

Debreceni Egyetem
Mezőgazdaság- Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar
Növénytudományi Intézet

Intézetvezető:
Prof. Dr. habil Pepó Péter
egyetemi tanár

**A hagyományos és a sávos talajművelési technológiák
összehasonlítása Magyarország eltérő talajtípusú
tájegységein**

Pásztor István
Informatikus és szakigazgatási
agrármérnök jelölt

Konzulens: Dr. Szabó András
egyetemi adjunktus
Dr. habil Sulyok Dénes
KITE talajművelési koordinátor

Debrecen

2014

Tartalomjegyzék

Bevezetés	3
1. Témafelvetés	8
2. Szakirodalmi áttekintés	10
2.1. Talajművelés	10
2.2. Hagyományos talajművelés (conventional tillage)	11
2.3. Talajvédő talajművelés (conservation tillage)	12
2.3.1. Csökkentett talajművelés (reduced tillage).....	13
2.3.2. Sávós művelés és vetés (strip tillage)	14
2.3.3. Bakhátas művelés (ridge tillage)	14
2.3.4. Művelés nélküli direktvetés (no tillage/zero tillage)	15
2.3.5. Mulchhagyó művelés (mulch tillage)	15
2.4. Precíziós növénytermesztés	16
2.4.1. A navigációs gépvezérlés alkalmazási területei	17
2.5. A talaj tömörödöttségének meghatározása talajmechanikai ellenállás segítségével	17
2.6. A talajnedvesség jelentősége és meghatározása	18
3. Anyag és módszer	19
3.1. A mintaterületek csapadék, felvehető nedvesség értékei.....	21
4. Eredmények és azok értékelése	28
4.1. A kenderesi mintaterületen végzett talajellenállás mérések eredményei.....	28
4.2. A göllei mintaterületen végzett talajellenállás mérések eredményei	29
4.3. A letenyei mintaterületen végzett talajellenállás mérések eredményei	31
4.4. A kenderesi mintaterületen végzett talajnedvesség mérések eredményei	32
4.5. A göllei mintaterületen végzett talajnedvesség mérések eredményei.....	34
4.6. A letenyei mintaterületen végzett talajnedvesség mérések eredményei	35
4.7. A kapott terméseredmények kiértékelése	36

5. Következtetések és javaslatok	39
6. Összefoglalás	42
Irodalomjegyzék	44

„Semmi sem okoz nagyobb kárt, mint az elhanyagolt termőföld.”

(Plinius Secundus Kr. u. 23-79.)

Bevezetés

A mai kor mezőgazdaságának legnagyobb kihívása az egyre növekvő népesség élelmiszerigényének kiszolgálása. A fejlett társadalmak változó étkezési szokásainak következtében egyre nő az elfogyasztott hús mennyisége is, amihez a húshasznú állatok számának és ebből adódóan a betakarított takarmánynövények mennyiségének is növekednie kell.

Magyarország természeti adottságait tekintve mezőgazdasági ország, legfontosabb természeti kincse a talaj. A változó éghajlati viszonyok, az évenkénti ingadozó csapadékmennyiség és az egységnyi területre jutó magas művelési költség lehetőséget teremtenek ahhoz, hogy a precíziós mezőgazdaság helyet kapjon a magyar gazdák körében is.

A növénytermesztés technológiai műveletei közül az egyik legköltségesebb a talajművelés. Egyre kevesebb lehetőség van a növényvédelemben és a tápanyag utánpótlásban költségmegtakarításokat elérni, azonban az alkalmazkodó talajművelési rendszerek bevezetése erre további lehetőségeket kínál. A környezetkímélő technológiák ugyanis nagyobb jövedelmezőséggel bírnak, mint a hagyományos gazdálkodás, ezáltal egy csökkentett menetszámú technológiát alkalmazó gazdaság sokkal kevésbé érintett egy esetleges üzemanyag-ár emelkedésben. A költséghatékonyság mellett a földhasználat során fontos szempont a fenntartható gazdálkodás is.

A magyar termőterületek minőségének romlásához nagyban hozzájárult az elmúlt évtizedek agrárpolitikája. Az iparszerű mezőgazdálkodás és a mennyiségi termelés során kevésbé volt szempont a termőföld minőségének megőrzése, ennek következtében számos olyan káros folyamat indult el, amely még ma is érezteti hatását a magyar földeken.

