

## **Talajművelési rendszerekre adaptált precíziós kukorica (*Zea mays* L.) vetési rendszerek hatásai a kukorica kelési dinamikájára**

<sup>1</sup>SOJNÓCZKI ISTVÁN - <sup>2</sup>NAGY JÁNOS

<sup>1</sup>KITE Zrt., Nádudvar

<sup>2</sup>Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

### **Összefoglalás**

Az elmúlt évek szemléletmódváltást hoztak a talajművelés tekintetében. Egyre több gazdálkodó változtat a hagyományos forgatásra építő szemléletmódján és átáll különböző forgatás nélküli megoldásokra. Sok esetben ezek elővetemény és terület függvényében csak részlegesen. Sokszor érzékelik a gazdaságok más agrotechnológia szükségese, ha változtatunk a talajművelési gyakorlaton, akkor a vetés kivitelezési módját is változtatni kell.

Kutatásunk a különböző talajművelési rendszereket és a környezetre gyakorolt hatásait vizsgálja. Ezzel összefüggésben vizsgáljuk a forgatásos/hagyományos és többféle forgatás nélküli talajművelési rendszert, továbbá vizsgáljuk a különböző talajművelési rendszerek által létrehozott környezeti feltételek között a kukorica hibridek kelési idejét. A vizsgálatokat többtényezős, hosszú távú talajművelési szántóföldi kísérletben végeztük. Bemutatjuk különböző vetéstechnológiai megoldások vizsgálatát. Azonos vetőgépre három különböző vetőkocsi terhelő rendszert szereltünk. Ezekkel a megoldásokkal azonos kukorica hibrid azonos vetőmag tételle lett elvetve több évjáratban. A környezeti feltételek hatásainak vizsgálata mellett felvételeztük az egyes rendszerek hatását a kelési folyamatokra.

Kutatási eredményeink bizonyítják, hogy a környezeti feltételekhez automatikusan, azonnali alkalmazkodásra képes precíziós vetőkocsi terhelő rendszerek hatására

kialakuló kukoricakelés szignifikánsan egyöntetűbb és gyorsabb, mint a mechanikus rendszerek esetében.

**Kulcsszavak:** kelésdinamika, kukoricavetés, talajművelés, vetőkocsi terhelő rendszerek

### **The effects of precision maize (*Zea mays* L.) sowing systems adapted to tillage systems on the emergence dynamics of maize**

<sup>1</sup>I. SOJNÓCZKI -<sup>2</sup>J. NAGY

<sup>1</sup>KITE Zrt., Nádudvar

<sup>2</sup>University of Debrecen Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management,

Institute of Land Use, Engineering and Precision Farming Technology, Debrecen

#### **Summary**

Recent years have brought a change of approach to soil management. An increasing number of farmers are changing their approach from the conventional approach to a variety of no-tillage solutions. In many cases, these are only partial, depending on the previous crop and the given area. Often farms perceive the need for a different agrotechnology, if they change tillage practices, they also have to change their sowing methods.

This research looks at different tillage systems and their effects on the environment. In this context, we will investigate conventional and multiple no-tillage systems, and the emergence time of maize hybrids under the environmental conditions created by different tillage systems. The studies were conducted in a multi-factorial, long-term tillage field experiment. We present the investigation of different sowing technology solutions. Three different sowing carriage loading systems were mounted on the same sowing machines. With these solutions, the same seed lot of the same maize hybrid was sown in several crop years. In addition to investigating the effects of environmental conditions, the effects of each system on emergence were recorded.

Our research results demonstrate that maize emergence under the influence of precision seeder loading systems, which can automatically and instantaneously adapt

to environmental conditions, is significantly more uniform and faster than that of mechanical systems.

**Keywords:** emergence dynamics, maize sowing, soil tillage, sowing carrier load systems

### Bevezetés

A kukorica termesztés során a vetés az egyik legfontosabb technológiai művelet. A vetés célja, hogy kedvező feltételeket teremtsenek a vetőmag csírázásához (Staggenborg 2004). Jónak tekintjük a vetést, ha az egyes vetőmagokat megfelelő talajkörnyezetbe kerülnek. Fontos kíváncsi, hogy az elvetett vetőmagok egyenletes vetési mélységben és távolságban helyezkedjenek el az egyenletes homogén fejlődés érdekében. Az ilyen vetés minőség minimalizálja a növények egymással való versengését a rendelkezésre álló vízért, tápanyagért és napfényért. (Morrison 1989, Karayel és Özmerzi 2008). A vetési heterogenitás jelentősen befolyásolja a kukorica növénymagasságát, levélfelületi indexét, a száraanyag-felhalmozódást és a szemtermést (Raghavan et al. 1978, Liu et al. 2004, Lawles et al. 2012). Az egyenetlen növénykeletés oka általában a heterogén vetőmag elhelyezés, a változó talajviszonyok, az ültetés utáni talajtömörödés, a kukorica vetőmag minősége és a felszínen lévő szármaradványok magas mennyisége (Graven és Carter, 1991, Ford és Hicks 1992).

A kukorica üzemi termőképességét elsősorban az éghajlat, a meteorológiai és talajviszonyok, valamint az agrotechnológiai gyakorlat határozza meg (Romaneckas 2020). A kukorica vetési ideje, a kelési dinamika, valamint a kelés homogenitása befolyásolja a növényállomány fejlődését, valamint a termés hozamot (Nagy 2021). A kukorica kelésére nagy hatással van a talajban található nedvesség, valamint a vetésmélységben a talajhőmérséklet (Hayhoe 1987). Ezeket a feltételeket, ezeknek a kelés szempontjából optimális szintjét a talajművelési rendszer befolyásolja. Ahogy éghajlatunk egyre szélsőségesebbé válik, a növénytermesztés időjárási kitétsége egyre erősebb. Az egyes biotikus és abiotikus hatások erősítésében, vagy éppen tompításában a talajművelési rendszer által létrehozott állapot hatással van (Diaz-Zorita et al. 2002). A talajművelés és a szármaradvány-kezelés

jelentősen befolyásolják a talaj fizikai tulajdonságait, ami nagymértékben befolyásolja a növény növekedését és termelékenységének mértékét (*Ranbir et al. 2018*).

A fent említett különböző talajművelési rendszerek hatására létrejövő állapotok mellett is szavatolnia kell a vetőgépeknek a vetés megfelelő minőségét. A szemenként vetőgépek mélységszabályozó és leszorítóerő-beállító alkatrészekkel vannak felszerelve, amelyek segítik a vetőgép csoroszlyatárcsájának talajba hatolását, az egyenletes vetésmélység szavatolását, valamint az egyenletes és robbanásszerű kelést. Az általánosan használt, kukorica vetésére alkalmas gépek vetőszerkezetei talajkövető módon vannak a gép vázához rögzítve. A függesztő karok között elhelyezett rugók további lefelé irányuló nyomást biztosítanak, hogy a csoroszlyatárcsák a talajba a kívánt mélységig behatoljanak. A változó talajviszonyoknak megfelelően még ugyanazon a területen is nehéz mindig megfelelő leszorítóerőt biztosítani, mely csak a rugók cseréjével vagy a rugóhelyzet folyamatos ember általi visszaállításával történhet (*Weatherly és Bowers 1997*). Tömörebb talajú területeken előfordulhat, hogy nem elegendő a leszorítóerő a kívánt mélység eléréséhez; de puha talajú területeken, túl nagy lenyomást gyakorolhat a felső talaj felszínére a vetőszerkezet (*Kiani 2010, Fulton et al. 2015*).

