

Interreg VI-A
Magyarország – Szlovákia program

Soil4Nature

Kutatási jelentés

2024-2025

Discovery Center

Gödöllő, 2025.11.10.

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés.....	3
2	Kísérlet módszertan – Monor 2024-25.....	4
2.1	Művelési módok.....	5
2.2	Takarónövény kezelések	5
2.3	Talajszenzorok.....	6
2.4	Online áttekintő felület.....	8
3	Tapasztalatok - első év	12
3.1	Csapadékeloszlás.....	12
3.2	Hőmérséklet alakulása.....	13
3.3	Talajszenzorok által mért értékek.....	14
3.3.1	Tavaszi hóhullám.....	17
3.3.2	Nagy csapadékösszeg	20
3.3.3	Intenzív csapadék	23
3.4	Betakarítás	26
4	Következtetések.....	28
4.1	Előkészületek a következő kísérleti évre.....	28

1 Bevezetés

A talaj az egyik legalapvetőbb erőforrásunk: meghatározza a mezőgazdaság termelékenységét, az élelmiszerbiztonságot, a biodiverzitást és számos ökoszisztéma-szolgáltatást, beleértve a szénmegkötést és a klímavédelmet is. Európa számos területén azonban a talajdegradáció már most is jelentős: a túl intenzív művelés, a nagy gépi terhelés, a szervesanyag-visszapótlás hiánya, a vegyszerhasználat és a szélsőségesedő éghajlat miatt gyorsuló szervesanyag-vesztés, szerkezetromlás és biológiai aktivitás-csökkenés figyelhető meg. A Pannon-régió különösen érintett — az aszályos periódusok, vízhiány és a kontinentális klíma miatt a gazdák folyamatos termelési és jövedelmezőségi kényszerek mellett próbálnak alkalmazkodni.

A kérdés ma már nem az, hogy meg kell-e változtatni a gazdálkodási gyakorlatokat, hanem az, hogy hogyan lehet egyszerre talajéletet regenerálni és versenyképesnek maradni. A regeneratív mezőgazdaság válasz erre a kihívásra: a talaj funkcióit visszaállító, az ökológiai folyamatokra építő, hosszú távon is gazdaságilag fenntartható művelési módokat jelent. A Soil4Nature projekt azért jött létre, hogy ezt a szemléletet gyakorlati példákon keresztül tegye kézzelfoghatóvá, és tudományosan megalapozott bizonyítékokkal támassza alá — valós termelői környezetben.

A Soil4Nature az Interreg VI-A Magyarország–Szlovákia program keretében valósul meg 2024. július 1. és 2026. december 31. között, több mint 571 000 eurós költségvetéssel. A projekt célja, hogy különböző talajművelési rendszerek, takarónövény-keverékek és agrotechnikai megoldások összehasonlításával kimutassa, hogy a regeneratív megközelítés nemcsak környezeti, hanem pénzügyi előnyt is jelenthet a gazdák számára. A projekt kiemelten támaszkodik a részvételi kutatásra: a gazdák nem megfigyelők, hanem tényleges szereplők és adatgazdák a kísérletekben. A Soil4Nature feladata továbbá a tudás transzferálása (gazdáknak, tanácsadóknak, diákoknak), a gyakorlati átállás támogatása, valamint a valós idejű adatokon alapuló, transzparens, helyi döntéstámogató rendszerek fejlesztése.

A négy partner (Bioeconomy Cluster – projektvezetés és kommunikáció; Discovery Center – talajmonitorozás, digitális farm koncepció; PD Krakovany-Stráže – szlovák gyakorlati megvalósítás; Agro-Mark Kft. – magyar gyakorlati megvalósítás) közös erőssége éppen az, hogy ötvöződik bennük a kutatási háttér és a napi szintű termelői gyakorlat. A projekt célja nem elméleti eredmények gyártása, hanem valódi, a Pannon-régió gazdálkodói számára közvetlenül alkalmazható tudás és gyakorlati útmutatások létrehozása, amelyek segítik a fenntartható, regeneratív átállást.

2 Kísérlet módszertan – Monor 2024-25

A magyarországi kísérleti területet és a műveléshez szükséges szakmai tapasztalatot és kivitelezést a Monoron található Agro-Mark Kft biztosítja a projekt során. A település határában található táblán két talajművelési módot és négyféle takarónövény kategóriát vizsgáltunk.

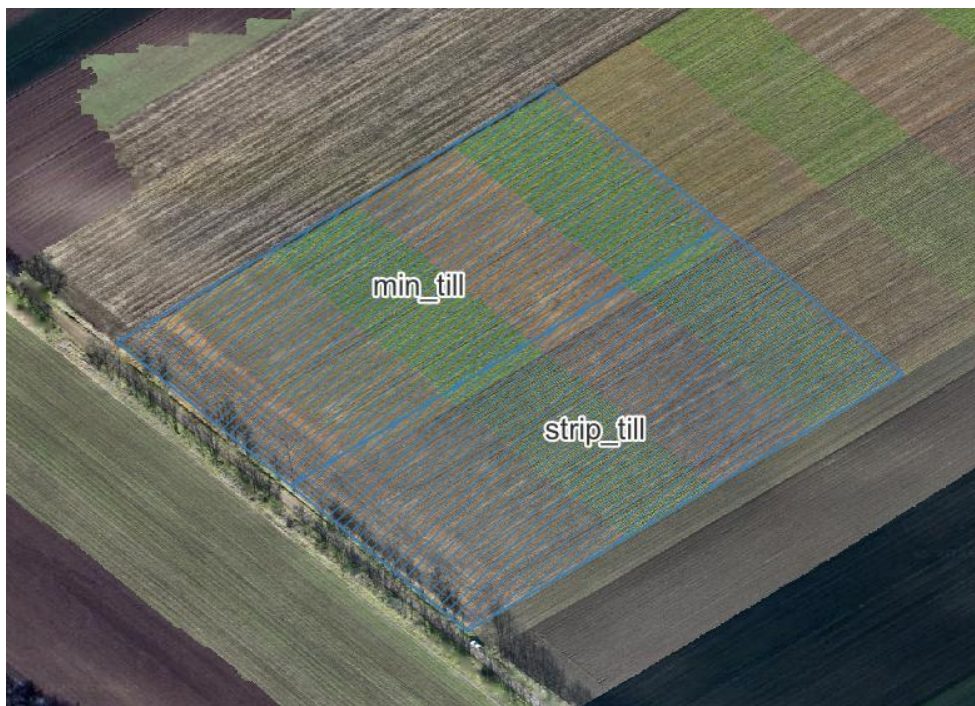


1. ábra Kísérleti tábla Monor határában

A kísérlet beállítása talajmintavétellel és 3 db fűrt talajszelvény vizsgálatával kezdődött. A terület enyhe lejtést mutat, ami a szelvényekben is megmutatkozott, de a lejtősből adódó számottevő különbség nem felfedezhető.

2.1 Művelési módok

A min till és strip till (sávós) művelési módok a táblát hosszirányban felezték meg. 2024 júliusban egyenes késes lazítás és annak rövid tárcsás elmunkálása történt az egész táblán. Ezt követően novemberben a tábla egyik felén a projekthez beszerzett sávós művelővel megtörtént a talajelőkészítés a kukorica tavaszi vetéséhez.

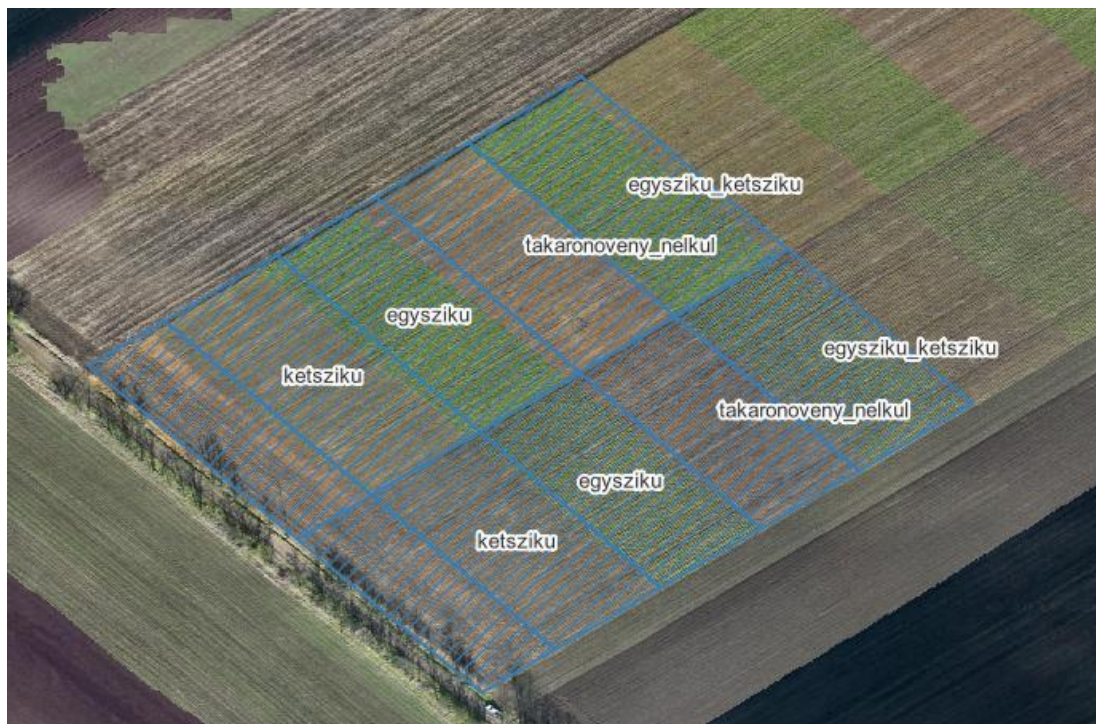


2. ábra Talajművelési módok a kísérleti táblán

2.2 Takarónövény kezelések

A területen 2024 augusztusban egy takarónövény keverés került elvetésre a teljes táblán, ami tavaszi zabot, facéliát, etióp mustárt, olajlent, bíbor bükkönyt tartalmazott, de mindezek mellett meg kell említeni, hogy erős volt a táblában az őszi búza árvakelés. Novemberben gyomirtószeres kezeléssel kialakításra kerültek a takarónövény parcellák. Talajművelésenként négy kategóriát állítottunk be: kétszikű, egyszikű, takarónövény mentes, egy- és kétszikű.

