

Válasz Dr. Dobránszki Judit bírálataira

Köszönöm bírálóm értékelő szavait és jobbító szándékú észrevételeit. Fontos számomra, hogy a gyakorlat számára átadható eredményeket külön kihangsúlyozta.

Valóban helytelenül használtam a reedződés kifejezést, továbbiakban az edződés elvesztése formát fogom használni.

Az új tudományos eredmények módosítására tett javaslatait elfogadom.

Válasz a feltett kérdésekre:

1. kérdés:

A Jelölt által az értekezés 28. oldalán említett, a fagyállóság dinamikájával kapcsolatban mandulában végzett teljes transzkriptom profil és kis RNS (sRNA) profil vizsgálatok milyen, a fagyűrőssel kapcsolatos főbb, a stressztűrés kialakulásában fontos molekuláris folyamatokat, vagy szabályozó anyagokat, pl. miRNS-eket, fedeztek fel, illetve kajszi-, vagy őszibarackban ismertek-e hasonló vizsgálatok (pl. Yu et al 2020a, b)?

2. kérdés:

A vizsgált kajszi-, és őszibarackfajták esetén milyen volt az alanyhasználat? Ugyanolyan alanyokat használtak-e az egyes fajoknál a különböző fajták esetében? Van-e hosszútávú adatsor akár saját, akár szakirodalmi arra vonatkozóan, hogy az alanyhasználat hogyan befolyásolja egyes kajszi-, és őszibarackfajták fagyűrőését és télállóságát?

3. kérdés:

Milyen perspektívát lát ilyen, hosszú időszakból rendelkezésre álló, részletes szabadföldi, klímakamrás és laboratóriumi adtasorok komplex értékelésében a mesterséges intelligencia (AI) és gépi tanulás (ML) alkalmazására? Tekintettel arra, hogy a fejlődési folyamatok és a fagyűrőés kapcsolatának hosszú idősoron keresztüli vizsgálatára genotípusok széles skálája áll rendelkezésre, a Jelölt szerint mennyire alkalmazható a mesterséges intelligencia a klímaváltozással összefüggő megváltozott környezetnek, például a vizsgálat 26 éves időtartama során már detektált és a klímamodellek által prognosztizált melegedésnek és a csapadék csökkenésének, megfelelő genotípusok kiválasztásának predikciójára?

Válaszok:

1. A genetikai kutatások terén jelentős előrehaladás történt az elmúlt időszakban, új eszközök, új módszerek kerültek bevetésre. Ezek eredményei nagy segítséget nyújtanak növényeink működésének jobb megértéséhez. A fás növények vizsgálata ezen a téren is nehezebb, mint a lágyszárúaké, ezért a kutatási eredmények is szerényebbek.
A fagyérzékeny gyümölcsfajoknál a virágrügyfejlődés és az edződési folyamatok genetikai hátterének feltárása a nemesítés és a gyakorlat számára is hasznos eredményeket szolgáltat.
Izgalmas kutatási terület a mikroRNS-eknek a növények életfolyamataiban betöltött szerepének vizsgálata. A mikroRNS-ek kicsi, nem kódoló, 18-25 nukleotid hosszúságú RNS-ek, amelyek a hírvivő RNS-ek (mRNS-ek) transzkripció folyamatának

szabályozásában vesznek részt. Fontos szerepüket mutatták ki többek között a növények környezeti stresszhatások elleni védekezésében.

Iráni kutatók 2016-ban mandulafajták virágrészeiben vizsgálták a mikroRNS-ek expresszióját alacsony hőmérsékleti stressz hatására. A különböző fagyűrűsű fajták jelentősen eltérő mintázatot mutattak. (Karimi et al. 2016). Az őszibarack hidegtűrésében, nyugalmi állapotának és virágzási idejének szabályozásában szerepet játszó mikroRNS-ekről 2012-ben jelent meg az első publikáció (Barakat et al. 2012).

A virágképzésben vizsgálták a mikroRNS-ek szerepét rendellenes és szabályos virágú japán kajszifajták genotípusokban (Gao et al. 2012). A termesztett kajszival kapcsolatos mikroRNS-ekről szóló első cikk 2015-ben jelent meg. Ebben 33 célpontot azonosítottak a mikroRNS-ek számára, köztük a fagyűrűs szabályozását (Baloch et al. 2015).

