4)	p-érték (5)
One-Way ANOVA (Welch's) (6)	8,12	4	38,7	<0,001

Table 4. Results of Welch-ANOVA variance analysis. (1) Test, (2) F value, (3) df1 degree of freedom, (4) df2 degree of freedom, (5) p value

A Welch-féle ANOVA során kapott F érték, valamint a hozzá tartozó df1 és df2 szabadságfokok a csoportátlagok közötti eltérések statisztikai értékelését szolgálják, figyelembe véve a csoportok közötti varianciákat és elemszámokat. A vizsgálat eredménye alapján a hibridek között szignifikáns különbség igazolódott (p -érték $<0,001$).

Következtetések

A vizsgált genotípusok homogenitásának eloszlása (*1. ábra*) alapján az N3 hibrid mondható a leginkább homogénnek (magas arányban tartalmaz 100%-os mintákat), míg az N5 hibrid mutatja a legnagyobb heterogenitást. Az N1 és N4 hibridek stabil középutat képviselnek, alacsony szórással és egyenletes teljesítménnyel. Az N4 hibrid homogenitási értékeinek gyakorisági eloszlásában (*5. ábra*) az adatok két tartományban sűrűsödnek, a köztes tartományok is csak néhány mintával tartalmaznak kevesebbet. Nem dönthető el egyértelműen, hogy a hibrid homogenitása kétcsúcsú eloszlást mutat vagy csupán véletlenszerű mintaingadozás eredménye. A mintaszám növelésével ez a kérdés tisztázható. Ha a további vizsgálatokból a kétcsúcsú eloszlás kimutatható, ez utalhat a hibrid mintáinak eltérő eredetére. Az eltérő eredetű minták közötti különbségeket okozhatják az alábbiak:

- genetikai problémák: nem szabványos genetikai tisztasággal rendelkező szülői vonalak (pl. öntermékenyülés, idegen megporzás);
- agrotechnológiai hibák (pl. árvakelés, növénykórtani);
- vetőmag-előállítási hibafaktorok (pl. mechanikai keveredés, idegenelés).

A variancia elemzés alapján kimutatható, hogy a hibridek homogenitása között szignifikáns különbség van, ami szükségessé teszi az okok további keresését a minőség javítása érdekében. A jelenleg hatályos szabályozás (*MSZ 20476:2008 szabvány 5. határérték táblázata*) F1 hibrid napraforgó vetőmag esetén 200 növényből 9 idegent (4,5%) engedélyez. Ennek alapján a minták 95,5% homogenitás értékig még alkalmas minősítést kapnak, fajtatisztának genetikailag homogénnek tekinthetők. A vetőmagágazatban tapasztalható szoros verseny miatt a fajtatulajdonosoknak és vetőmag-előállítóknak fontos lehet a rendszer finomhangolása, a heterogenitás háttérében álló genetikai és/vagy termesztéstechnológiai tényezők felderítése, ezzel is növelve hibrideik fajtaértékét, garantálva a stabilabb terméseredmények biztosítását.

IRODALOM

2003. évi LII. törvény: 2003. A növényfajták állami elismeréséről, valamint a szaporítóanyagok előállításáról és forgalomba hozataláról. Magyar Közlöny. 82. szám.
- 48/2004. (IV. 21.) FVM rendelet: 2004. A szántóföldi növényfajok vetőmagvainak előállításáról és forgalomba hozataláról. Magyar Közlöny. 51. szám.
- A NÉBIH Fajtakitermesztő Állomásának Szabályzata: 2023. A kisparcellás fajtaazonosító és fajtatisztasági vizsgálatokhoz. Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Mezőgazdasági Genetikai Erőforrások Igazgatóság, Vetőmag-felügyeleti Szakterület. Budapest. <https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/557908720/Fajtakitermesztesi+Szabalyzat+Monorierdo.pdf> (Letöltve: 2025. 01. 13.)
- Aksyonov, I. V.: 2005. Use of albumin markers for defining genetic purity of sunflower parent lines and hybrids. *Helia*. 28. 43: 43–48.
- CPVO-TP/081/1: 2002. Protocol for Distinctness, Uniformity and Stability Tests. *Helianthus annuus* L. Sunflower. European Union. Community Plant Variety Office (CPVO). Adopted on 31/10/2002
- Ertseyne Péregi K.: 2004 Vetőmagminősítési tés. [In: Bedő Z. (szerk.) A vetőmag születése. A vetőmagtermesztés elmélete és gyakorlata.] Agroiinform Kiadó. Budapest. 537.
- Kapre, S. S.–Nerkar, Y. S.: 1985. Polyacrylamide gel electrophoresis of soluble seed proteins in relation to cultivar identification in cotton. *Seed Science and Technology*. 13. 3: 847–852.
- Központi Statisztikai Hivatal (KSH): 2024. 19.1.2.11. A napraforgómag termelése vármegye és régió szerint. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0078.html (Letöltve: 2025. 01. 13.)
- Kumar, J.–Agrawal, R. L.–Kumar, A.–Garg, G. K.: 2001. Sodium dodecyl sulphate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) analysis for determination of genetic purity of sunflower hybrids. *Seed Science and Technology*. 29. 3: 647–652.
- Malya, G. S.–Kasanga, C. J.–Chilagane, L. A.–Lukeye, J. N.: 2024. Complementing grow-out test with molecular markers in genetic purity assessment of crop varieties: A systematic review. *Afr. J. Agric. Res.* ISSN: 1991-637X. DOI: 10.5897/AJAR
- Mándy Gy.: 1974 A bő termés biológiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 315.
- Microsoft Corporation: 2019. Microsoft Excel (MSO Version 16.0.10416.20047, 64 bites) [Computer software]
- MSZ 20476: 2008. Kisparcellás fajtaazonosító vizsgálat. Magyar Szabványügyi Testület. Budapest.

- Nikolić, Z.-Vujaković, M.-Jevtić, A.:* 2008. Genetic purity of sunflower hybrids determined on the basis of isozymes and seed storage proteins. *Helia*. 31. 48: 47-54.
- Pallavi, H. M.-Gowda, R.-Shadakshari, Y. G.-Bhanuprakash, K.-Vishwanath, K.:* 2011. Identification of SSR markers for hybridity and seed genetic purity testing in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia*. 34. 54: 59-66.
- Pepó P.:* 2018. A napraforgó termesztés kritikus elemei. *Agrofórum Online*. <https://agroforum.hu/szakcikkek/novenytermesztes-szakcikkek/a-napraforgo-termesztes-kritikus-elemei/>
- The jamovi project:* 2022. jamovi. (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- Zauli, G.-Bianchi, P. G.:* 1993. Varietal identification in the framework of seed rules. Rules in force and expected changes. *Sementi Elette*. 39. 3-4: 5-8.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Kristó Attila – Dr. Nagy János
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*attilakristohun@gmail.com

Dr. Lajkó László
Phytopatent Kft.
Budapest
Mátray utca 10.
H-1012

Dr. Gergely László
NÉBIH MGEI Szántóföldi Fajtakísérleti Osztály
Budapest
Kis Rókus u. 15/a.
H-1024