

Gépi látáson alapuló szikleveles paradicsompalánta számláló alkalmazása

KOMJÁTHY LÁSZLÓ¹, JUNG ANDRÁS², LENGYEL JÓZSEF³, PÉK ZOLTÁN⁴

¹Syngenta Magyarország Kft.

²Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Informatikai Kar,
Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet

³Prompt-H Kft.

⁴Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet

E-mail: Laszlo.Komjathy@SYNGENTA.COM

Összefoglalás

A paradicsom termesztési és felhasználási jelentősége miatt a nemesítőinek, illetve a termelőinek is szükségük van, a fenomikai módszerek automatizálására és alkalmazására csíranövények esetén. Kutatásunk célja egy olyan új, gyors, okostelefonos alkalmazás (SeedlingCounter) kifejlesztése volt, amely alkalmas a szaporítótálcában levő szikleveles paradicsom palánták azonosítására és megszámlolására. Egy ilyen képpalkotó szoftver alkalmazása nagyban elősegíti és meggyorsítja a számlálási munkákat. A kísérletet Ócsán, a Syngenta Magyarország Kft. kísérleti állomásán állítottuk be 2019-ben. A palántanevelő tálcákról a felvételeket, egy iPad mini táblagéppel készítettük el, amelyen az erre a célra fejlesztett alkalmazást SeedlingCounter Utility Application (SCUA) használtuk adatbevitelre. Az így felvételezett adatokat, a táblagép továbbítja a szerverre, amely a grafikus feldolgozást végzi, szintén a feladat végzésére speciálisan létrehozott szoftverrel (SeedlingCounter Photo Utility Application, SCPUA). A SCPUA szoftverbe beépítésre került a Plant Computer Vision (PlantCV) algoritmus, ami a szikleveles palánták felismerését és számlálását végzi. Az elkészített képek visszaellenőrzése alapján a szoftver 99%-os pontossággal tudta azonosítani a szikleveles paradicsom növényeket. Elmondható, hogy az általunk készített kép mérete alapján a számítógép egy képet körülbelül 5 másodperc alatt elemez ki, míg az ember teljesítménye 25-ször lassabb, 125 másodperc tálcánként. Összességében elmondható, hogy a PlantCV-t tartalmazó szoftver alkalmazása sokkal hatékonyabb és pontosabb, mint az ember által végzett munka, ami már rövid távon is megtérülhet.

Kulcsszavak: paradicsom, palánta, PlantCV

Bevezetés

A genomika egyik legfontosabb feladata, a nemesítési célok elérése, melyhez elengedhetetlen a genetikai háttér és a környezet kölcsönhatása nyomán kialakuló fenotípus megismerése (van Eeuwijk et al. 2019; Ubbens és Stavness 2017). A genotípus és a fenotípus közötti különbség a modern növénynemesítés egyik legfontosabb problémája (Großkinsky et al. 2015; Houle et al. 2010). A fenomika, vagy fenotípus elemzés, az élő egyedeket legpontosabban jellemző fenotípusos jegyek összességének elemzése képalkotó módszerekkel, az elmúlt évtizedben egyre jelentősebbé vált a növényeken végzett vizsgálatok esetén is (Araus és Cairns 2014; Dudits 2012; van Eeuwijk et al. 2019; Roitsch et al. 2019).

A fenomika két nagy részre osztható, az automatizált és nagy felbontású képalkotó berendezések alkalmazására kontrollált körülmények között nevelt növények fejlődésének megfigyelésére és az egyidejűleg több tulajdonság mérését is lehetővé tevő, szabadföldön is használható szenzorok alkalmazására (Araus és Cairns 2014; Lopes és Reynolds 2012).

A fenomikai elemzés legkiválóbb eszközei a képalkotó eljárások, amelyek akár a nanométeres tartományban is hűen képezik le a látható tulajdonságokat, és pontos információt adnak idő- és térbeli változásaikról (Roitsch et al. 2019). A mikroszkópia, a távérzékelés, az automatizálás és az informatika gyors fejlődésének köszönhetően, rendkívül nagy mennyiségű képi információ keletkezik, melyeknek feldolgozása csak intelligens számítógépes algoritmusokkal lehetséges (Fahlgren et al. 2015; Pause et al. 2016).