A génexpressziós kutatások terén is egyre több eredmény lát napvilágot. Mandula virágokban hat gén expresszióját azonosították hidegstressz hatására iráni kutatók 2018-ban (Hosseinpour et al. 2018). Őszibarackfajták fás részeiben vizsgálták a fagyállósággal összefüggő géneket. Hat gén expressziója szoros kapcsolatban volt a szövetek LT_{50} értékével (Yu et al. 2020a).

A virágrügyek nyugalmi állapotának genetikai szabályozásáról is egyre többet tudunk. Úttörő munkát végzett ezen a téren egy nemzetközi kutatócsoport, akik kajszifajtákban a mélynyugalom megszüntetésében szerepet játszó fontosabb géneket azonosították (Yu et al. 2020b).

Egyetemünk Genetika Tanszékén is jelentős kutatások folynak a csonthéjas gyümölcsfajok területén. Többek között a SOC1 gén szerepét is tanulmányozzák a nyugalmi állapot szabályozásában. Az őszibarackfajtákkal folytatott vizsgálatok első eredményei 2021-ben jelentek meg. Ebben a munkában vizsgálati anyagok biztosításával alkalmam volt részt venni (Halász et al. 2021).

Társszerző voltam abban a publikációban is, amelyben a kajszifajták nyugalmi állapotát szabályozó géneket azonosítottak. Ez a munka több kutatóhelyen Halász Júlia és Hegedűs Attila irányításával folyt (Balogh et al. 2019).

Ezek az eredmények elsősorban a nemesítés során használhatók fel genetikai markerekként a megfelelő szülőpartnerek kiválasztására vagy korai szelekciós eljárások kidolgozására.

Sok kutatási eredmény látott napvilágot a stressztűrési kialakításában szerepet játszó növényi hormonokról és enzimekről. Ezek is nagyon hasznosak a fajtaérték-kutatás és a nemesítés számára.

2. Kísérleti ültetvényeinkben a kajszifajták miobalán magonc alanyon, az őszibarackfajták pedig mandula magonc alanyon álltak. Alanyhasználat tehát egységes volt, vizsgálatainkban így a fajták hatásait jól tudtuk értékelni.

Az alanyoknak a fagyűrűsre gyakorolt hatásait nem vizsgáltuk, ezekről csak szakirodalmi adatok és a termesztők gyakorlati tapasztalatai alapján vannak információim. Magyarországon a faiskolák a kajszifajták előállításához legnagyobb arányban régóta miobalán magonc alanyokat használnak. Az utóbbi években a szaporításokban ennek 70% körüli volt az aránya. A kajszifajták aránya 10%, ezen kívül 20%-ban használják a különböző vegetatív úton szaporított alanyokat. A kajszifajták számára használható alanyok fő jellemzőit szakirodalmi adatok alapján az 1. táblázatban gyűjtöttem össze.

Az őszibarackhoz a hazai faiskolák nagyjából azonos arányban használnak őszibarack magonc és mandula magonc alanyokat (40-40%). A vegetatív úton szaporított alanyok

aránya 20%, amelyek közül a GF 677 a legkeresettebb. A 2. táblázatban található az őszibarackhoz használatban lévő alanyok fő jellemzői a szakirodalmi adatok alapján.

Az alany a gyümölcsfa minden élettevékenységére hatással van, a fa összes jellemzőjét a fajta és az alany egymással kölcsönhatásban alakítja ki. Így a fa vegetatív jellemzőit (méretét, alakját), generatív jellemzőit (virág- és gyümölcsképzését), valamint fenológiai jellemzőit (rügyfejlődését, virágzási és érési idejét) egyaránt befolyásolja az alany. Emellett a fa biotikus és abiotikus stresszhatásokkal szembeni ellenállóképessége, a környezeti tényezőkhöz való alkalmazkodása is nagyban függ az alanytól. Természetesen nagyon fontos az is, hogy a fák megfelelő kondícióban és jó egészségi állapotban legyenek, a termesztéstechnológia során pedig minden műveletet gondosan végezzünk el.