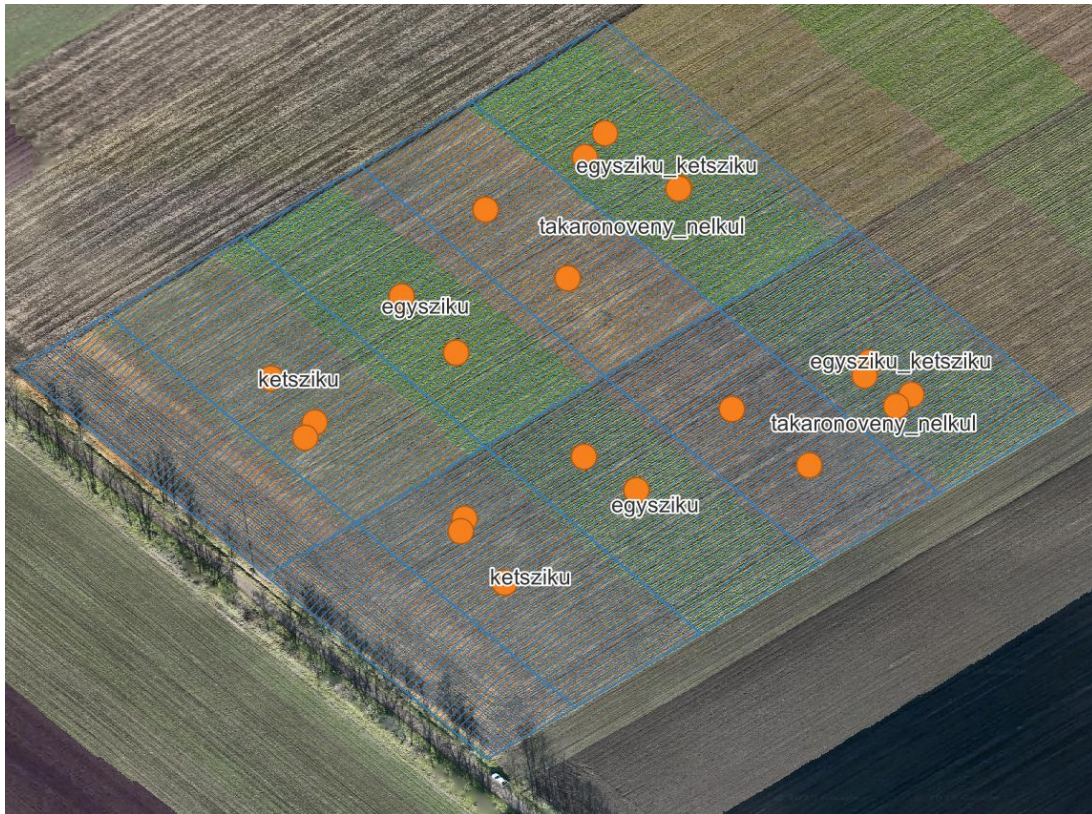
Azért gyomirtószeres módszerrel szabályoztuk a takarónövényeket, mert próbáltunk törekedni a gyakorlatban is könnyen alkalmazható, kellő precizitással kivitelezhető, de nem túlzottan időigényes módszert bevetni. Viszont meg kell említeni, hogy ennek eredményeként a „takarónövénytől mentes” parcellákban a totális gyomirtóval kezelt, elhalt növényi maradványok jelen voltak és bizonyos mértékű boriottságot biztosítottak a talaj számára.



3. ábra Takarónövény kombinációk a kísérleti táblán

2.3 Talajszenzorok

Kísérletünk egyik fő és leginnovatívabb eleme a vezeték nélküli talajszenzor rendszer. Egy szenzor két részből áll, melyek különböző mélységben vizsgálják a talaj nedvességtartalmát, hőmérsékletét és vezetőképességét, majd az információkat a tábla szélén álló vevőállomásnak küldik, ahonnan egy online adatbázisba jutnak el az adatok. 2024 novemberben telepítettük őket a monori tábla



4. ábra Talajszenzorok elhelyezkedése a kísérleti táblán

A 30 és 60 centiméteres mélységben elhelyezett szenzorokból parcellánként 2 darabot helyeztünk el. A talajba helyezett érzékelők segítségével napi rendszerességgel frissítve kapjuk meg az adatokat.



5. ábra Talajszenzor és telepítésük folyamata

2.4 Online áttekintő felület

A projektnek dedikált honlapon található egy Dashboard felület, aminek célja a kísérlet és a talajszenzorok által gyűjtött adatok vizualizálása. A tábláról készült rendszeres drónfelvételeknek köszönhetően megfigyelhető a vegetáció alakulása is. A diagramokon időszávosan szűrhető adatokon felül lehetőség van a különböző parcellák összehasonlítására. Az áttekintő felület egyelőre nem végleges, folyamatos fejlesztés alatt áll.



6. ábra A Dashboard felület bemutatása

A Soil4Nature Dashboard egy nyilvánosan elérhető online felület, amely összegyűjti, feldolgozza és vizuálisan megjeleníti a terepen gyűjtött adatokat. A rendszer fő funkciói a következők:

- Valós idejű adatok megjelenítése: a szenzorok által mért értékek folyamatos frissítéssel jelennek meg grafikonokon és táblázatokban.
- Idősoros elemzés: lehetőség van a mért paraméterek időbeli alakulásának nyomon követésére, ami segíti a gazdákat a hosszabb távú tendenciák felismerésében.
- Összehasonlítás különböző kezelések között: például látható, hogyan alakul a talajnedvesség a strip-till és a hagyományos művelésű parcellákban.
- Exportálható adatok: a rendszer lehetővé teszi az adatok letöltését további elemzéshez vagy döntéstámogatási eszközökbe való integráláshoz.

A dashboard nem pusztán egy adatmegjelenítő eszköz, hanem döntéstámogató rendszer is. Segíthet a gazdáknak például eldönteni, mikor érdemes öntözni, mikor lehet optimális a vetés vagy a tápanyag-kijuttatás időzítése.

2.5 Krakovány - Szlovákia

Szlovákia területén, Krakoványban végezzük a kísérletet a PD Krakovany-Stráže mezőgazdasági termelő egyesület szakmai tapasztalata segítségével. Négy táblán vizsgáljuk a különböző talajművelési módok és a társított termesztés (intercropping) technológia hatását. Kettesével párosított táblák közül egy pároson kukorica, a másikon pedig napraforgó kultúrnövény volt 2025-ben. A párosított táblák egyikén került beállításra a kísérlet míg a másik a kontroll szerepét töltötte be.

2.5.1 Talajművelés

A két kísérleti táblán forgatás nélküli művelést és direktvetési technológiát alkalmaztunk. Ezzel szemben a kontroll területeken a hagyományos szántás, elmunkálás és magágykészítési folyamatok történtek.

2.5.2 Intercropping

A no till táblákon borsóból, takarmány bükkönyből, szösös bükkönyből álló keverék szolgálta a kultúrnövénnyel társított termesztést. Egy ilyen keverék segít a talajt fedetten tartani, javítja a talajszerkezetet és a pillangós családba tartozó növények a légköri nitrogén megkötésére is képesek, ami kedvező a talaj tápanyagtartalma szempontjából.

2.5.3 Talajszenzorok

Mind a négy tábla talajában két mélységben helyeztük a szenzorokat, 30 és 60 cm-en. 3-3 szenzorpáros került a forgatás nélküli, társított termesztéssel kezelt táblákba és 1-1 páros a konvencionális agrotechnikájú területekre. A szenzoroknak köszönhetően naprakész adatokat kapunk a talajnedvességi, talajhőmérsékleti és vezetőképességi adatokról.



7. ábra Szlovákiai kísérlet ábrázolása

1. táblázat Kísérlet ábrázolásának magyarázata

Tábla azonosító	Talajelőkészítés	Takarónövény
1	Forgatás nélküli	Igen

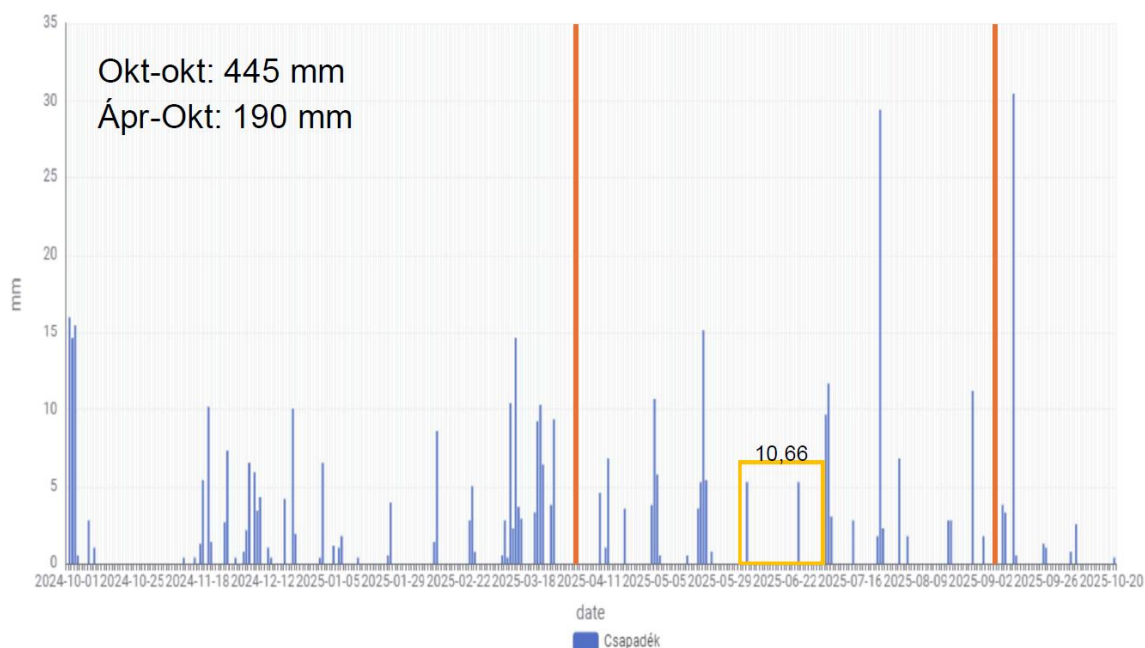
2	Forgatás nélküli	Igen
3	Konvencionális	Nem
4	Konvencionális	Nem

3 Tapasztalatok - első év

3.1 Csapadékeloszlás

A bemutatott csapadék és hőmérséklet adatokat a kísérletben szereplő táblától légvonalban ~500 méterre található meteorológiai állomás gyűjtötte.