A paradicsom fenotípus vizsgálatok elsősorban a termés jellemzőire fókuszálnak (Darrigues et al. 2008; Figàs et al. 2015; Laxman et al. 2018), kevesebb példát találunk a növény fenotípezálására és ezek is inkább gyakorlati célokat szolgálnak (Tian et al. 2000; Yamamoto et al. 2014, 2016).

A paradicsom termesztési és felhasználási jelentőségéből adódóan (Bergougnoux 2014), a nemesítőknek is szükségük lenne, nemcsak laboratóriumi körülmények között használható (Madsen et al. 2019) fenomikai módszerek alkalmazására a csíranövények esetén.

Kutatásunk célja egy olyan új, gyors okostelefonos alkalmazás (SeedlingCounter) kifejlesztése volt, amely alkalmas az eddig használt módszer kiváltására a szaporítótálcában levő szikleveles paradicsom palánták azonosítására és megszámlálására. Mivel egy szaporítótálcán belül az egyes nemesítési vonalak kisebb egységekben (sorok, oszlopok) is jelen lehetnek, ezért az alkalmazásnak képesnek kell lennie, e részterületek külön-külön történő számbavételére is.

Anyag és módszer

Palántanevelés körülményei

A kísérletek alapjául szolgáló növényállományt Ócsán, a Syngenta Magyarország Kft. Kísérleti Állomásán állítottuk be 2019-ben. A paradicsom nemesítés alapjául szolgáló vonalak és hibridjelöltek magjainak vetése január második hetében történt 240 sejtes tálcába. A tálcákat 100%-ban balti fellépő tőzeggel (pH=6,3; EC=0,5 mS cm⁻¹) töltöttük meg. A tálcákat vetésig 20°C-os helyiségben tároltuk egy napon keresztül. A csíráztató helyiségben, a szakirodalom szerinti (Hazra et al. 2009), 25-28°C hőmérsékletet és 65-70%-os relatív páratartalmat tartottunk a csírázás megkezdéséig, majd a hőmérsékletet folyamatosan csökkentettük, így a palántanevelés ideje alatt a nappali hőmérsékletet

20-22°C-ra, az éjszakai hőmérsékletet 18-20°C-ra állítottuk be, majd a kiültetés előtt 1 héttel 16°C-ra csökkentettük a hőmérsékletet. A csírázás kezdetéig, tiszta vízzel öntöztük a tálcákat, majd a kelés után, folyamatosan emelkedő töménységű tápoldattal öntöztük, $EC=1,5 \text{ mS cm}^{-1}$ -től 3 mS cm^{-1} -ig. Az első lomblevél megjelenése után a palántákat hetente 0,1%-os rezes oldattal permeteztük be, a gomba- és baktériumos betegségek megelőzése érdekében.

A vizsgálatok menete

A nemesítés céljainak megfelelően, a megvizsgált tálcák száma változó lehet, amely függhet a kísérlet megrendelőjétől, így a paradicsom esetén 500 db tálca került vizsgálatra. A csírázáslálást, a vetéstől számított 14-ik napon végeztük, szikleveles állapotban készítettük a felvételeket. A felvételezés csak egyszer történt, mivel egyértelműen a kicsírázott növények %-os arányának meghatározása volt a fő cél. Az azonosítás céljára, minden tálcát egyedi számmal és kétdimenziós vonalkóddal (quick response, QR) láttunk el, mely a precízebb nyomon követhetőséget biztosította.

A palántanevelő tálcákról az egyedi felvételeket, egy iPad mini 6. generációs táblagéppel készítettük el, amely a tálcák síkja felett 50 cm-re került rögzítésre, egy három lábú fényképezőgép állványon. A színes (RGB) felvételek mérete 2448×3264 képpont volt. A táblagépen egy előre telepített alkalmazás (SeedlingCounter Utility Application, SCUA) segítségével tudtuk beállítani a vizsgált tálca pontos képkitöltését. Az alkalmazás úgy került kialakításra, hogy közérthető módon, lépésről-lépésre végig vezet azon a folyamaton, melyek segítségével elvégezhető a pontos felvételezés és a későbbi adatkinyerés. A szoftver rögzíti a tálcák QR kódjait és ezekhez a kódokhoz párosítja a fényképeket, mely alapján tudjuk később azonosítani a vizsgált tételt. A fényképezés végeztével, hálózaton keresztül a táblagépről feltöltésre kerülnek a fényképek egy asztali számítógépre, amely a felismeréshez szükséges számításokat végzi, a SeedlingCounter Photo Utility Application (SCPUA) szoftverrel.