A talaj fizikai állapotának romlásához szorosan köthető a nagy menetszám, amely ülepedéshez, erózióhoz, deflációhoz és végeredményben a talaj rossz vízgazdálkodásához vezet. Leromlott talajállapot mellett romlik a termésátlag, nő az energiafelhasználás. Ez a folyamat is azt mutatja,

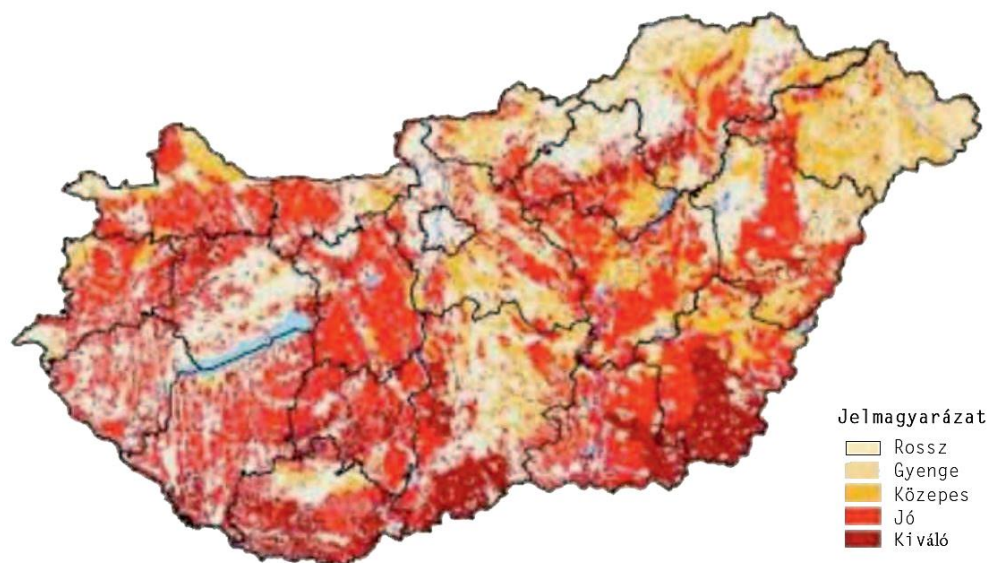
hogy a csupán hagyományos talajművelésre alapozott technológiák hosszú távú megoldással nem szolgálhat.

A csökkenő állatállomány következtében egyre kevesebb szerves trágya kerül ki a földekre, a tarlómaradványokat nem használják fel és a forgatásos talajművelési rendszerek gyakori alkalmazása a talajok szerves anyag tartalmának rohamos csökkenéséhez vezetnek.

Az alternatív talajművelési rendszerek számos olyan megoldást kínálnak, amelyekkel megőrizhetjük, illetve növelhetjük a talaj termőképességét és minőségét. Az új művelési irányzatok közvetlenül vagy közvetve a talaj és a környezet minőségének javítására és védelmére irányulnak (BIRKÁS, 2005). A termelési folyamatok mellett, tehát nagy hangsúlyt kell fektetni a talaj állapotának, termékenységének megőrzésére, mivel hosszú távon csak így biztosítható a mezőgazdasági termelés fenntarthatósága.

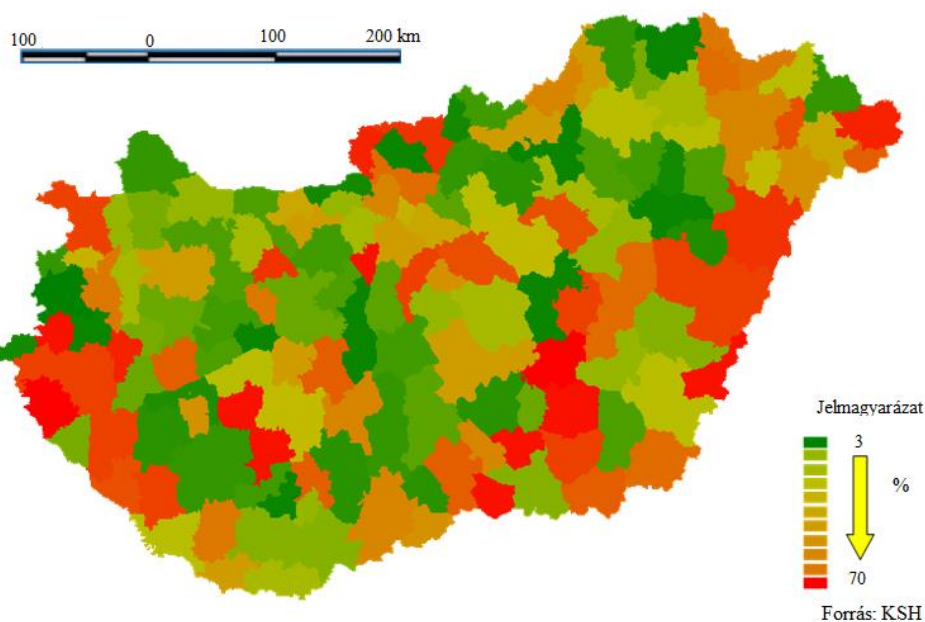
A kukoricát ma már szinte az egész világon termesztik, amit a jó adaptív tulajdonsága és a céltudatos nemesítői tevékenység tett lehetővé. (PEPÓ és SÁRVÁRI, 2011) A kukorica a világon és Magyarországon is az egyik legfontosabb növény, élelmiszer, takarmány és ipari növény. A kukorica vetésterülete az elmúlt két évtizedben mintegy 20 millió hektárral növekedett.