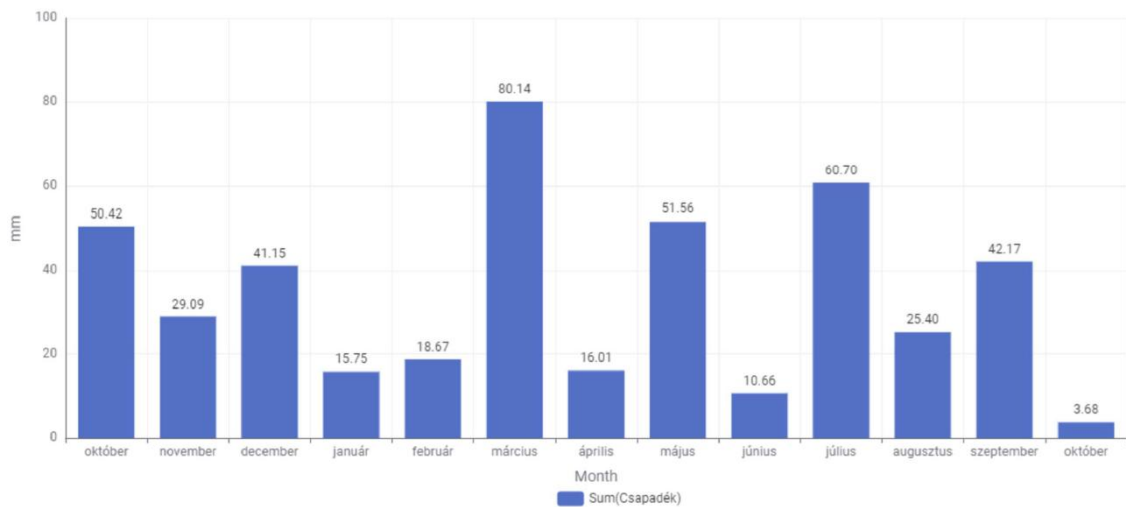
Az éves csapadék mennyisége 445 mm volt, ami egy nem kimondottan kedvező mennyiség. Tovább fokozza a csapadékhiány helyzetét a több éve tartó átlag alatti csapadék. Az utóbbi 4-5 év csapadék mennyiségéből 1 teljes év csapadékösszege hiányzik.



8. ábra Csapadék időbeni eloszlása 2024 októbertől 2025 októberig

A kukorica tenyészidejében, áprilistól októberig, összesen 190 mm csapadék esett. Ebből júniusra 10,66 mm jutott, ami kimondottan kedvezőtlen a kukorica fejlődését tekintve.

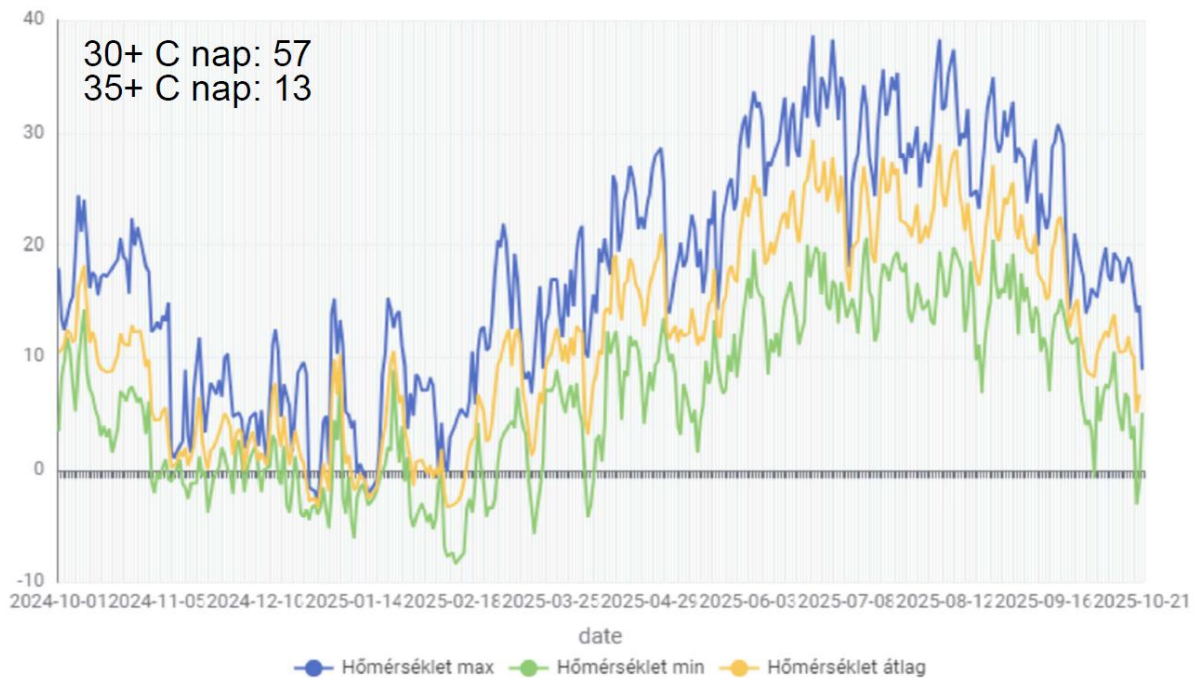
Sajnos jellemző volt a kedvezőtlen csapadék intenzitás az ország keleti felében, ahol a kísérlet is volt. Az esetenként néhány mm csapadék legtöbbször gyorsan elpárolgott a szeles fekvésű terület és a napsütés hatására. Az egyszerre, nagy intenzitással érkező csapadék szintén nem tud megfelelően felszívódni a talajban, mert lassabb a talaj vízfelvételi képessége, mint a csapadék egyszerre leérkező mennyisége. Ebből sajnos az következik, hogy az összes hullott csapadéknak csak egy bizonyos részére számíthatunk a talaj azon rétegében, ahol hosszabb távon is raktározódhat a kultúrnövény számára.



9. ábra Csapadékösszegek havi bontásban, 2024 október - 2025 október

3.2 Hőmérséklet alakulása

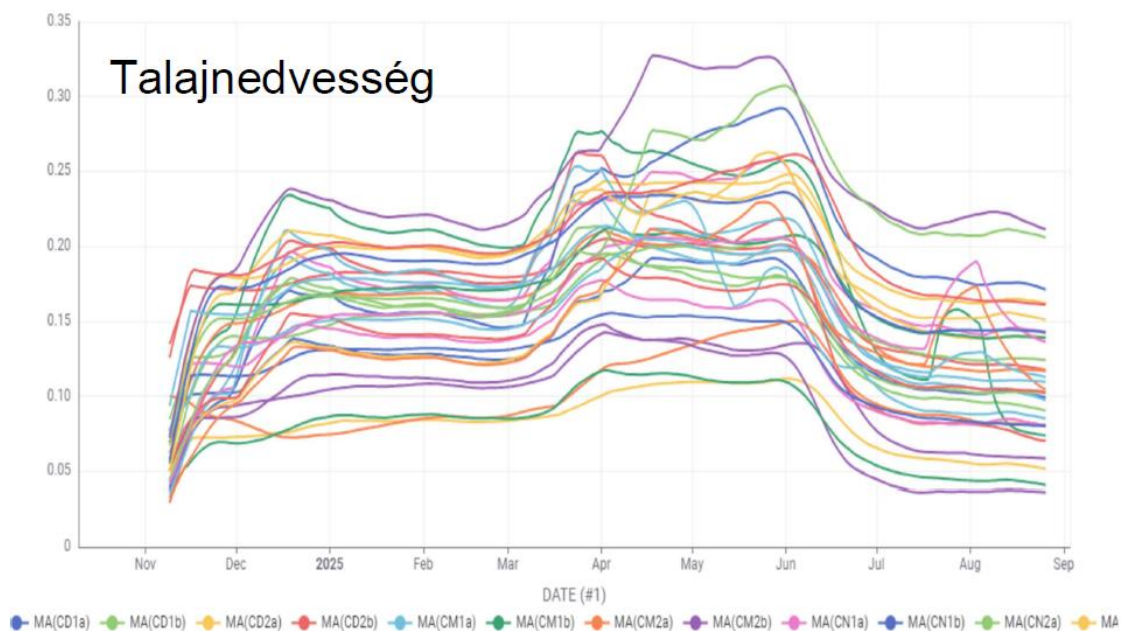
A 2025-ös év hőmérsékleti viszonyait tekintve a szokásos nyári hónapok voltak a legmelegebbek. 57 nap volt, amikor 30 Celsius fölé emelkedett a hőmérséklet, és ezekből 13 nap, amikor 35 foknál is melegebb volt. A nyári legmelegebb időszak alatt összesen 96,76 mm csapadék esett.



10. ábra Hőmérséklet alakulása, 2024 október - 2025 október

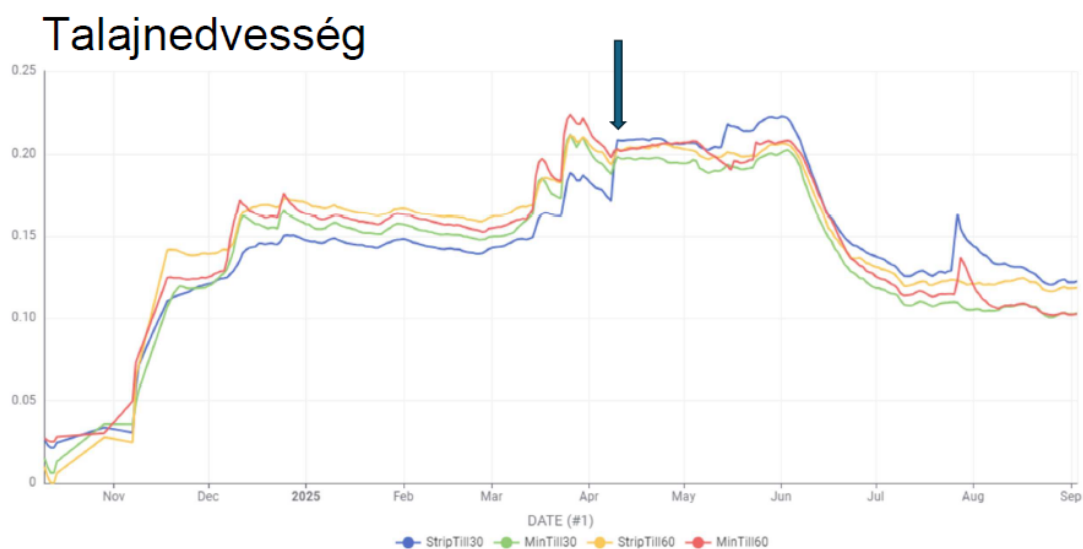
3.3 Talajszenzorok által mért értékek

A következő ábrán a talajszenzorok által mért talajnedvességi adatok láthatóak a szenzorok beüzemelésétől (2024 november) 2025 szeptemberig. Jól nyomon követhető a görbéken a csapadékeloszlási ábrán látható tendencia.