Az aktív vetőkocsi terhelés szabályzó rendszereket úgy fejlesztették ki, hogy a mechanikus tekercsrugókat hidraulikus vagy pneumatikus hengerekre vagy lérugókra cserélik (*Poncet 2016*). Ezeken túl a fejlettebb rendszerek rendelkeznek precíziós mérő egységgel, mely folyamatosan méri a vetőkocsi által a talajra kifejtett leszorítóerőt. A rendszer vezérlője pedig automatikusan, valós időben állítja be a változó talajviszonyoknak megfelelően az alkalmazandó leszorító erőt. Vizsgálatainkban egy ilyen rendszerrel is felszerelt vetőgép agronómiai hatásait elemezzük.

### **Anyag és módszer**

#### *A kísérlet helyszíne és alapelrendezése*

A kísérletet Magyarország keleti régiójában Nádudvaron (47° 25' 49,3" N, 21° 12' 33,5" E) végeztük. Itt négy különböző talajművelési rendszert állítottunk be 2016 őszén, melyeket azóta is folyamatosan alkalmazunk egymás mellett.

Az első területrészen hagyományos (traditional) forgatásra alapuló talajművelési rendszert használunk, ahol az alpművelő gép eke (Rabe Cormoran), szántási mélység 30 cm, felszínen nincs visszamaradó szármaradvány.

A második területrészen fogatás nélküli redukált talajművelési rendszert (Reduced) alkalmazunk. Itt az alpművelő eszközök kis meredekségi szögű késsel szerelt középnyúlazító gépek (Gaspardo Artiglio), melyek keverő hatással rendelkeznek. Ennél az alpművelésnél teljes felületen művelünk, a lazítási mélység szempontjából 30 cm mély művelést alakítunk ki. Jellemző rá a felszínen visszamaradó maximálisan 15%-nyi szármaradvány-mennyiség.

A harmadik területrészen a talajvédő (Protect) művelési rendszert alkalmazzuk, mely esetében egyeneskéses talajlazítókkal dolgozunk (Orthman Digger), teljes felületet lazítunk maximálisan 30 cm mélyen. Ezután az alpművelési technológia után 30% feletti szármaradvány-borítottság marad.

A negyedik területrészen a biológiai (Biological) talajművelési rendszert használjuk, melynek alpművelési eljárása sávos művelés (Orthman ST6). Ekkor a teljes felület 40%-át műveljük meg 30 cm szélesen és 28 cm mélyen, a felszínen maradó szármaradvány-mennyiség meghaladja a 30%-ot.

Ezek az alpművelések ősszel történnek, majd tavasszal egy elmunkálás/magágykészítési munkálat után történt a vetés (1. ábra).

1. ábra. A kísérleti helyszín elrendezése (Nádudvar)

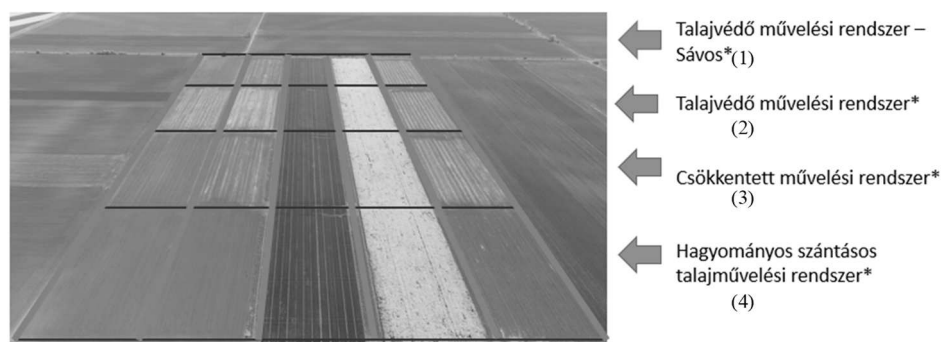


Figure 1. Layout of the experimental site (Nádudvar). (1) Protective tillage system - Strip\*, (2) Protective tillage system\*, (3) Reduced tillage system\*, (4) Conventional ploughing tillage system\*

A kukorica termesztése 2020 tavaszán repce elővetemény után történt, 2021 tavaszán pedig kukorica elővetemény után. Mindkét szezomban Fornád (FAO-420) kukorica hibrid vetése történt.

A vetés során alkalmazott vetőgépet három különböző rendszerű vetőkocsi terhelő rendszerrel szereltem fel (2. ábra).

2. ábra. A beépített különböző vetőkocsi terhelő rendszerek  
(mechanikus húzó rugó, mechanikus nyomó rugó, hidraulikus vezérelt)

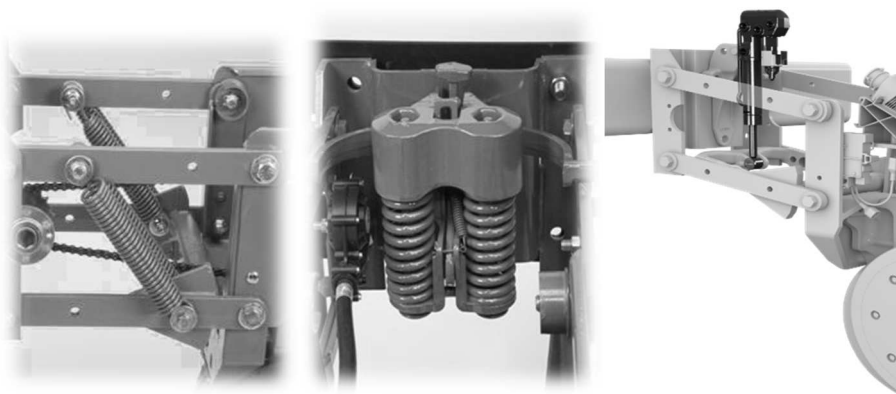


Figure 2. The different sowing carrier load systems installed (mechanical tension spring, mechanical compression spring, hydraulically controlled)

Az első beállítás esetében húzórugós mechanikus rendszerrel. Itt azonos terhelő erő kifejtésére alkalmas a megoldás. A terhelő erő változtatása csak körülményes és időigényes átszereléssel lehetséges. A második beállítás nyomórugós rendszer volt. Itt a vetőkocsi terhelés változtatás egy állítókar segítségével tud megtörténni, akkor, ha a gépkezelő úgy gondolja, hogy szükséges ezt megtennie. Ez nem mért adatokra támaszkodó változtatás és igényli a gép üzemeltetőjének munkáját és idejét az állítások megtételéhez. A harmadik beállítás során a vetőgépre egy precíziós vetőkocsi beállító rendszert építettem. Ebben az esetben mérőszenzor került a vetőcsoroszlyák melletti mélységhatároló kerék állító mechanizmusába, mely minden vetőkocsi esetében külön-külön méri a talajjal történő érintkezést. Érzékelési szempontból lehet optimális kapcsolat, ha a mélységhatároló kerekek folyamatosan követik a talajt és egyenletes a talajra kifejtett nyomásérék.

Túlzott a talajterhelés, ha a talajra kifejtett nyomás túlzó, alacsony a terhelés, ha mélységhatároló kerék és a talaj kapcsolata nem megfelelő és a nyomás érték alacsony, ingadozó. A mérőrendszeren túl vezérlő és beavatkozó szerkezetet is beépítettem, mely során minden vetősorra egy hidraulikus munkahenger segítségével lehet a mért állapotnak, tehát a talaj minőségnek megfelelő különböző terhelőerőt alkalmazni (2. ábra).