A Debreceni Egyetem Mezőgazdasági-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karának Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézete elkészítette a kukoricatermesztés potenciális termőterületeire vonatkozó térképét. Ebből kitűnik, hogy kukoricát a Hajdúsági Lőszhát, Békés-Csanádi Lőszhát, Mezőföld, Kisalföld és az Északi-Középhegység déli lábánál lehet növényélettani és gazdaságossági szempontból leghatékonyabban termesztetni (SULYOK, 2011). Ezzel szemben sok olyan helyen (pl. Szatmári sík, Belső-Somogy, Zala, Nógrád megye, Nagykunság stb.) folyik a termesztés, amelyek a potenciális termőterületek között egyáltalán nem szerepelnek. A jövőben ezeken a területeken a termőhely specifikus termesztéstechnológiák alkalmazását előtérbe kell helyezni a megfelelő hozamok és jövedelmek elérése érdekében (1-2. ábra).



1. ábra: A kukoricatermesztés potenciális termőterületei Magyarországon

Forrás: SULYOK, 2011.



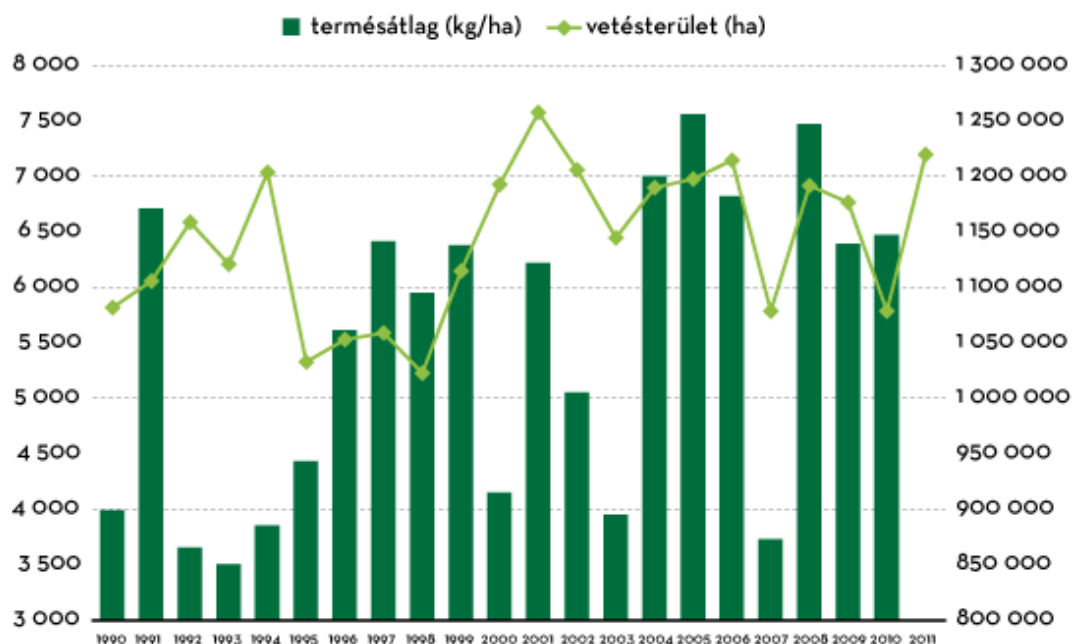
2. ábra: A kukorica termesztésének tényleges területe Magyarországon

Forrás: SULYOK, 2011.

A kukorica a világon és Magyarországon is az egyik legfontosabb növény, élelmiszer, takarmány és ipari növény. A kukorica vetésterülete az elmúlt két évtizedben mintegy 20 millió hektárral növekedett. A kb. 180 millió hektár vetésterületből az Egyesült Államokban 35,7, Braziliában 13,5, Argentínában 1,9, az Európai Unióban 8,4 millió hektáron folyik a kukorica termesztés. Az EU-n belül jelentősebb területeken termelnek kukoricát Franciaországban (1,8

millió ha), Magyarországon (1,2 millió ha) (3. ábra) és Olaszországban (0,9 millió ha). Az Amerikai Egyesült Államokban (10 t/ha) és Franciaországban (8-9 t/ha) nagy termésátlagokkal dolgoznak. Ezek az eredmények az intenzív termesztés technológiáknak és a kiváló genetikai alapoknak köszönhetőek. A kukorica globális felhasználása a következő évtizedben az előrejelzések szerint – USDA, FAPRI – mintegy 14 %-kal fog növekedni. A takarmány felhasználás a jelenlegi 480 millió tonnáról 10-15 %-kal fog emelkedni, a bioüzemanyag felhasználás 30-35 %-os növekedést jelez előre (100-ról 135 millió tonnára), az élelmiszer és egyéb felhasználási kör pedig 200-ról 230 millió tonnára fog növekedni a 2020-as időszakra világszinten.