Mivel a szikleveles növények felismerése nagy erőforrásigényű, ezért külön erre a célra került összeállításra egy asztali számítógép (szerver), melynek fontosabb hardver elemei a következők voltak: Intel® Core™ i7-8700K (3,7 GHz) CPU, Asus TUF B360-PRO Gaming alaplap, Kingston 2x8GB 2666MHz DDR Predator Kit RAM, Samsung 970 EVO Plus 1TB MZ-V7S1T0BW SSD, Asus ROG-STRIX-RTX2080TI-O11G RTX 280 Ti OC videokártya.

Eredmények és megvitatásuk

A célkitűzésnek megfelelő hardverek és szoftverek (SeedlingCounter) elemeit, a felhasználóbarát kialakítás, a megbízhatóság, stabilitás, népszerűség és nem utolsósorban a fejlesztés támogatottsága alapján válogattuk össze.

A munkafolyamat két jól elkülöníthető részre bontható. A feladat első részében, a nevelés helyszínén található palántanevelő tálcák nyilvántartásba vétele és a bemenő információk megszerzése a feladat, melyhez hordozható számítógép szükséges. Az előzőekben felsorolt szempontok alapján, hordozható számítógépként az iPhone Operating System (iOS 13) operációs rendszert használó táblaszámítógépet (iPad mini 6. generáció) választottuk (Lamhaddab et al. 2019; Schaarschmidt et al. 2019).

A feladat megoldásának második részéhez egy nem hordozható, de nagy számítási teljesítményű, asztali számítógép (szerver) került összeállításra, amely a grafikus kártya támogatása miatt,

a Microsoft® Windows 10 operációs rendszert használta. Ez a számítógép a vezeték nélküli hálózaton keresztül képes fogadni a táblagépen felvételezett adatokat és képeket, melyek feldolgozása (SeedlingCounter Photo Utility Application, SCPUA) után, xls kiterjesztésű adatállományba mentve szolgáltatja a csíranövények számát, mint kimeneti eredményt.

A munka nagy részét végző szoftverek felhasználói felületének kialakításánál a könnyű használhatóság, valamint a munkafolyamat költséghatékony és gyors elvégzése voltak a kiemelt szempontok. A munkafolyamat elemeit a következő ábra szemlélteti (1. ábra). Az ábrán eltérő háttérrel jelennek meg a táblagépen (szürke) és a szerveren (fehér) zajló műveletek.

1. ábra. A palántaszámláló (SeedlingCounter) alkalmazás működési folyamatának elemei

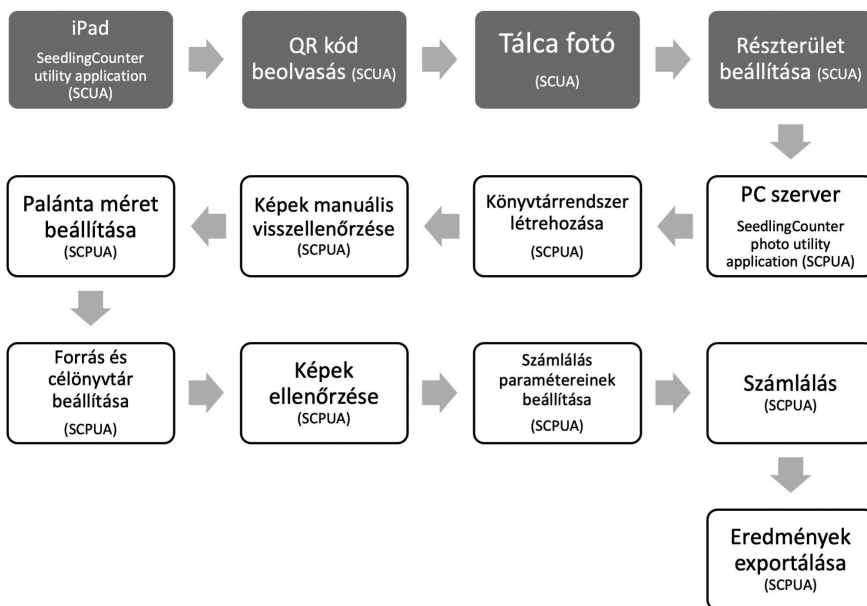


Figure 1. Elements of the operation process of the seedling counter (SeedlingCounter) application