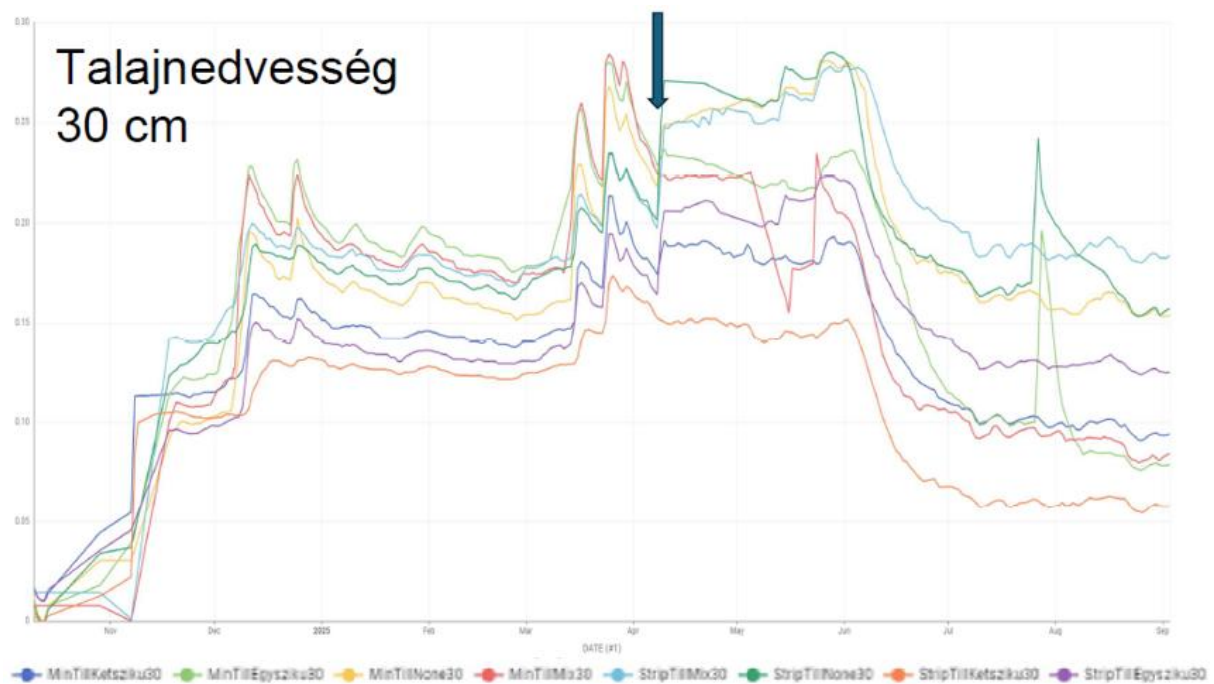


11. ábra Összefoglaló talajnedvesség diagram minden szenzor értékével , 2024 november - 2025 szeptember

Talajművelési kategóriánként és azon belül a szenzorok mélyégeire vetítve láthatóak a talajnedvesség görbék a 11-ik ábrán. Megfigyelhető a tavaszi csapadékosabb időszak hatása az értékekre.

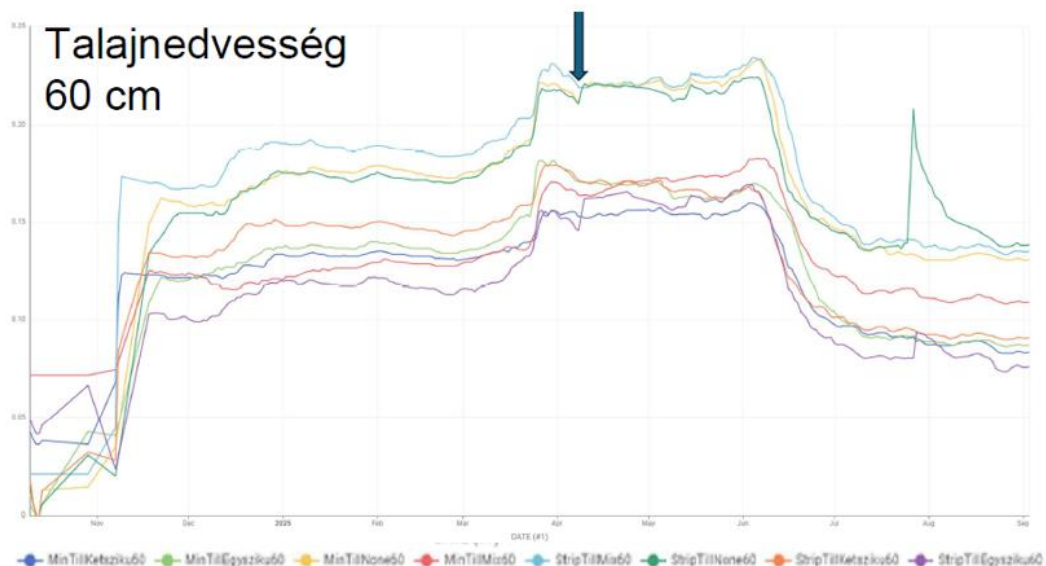


12. ábra Talajnedvességi értékek művelési módokra és vizsgált mélységekre bontva



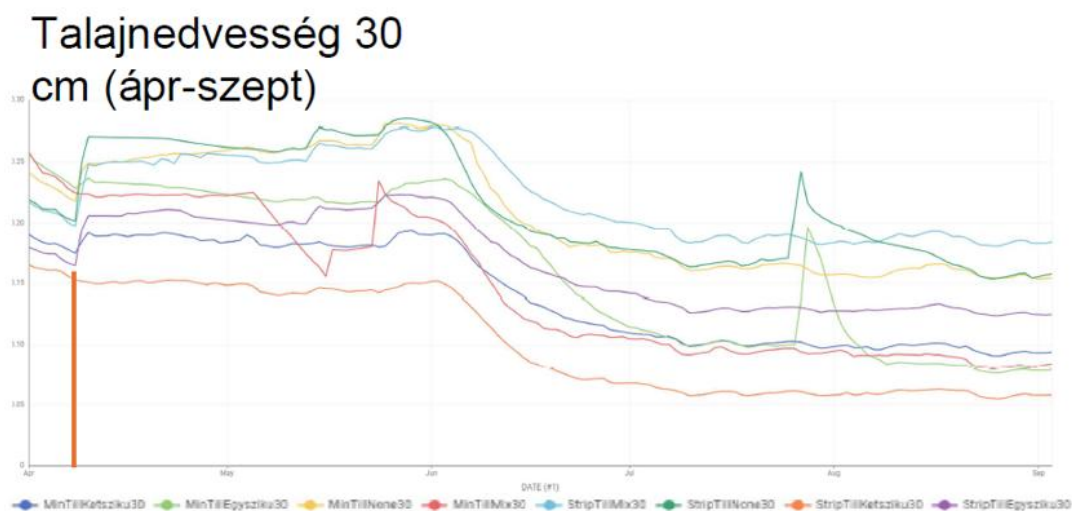
13. ábra Talajnedvesség alakulása a 30 cm-es mélységben

A 12-es ábra nyíllal jelölt pontjánál esett nagymennyiségű csapadékra a sávos művelés egy- és kétszikű keverékkel és a takarónövénymentes, míg a csökkentett forgatású művelési módból szintén a takarónövénymentes területen lévő szenzorok mérték a legtöbb talajnedvességet. Legkevesebb nedvességet a min till takarónövénymentes területen tapasztaltunk.



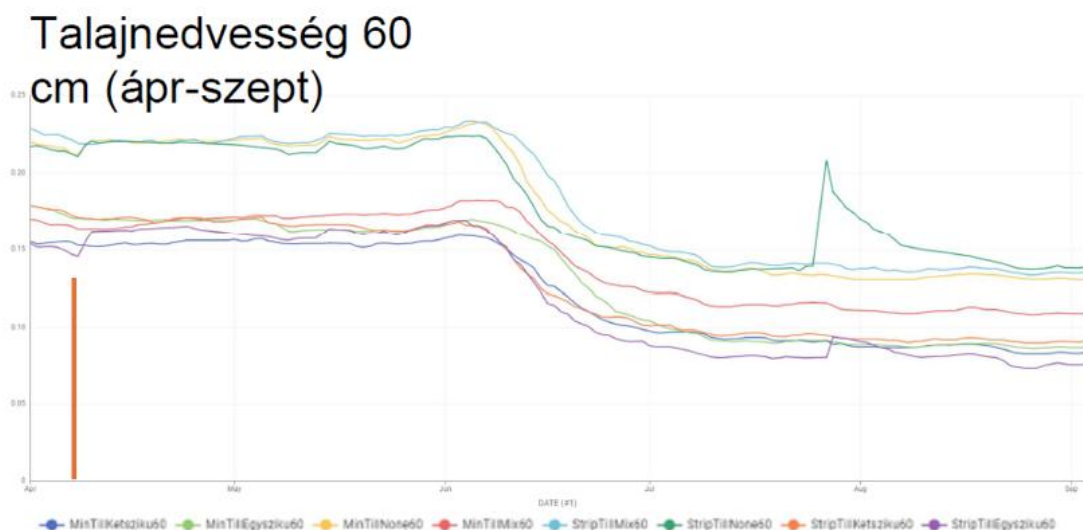
14. ábra Talajnedvesség alakulása a 60 cm-es mélységben

A 60 centiméteres mélységben nagyobb talajnedvességet tapasztaltunk a sávos művelésű keverékkel fedett és a takarónövényekkel nem fedett, illetve a min till fedettlen parcellákon az egész vizsgált időszakban. A többi zóna elmaradt a talajnedvességi értékekben.



15. ábra Talajnedvesség alakulása a 30 cm-es mélységben, áprilistól szeptemberig

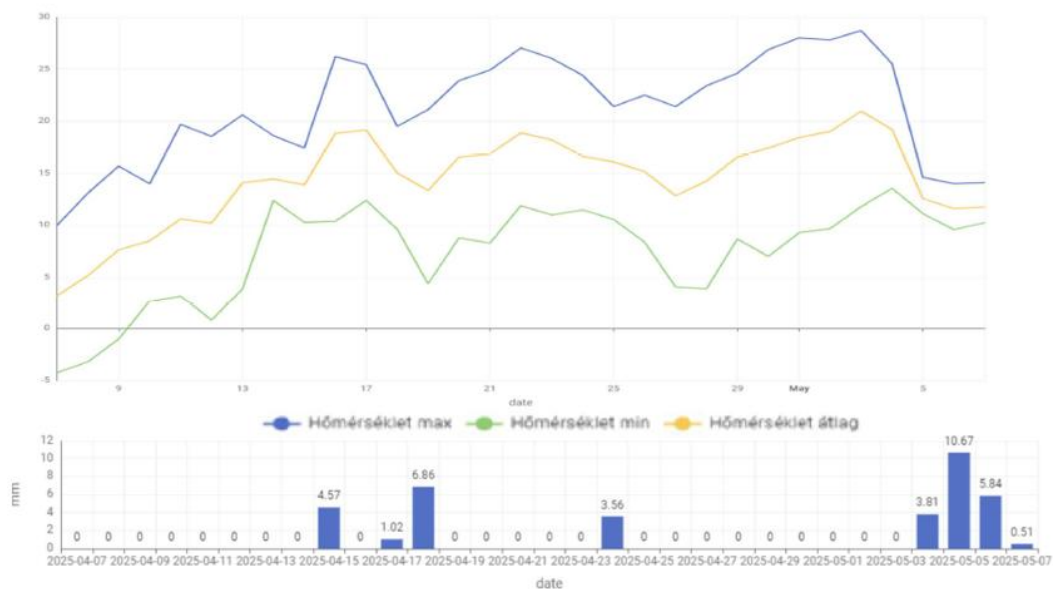
A kukorica tenyészidőszakában (áprilistól októberig) a 14 és 15-ös ábrákon láthatóak a talajnedvességi értékek 30 és 60 centis mélységben. Sekélyebb talajmélységben a csökkentett művelésű parcellák közül az egyszikű takarónövényvel borított rész mutatott a többitől nagyobb mértékű talajnedvesség csökkenést. Ez a jelenség a mélyebb vizsgálati szintben már nem mutatkozott.