A fagyűrész tekintetében szét kell választanunk a téli fagyállóságot és a virágzáskori fagyűrést mindkét vizsgált faj esetében. Ezek nincsenek szoros összefüggésben egymással. A téli fagyűrész szempontjából kiváló alanyok, főként amelyeket kifejezetten erre szelektáltak (Fehér besztercei, MY-KL-A a kajszihoz, Siberian C, Krymsk sorozat az őszibarackhoz) nem biztos, hogy tavasszal is jól vizsgáznak. A virágzási időszakban ugyanis a fenológiai állapot a meghatározó a fagyűrész tekintetében. Azok az alanyok, amelyek korábbra hozzák a virágzási időt, nagyobb fagykár kockázatot jelentenek. Ez mindkét vizsgált fajnál így van, de kajszinál még határozottabban megfigyelhető, mint az őszibaracknál. Itt érdekességként említhető, hogy ugyan a szilva később virágzó gyümölcsfaj, mint a kajsi, de ha a kajszihoz szilva alanyt használunk, korábbi lesz a fa virágzása.

A szárazságtűrész sincs szoros kapcsolatban a fagyűrészsel, amint azt az 1. és a 2. táblázat adatai is mutatják.

Az alanyok hatásának tudományos igényű vizsgálata pénz és időigényes, ezért kevesen vállalkoznak rá. Magyarországon csak a kajszival folytak ilyen irányú kísérletek, őszibarackkal nem. A kajsziról korábban a ceglédi és szigetcsépi kísérleti ültetvényekben szerzett tapasztalatokat publikálták. Cegléden szerencsére létesült egy új kísérleti ültetvény is, kifejezetten az alanykutatás céljára 2018-ban, amelynek első eredményei már megjelentek a publikációkban.

3. A mesteréges intelligencia és a gépi tanulás segítséget nyújthatnak a kutatómunkában, ha azokat megfelelő módon használjuk. A gyümölcstermesztési kutatás jelenlegi hazai infrastruktúrája és lehetőségei azt hiszem ma még messze vannak ezek alkalmazásától, de a jövő nyitott. A korszerű, új módszerek segíthetnek az adatfelvételezésekben és a nagy tömegű adatállományok feldolgozásában. Az ember kreativitását és intuícióit azonban nem fogják helyettesíteni.

Fiatal kollégák, akik az informatika terén jól képzettek és érdeklődők, reményeim szerint jól hasznosíthatják a 26 éves adatsorainkat a klímamodellekkel összevetve, a kajsi- és az őszibaracktermesztés eredményesebbé tétele érdekében.

Táblázatok:

1. táblázat

Kajszi alanyok

Forrás: Hrotkó (1999); Mendelné et al. (2023)

alany	faj, származás	szaporítási mód	növekedési erély	fagy- és télállóság	virágzáskori fagyűrész	szárazság- tűrés
kajszi	<i>Prunus armeniaca</i>	magonc	igen erős	jó	jó	jó
mirobalan	<i>Prunus cearsifera</i>	magonc	erős	jó	jó	közepes
Myrobalan B	<i>Prunus cearsifera</i>	vegetatív	erős	jó	jó	közepes
Myrobalan 29C	<i>Prunus cearsifera</i>	vegetatív	erős	jó	jó	közepes
Kökényszilva C.83	<i>Prunus instititia</i>	magonc	közepes	kiváló	közepes	közepes
Fehér besztercei	<i>Prunus domestica</i>	vegetatív	középerős	kiváló	közepes	közepes
Kisnánai lőszemű	<i>Prunus domestica</i>	vegetatív	középerős	kiváló	közepes	közepes
Brompton	<i>Prunus domestica</i>	vegetatív	középerős	kiváló	közepes	közepes
Adesoto®101	<i>Prunus instititia</i>	vegetatív	középerős	jó	közepes	közepes
Wavit®	<i>Prunus domestica</i>	vegetatív	középerős	jó	közepes	közepes
Marianna GF 8-1	<i>fajhibrid</i>	vegetatív	igen erős	jó	közepes	jó
Saint Julien GF 655/2	<i>Prunus instititia</i>	vegetatív	középerős	jó	közepes	közepes
MY-BO 1	<i>Prunus cearsifera</i>	vegetatív	középerős	jó	jó	közepes
KY-KL-A	<i>Prunus cearsifera</i>	vegetatív	középerős	kiváló	jó	közepes
Ishtara® (Ferciana)	<i>fajhibrid</i>	vegetatív	féltörpe	jó	na.	közepes
Torinel® (Avifel)	<i>fajhibrid</i>	vegetatív	középerős	kiváló	na.	közepes
Jaspi® Fereley	<i>fajhibrid</i>	vegetatív	erős	na.	na.	na.