A hardverek kialakításához szorosan kapcsolódva, a szoftverek fejlesztése is két részből állt. A táblagépen futtatható alkalmazás (SCUA), az Xcode 11 (Apple Incorporation, Cupertino, USA) fejlesztői szoftverrel került megalkotásra. A szoftver indítása után a szoftverbe először a tálca azonosító QR kód kerül beolvasásra, majd a hozzá tartozó tálca képét fényképezheti le a felhasználó a hátlapi kamerával. Mivel a tálcán belül az egyes nemesítési vonalak kisebb mennyiségben (sorok, oszlopok) is jelen lehetnek, ezért lehetőség van e részterületek (region of interest, ROI) beállítására. A tálca cella számától függően, maximum 256 ROI állítható be (2. ábra).

2. ábra. A táblagép által felvételezett tálca képe kijelölt részterületekkel

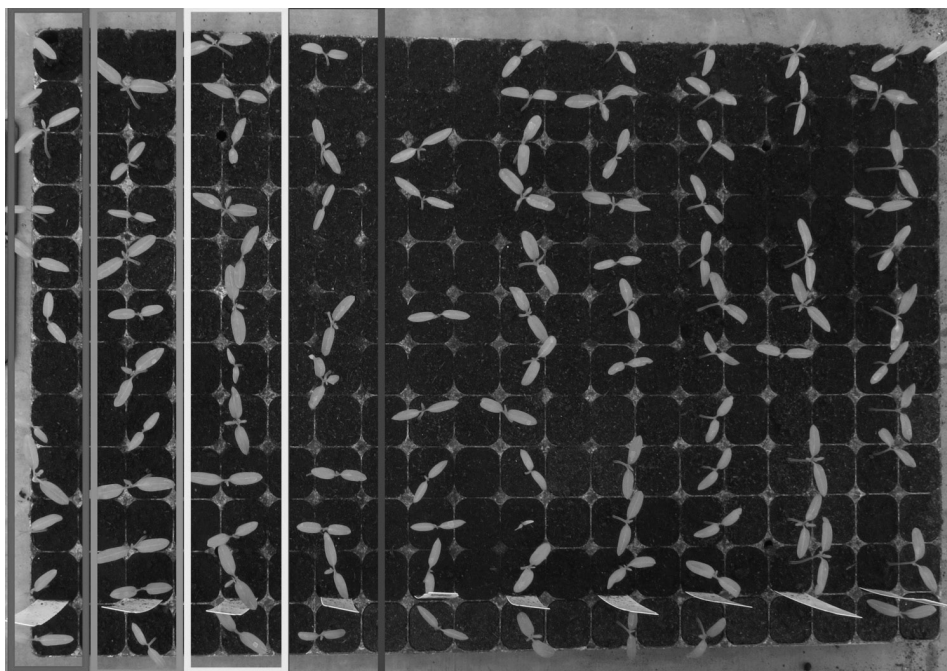


Figure 2. An image of the tray captured by the tablet with selected sub-areas

A ROI-k beállítását természetesen a kívánt számban ismételhetők. Az ilyen módon felvételezett adatok rögzítését követően indulhat a feltöltés. A SCUA automatikusan ellenőrzi, hogy tud-e kapcsolódni a számítógéphez a hálózaton keresztül, majd sikeres kapcsolódás esetén a szerveren futó, seedlingCounterSvc.py képmozgató szoftver létrehoz egy mappaszerkezetet a QR kódok és ROI-k alapján a megadott alapkönyvtárban.