Magyarország kukorica felhasználása az elmúlt 10 év átlaga alapján 4,1 millió tonna. A felhasználás 90%-a takarmányozási célú, míg a többi ipari.



3. ábra: A kukorica vetésterületének és termésátlagának alakulása Magyarországon

Forrás: (II)

A talajjal szemben igényes, jó terméseredménnyel csak a legjobb minőségű talajokon termesztethető. A középkötött, mély termőrétegű, jó víz- és hőgazdálkodású, jó tápanyagszolgáltató-képességű talajokat kedveli. Mélyrehatoló, kiterjedt, nagy gyökértömege miatt a kukorica jól hasznosítja a talaj nedvességekészletét. A talajt képes nagy mélységig kiszárítani. Vízigénye viszonylag nagy, 450-550 mm. A nagy szárazanyagtömeg előállításához sok vizet vesz fel a talajból a tenyészidőben. A vízigény csúcsidezősaka a többi szántóföldi növényhez képest hosszú, aszályérzékenysége ezért nagy. A kukorica termesztésében

hazánkban általában a víz jelenti a korlátozó tényezőt. A kritikus időszakban nagy valószínűséggel jelentkezik aszály, különösen az Alföldön. (BORSOS, et al. 1994)

A precíziós mezőgazdaság módszereinek kutatása és az eredmények gyakorlati bevezetése az 1980-as évek második felében kezdődött el, elsősorban a fejlett mezőgazdasággal rendelkező országokban, mindenekelőtt az Egyesült Államokban. A térinformatikai eszközök gyakorlati alkalmazásával számos lehetőség nyílt a mezőgazdaságban a jövedelmezőbb gazdálkodásra. A kímélő talajművelést (Conservation Tillage) 45 millió hektáron alkalmazzák világszerte, elsősorban Észak- és Dél-Amerikában, de Dél-Afrikában, Ausztráliában és a világ más félsivatagos területein is gyorsan terjed ez a művelési forma. A célja elsősorban a talajvédelem, megőrizni a talaj nedvességét, csökkenteni a tömörödést és az eróziót, racionalizálni a termelési költségeket. A kímélő talajművelés hozzájárul a gazdagabb talajfauna kialakulásához, amely elősegíti a tápanyagok újrahasznosítását a talajban. Ennek köszönhetően a növény hatékonyabban veszi fel a harcot a kártevők és a betegségek ellen. (J. M. HOLLAND, 2004.) A precíziós mezőgazdaság valójában egy térinformatikai alapokon nyugvó mezőgazdasági döntéstámogatási rendszer és gazdálkodási forma, amely figyelembe veszi a termőhely térbeli heterogenitását. Ugyanis az egyes heterogén táblarészek földrajzi pozícióihoz rendeljük hozzá a heterogenitást mérő változót, vagy változókat, ezért ez a szemlélet alapjaiban különbözik a korábbi, a táblát egyetlen homogén kezelési egységként tekintő gazdálkodástól. (ÁBRAHÁM, et al., 2011.)

A hagyományos technológiáktól való elszakadás némi kockázatvállalása segíthet a költségeket racionalizálni és a gazdálkodói jövedelmeket növelni. Napjainkban az új technológiák, eljárások bevezetése a sikeres gazdálkodás alapja. (LŐRINCZ, 2007.)

Az USA-ban élő gazdálkodók többsége a technológia összetettségét, a magas beruházási költséget és a bizonytalan gazdasági hasznót a precíziós technológiák elterjedését gátló tényezők között említik.

FOUNTAS et al., (2005.) szerint a precíziós növénytermesztés alkalmazása nem méret semleges, ugyanis az USA-ban a nagyobb birtok- és táblaméreteknek köszönhetően gyorsabban terjed, mint Európában.

1. Téma felvetés

Az eredményes növénytermesztés alapja a talajok megfelelő biológiai, kémiai és fizikai állapotának elérése. Hazánk talajainak közel fele kedvezőtlen vízgazdálkodású, nő a földek aszályérzékenysége, gyakori a talajtömörödés, a savanyodás, a szikesedés és egyre több területen figyelhetők meg eróziós és deflációs folyamatok. Magyarországon 2000-ben a szántó területek 50%-án jelentkezett valamilyen fokú tömörödés (BIRKÁS, 2000). Ezeket a degradációkat természeti hatás, vagy emberi tevékenység okozhatja. Napjaink és az elmúlt évtizedek talajművelési szokásai szinte kizárólag egy célt, a lehető legnagyobb termésátlag elérését szolgálta. A hagyományos talajművelés során megnőtt a talajok terhelése. A maximális termés elérése érdekében nagy menetszámú technológiákat alkalmaznak. Ez számos nem várt antropogén hatást okozott, mint például tárcsa- és eketalp rétegek kialakulása, levegőzöttség csökkenése, porozitás csökkenése, belvizes területek növekedése és ezekből kifolyólag növekvő művelési költségek, csökkenő termésátlagok.