### Mérési módszerek

A különböző talajművelési rendszer alá vont parcellákon mértük a talajban a talaj hőmérsékletet és talajnedvességet. A hőmérséklet szenzorok mérési mélysége 5 cm-es rétegben a vetési mélységben a vetett sor vonalában volt, amit a letelepítés során GPS koordináták alapján határoztunk meg. A szenzorok elméleti mérési tartomány:  $-55\text{ °C}$  és  $+125\text{ °C}$  közötti, a mérési felbontásuk  $0,0625\text{ °C}$ . A nedvességszenzorok telepítései művelésenként 5 cm mélységben történt. Az alkalmazott szenzorok típusa: EC-5 (gyártó: DECAGON), melynek a mérési tartomány 0–100% közötti és a felbontása: 0,01%. Ezen szenzorok adattovábbító egységgel rendelkeztek és 10 percenként végzett méréseik adatait egy központi adatgyűjtő egységbe továbbították. A vizsgált kísérleti területen meteorológiai adatok mérése is megtörtént 10 perces felbontásban. Ekkor léghőmérséklet  $^{\circ}\text{C}$  értékben, (szenzor felbontása:  $0,01\text{ °C}$ ), csapadékmennyiség mm mértékegységben (szenzor felbontása  $0,2\text{ mm}$ ) mérést végeztünk.

Meghatároztuk a talajművelési rendszerekben különböző időszakokban a szármaradvány felszínborítottságát. Ennek a mérésnek az első lépéseként multispektrális kamerával szerelt drónnal mértük fel a területet. Az így elkészült felvételek elemzését ArcGis térinformatikai szoftver segítségével végeztük. Eredményként felszínfedési %-ot kaptunk.

A vetés mindkét szezomban különböző vetéstechnológiai rendszerekkel történt. Két különböző mechanikus terhelési megoldású vetőszerkezettel, valamint precíziós automatikus állítású rendszerrel. A vetés után az első kelések megjelenésekor kelésvételezést végeztünk. Ekkor az első kikelt egyedeket megjelöltük úgy, hogy a kikelt növény mellé színezett pálcát szúrtunk a talajba. Ezen mérés után 24 óra elteltével megismételtük a felvételezést, ekkor más színnel jelöltünk. Ezt a mérési sorozatot hat napon keresztül folytattuk.

A mért adatok feldolgozása és statisztikai értékelése Microsoft Excel 365 programmal, valamint SPSS for Windows szoftverekkel történt. A szignifikáns

differencia meghatározásához varianciaanalízist alkalmaztunk. A valószínűségi szint a mezőgazdasági gyakorlatban alkalmazott  $P=0,05$  volt.

### Eredmények

Időjárási viszonyok elemzése alapján a két évjárásban végzett vizsgálatok helyszínén eltéréseket tapasztaltunk. A különbözőségeket a levegő és a talaj hőmérsékletének ( $^{\circ}\text{C}$ ), a levegő relatív páratartalmának (%), a szélességnek (m/s), a globál-sugárzásnak ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) és a csapadékmennyiségnek (mm) a napi értékei igazolták, amelyeket a telepített automata meteorológiai állomás mért és rögzített.

Az egyik legfontosabb tényező a csapadék. A mért értékeket két részre bontottuk. A termesztési szezon előtti időszakra (3. ábra) és a tenyészidőszakban lehullott mennyiségre (4. ábra).

3. ábra. Csapadékmennyiségek a tenyészidőszakot megelőzően

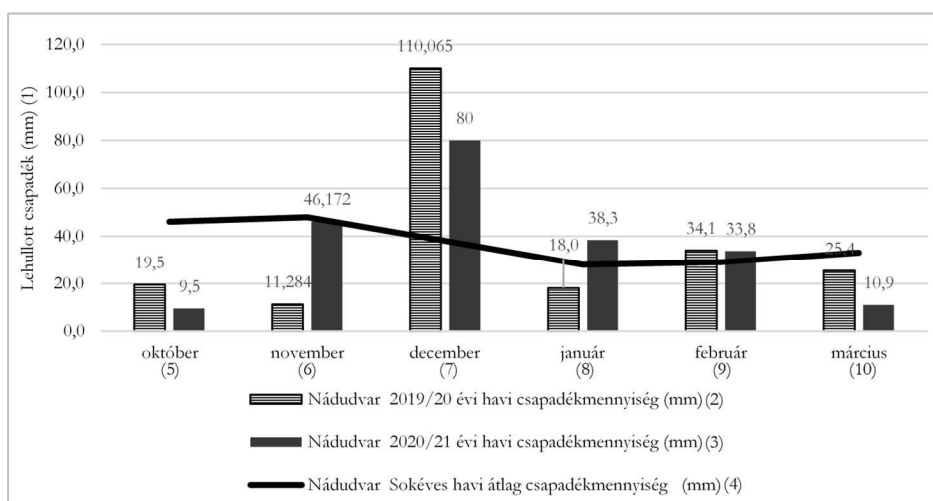


Figure 3. Precipitation amounts before the growing season. (1) Precipitation (mm), (2) Monthly amount of precipitation (mm) in 2019/2020, Nádudvar, (3) Monthly amount of precipitation (mm) in 2020/2021, Nádudvar, (4) Multiple-year monthly average amount of precipitation (mm), (5) October, (6) November, (7) December, (8) January, (9) February, (10) March

A tenyésztés előtt lehullott átlagos sokéves csapadék mennyiség 222 mm volt. A 2019/20-as szezonban 218 mm csapadékmennyiség hullott, a 2020/21-es szezonban pedig úgyszintén 218 mm. Láthatóak azonban anomáliák a csapadék eloszlását illetően. Októberben mindkét évjáratban az átlagosnál kevesebb, míg decemberben az átlagosnál nagyobb csapadékmennyiséget mértünk.

A tenyésztés során lehullott csapadékmennyiségből látható, hogy a két termesztési szezon teljesen eltérő volt. Míg a 30 éves átlag a kísérlet helyszínén 309 mm, addig a 2020-as termesztési szezonban 265 mm, és a 2021-es termesztési szezonban 216 mm volt. Nem csak az szembetűnő, hogy átlag alatti csapadékmennyiségek hullottak, hanem a csapadékeloszlás is különböző volt. 2020-ban szárazabb periódusban zajlott a kukorica vetése és korai fejlődése. 2021-ben a korai időszakban volt inkább kedvezőbb a csapadékelátás, majd a tenyésztés későbbi részén elmaradt a csapadék mennyisége a sok éves átlagtól. Különösen a június volt extrém száraz – a sok éves átlag 66 mm –, csak 9 mm hullott.

4. ábra. Csapadék mennyiségek a tenyésztés során

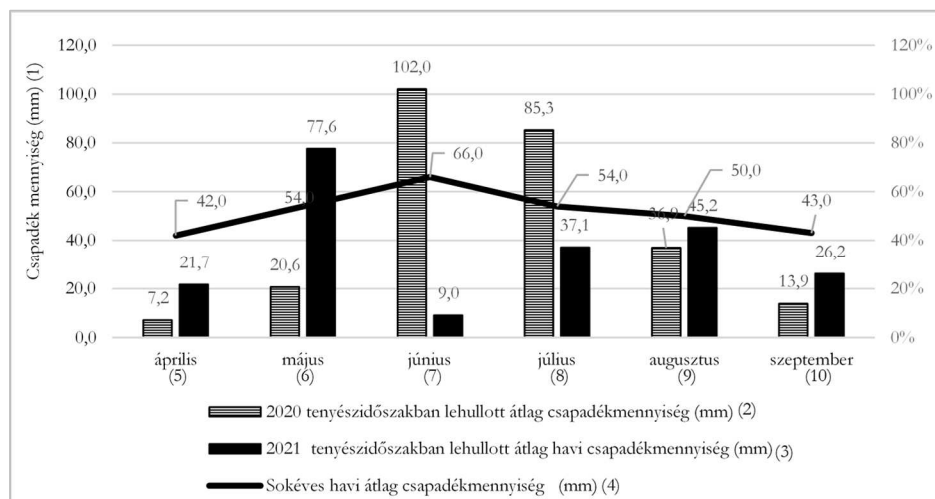


Figure 4. Precipitation during the growing season. (1) Amount of precipitation (mm), (2) Average monthly amount of precipitation (mm) in the growing season of 2020, (3) Average monthly amount of precipitation (mm) in the growing season of 2021, (4) Multiple-year monthly average amount of precipitation (mm), (5) October, (6) November, (7) December, (8) January, (9) February, (10) March