A munka második része ezután a szerveren történik, a MicroSoft[®] Windows 10 operációs rendszeren futatott SCPUA szoftver segítségével (3. ábra). Az SCPUA szoftverben a már korábban létrehozott könyvtárrendszerből kiválaszthatjuk a feldolgozni kívánt tálca képek forrás- és célkönyvtárát (3. ábra Képek és források), majd manuálisan ellenőrizhetjük az esetleges feltöltési hibákat, a QR kódok és ROI-k száma és a könyvtárrendszerben található állományok számának összevetésével, valamint a feltöltött képek minőségével. Következő lépésként pedig, a szikleveles palánták minimum és maximum méretének és a ROI-k ellenőrzése történik pixel pontossággal (3. ábra Képek ellenőrzése). A következő menü ablak, a palánták méretének és a sziklevelek kiterjesztésének (delate) meghatározása (3. ábra Palánta méretek és beállítások). A delate érték határozza meg, hogy a levelek kontúrja köré még hány pixel kerüljön a felismerési folyamatba, hogy a két sziklevelet egy növénynek ismerje fel a paradicsomnál. Egyszikűek, vagy szélesebb sziklevelű növények esetén nem lenne szükséges ez a beállítás.

3. ábra. A SCPUA szoftver felhasználói felületének menüablakai

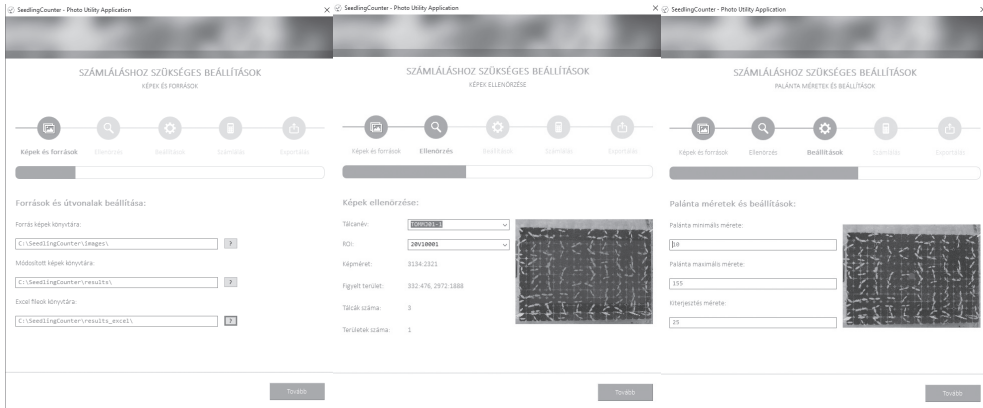


Figure 3. Menu of SCPUA software user interface

Ilyen módon létrejönnek a számláláshoz szükséges input paraméterek: a tálca képe, a kimeneti mappa, az eredmény mappa, a ROI koordináták, a sziklevek minimum- maximum- és kiterjesztés értéke, valamint az állomány neve a QR kódból és ROI sorszámból automatikusan generálva.

A számlálást, a SeedlingCounterML.py szoftver végzi, amely felveszi az előbb felsorolt adatokat, létrehozza belőlük a változókat, beolvassa a képet. A színes (RGB) képből létrehoz egy szürkeárnyaltos képet, majd ebből egy erősen kontrasztos képet. A kontrasztos képből kiszűri a képzajt, melynek eredményeképpen csak a sziklevel körvonala marad meg, majd a delate érték beállításával egyesíti a sziklevek körvonalait egy növénné. Az egyes kontúrok felismerését, a már korábban beállított delate érték felhasználásával a Plant Computer Vision (PlantCV) (Fahlgren et al. 2015) végzi, amely egy kifejezetten növényi fenomikára kifejlesztett algoritmus (Berry et al. 2018). Ennek eredményeképpen, külön-külön minden egyes ROI-hoz tartozó szikleves növény kontúrja tömbösítve kerül lementésre. Az ellenőrzéshez szükséges képek miatt még egyszer lefut a ROI maszkolás, amelyen egy egyszerű grafikai színcserével a már felismert sziklevek pirosra színezhetők és lementésre kerülnek a kézi ellenőrizhetőséghez (4. ábra).