magyarázat: na.: nincs adat

2. táblázat

Őszibarack alanyok

Forrás: Hrotkó (1999); Manganaris et al. (2022, 2023)

alany	faj, származás	szaporítási mód	növekedési erély	fagy- és télállóság	virágzáskori fagyűrűs	szárazság- tűrés
őszibarack	<i>P. persica</i>	magonc	erős	jó	jó	közepes
mandula	<i>P. dulcis</i>	magonc	erős	közepes	jó	jó
Siberian C	<i>P. persica</i>	magonc	erős	kiváló	jó	közepes
GF-677	<i>P. dulcis</i> × <i>P. persica</i>	vegetatív	igen erős	közepes	jó	jó
Ishtara® (Ferciana)	(<i>P. cerasifera</i> × <i>P. salicina</i>) × (<i>P. cerasifera</i> × <i>P. persica</i>)	vegetatív	középerős	közepes	na.	közepes
Cadaman® (Avimag)	<i>P. davidiana</i> × <i>P. persica</i>	vegetatív	erős	jó	na.	jó
Empyrean®2 (Penta)	<i>P. domestica</i>	vegetatív	féltörpe	na.	na.	közepes
Empyrean®3 (Tetra)	<i>P. domestica</i>	vegetatív	féltörpe	na.	na.	közepes
Krymsk®1	<i>P. tomentosa</i> × <i>P. cerasifera</i>	vegetatív	törpe	kiváló	jó	közepes
Krymsk®86	<i>P. cerasifera</i> × <i>P. persica</i>	vegetatív	középerős	kiváló	jó	közepes
Adesoto®101	<i>P. insititia</i>	vegetatív	féltörpe	na.	közepes	közepes
Garnem®	<i>P. dulcis</i> × <i>P. persica</i>	vegetatív	erős	na.	na.	jó
Rootpac®R	<i>P. cerasifera</i> × <i>P. dulcis</i>	vegetatív	erős	na.	na.	jó
Rootpac®70	(<i>P. dulcis</i> × <i>P. persica</i>) × (<i>P. persica</i> × <i>P. davidiana</i>)	vegetatív	erős	na.	na.	jó
Rootpac®40 (Nanopac)	(<i>P. dulcis</i> × <i>P. persica</i>) × (<i>P. dulcis</i> × <i>P. persica</i>)	vegetatív	féltörpe	na.	na.	jó

Rootpac®20 (Densipac)	<i>P. besseyi</i> × <i>P. persica</i>	vegetatív	törpe	na.	na.	közepes
Lovell	<i>P. persica</i>	magonc	középerős	na.	na.	közepes
Controller™5 (K146–43)	<i>P. domestica</i> × (<i>P. salicina</i> × <i>P. persica</i>)	vegetatív	törpe	na.	na.	közepes
Controller™6 (HBOK 27)	<i>P. persica</i> × <i>P. persica</i>	vegetatív	féltörpe	na.	na.	közepes
Controller™7 (HBOK 32)	<i>P. persica</i> × <i>P. persica</i>	vegetatív	féltörpe	na.	na.	közepes
Controller™8 (HBOK 10)	<i>P. persica</i> × <i>P. persica</i>	vegetatív	féltörpe	na.	na.	közepes
Hansen® 536	<i>P. dulcis</i> × <i>P. persica</i>	vegetatív	középerős	na.	na.	jó
Nemaguard	<i>P. persica</i> × <i>P. davidiana</i>	vegetatív	erős	na.	na.	közepes
Guardian®	<i>P. persica</i>	magonc	erős	na.	na.	közepes
MP-29	<i>P. umbellata</i> × <i>P. persica</i>	vegetatív	törpe	na.	na.	közepes
Bright's Hybrid® #5	<i>P. dulcis</i> × <i>P. persica</i>	vegetatív	erős	na.	na.	jó
Atlas®	komplex fajhibrid (<i>P. persica</i> , <i>P. dulcis</i> , <i>P. cerasifera</i> , <i>P. mume</i>)	vegetatív	erős	na.	na.	na.
Viking®	komplex fajhibrid (<i>P. persica</i> , <i>P. dulcis</i> , <i>P. cerasifera</i> , <i>P. mume</i>)	vegetatív	erős	na.	na.	na.