Jelentős gyakorlati jelentősége a bázishőmérsékletnek, vagy másképp a minimum hőmérsékletnek van, amely felett a kukorica növény fejlődik, növekszik, illetve amely alatt a növény fejlődési sebessége nullának tekinthető (Narwal et al. 1986, Gregory 1997). A csírázásra vonatkozó vizsgálatoknál a bázishőmérsékletre 8–10 °C (Alessi et al. 1971, Reed et al. 2019). Növekvő hőmérséklet mellett a kukorica egyre gyorsabban csírázik, leggyorsabban az optimális 31–35 °C-os tartományban. Ezekből az értékekből kalkulált hasznos hőösszeg esetében látható, hogy a 2020-as tenyészidőszak inkább melegebb volt a korai fejlődési periódusban, a 2021-es pedig hűvösebb volt a tenyészidőszak első részében, majd melegebb lett a későbbiekben (5. ábra).

5. ábra. Hasznos hőösszegek (°C) a tenyészidő során (2020–2021, Nádudvar)

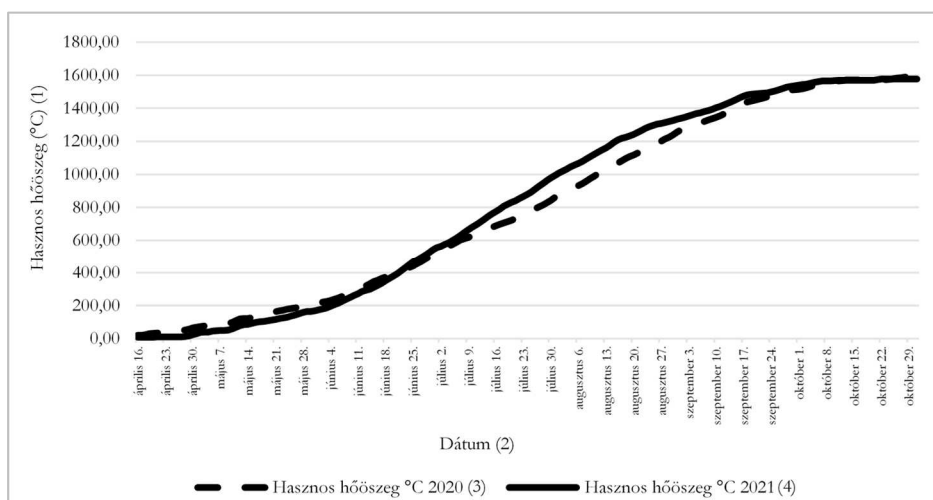


Figure 5. Useful heat sums (°C) during the growing season (2020–2021, Nádudvar). (1) Useful heat sum (°C), (2) Date, (3) Useful heat sum (°C) 2020, (4) Useful heat sum (°C) 2021

Az alkalmazott talajművelési rendszerek között az egyik legegységesebb különbség, hogy a különböző eljárások után marad-e fenn a talaj felszínén származék. Ennek az állapotnak a vizsgálatát és elemzését végeztük (6. ábra). A két évjáratban eltérő elővetemény előzte meg a kukoricaállományt. 2020-ban repce elővetemény volt, majd azt takarónövény-állomány követte,

és annak terminálása után történtek meg a talajművelések. 2021-ben kukorica elővetemény után került ismételten kukorica főnövény. Az eredmények azt mutatják, hogy felszínborítottsági százalékértékek átlagait tekintve szignifikánsan eltérnek a művelések mindkét évjáratban. A statisztikai elemzés az egyes éveken belül történt mérések eredményeit hasonlítja egymáshoz (az azonos betűvel jelölt átlagok  $p=5\%$ -os valószínűségi szinten nem különböznek egymástól).

6. ábra. Az egyes talajművelési rendszerek mintatereinek felszínborítottsági (%) átlagai

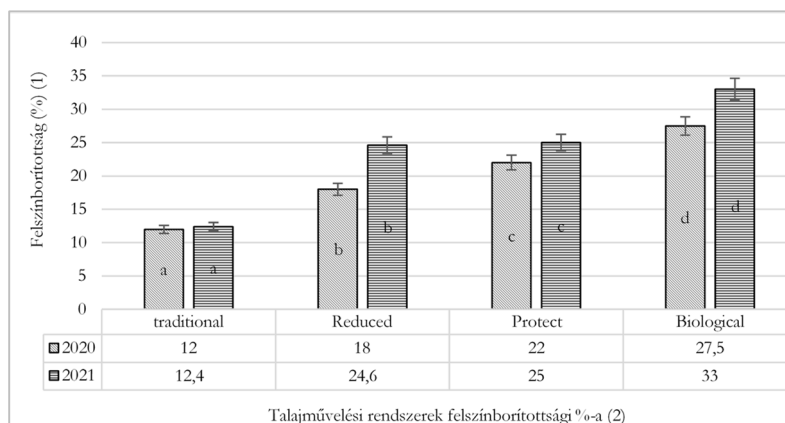


Figure 6. Surface cover (%) averages for samples of each tillage system. (1) Surface cover (%), (2) Surface cover % of different tillage systems

Az egyes művelési módok vizsgálati területeinek hőmérsékleti adatait is vizsgáltuk a vetést megelőző és a kelésig tartó periódusban. Mérési adataink a különböző talajművelési rendszerek parcelláinak 5 cm mélységben mért hőmérsékleti adataiból származnak a 2020. április 14-től május 25-ig, illetve a 2021. április 14-től május 25-ig tartó periódusból. Ezen időintervallumon belül 10 percnként történt hőmérsékletmérés, így nagyszámú, 4608 db adat állt rendelkezésre parcellánként (7. ábra). Az eredmények összehasonlítása az egyes években mért értékek között történt meg. A hagyományos és a redukált rendszer esetében szignifikánsan nem különböztek a talajművelési rendszerek. Azonban ezektől és egymástól is statisztikailag eltértek ( $P<0,05$ ) a talajvédő, valamint a biológiai talajművelési rendszer parcellái.