16. ábra Talajnedvesség alakulása a 60 cm-es mélységben, áprilistól szeptemberig

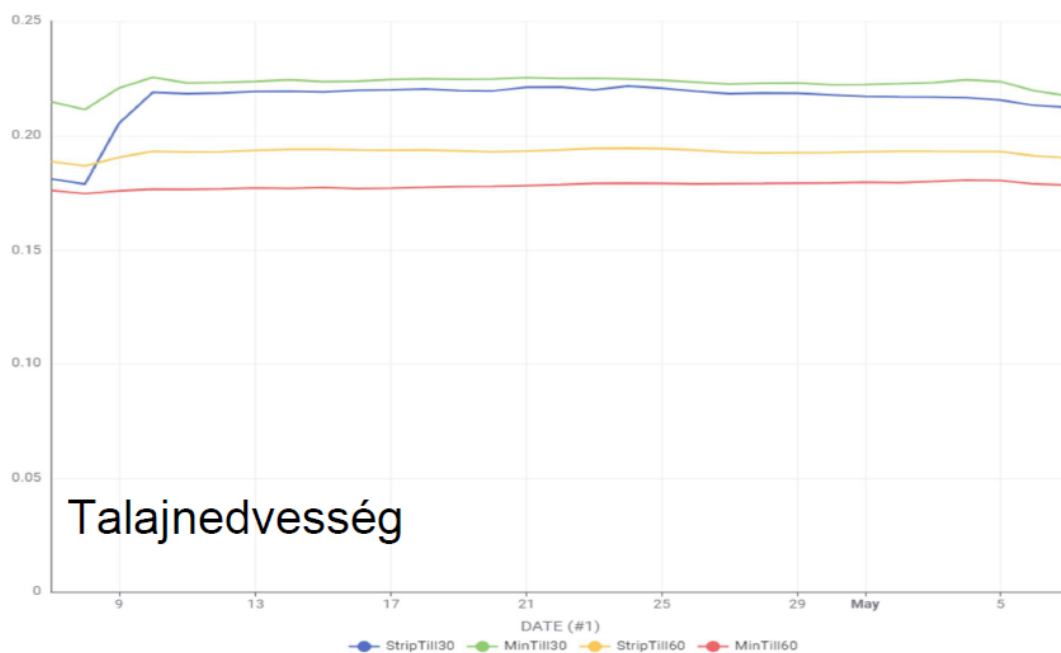
3.3.1 Tavaszi hóhullám

2025 tavasszal volt egy hőhullám, ami jól nyomon követhető volt a meteorológiai állomás és a talajszensorok által is. Ez az időszak jelentős a kukorica kezdeti fejlődése tekintetében.



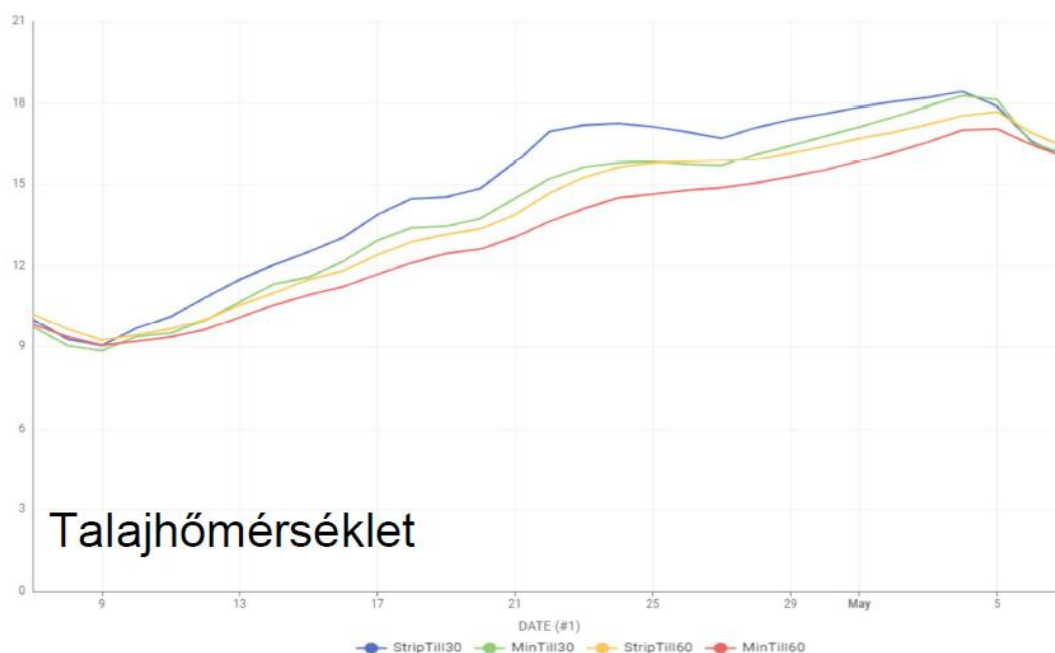
17. ábra Tavaszi hőhullám hőmérséklet és csapadék értékei

A hőhullám időszakában a 30 cm-es mélységben a csökkentett művelés nagyobb mennyiségű csapadékot tárolt, mint a sávos művelés. 60 centiméteren éppen fordított volt a viszony és nagyobb volt a különbség is a művelési módok között.

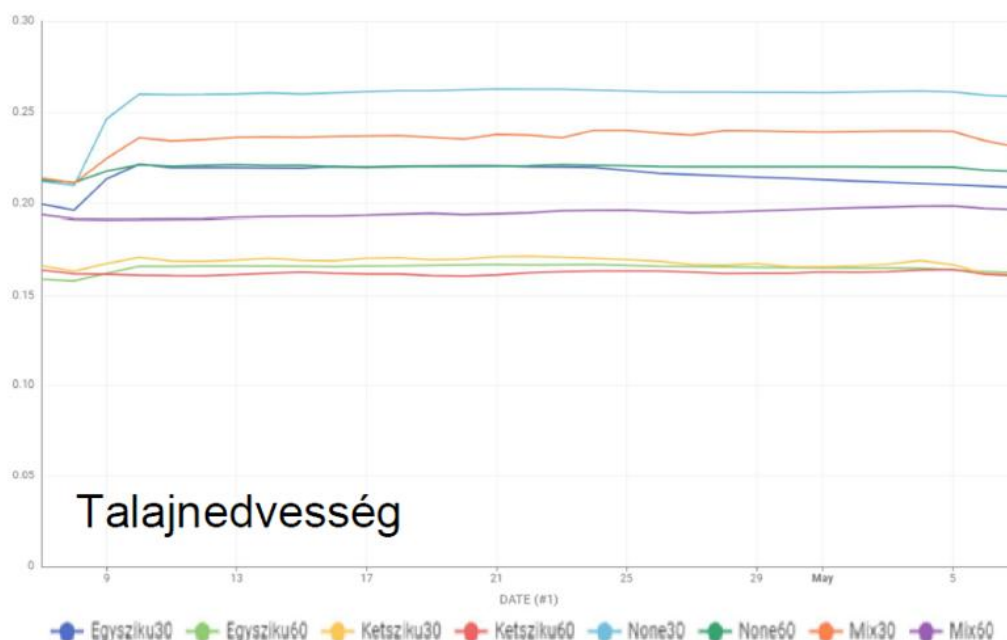


18. ábra Talajnedvesség művelésekre bontott alakulása a hőhullám időszakában

A hóhullám hatására a sávos művelés 30 cm-es mélysége melegedett legjobban és a min till 60 cm-es szintje a legkevésbé. A strip till mélyebb, és a min till sekélyebb rétege közel azonos melegedést produkáltak.



19. ábra Talajhőmérséklet művelésekre bontott alakulása a hóhullám időszakában

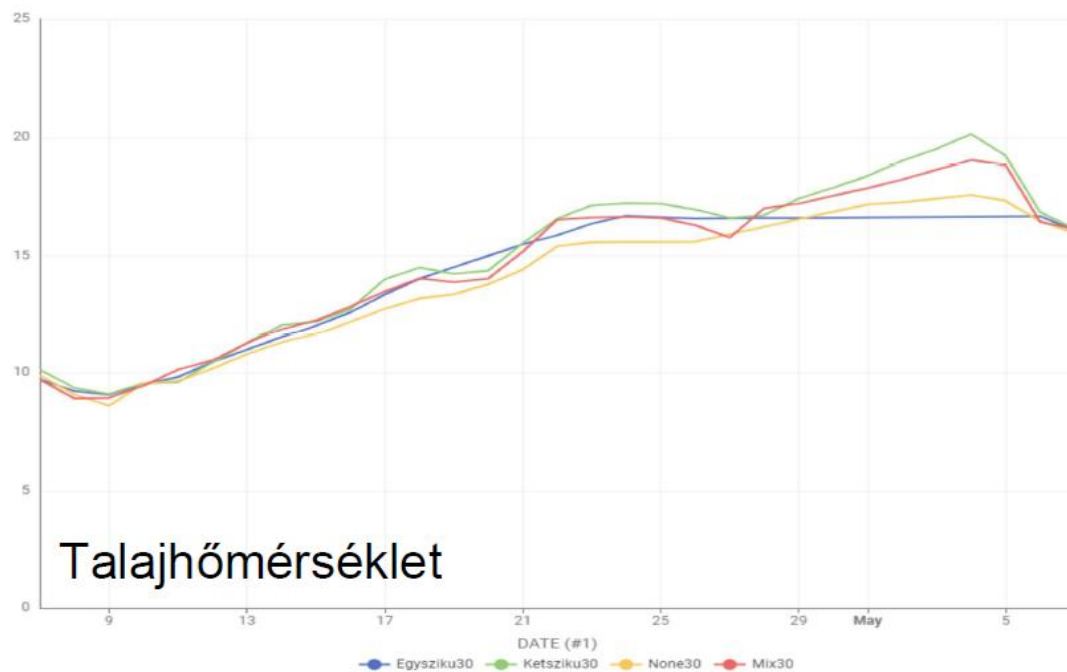


20. ábra Talajnedvesség takarónövényekre bontott alakulása a hóhullámidőszakában

Talajnedvesség és takarónövény összefüggéseit tekintve a hóhullám csapadékos időszaka alatt a borítás nélküli parcellák 30 cm-es mélysége produkálta a legnagyobb nedvesség mennyiséget. A

kétszikűekkel borított 30 és 60 cm-es mélység, illetve az egyszikű borítású 60-as mélység tárolta a legkevesebb nedvességet, közel azonos mértékben.