Az utolsó menüablakban (Adatok exportálása) megjelennek az eredmények, a Kiértékelt képek (ROI-k- és tálcák száma), valamint az exportálás lehetősége. Exportálás esetén, a tálcanév (QR kód) lesz a kimeneti xls állomány neve és a munkalapon lévő sorokban található a ROI azonosító alapján felismert palánták mennyiségei (5. ábra). Az 500 elkészített kép, emberi visszaellenőrzése (125 másodperc/tálca) alapján (4. ábra) kiszámítottuk, hogy a szoftver 99%-os pontossággal tudta azonosítani a szikleves állapotban lévő paradicsom növényeket.

4. ábra. A SCPUA szoftver által felismert és átszínezett sziklevelek képe

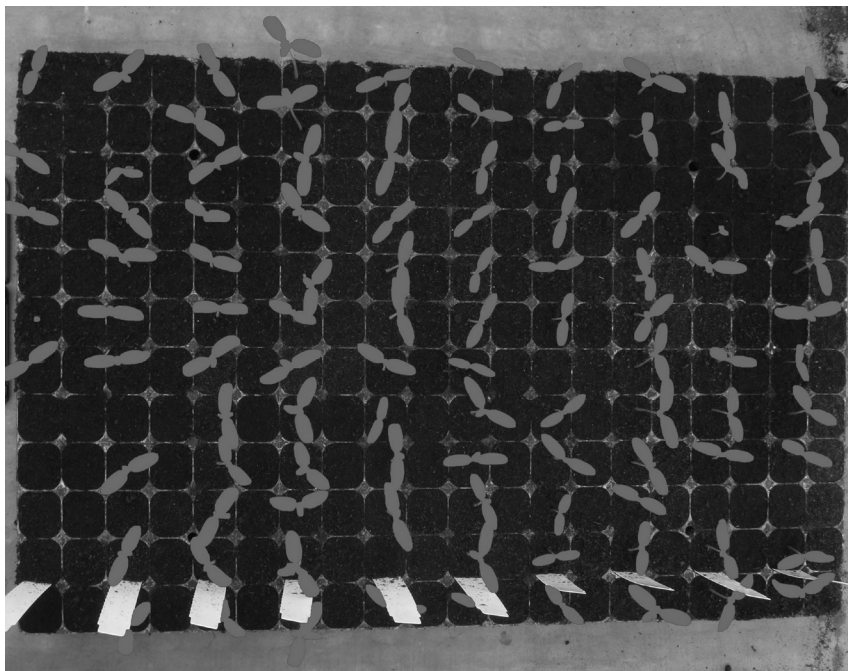


Figure 4. Image of cotyledons recognized and recoloured by SCPUA software

5. ábra. A SCPUA szoftver eredmény menüablaka

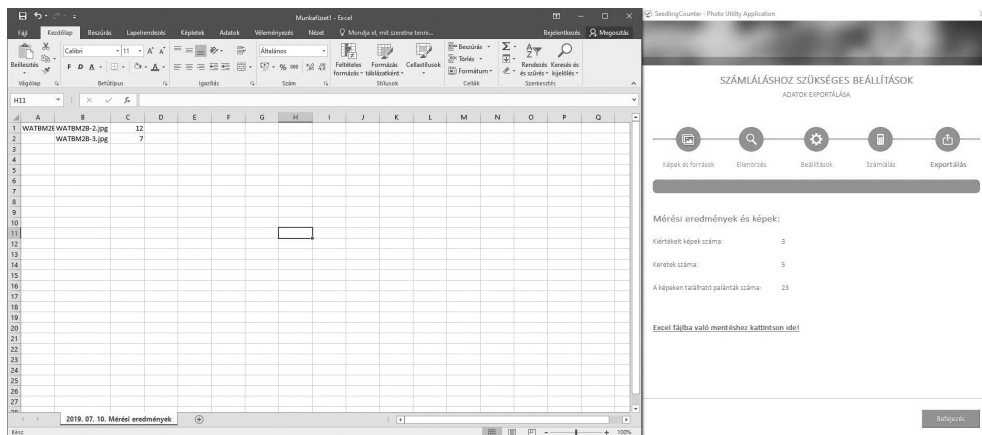


Figure 5. Exported results of SCUPA software

Következtetések

A paradicsom termesztési és felhasználási jelentősége miatt a nemesítőinek, illetve a termelőinek is szükségük van, a fenomikai módszerek automatizálására, alkalmazására csíranövények esetén. Az elkészített képek visszaellenőrzése alapján kiszámítottuk, hogy a szoftver 99%-os pontossággal tudta azonosítani a szikleveles állapotban lévő paradicsom növényeket.