Elsődleges cél ezután, hogy az emberi tevékenységből származó károkat okozó folyamatok számát – a nagy menetszámot és a talaj bolygatását – lecsökkentsük. Számos megoldást kínál erre a fenntartható föld – illetve talajhasználat, amely TÓTH, (2003) megfogalmazása szerint, olyan folyamat, „ahol a talajnak, mint erőforrásnak használata sem a talajra magára, sem a környezet egyéb rendszereire nézve semmilyen, ésszerű feltételek mellett helyreállíthatatlan, negatív befolyást nem gyakorol”.

Az alternatív talajművelési rendszerek a menetszámok csökkentésével, talajtérfékek használatával, kapcsolt munkagépek alkalmazásával kevésbé károsítják a talajt, megelőzik az eróziót, növelik a talaj biodiverzitását, és hosszútávon jelentős termelési költségektől kímélhetnek meg.

A számítástechnika rohamos fejlődése a precíziós mezőgazdaság elterjedésének kedvez. A helymeghatározó rendszerek és a gépeken használt jelzők pontosságának növekedésével a GPS rendszerek egyre nagyobb teret kapnak a gazdálkodásban. A modern technikák előretörésével ma már a növénytermesztés bármely műveletében használhatunk precíziós technikákat. A széles spektrumú képalkotó rendszerek és a távérzékelési technikák további fejlesztései nagy segítséget nyújtanak a gyomfelvételezésben, a talajok vízgazdálkodási

tulajdonságainak meghatározásában, hő-és talajtérképek készítésében. A növényápolásban többé nem kell egységes, homogén táblának tekinteni a kezelendő földterületet, ugyanis nagyobb hatékonyság érhető el, ha a területet gyomtérképek alapján kisebb egységekre bontjuk, majd a gyomösszetételnek megfelelően juttatjuk ki a szereket. A kombájnok mai felszereltsége lehetővé teszi, hogy hozamtérképeket készítsünk, így évről évre több információt szerezhünk az adott földterületről.

Ezeket a technikai vívmányokat, a környezeti, éghajlati és talajtani viszonyokat figyelembe véve, megfelelő mezőgazdasági szemléletváltással a későbbiekben olyan fenntartható növénytermesztést alakíthatunk ki, amely kielégíti a gazdasági és emberi igényeket is a környezet rombolása nélkül.

Azért választottam ezt a témát, mert a precíziós növénytermesztés segíthet növelni hazánk mezőgazdasági produktivitását, fontosnak tartom, hogy mezőgazdaságunk az ország adottságainak megfelelően korszerű, fejlett, hatékony és jövedelmező legyen.

Dolgozatomban célom bemutatni a hatékony növénytermesztésben az alkalmazkodó talajművelés fontosságát valamint a precíziós talajművelés irányzatait és annak előnyeit.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Talajművelés

NYIRI, (1993) megfogalmazása szerint talajművelésnek nevezzük a talaj felső, művelt rétegének, szükség szerint mélyebb rétegeinek művelő eszközzel történő fizikai állapotváltozását annak érdekében, hogy a kultúrnövény számára biztosítsa a gyors, egyöntetű csírázás, kelés, gyökeresedés, majd a vegetáció során a fejlődés és a termésképződés feltételeit. ANTAL, (1983) szerint a talajművelés feladata, hogy javítsa, vagy fenntartsa a talaj tápanyag-szolgáltató képességét, növelje a talaj tápanyag-közvetítő képességét. Mindezek akkor járulnak hozzá a termés növeléséhez, ha a talaj fizikai állapotát úgy alakítják, hogy a növény kelését, gyökeresedését, fejlődését, termésképződését előnyösen szolgálják, segítik a talajban a biológiai feltáró folyamatokat, környezetvédelmi, talajerő-gazdálkodási és növény-egészségügyi vonatkozásokban egyaránt. NAGYVÁTHY, (1821) hazánkban elsőként említette a művelés céljai között a forgatás és a lazítás szerepét, az alul lévő tömörödött föld megfordításának fontosságát. A megfelelő talajállapot elérésének egyik legfontosabb eleme az időbeliség. GYÁRFÁS, (1918) arról ír, hogy jelentősen csökkenthetnénk a termőföldben okozott károkat, ha minden műveletet a megfelelő időben végeznénk el. (MANNINGER, 1938) a talaj nyirkosságának megőrzése és a talajélet beindulásának érdekében új sekélyművelési rendszert hozott létre. VÁRALLYAY, (1947) szintén a sekélyművelés előnyei között említi a talaj kedvezőbb vízháztartását és a művelés energia- és időtakarékoságát. Ezek a megállapítások is elősegítették a talajkímélő művelési rendszerek megszületését. MANNINGER, (1986) szerint: „nemcsak a mélyszántással, hanem minden beavatkozással erőszakot követünk el a talaj biológiai törvényei ellen. Sajnos azonban ezt meg kell tennünk a gyomok elhatalmasodása miatt”. Hasonlóképpen vélekedik KEMENESY, (1961) a legkedvezőbb talajállapot eléréséhez a talaj valamennyi tulajdonságát helyre kell állítani, amit a talaj ősállapotában való elszakadás után elvesztettünk. Ezen vélemények ellenére, az elmúlt évtizedekben a magyar szántóföldeken hatalmas károkat okozott a nagy menetszámmal való művelés. Nem terjedtek el a kombinált talajművelő eszközök, és továbbra sem kapott elég hangsúlyt a talajok fizikai állapotának megőrzése. Erről tanúskodik ANTAL, (1983) írása is: A talajművelés energiaigényes feladat. A talajmunkák során hajlamosak vagyunk takarékoság címén elhagyni vagy kihagyni műveleteket.