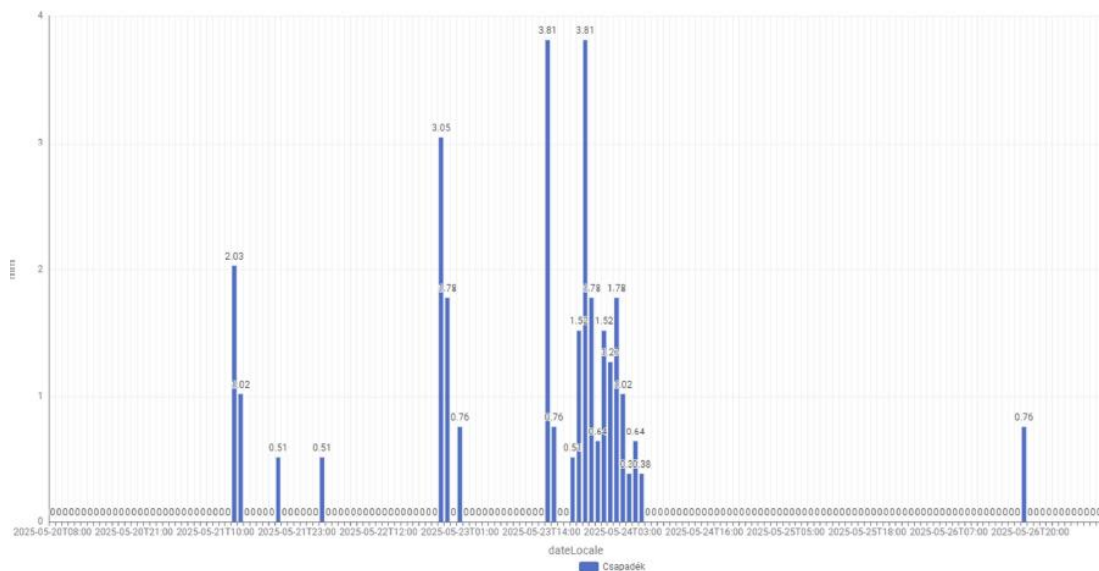
A 30 cm-es mélységben a felmelegedés hatására a kétszikűekkel borított parcellák melegedtek legjobban, míg a legkevésbé az egyszikű borításúak.



21. ábra Talajhőmérséklet takarónövényekre bontott alakulása a hóhullám időszakában

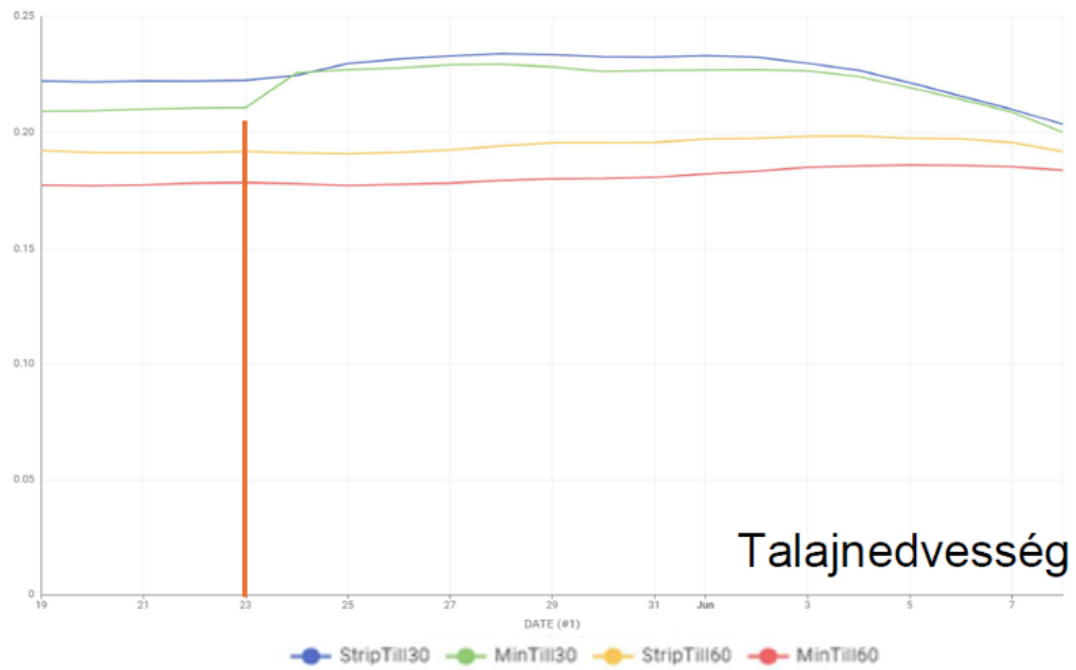
3.3.2 Nagy csapadékösszeg

05.23. 14 óra és 05.14 3 óra között nagymennyiségű csapadék esett a területen. Ez a mennyiség a talaj számára kedvező intenzitású, felvehető jellegű volt.

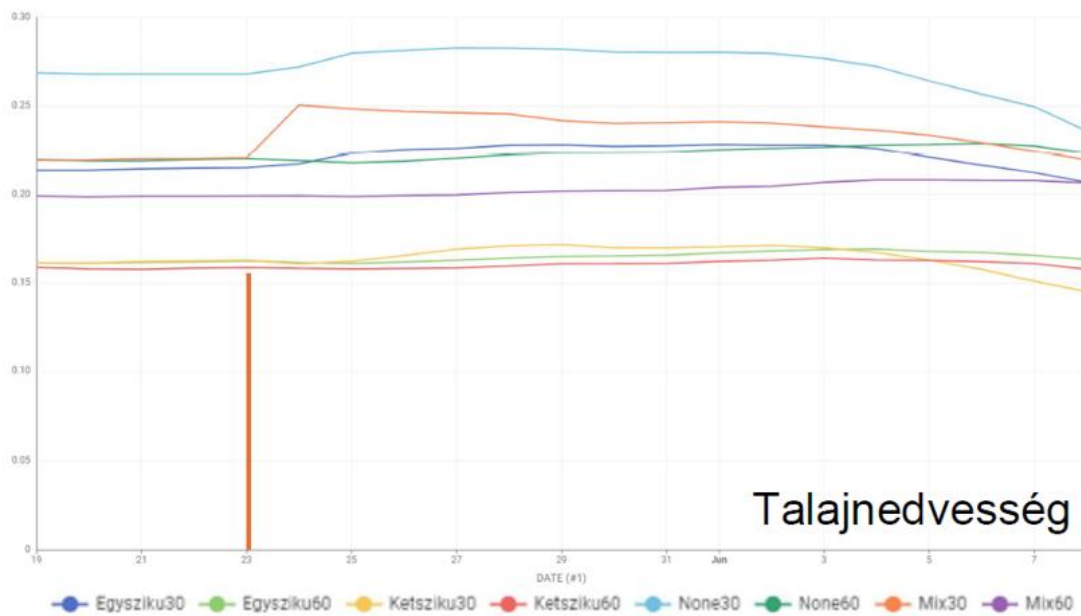


22. ábra Nagy csapadékösszeg alakulása

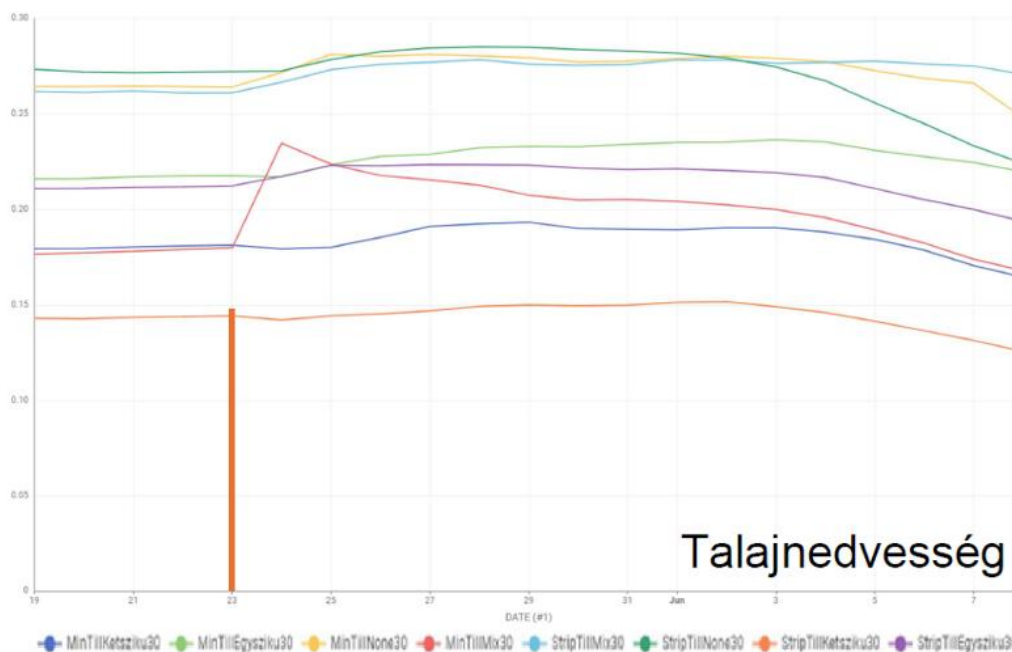
Az áztató eső hatására a művelések vizsgált mélységei a várható módon reagáltak. A 30 cm-es mélységek közel azonosak voltak és bár a mélyebb szintek közül a sávos művelés több nedvességet tárolt, a két 60 cm-es mélység különbsége nem változott számottevően. Takarónövény borítottsági kategóriákból a fedetlen területek mutatták a legnagyobb talajnedvességi értékeket mindkét vizsgált mélységben. (23. ábra)



23. ábra Talajnedvesség művelésekre bontott alakulása a nagy csapadékösszeg hatására



24. ábra Talajnedvesség takarónövényekre bontott alakulása a nagy csapadékösszeg hatására

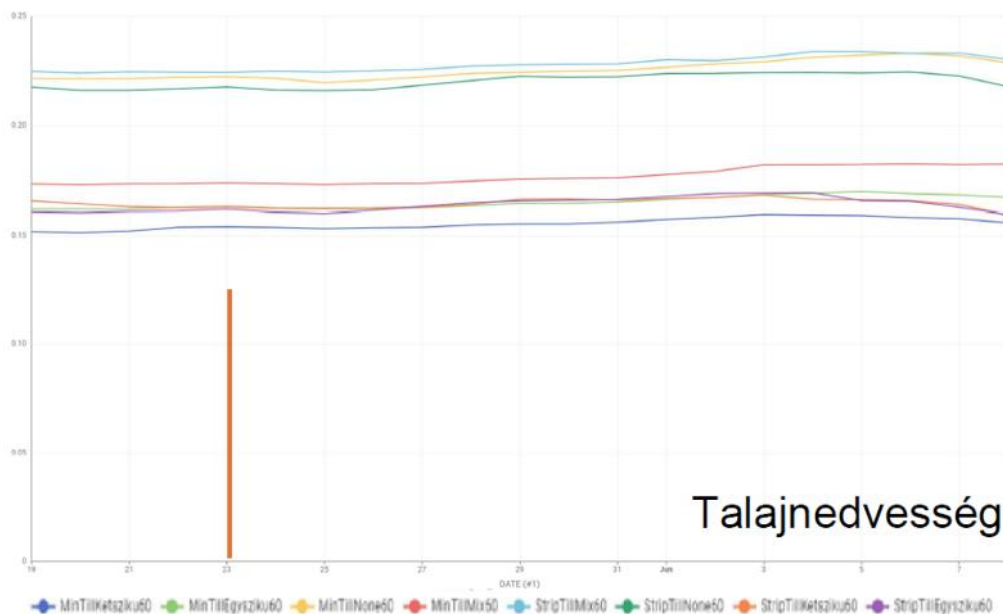


25. ábra Talajnedvesség alakulása a nagy csapadékösszeg hatására, a kísérleti parcellák bontásában, 30cm-es mélységben

A 30 cm-es mélységben mért talajnedvességi értékek közül a sávos művelésű fedetlen és egy-, kétszikű keverékkel fedett, min till kategóriában pedig szintén a fedetlen parcella mutattak legmagasabb értékeket. A fedetlen részek előbb mutattak talajnedvességi visszaesést mint a borított.