Elmondható, hogy az elkészített kép mérete alapján, a számítógép egy felvételt körülbelül 5 másodperc alatt elemez ki. Az ember teljesítménye 24 tálca óránként, így 500 tálcahoz majdnem 3 nap szükséges, míg ugyanezt a feladatot a szoftver 50 perc alatt oldja meg.

Összességében elmondható, hogy a PlantCV-t tartalmazó szoftver alkalmazása sokkal gyorsabb és elegendően pontos a szikleveles paradicsom növények esetén, mint az ember által végzett munka, ami már rövid távon is megtérülhet.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást, az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 projekt, és az Emberi Erőforrások Minisztériumának kiválósági programja (1783-3/2018/FEKUTSRAT) támogatta.

Irodalomjegyzék

1. Araus, J.L. and Cairns, J.E. 2014. Field high-throughput phenotyping: The new crop breeding frontier. *Trends Plant Sci.* 19: 52–61.
2. Bergougnoux, V. 2014. The history of tomato: From domestication to biopharming. *Biotechnol. Adv.* 32: 170–189.
3. Berry, J.C., Fahlgren, N., Pokorny, A.A., Bart, R.S. and Veley, K.M. 2018. An automated, high-Throughput method for standardizing image color profiles to improve image-based plant phenotyping. *PeerJ.* 6: e5727.
4. Darrigues, A., Hall, J., Knaap, E., Van Der Francis, D.M., Dujmovic, N. and Gray, S. 2008. Tomato Analyzer-color Test : A New Tool for Efficient Digital Phenotyping. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 133: 579–586.
5. Dudits D. 2012. Genomikát és fenomikát integráló növénynemesítés a termésbiztonságért. *Magy. Tudomány,* 173: 913–922.
6. van Eeuwijk, F.A., Bustos-Korts, D., Millet, E.J., Boer, M.P., Kruijjer, W., Thompson, A., Malosetti, M., Iwata, H., Quiroz, R., Kuppe, C., et al. 2019. Modelling strategies for assessing and increasing the effectiveness of new phenotyping techniques in plant breeding. *Plant Sci.* 282: 23–39.
7. Fahlgren, N., Feldman, M., Gehan, M.A., Wilson, M.S., Shyu, C., Bryant, D.W., Hill, S.T., McEntee, C.J., Warnasooriya, S.N., Kumar, I., et al. 2015. A versatile phenotyping system and analytics platform reveals diverse temporal responses to water availability in *Setaria*. *Mol. Plant.* 8: 1520–1535.
8. Figàs, M.R., Prohens, J., Raigón, M.D., Fernández-de-Córdova, P., Fita, A. and Soler, S. 2015. Characterization of a collection of local varieties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) using conventional descriptors and the high-throughput phenomics tool Tomato Analyzer. *Genet. Resour. Crop Evol.* 62: 189–204.
9. Großkinsky, D.K., Svendsgaard, J., Christensen, S. and Roitsch, T. 2015. Plant phenomics and the need for physiological phenotyping across scales to narrow the genotype-to-phenotype knowledge gap. *J. Exp. Bot.* 66: 5429–5440.