A racionális talajművelés indokolt, de csak addig amíg nem okozza a talaj kultúrállapotának romlását, mert az előbb-utóbb terméseszkökenéshez vezet, például ne hagyjunk tarlót, vagy hántott tarlót elgyomosodni, a gyomnövények szárát elfásodni, vagy gyomoknak magot kötni.

2.2. Hagyományos talajművelés (Conventional tillage)

A hagyományos talajművelés, az adott földrajzi térségben tradicionálisan alkalmazott talajművelési rendszer mely a teljes felület megmunkálásával, Magyarországon ekével történik. A növényi maradványoktól mentes talajfelszín kitett az erózióknak és a deflációnak. A hagyományos talajművelési rendszer tipikusan sokmenetes és a növények kívánta talajállapotot az ésszerűnél nagyobb idő-, energia- és költségfelhasználással éri el (I2). HUZSVAI et al., (2003) a hagyományos, sokmenetes talajművelés károsító tényezőiről írnak. Szerintük a gyakori talajmozgatással járó műveletek (alpművelés őszi szántással) a talaj szerves anyag tartalmának csökkenését, továbbá szerkezetromlást és tömörödést eredményez. Hasonlóképpen vélekedik GYURICZA, (2001), aki szerint az egyoldalú, sokmenetes talajhasználat következtében felerősödnek a degradációs folyamatok és romlik a talaj fizikai szerkezete. RÁTONYI, (1999) megállapította, hogy a költséges periodikus mélyművelés elhagyása következtében sokszor alkalmazták a sekély alpművelést, aminek következtében nagymértékben károsodott a feltalaj. BIRKÁS, (2001) szintén megemlíti a hagyományos művelés talajra gyakorolt romboló hatásai (víz- és levegőszennyezés, defláció, erózió, tömörödés) mellett a magas művelési költségeket. A magas menetszámnak köszönhetően jelentősen megnő a taposási kár. Kiemelten fontos ezért a megfelelő erő- és munkagép és a megfelelő menetszámú technológia kiválasztása, ugyanis a traktorkerék által okozott tömörödés a talajok fizikai degradációjának az egyik legelterjedtebb formája. (ENTRY et al., 1996), (ALAKUKKU, 1999), (GERIK et al., 1987). BIRKÁS, (2005). TARDY et al., (2005) tanulmányaiból kiderül, hogy az intenzíven bolygatott talajok művelhetősége jelentősen csökken és szerves anyagtartalmukból is veszítenek. Az intenzív talajhasználat és gyakori forgatások hozzájárulnak a talajban élő állati és növényi szervezetek degradációjához LÁSZLÓ, (2007), ezáltal csökken a talaj biológiai aktivitása (RADFORD et al., 1995), (HOLLAND, 2004). A talajlakó élőlények (például földigiliszták) számának növekedésével nő a talaj levegőzöttsége, nő a vízáteresztő és vízraktározási képesség, csökken a defláció- és erózióveszély, összességében javul a talaj fizikai állapota. GYURICZA, (2000) Napjaink környezetkárosító hatásai közül az egyik legjelentősebb az üvegházhatású gázok arányának

növekedése. A mezőgazdasági gépek mellett jelentősnek mondható a talaj CO₂ kibocsátása is. A forgatásos művelet során megnő a talaj oxigén ellátottsága, ami felgyorsítja a talajban végbemenő mikrobiális folyamatokat, ezáltal a szerves anyagok bomlásakor nagyobb mennyiségű CO₂ távozik a légkörbe (GYURICZA, 2004).

Az általános véleménnyel ellentétben, néhány pozitív jelzöt is említenek a hagyományos talajműveléssel kapcsolatban. STINGLI, (2007) megemlíti, hogy bár káros, azonban a nagy menetszámmal biztonságosabbá tehető a kívánt termésmennyiség elérése. Hasonlóképpen vélekedik BIRKÁS et al., (2011), miszerint a humusztartalom csökkenése, a taposásból eredő tömörödés, erózió és a talajélet degradációja a konvencionális talajművelés negatív hatású folyamatai közé sorolhatóak.