7. ábra. Az egyes talajművelési módokban mért átlaghőmérséklet (°C) vetési mélységben

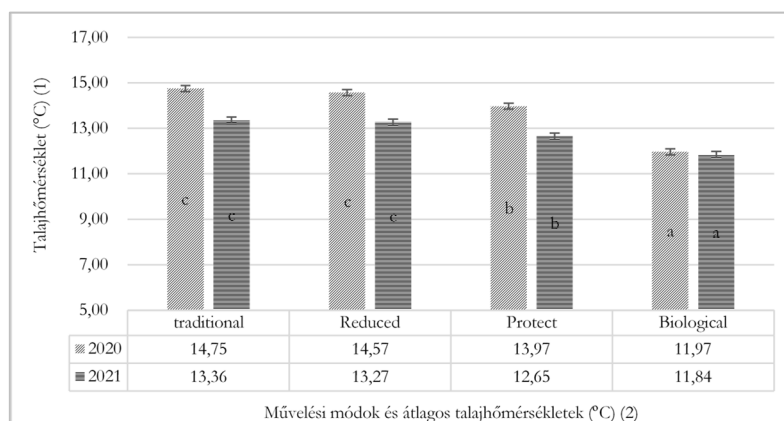


Figure 7. Average temperature (°C) measured in each tillage system at sowing depth. (1) Soil temperature (°C), (2) Tillage methods and average soil temperature (°C)

Különösen szembetűnő az időintervallumon belül azon időszakok aránya, amikor 8 °C alá csökken a vetési mélységben mért talajhőmérséklet. Ezt a hőmérsékleti határt tartja a legtöbb szakirodalom olyan küszöbértéknek, mely alatt leáll a kelőfélben lévő kukorica csírázása, kelése (Norwal *et al.* 1986).

A mérések alapján látható, hogy a 8 °C alatti órák száma alapján szignifikánsan különböznek ( $P < 0,05$ ) az egyes művelési rendszerek. Ez az állapot mindkét évszám esetében megfigyelhető volt. A legkedvezőbb a hagyományos talajművelési rendszer. Ebben a rendszerben a vizsgált perióduson belül rövidebb ideig volt 8 °C hőmérsékleti időszak. A különböző forgatás nélküli talajművelési rendszerekben mért talajhőmérsékleti anomália ideje úgy növekszik, ahogy növekedett a felszín származvány-borítottsági %-a (8. ábra).

Kelési idők szempontjából eltéréseket tapasztaltunk az egyes kezelések között. Az első növények kelése szignifikánsan különbözött ( $P < 0,05$ ) az egyes parcellákon mindkét évszámban. A bemutatott kevésbé származványos és melegebb parcellákon korábbi időpontban keltek az elvetett növények. Az első kelő növények mindkét évszámban a hagyományos talajművelési rendszerben jelentek meg, majd egy nap késéssel a redukált rendszer parcelláin, majd még

egy nap múlva kezdődött a kelés a további művelési rendszerek parcelláin (9. ábra).

8. ábra. A vetési mélységben mért 8 °C alatti órák száma

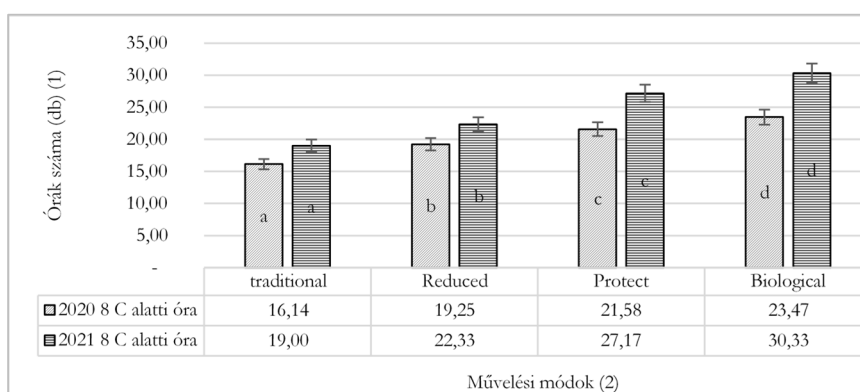


Figure 8. Number of hours below 8 °C at sowing depth. (1) Number of hours, (2) Tillage methods

9. ábra. A különböző kezelések kelési ciklusai

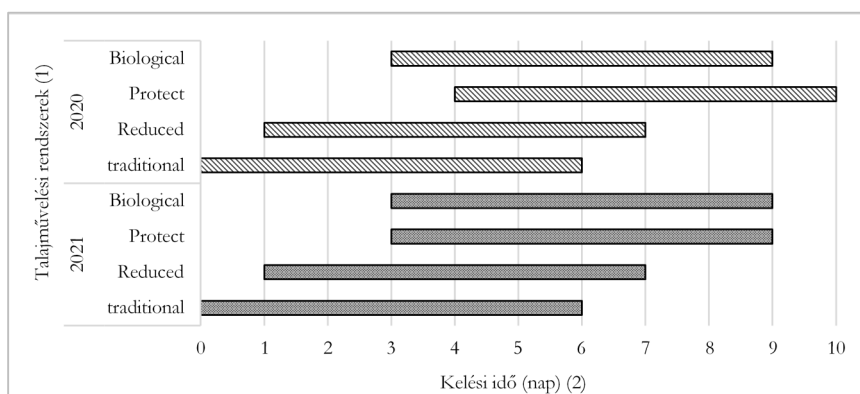


Figure 9. Emergence cycles of different treatments. (1) Tillage systems (2) Emergence times (number of days)

A kutatási eredmények alapján elemeztük a kelésdinamikát a vizsgált 2020-as és 2021-es időszakokban. A továbbiakban az egyes kezelések parcelláinak kelésdinamikai különbségeit mutatjuk be a még nem kelt növények arányának vizsgálatával a kelési napok függvényében. A

hagyományos (traditional) forgatásos alapművelésre épülő talajművelési rendszer esetében mindkét vizsgált évjárat esetében szignifikáns ( $P < 0,05$ ) különbségeket mértünk a mechanikus vetőkocsi terhelő rendszerekkel szerelt vetőgépekkel vetett parcellák és a hidraulikus vezérelt egységgel szerelt gép között (10–11. ábra).

A 2020-as szárazabb vetési szezon esetében látható, hogy a két mechanikus terhelő rendszerrel elvetett parcella esetében a kelési napok kelési dinamikája között nincs szignifikáns különbség (10. ábra). A 2021-es optimálisabb vetési szezonban a különböző vetőkocsi terhelő rendszerek által létrehozott állapotok hatására a kukorica első két kelési napja esetében szignifikáns különbség ( $P < 0,05$ ) alakult ki az egyes kezelések között. A vezérelt rendszerrel vetett állomány megelőzte a húzó és a nyomó rendszerekkel vetett állományokat (11. ábra).

10. ábra. Kelésdinamika összehasonlítása (2020)  
(nem kelt növények aránya, hagyományos talajművelés)

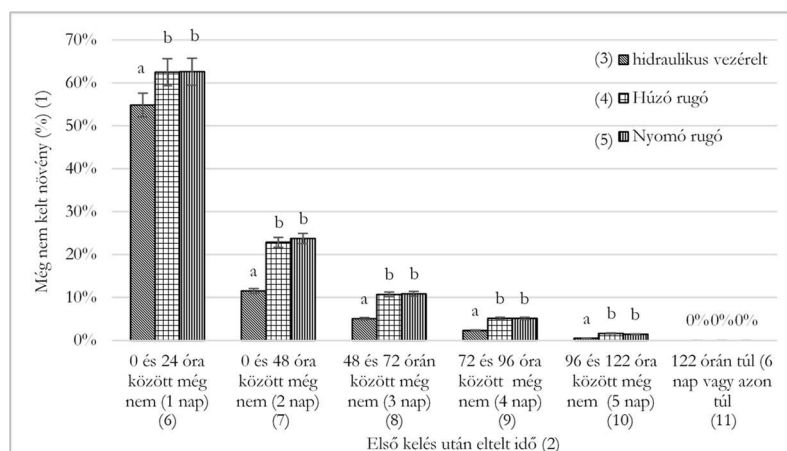


Figure 10. Comparison of emergence dynamics (2020) (proportion of non-emergence, conventional tillage). (1) Non-emergence (%), (2) Time since first emergence, (3) Hydraulically controlled, (4) Mechanical tension spring, (5) Mechanical compression spring, (6) Non-emergence between 0 and 24 hours (1 day), (7) Non-emergence between 0 and 48 hours (2 days), (8) Non-emergence between 48 and 72 hours (3 days), (9) Non-emergence between 72 and 96 hours (4 days), (10) Non-emergence between 96 and 122 hours (5 days), (11) Non-emergence for 122 and beyond