10. Hazra, P., Ansary, S.H., Dutta, A.K., Balacheva, E. and Atanassova, B. 2009. Breeding tomato tolerant to high temperature stress. *Acta Hort.* 830: 241–248.
11. Houle, D., Govindaraju, D.R. and Omholt, S. 2010. Phenomics: The next challenge. *Nat. Rev. Genet.* 11: 855–866.
12. Lamhaddab, K., Lachgar, M. and Elbaamrani, K. 2019. Porting mobile apps from iOS to android: A practical experience. *Mob. Inf. Syst.*
13. Laxman, R.H., Hemamalini, P., Bhatt, R.M. and Sadashiva, A.T. 2018. Non-invasive quantification of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plant biomass through digital imaging using phenomics platform. *Indian J. Plant Physiol.* 23: 369–375.
14. Lopes, M.S. and Reynolds, M.P. 2012. Stay-green in spring wheat can be determined by spectralreflectance measurements (normalized difference vegetationindex) independently from phenology. *J. Exp. Bot.* 63: 3789–3798.
15. Madsen, S.L., Mortensen, A.K., Jørgensen, R.N. and Karstoft, H. 2019. Disentangling information in artificial images of plant seedlings using semi-supervised GAN. *Remote Sens.* 11: 1–16.
16. Pause, M., Schweitzer, C., Rosenthal, M., Keuck, V., Bumberger, J., Dietrich, P., Heurich, M., Jung, A. and Lausch, A. 2016. In situ/remote sensing integration to assess forest health-a review. *Remote Sens.* 8: 1–21.
17. Roitsch, T., Cabrera-Bosquet, L., Fournier, A., Ghamkhar, K., Jiménez-Berni, J., Pinto, F. and Ober, E.S. 2019. Review: New sensors and data-driven approaches—A path to next generation phenomics. *Plant Sci.* 282: 2–10.
18. Schaarschmidt, M., Homscheid, D. and Kilian, T. 2019. Application developer engagement in open software platforms: an empirical study of apple ios and google android developers. *Int. J. Innov. Manag.* 23.
19. Tian, L., Slaughter, D.C. and Norris, R.F. 2000. Machine Vision Identification of Tomato Seedlings for Automated Weed Control. *Trans. ASAE*, 40: 1761–1768.
20. Ubbens, J.R. and Stavness, I. 2017. Deep plant phenomics: A deep learning platform for complex plant phenotyping tasks. *Front. Plant Sci.* 8: 1190.
21. Yamamoto, K., Guo, W., Yoshioka, Y. and Ninomiya, S. 2014. On plant detection of intact tomato fruits using image analysis and machine learning methods. *Sensors (Switzerland)*, 14: 12191–12206.
22. Yamamoto, K., Guo, W. and Ninomiya, S. 2016. Node detection and internode length estimation of tomato seedlings based on image analysis and machine learning. *Sensors (Switzerland)*, 16: 1044.

Application of smart phone based image capture to count tomato seedlings

KOMJÁTHY, L.^{1*}, JUNG, A.², LENGYEL, J.³, PÉK, Z.⁴

¹Syngenta Magyarország Ltd.

²Institute of Cartography and Geoinformatics, Eötvös University, Faculty of Informatics

³Prompt-H Ltd.

⁴Institute of Horticultural Science, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences,

E-mail: Laszlo.Komjathy@SYNGENTA.COM

Summary

Because of the importance of tomato cultivation and use, breeders also need to automate the evaluation of phenomics and apply them to seedlings. The aim of our research was to develop a new, fast, smartphone application (SeedlingCounter) that is suitable for identifying and counting cotyledon tomato seedlings in the propagation tray. The experiment was set up in Ócsa, at the experimental station of Syngenta Magyarország Kft. in 2019. The seedlings were recorded on an iPad mini tablet using the SeedlingCounter Utility Application (SCUA) for data entry. The data recorded in this way is transmitted by the tablet to the server, which performs the graphical processing, also with software specially created for the task (SeedlingCounter Photo Utility Application, SCPUA). The Plant Computer Vision (PlantCV) algorithm, which performs seedling recognition and counting, has been integrated into the SCPUA software. Based on back-checking of the captured images, the software was able to identify cotyledon tomato plants with 99% accuracy. Based on the size of the image we take, the computer analyzes an image in about 5 seconds, while human performance is 25 times slower at 125 seconds per tray. Overall, using software that includes PlantCV is much more efficient and accurate than human work, which can pay off in the short term.

Keywords: tomato, seedlings, PlantCV

Szerzők

Komjáthy László (kapcsolattartó szerző) – fejlesztő mérnök, Syngenta Magyarország Kft., 2364 Ócsa, Üllői út

Jung András – PhD, egyetemi docens, Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Informatikai Kar, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A

Lengyel József – ügyvezető, Prompt-H Kft., 2100 Gödöllő, Testvérvárosok útja 28.

Pék Zoltán – PhD, egyetemi tanár, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet, 2100 Gödöllő, Péter Károly utca 1.