2.3. Talajvédő talajművelés (Conservation tillage)

A XX. század második felében a növekvő energiafelhasználás és az 1973-as olajválság hatására kezdetben Észak-Amerikában, majd később az egész világon felgyorsultak a korszerű, energiatakarékos talajművelési rendszerekkel kapcsolatos kutatások. A csökkentett menetszámú rendszerek robbanásszerű elterjedését segítette elő az a tény, hogy hasonló terméseredmények mellett kisebb költséggel és kevesebb menetszámmal lehetett megoldani a talajművelést.

Az ECAF (European Conservation Agriculture Federation) megfogalmazása szerint a talajvédő mezőgazdálkodás jelentős hasznot biztosít a gazdálkodó és környezet számára is, ugyanis megváltoztatja a talajművelés folyamatát, kerüli a növényi maradványok égetését és elhordását, hogy az év folyamán megfelelő mennyiségű növény borítsa a felszínt. Tágabb értelemben ide sorolunk minden olyan művelést, amely fenntartja a talajok termékenységét és minőségét, védi a talajt és megőrzi annak nedvességtartalmát (MANNERING et al., 1987). BIRKÁS, (2005), BIRKÁS (2006) talajvédőnek tekintik a talajművelési rendszert, ha a felszín védelmi célból, vetés után is legalább 30%-kal fedett tarlómaradványokkal a talaj eróziós kártétele pedig legalább 50%-kal kisebb, mint a hagyományos művelés esetén.

Az új talajművelő eljárások gyors elterjedésének a földrajzi elhelyezkedés függvényében más-más okai lehettek. PATTERSON, (1984) szerint az USA-ban a legfontosabb cél a talajok vízháztartásának javítása és a fizikai degradáció mérséklése, míg Nyugat-Európában, főként Angliában a talajtömörödöttség megszüntetése volt. BIRKÁS, (1995). és SULYOK, (2005)

véleménye szerint Magyarországon a gyors elterjedést a művelési költségek csökkenése segítette elő.

A talajvédő művelési rendszerek kidolgozásakor a talajvédelem (főként erózió elleni védelem) és az üzemanyag költségek csökkentése volt a fő cél (LÁSZLÓ, 2007). BIRKÁS, (2005) hangsúlyozza, hogy javító és fenntartó műveléssel olyan talajállapot elérésére és megőrzésére kell törekedni, amely adott termőhelyen a leggazdaságosabb növénytermesztés mellett a környezetet is kíméli. KISMÁNYOKY, (2010) megállapítása szerint a talajvédő művelés esetén fontos hogy a talajt minél kevesebb mozgatással műveljük, a növényi maradványokat pedig úgy kezeljük, hogy az hozzájáruljon a talajok jó fizikai állapotához, szinten tartsa a szénkörforgalmat, pozitívan befolyásolja a talajéletet és megőrizze a talajok nedvességtartalmát. BIRKÁS, (2002) szerint, elengedhetetlen az adott termőhelyi körülményekhez a talajművelés szempontjából mind az ökonómiai (gazdaságossági), mind az ökológiai (környezeti), viszonyokhoz való alkalmazkodás. SZŐLLŐSI et al., (2009) szerint a különböző gépkapcsolatok alkalmazásával a felső talajréteg védelme mellett a termelési költségek is mintegy 30%-kal csökkenthetőek. BÁDONNYI et al., (2008) megfogalmazása szerint, mind a talajerózió, mind a tápanyagveszteség nagymértékben csökkenthető talajkímélő művelés alkalmazásával.

Az elmúlt évtizedekben számos környezetkímélő eljárás alakult ki a termőhelyi sajátosságok és a termesztett növény függvényében. A legjelentősebbek közül néhány: A (CONSERVATION TECHNOLOGY INFORMATION CENTER, 1988) szerint a következő talajművelési rendszerek sorolhatók ide:

- csökkentett talajművelés (Reduced-till)
- direktvetés (No-till, Zero-till vagy Slot planting)
- sávos művelés és vetés (Strip-till vagy Zone-till)
- bakhátas művelés és vetés (Ridge-till)
- mulcshagyó (Mulch-till)

2.3.1. Csökkentett talajművelés (Reduced tillage)

Az alkalmazott művelőeszközök közül kiemelkedik a teljes értékű alapművelést létrehozó közép mély lazítók használata, amelyekkel a tarlómaradványokat csak részben dolgozzák be a talajba (KOELLER, 1982). A kutatások zöme a csökkentett művelésű talajok esetében alacsonyabb CO₂ emissziót és nagyobb szerves anyag készleteket mutat, mint a

hagyományosan művelt talajoknál (USSIRI & LAL, 2009). Célja eszköz-, idő- és üzemanyag-szükséglet csökkentése (BUCHNER - KÖLLER 1990). Hazánkban kidolgozott talajművelési rendszerek közül a szántás elhagyásával jellemezhető, tárcsás alpművelésre épülő rendszerek; a nehézkultivátoros alpművelésre épülő rendszerek; és a közép-mélylazítóra alapozott rendszerek sorolhatók a csökkentett talajművelési irányzat közé.