magyarázat: na.: nincs adat

Hivatkozások:

- Baloch, I.A., Barozai, M.Y.K., Din, M. 2015. IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF 25 MICRORNAs AND THEIR TARGETED PROTEINS IN APRICOT (*Prunus armeniaca* L.). Journal of Animal and Plant Sciences. 25(5):1466.
- Balogh, E., Halász, J., Soltész, A., Erős-Honti, Z., Gutermuth, Á., Szalay, L., Höhn, M., Vágújfalvi, A., Galiba, G., Hegedűs, A. 2019b. Identification, structural and functional characterisation of dormancy regulator genes in apricot (*Prunus armeniaca* L.). Front. Plant. Sci. 10:402.
- Barakat, A., Sriram, A., Park, J., Zhebentyayeva, T., Main, D., Abbott, A. 2012. Genome wide identification of chilling responsive microRNAs in *Prunus persica*. BMC Genomics. 13:481. <http://www.biomedcentral.com/1471-2164/13/481>
- Gao, Z., Shi, T., Luo, X., Zhang, Z., Zhuang, W., Wang, L. 2012. High-throughput sequencing of small RNAs and analysis of differentially expressed microRNAs associated with pistil development in Japanese apricot. BMC Genomics. 13:371.
- Halász, J., Hegedűs, A., Karsai, I., Tósaki, Á., Szalay L. 2021. Correspondence between SOC1 genotypes and time of endodormancy break in peach (*Prunus persica* L. Batsch) Cultivars. Agronomy. 11:1298.
- Hosseinpour, B., Sepahvand, S., Aliabad, K.K., Bakhtiarizadeh, M.R., Imani, A., Assareh, R., Salami, S.A. 2018. Transcriptome profiling of fully open flowers in a frost-tolerant almond genotype in response to freezing stress. Molecular Genetics and Genomics. 293:151-163.
- Hrotkó K. 1999. Gyümölcsfaiskola. (2. átdolgozott és bővített kiadás) Mezőgazda Kiadó, Budapest. ISBN 963-9239-30-5
- Karimi, M., Ghazanfari, F., Fadaei, A., Ahmadi, L., Shiran, B., Rabei, M., Fallahi, H. 2016. The small-RNA profiles of almond (*Prunus dulcis* Mill.) reproductive tissues in response to cold stress. PlosOne 11(6):e0156519.
- Manganaris, G.A., Minas, I., Cirilli, M., Torres, R., Bassi, D., Costa, G. 2022. Peach for the future: A specialty crop revisited. Sci. Hortic. 305:111390.
- Manganaris, G.A., Costa, G., Crisosto, C.H. 2023. Peach. CABI, USA. ISBN 9781789248432
- Mendelné, P.E., Balogh-Tóth, A., Mendel, Á., Hrotkó, K. 2023. A kajsz (Prunus armeniaca L.) alanyhasználat és alanynemesítés helyzete és a fejlesztés lehetőségei. Kertgazdaság. 55(2):3-22.
- Yu, D.J., Jun, S.H., Park, J., Kwon, J.H., Lee, H.J. 2020a. Transcriptome analysis of genes involved in cold hardiness of peach tree (*Prunus persica*) shoots during cold acclimation and deacclimation. Genes 11:611.
- Yu, D.J., Conrad, A.O., Decroocq, V., Zhebentyayeva, T., Williams, D.E., Bennett, D., Roch, G., Audergon, J.M., Dardick, C., Liu, Z., Abbott, A.G., Staton, M.E. 2020b. Distinctive gene expression patterns define endodormancy to ecodormancy transition in apricot and peach. Front. Plant Sci. 11:180.

Budapest, 2025. május 20.



Dr. Szalay László