11. ábra. Kelésdinamika összehasonlítása (2021)  
(nem kelt növények aránya, hagyományos talajművelés)

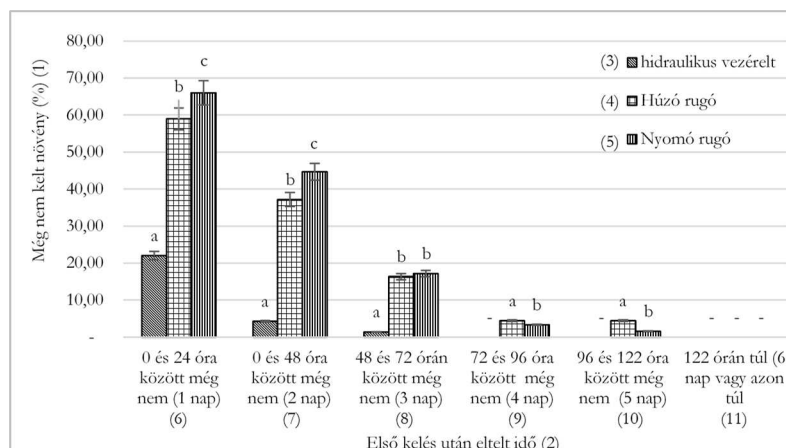


Figure 11. Comparison of emergence dynamics (2021) (proportion of non-emergence, conventional tillage). (1) Non-emergence (%), (2) Time since first emergence, (3) Hydraulically controlled, (4) Mechanical tension spring, (5) Mechanical compression spring, (6) Non-emergence between 0 and 24 hours (1 day), (7) Non-emergence between 0 and 48 hours (2 days), (8) Non-emergence between 48 and 72 hours (3 days), (9) Non-emergence between 72 and 96 hours (4 days), (10) Non-emergence between 96 and 122 hours (5 days), (11) Non-emergence for 122 and beyond

A csökkentett (reduced) talajművelési rendszer területén kialakult kelési dinamika alapján megállapítható, hogy szignifikáns eltérés alakult ki az egyes rendszerekkel elvetett kezelések között.

A 2020-as szárazabb vetési szezonban a két mechanikus terhelő rendszerrel elvetett parcella esetében a kelési napok kelési dinamikája között nincs szignifikáns különbség, míg a vezérelt rendszerrel vetett parcellák esetében nagyobb arányban keltek hamarabb a növények (12. ábra). A 2021-es optimálisabb vetési szezon esetében a különböző vetőkocsi terhelő rendszerek által létrehozott állapotok hatására a kukorica első három kelési napja esetében szignifikáns különbség ( $P < 0,05$ ) alakult ki az egyes kezelések között. A vezérelt rendszerrel vetett állomány megelőzte a húzó és a nyomó rendszerekkel vetett állományokat. A negyedik nap után a fennmaradó kelések esetében a hidraulikus vezérelt és a nyomó rugó azonos eredményt hozott ( $P < 0,05$ ) (13. ábra).

12. ábra. Kelésdinamika összehasonlítása (2020)  
(nem kelt növények aránya, csökkentett talajművelés)

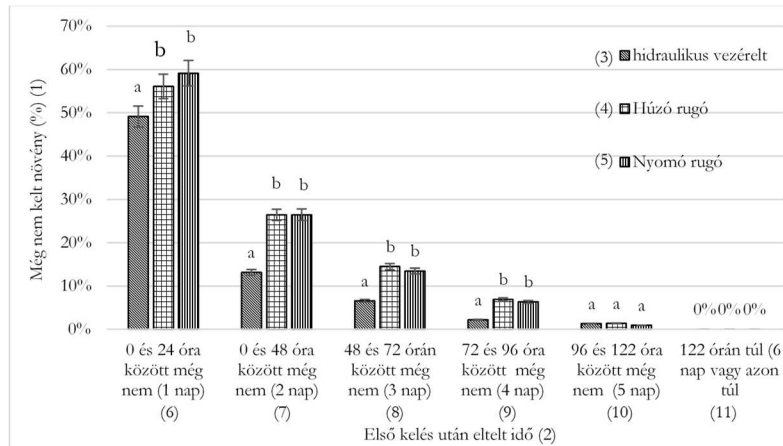


Figure 12. Comparison of emergence dynamics (2020) (proportion of non-emergence, reduced tillage).

13. ábra. Kelésdinamika összehasonlítása (2021)  
(nem kelt növények aránya, csökkentett talajművelés)

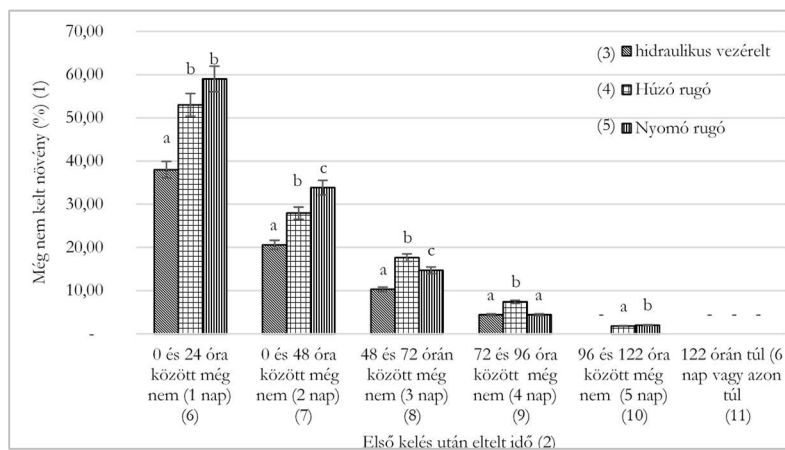


Figure 13. Comparison of emergence dynamics (2021) (proportion of non-emergence, reduced tillage).

(1) Non-emergence (%), (2) Time since first emergence, (3) Hydraulically controlled, (4) Mechanical tension spring, (5) Mechanical compression spring, (6) Non-emergence between 0 and 24 hours (1 day), (7) Non-emergence between 0 and 48 hours (2 days), (8) Non-emergence between 48 and 72 hours (3 days), (9) Non-emergence between 72 and 96 hours (4 days), (10) Non-emergence between 96 and 122 hours (5 days), (11) Non-emergence for 122 and beyond

A talajvédő (protect) művelési rendszerbe vont vizsgálati parcellákon is szignifikáns eltérés tapasztalható a mechanikus és a vezérelt rendszer által kialakult kelési dinamikák között. Különösen szembetűnő a különbség a 2020-as szárazabb, a kelés szempontjából szélsőségesebb feltételeket teremtő szezon esetében (14–15. ábra).

A kelési dinamika a 2020-as szezonban az első négy nap esetében a vezérelt rendszer tekintetében szignifikánsan ( $P < 0,05$ ) jobb a mechanikus rendszerekhez viszonyítva. A mechanikus rendszerek hatására kialakult kelési dinamika az első két napban nem különbözik egymástól (14. ábra). A 2021-es szezonban hasonló összefüggések láthatóak ebben a művelésben, mint a 2020-as esetében (15. ábra).