A 60 cm-es mélységben szintén az előbb említett három kategória hozta a magas nedvességi értékeket.

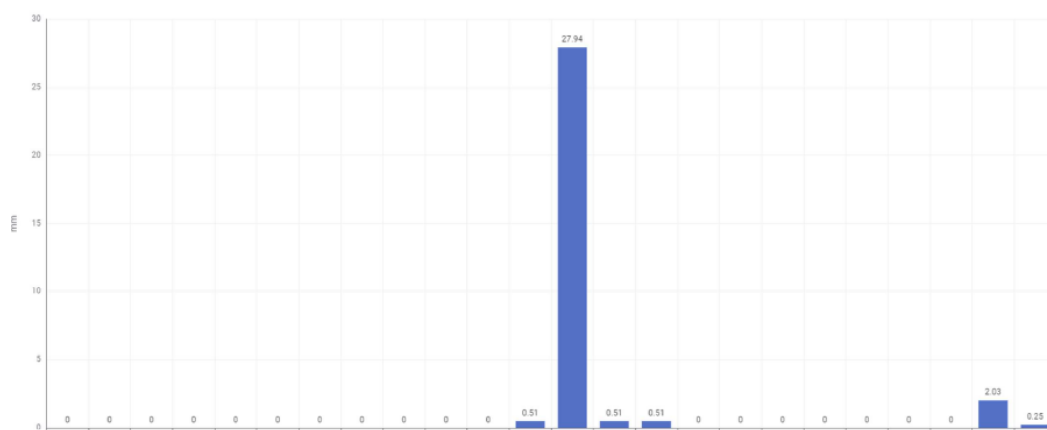
Mindkét mélységben a kétszikűekkel borított parcellák mutatták a legkisebb talajnedvességi értékeket.



26. ábra Talajnedvesség alakulása a nagy csapadékösszeg hatására, a kísérleti parcellák bontásában, 60cm-es mélységben

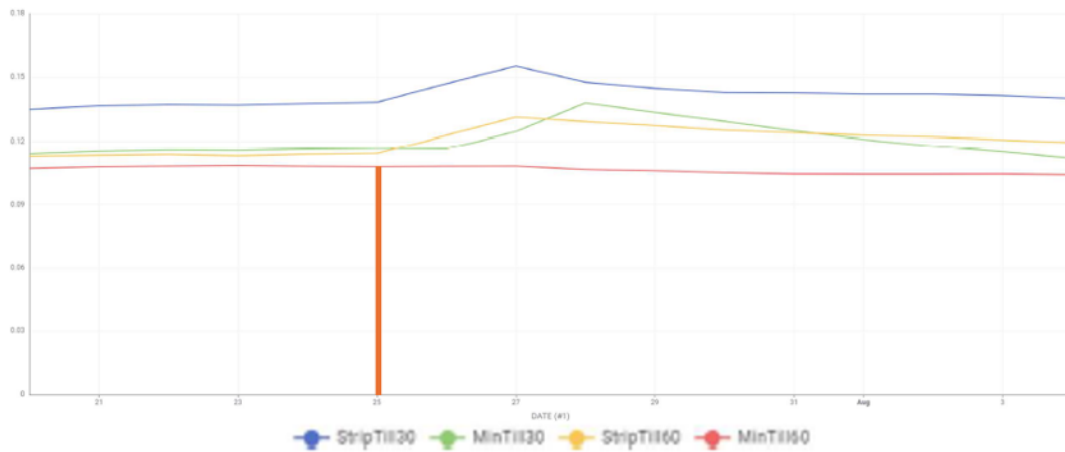
3.3.3 Intenzív csapadék

Rövid idő alatt érkező, nagy intenzitású csapadék esetén jellemzően a talaj nem tudja felvenni a csapadék teljes mennyiségét. Ennek a jelenségnek a folyamatát mutatják a következő grafikonok.

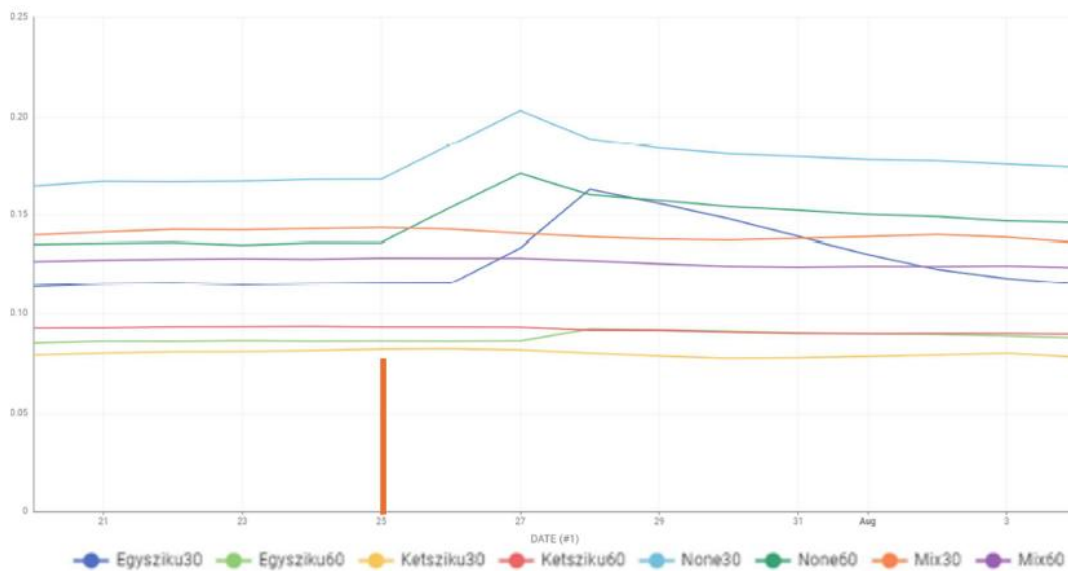


27. ábra Rövid idő alatt érkező nagymennyiségű csapadék

Nagy intenzitású csapadék estében is hasonlóan alakultak a művelési módok vizsgált mélységei, mint az áztató eső esetében. Legkevesebb nedvesség a min till mélyebb szintjében volt. Közel azonos nedvességi értékek voltak a min till 30 cm-es és a strip till 60 cm-es szintekben, míg legtöbb talajnedvesség a sávos művelés sekélyebb rétegében volt.

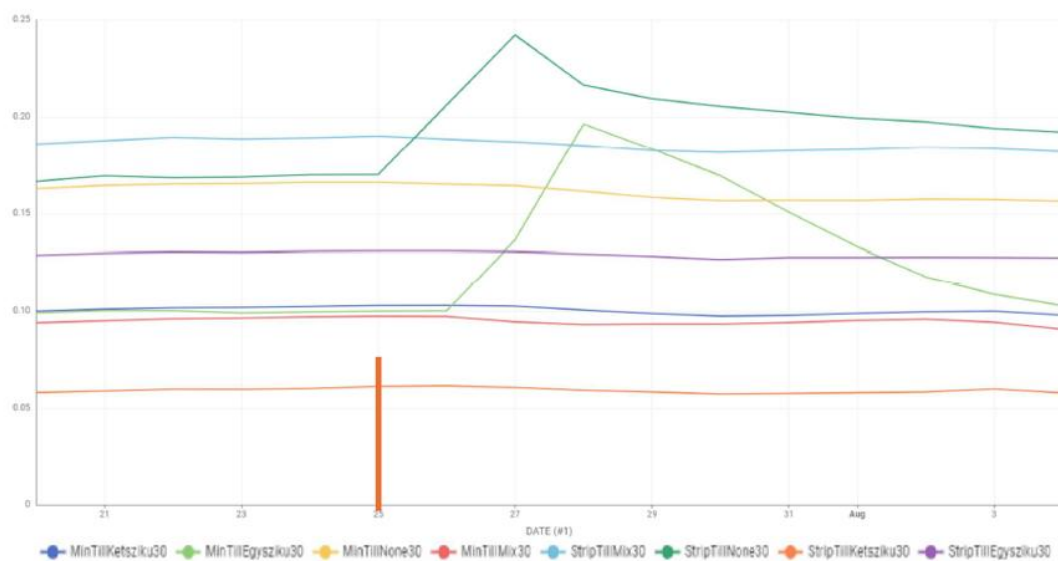


28. ábra Nagy intenzitású csapadék hatása talajművelési kategóriák bontásában



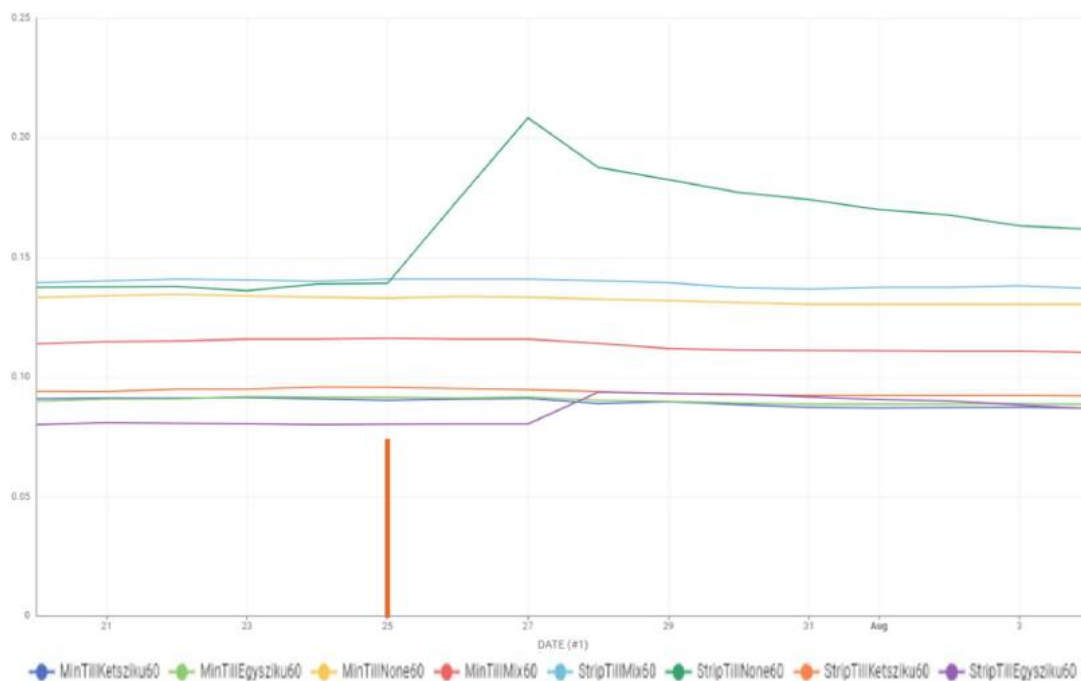
29. ábra Nagy intenzitású csapadék hatása takarónövény kategóriák bontásában