14. ábra. Kelésdinamika összehasonlítása (2020)  
(nem kelt növények aránya, talajvédő talajművelés)

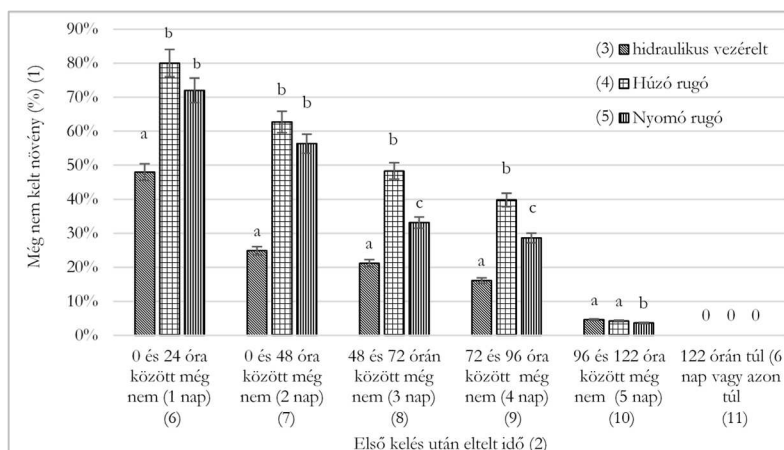


Figure 14. Comparison of emergence dynamics (2020) (proportion of non-emergence, protective tillage). (1) Non-emergence (%), (2) Time since first emergence, (3) Hydraulically controlled, (4) Mechanical tension spring, (5) Mechanical compression spring, (6) Non-emergence between 0 and 24 hours (1 day), (7) Non-emergence between 0 and 48 hours (2 days), (8) Non-emergence between 48 and 72 hours (3 days), (9) Non-emergence between 72 and 96 hours (4 days), (10) Non-emergence between 96 and 122 hours (5 days), (11) Non-emergence for 122 and beyond

15. ábra. Kelésdinamika összehasonlítása (2021)  
(nem kelt növények aránya, talajvédő talajművelés)

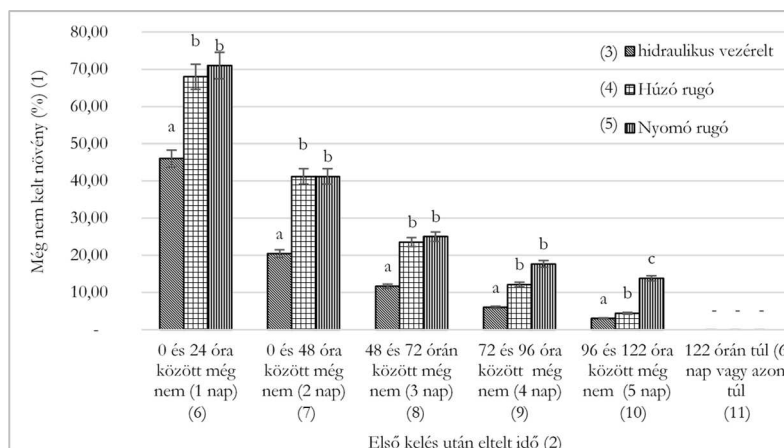


Figure 15. Comparison of emergence dynamics (2021) (proportion of non-emergence, protective tillage). (1) Non-emergence (%), (2) Time since first emergence, (3) Hydraulically controlled, (4) Mechanical tension spring, (5) Mechanical compression spring, (6) Non-emergence between 0 and 24 hours (1 day), (7) Non-emergence between 0 and 48 hours (2 days), (8) Non-emergence between 48 and 72 hours (3 days), (9) Non-emergence between 72 and 96 hours (4 days), (10) Non-emergence between 96 and 122 hours (5 days), (11) Non-emergence for 122 and beyond

A biológiai (biological) talajművelési rendszer kísérleti parcelláinak 2020-as és 2021-es kelési képe is szignifikáns ( $P < 0,05$ ) különbségeket mutat a hidraulikus vezérelt talajterhelő rendszerrel felszerelt vetőgéppel vetett növényállományok javára (16–17. ábra).

### Következtetések

A vizsgált talajművelési rendszerek esetében a kukorica vetését megelőző és az azt követő periódusban a vetési mélységben mért talajhőmérsékletek szignifikánsan különböztek egymástól. Elsősorban a felszínen található szármagványok miatt, melyek a mért hőmérsékletekhez hasonlóan szignifikánsan eltértek az egyes művelések esetében.

16. ábra. Kelésdinamika összehasonlítása (2020)  
(nem kelt növények aránya, biológiai talajművelés)

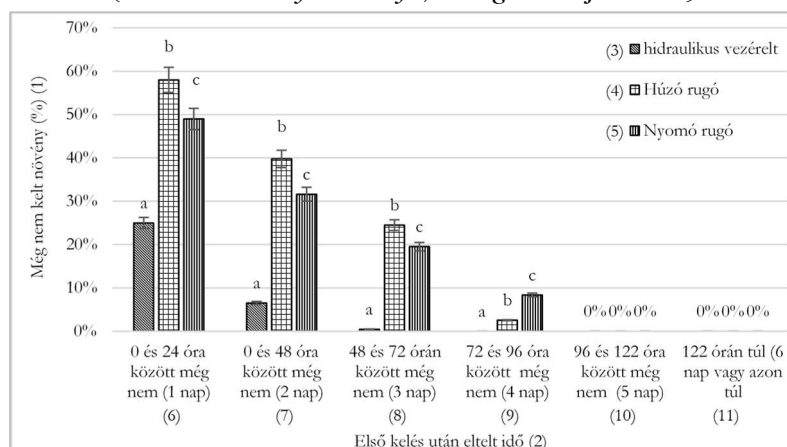


Figure 16. Comparison of emergence dynamics (2020) (proportion of non-emergence, biological tillage).

17. ábra. Kelésdinamika összehasonlítása (2021)  
(nem kelt növények aránya, biológiai talajművelés)

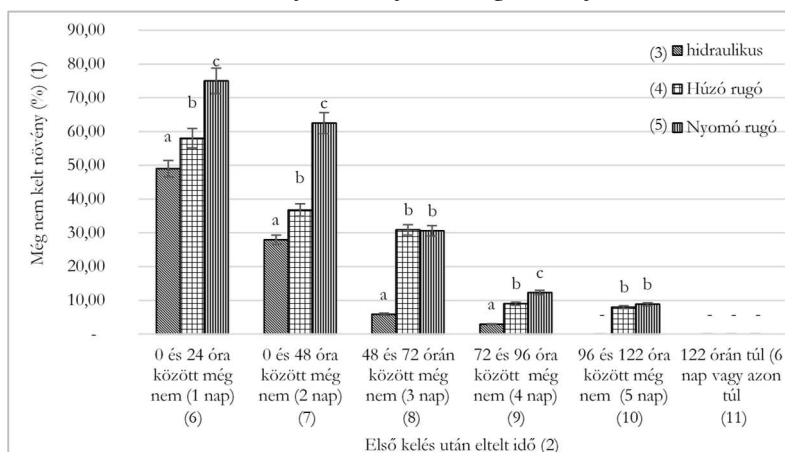


Figure 17. Comparison of emergence dynamics (2021) (proportion of non-emergence, biological tillage).