Takarónövények összehasonlításában a fedetlen területek vették fel a legtöbb csapadékot mindkét vizsgált mélységben. Őket követte az egyszikűekkel borított terület 30 cm-es mélysége. A legkevesebb nedvességet a kétszikűekkel borított 30-cm-es mélység hozta.



30. ábra Nagy intenzitású csapadék hatása takarónövény kategóriák 30 cm-es mélységű bontásában

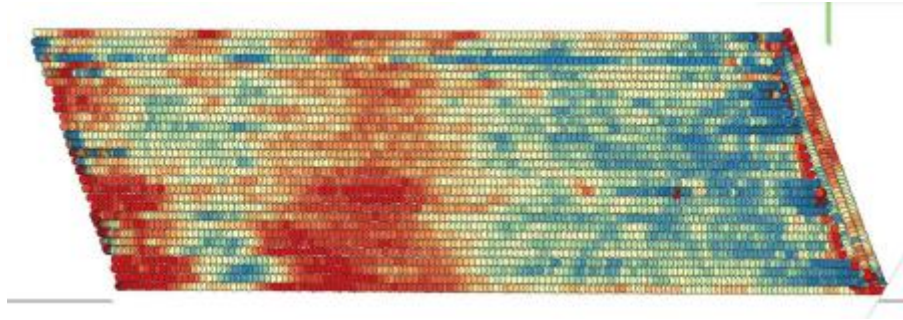
30 centiméteres mélységben csak a sávos művelésű fedetlen és a csökkentett művelésű egyszikűvel fedett parcellák mutattak változást a nagy intenzitású csapadéokra. A 60 cm-es mélységben a strip till takarónövénymentes parcella értéke változott jelentősen.



31. ábra Nagy intenzitású csapadék hatása takarónövény kategóriák 60 cm-es mélységű bontásában

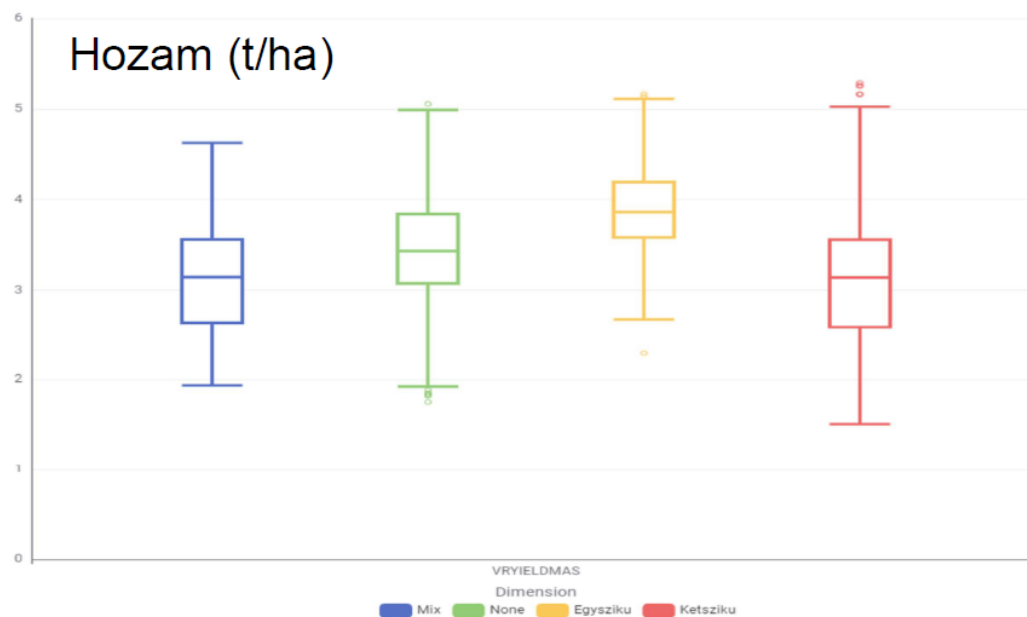
3.4 Betakarítás

A kísérlet a tábla baloldali harmadában volt. Az ezen a részen látható, pirossal színezett, gyengébb hozamot produkáló rész főként egy talajfoltból adódik. Így erről a területről elmondható, hogy általánoságban rosszabbul teljesítő része a táblának.



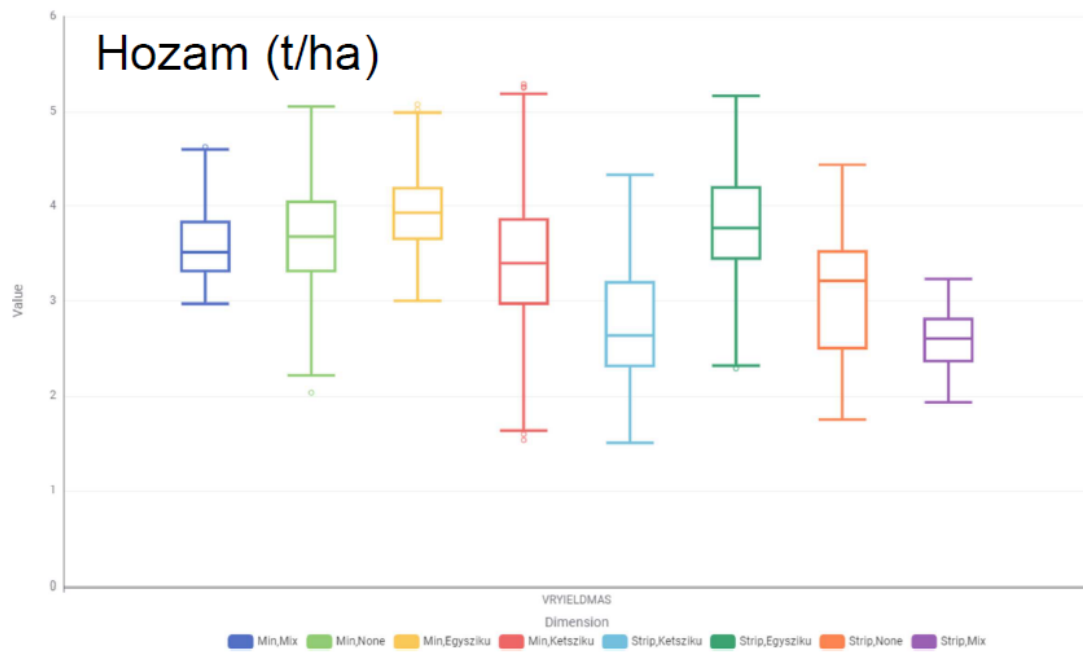
32. ábra A teljes kísérleti tábla hozamtérképe

Hozam tekintetében az egyszikűvel borított területek hoztak némileg jobb eredményt a többi takarónövény kategóriánál.



33. ábra Hozamok alakulása a takarónövény kategóriák bontásában

A kísérlet művelésekre bontott 4-4 parcelláját összehasonlítva is látható, hogy az egyszikű borítású területek biztosították a legmagasabb hozamot, majd azt követték a takarónövény nélküli területek



34. ábra Hozamok alakulása a kísérleti parcellák bontásában

4 Következtetések

Nagy csapadéköszeget vizsgálva a sávos művelés ugyan minimálisan de megelőzte nedvességtartalomban a csökkentett művelésű területet, de a mélyebb rétegben már nagyobb előnye volt. Borítottság szempontjából a takarónövényborítás nélküli terület volt a legjobb nedvességfelvevő és azt követte az egy- és kétszikűekből álló keverék.

Nagy intenzitású csapadék esetében elmondható hogy a sávos művelés takarónövény nélküli parcellái vették fel legjobban a nedvességet. Ez a technológia viszont a szabad talajfelszín miatt kedvezőtlen körülményeket eredményez. A második legjobb borítottsági kategória az egyszikű keverék volt az intenzív csapadék esetében.

Talajhőmérséklet alakulását látva elmondható, hogy a sávos művelés előbb melegedett a csökkentett talajművelési módnál. A strip till 30 centiméteres mélysége lényegesen elhagyta a min till azonos mélységét. A sávos művelés 60 centiméteres szintje közel azonos értékre melegedett mint a sekély művelési mód 30 cm-es mélysége.

Növényborítottság és talajhőmérséklet kapcsolatát figyelve az egy- és kétszikű keverékével kezelt parcellák melegedtek legjobban. Ez okozhat fokozott párologtatást a területen, viszont a kelésben segítségünkre lehet a melegedés hatása, ami a kultúrnövény kezdeti, gyengébb fejlődési szakaszát gyorsítja.

Egy kísérleti év eredményeiből nem igazán lehet messzemenő következtetéseket levonni, de a tapasztaltak alapján a sávos művelés nedvességfelvétele és hőháztartása is kedvezőbb, mint a min till művelési módnak. Ez egész éves nedvességtartalmat figyelve a vegetációs időszak végén is a sávos művelés tárolt több nedvességet.

A betakarítás után tapasztalt hozameredményekben nem volt szignifikáns eltérés

4.1 Előkészületek a következő kísérleti évre

A kukorica betakarítása előtt néhány nappal, drónos kijuttatást alkalmazva egy újabb takarónövény keverék elvetése történt meg. A betakarítás után a takarónövény kelésének elősegítése érdekében hengerezés történt a táblán. A kellő csapadék hiányában ez azonban azt idézte elő, hogy az addig kukorica maradványok által fedett sorközökből a szeles időjárás kifújta a talajt takaró növénymaradványokat. Legközelebb a tanultak alapján az időjáráshoz igazítva érdemes elvégezni a hengerezési műveletet, amennyiben ez lehetséges.