(1) Non-emergence (%), (2) Time since first emergence, (3) Hydraulically controlled, (4) Mechanical tension spring, (5) Mechanical compression spring, (6) Non-emergence between 0 and 24 hours (1 day), (7) Non-emergence between 0 and 48 hours (2 days), (8) Non-emergence between 48 and 72 hours (3 days), (9) Non-emergence between 72 and 96 hours (4 days), (10) Non-emergence between 96 and 122 hours (5 days), (11) Non-emergence for 122 and beyond

Különösen szembetűnő a 8 °C alatti hőmérsékleti időszakok gyakorisága az egyes kezelések között. Kutatásunk bizonyítja, hogy az egyre nagyobb számaradvány mennyiséget hagyó talajművelési rendszerek esetében egyre nagyobbak ezek az időszakok. Ezek a hatások megmutatkoznak a kukorica kelése folyamán. A kukoricanövények kelés idején igen érzékenyek a hőmérsékletre. Az eltérő talajművelési rendszerek alá vont, és egymástól hőmérsékleti szempontból is különböző kezelések parcelláinak első kukorica kelései eltérőek. A melegebb területeken korábban kelnek a növények és a hidegebb területeken jobban elnyúlik a kelési periódus. Kutatási eredményeink értékelése alapján megállapítottuk, hogy a vizsgálatban résztvevő különböző vetőgép vetőkocsi terhelő rendszerekkel elvetett kezelések megbízható eltérést mutattak. A különbség mind az első növények kelési napjában, mind pedig a kelési dinamika elhúzódásában és a kevésbé egyöntetű kelésben nyilvánult meg. A mechanikus rendszerek a talajban lévő szerkezeti eltéréseket nem tudják működési módjuk miatt lekövetni. Ezen rendszerek szignifikánsan rosszabb kelési dinamikát mutatnak, és elhúzódóbb kelést eredményeznek egy precíziós rendszerű, a talaj állapotáról mért adatokkal rendelkező – és ezek alapján beavatkozásra képes – vetőkocsi terhelő rendszerhez képest.

### Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium által meghirdetett Kooperatív Doktori Program KDP-2020 támogatta.

### IRODALOM

- Al-Darby-Lowery, B.:* 1987. Seed zone soil temperature and early corn growth with three conservation Tillage systems. *Soil Science Society of America Journal.* 51. 3: 768-774.
- Alessi, J.-Power J. F.:* 1979. Corn Emergence in Relation to Soil Temperature and Seeding Depth. *Agronomy Journal.* 63. 5: 717-719.
- Aziz, I.-Mahmood, T.-Islam, K. R.:* 2013. Effect of long term no-till and conventional tillage practices on soil quality. *Soil and Tillage Research.* 131: 28-35.
- Diaz-Zorita, M.-Perfect, E.-Groveb, J. H.:* 2002. Disruptive methods for assessing soil aggregation. A review. *Soil and Tillage Research.* 64. 1: 3-22.

- Duwick, D. N.*: 1997. What is yield? Proceedings of a symposium for developing drought and low N-tolerant maize. 25–29.
- Fasoula, V. A.–Fasoula, D. A.*: 2000. Honeycomb breeding: Principles and applications. [In: Janick, J. (ed.) Plant Breeding Reviews.] 18: 177–250.
- Ford, J. H.–Hicks, D. R.*: 1992. Corn growth and yield in uneven emerging stands. J. Prod. Agric. 5. 1: 185.
- Fulton, J.–Poncet, A.–McDonald, T.–Knappenberger, T.–Shaw, J.–Balkcom, K.*: 2015. Considerations for site-specific implementation of active downforce and seeding depth technologies on row-crop planters. Land. Technik.
- Germán, A.–Bollero, D. G.–Bullock, S. E.–Hollinger, K.*: 1996. Soil Temperature and Planting Date Effects on Corn Yield, Leaf Area, and Plant Development. Agronomy Journal. 3: 385–390.
- Graven, L. M.–Carter, P. R.*: 1991. Seed quality effect on corn performance under conventional and no-tillage systems. J. Prod. Agric. 4. 3: 366.
- Hayhoe, H. N.–Dwyer, L. M.–Balchin, D.–Culley, J. L. B.*: 1993. Tillage effects on corn emergence rates. Soil and Tillage Research. 26. 1: 45–53.
- Hill, P.*: 2000. Crop response to tillage systems. In Conservation Tillage Systems and Management. Iowa State Univ. Ames. Iowa.
- Karayel, D.–Özmerzi, A.*: 2008. Evaluation of three depth-control components on seed placement accuracy and emergence for a precision planter. Appl. Eng. Agric. 24. 3: 271–276.
- Kiani, S.*: 2010. Automatic on-line depth control of seeding units using a non-contacting ultrasonic sensor. Int. J. Nat. Eng. Sci. 6. (2).
- Lawles, K.–Raun, W.–Desta, K.–Freeman, K.*: 2012. Effect of delayed emergence on corn grain yields. J. Plant Nutrit. 35. 3: 480–496.
- Liu, W.–Tollenaar, M.–Stewart, G.–Deen, W.*: 2004. Impact of planter type, planting speed, and tillage on stand uniformity and yield of corn. Agron. J. 96. 6: 1668–1672.
- McMasters, G.–Wilhelm, W.*: 1997. Growing degree-days: one equation, two interpretations. Agricultural and Forest Meteorology. 87. 4: 291–300.
- Morrison, Jr.–Jhon, E.*: 1989. Factors affecting plant establishment with a no-tillage planter opener. Appl. Eng. Agric. 5. 3: 316–318.
- Nagy J.*: 2021. Kukorica. Szaktudás Kiadó. Budapest. 391.
- Narwal, S. S.–Poonia, S.–Singh, G.–Malik, D. S.*: 1986. Influence of sowing dates on the growing degree days and phenology of winter maize. Agricultural and Forest Meteorology. 38. 1–3: 47–57.
- Poncet, A.*: 2016. Optimization of standard depth control systems to improve row-crop planter performance in the Southeast US. Ph.D. Dissertation. Auburn University.

- Raghavan, G. S. V.-McKyes, E.-Gendron, G.-Borlum, B. H.:* 1978. Effects of soil compaction on development and yield of corn (maize). *Can. J. Plant Sci.* 58. 2: 435-443.
- Ranbir, S.-Minakshi, S.-Ajay, S.:* 2014. Effect of Tillage and Crop Residue Management on Soil Physical Properties. *Journal of Soil Salinity and Water Quality.* 10. 2: 200-206.
- Reed, H. K.-Heather, D. K.-Curran, W. S.-Tooker, J. F.-Duiker, S. W.:* 2019. Planting Green Effects on Corn and Soybean Production. *Agronomy Journal.* 111. 5: 2314-2325.
- Romaneckas, K.-Avizienyte, D.-Adamaviciene, A.-Buragiene, S.-Kriauciuniene, Z.-Sarauskis, E.:* 2020. The impact of five long-term contrasting tillage systems on maize productivity parameters. *Agricultural and Food Science.* 29. 1: 6-17.
- Staggenborg, S. A.:* 2004. Effect of planter speed and seed firmers on corn stand establishment. *Appl. Eng. Agric.* 20. 5: 573-580.
- Tokatlidis, I. S.-Koutroubas, S. D.:* 2004. A review of maize hybrids' dependence on high plant populations and its implications for crop yield stability. *Field Crops Research.* 88. 2-3: 103-114.
- Tolleraar, M.:* 1992. Is low plant density a stress in maize? *Maydica.* 37: 305-311.
- Weatherly, E. T.-Bowers Jr, C. G.:* 1997. Automatic depth control of a seed planter based on soil drying front sensing. *Trans. ASAE.* 40. 2: 295-305.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

Sojnoczki István  
KITE Zrt.  
Nádudvar  
Bem József u. 1.  
H-4181  
sojni@kite.hu

Dr. Nagy János  
Debreceni Egyetem MÉK  
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet  
Debrecen  
Böszörményi út 138.  
H-4032