Összefoglalva a csökkentett talajművelési irányzat jellemzői:

- Nincs eróziógátlás
- Ideális tápanyag bekeverő képesség
- Tavaszi gyors talajmelegedés
- Mérsékelt vegyszerhasználat
- Nincs talajszerkezet kímélés
- Csekély talajnedvesség megőrzés
- Hagyományos gépekkel végrehajtható

(I3)

2.3.2. Sávós művelés és vetés (Strip tillage)

Műveléskor a talaj felszínének legfeljebb 30%-át bolygatják. A betakarítás után a szárazítás következik, a növényi maradványokat a művelt sávok közötti területen hagyják a talaj takarásának céljából. A sorközök művelése és a pontos vetés nagy teljesítményű RTK-val felszerelt erőgépet és különleges egymenetes munkagépet igényel. A sorok tisztántartása miatt megnő a vegyszerhasználat. Ez a művelés javítja a talaj fizikai állapotát, segít megőrizni a megfelelő talajnedvességet. A sávok megművelése kevesebb gépmozgást igényel, így a tömörödés kisebb, mint a hagyományos eszközök esetén, mindemellett eróziógátló hatása is van.

2.3.3. Bakhátas művelés (Ridge tillage)

A talaj a betakarítástól a vetésig bolygatatlan. A tarlómaradványok zúzása vetés előtt történik. A betakarításkor a szármарadványokat a sorok közé szecskázzák. A növényi maradványok védik a talajt az eróziótól, a kiszáradástól, csökkentik a traktorkerekek tömörítő hatását.

Magyarországon a bakhátas termesztéstechnológiát leginkább a zöldségtermesztésben, többnyire szamóca és burgonya termesztésénél alkalmazzák. Korábban kedvezőtlen vízgazdálkodású területeken, (például a Vasi-hegyháton) volt jellemző. Az időszakosan jelentkező nagy mennyiségű víz összegyűjtését és raktározását a bakhátak segítségével szabályozták. A nehéz művelési körülmények miatt a gépi munka helyett kézi fogatos műveléssel alakították ki a bakhátakat. (STEFANOVITS, 1963)

2.3.4. Művelés nélküli direktvetés (No tillage/zero tillage)

Bolygatás csak vetéskor történik. A vetést keskeny magágyba vagy hasítékba végzik speciális nyitócsoroszlyás vetőgéppel, vagy direktvetőgéppel. A csoroszlya megnyitja a talajt, majd a vetés után a vetősort tömörítik. A mechanikai gyomszabályozás hiányának következtében jelentősen megnő a használt növényvédő szerek mennyisége.

Slot-planting (hasítékba vetés): Egy menetben, közvetlenül a vetés előtt 5-15 cm mélységben fellazítják a talajt, majd a vetés mélységében visszatömörítik. A vetősor mélyebb művelése optimális körülményeket teremt a gyökerek gyors növekedéséhez (HAYES, 1982).

2.3.5. Mulcshagyó művelés (Mulch Tillage)

A mulcshagyó művelésnél a talajfelszín teljes egészében művelt, de a felszínen hagyott növényi maradvány megfelelő mennyiségben és eloszlásban megvédi a talajt a túlzott kiszáradástól és az eróziótól. A vetés mulcs rétegen keresztül történik. A talajtakarás történhet különböző növényi rész, szalma, istállótrágya, komposzt terítésével is. A takaróanyag színe a talaj hőgazdálkodását is befolyásolja (ZSEMBELI, 2001).

A tarlómaradványok felszínen hagyásának fontosságát többen is felismerték. UNGER - PARKER, (1976) mérései alapján a felszínen hagyott növényi maradványok szignifikánsan csökkentik az evaporációt, mert a takaróanyag gátolja a párolgást, de a beszivárgó vizet átengedi. MEYER-MANNERING, (1961) véleménye szerint a mulcsozás az egyik leghatékonyabb erózióvédelmi eljárás. LÁSZLÓ, (2007) megfogalmazása szerint a talajvédő művelési rendszerek kidolgozásakor a talajvédelem (főként erózió elleni védelem) és az üzemanyag költségek csökkentése a fő cél. HUSNJAK et al., (2002) 1997 és 2000 között végzett kísérleteik során a talaj legkedvezőbb fizikai jellemzőit a talajvédő művelési rendszernél tapasztalták. SULYOK (2005) a csárdaszállási üzemi kísérlet terméseredményei

alapján megállapította, hogy a kukorica hozama kismértékben csökkent a csökkentett menetszámú technológiák alkalmazásakor az őszi szántásra alapozott műveléshez képest. A napraforgó és az őszi búza termése viszont nem csökkent – esetenként nőtt a hozam – alternatív talajművelési rendszerek alkalmazásakor. KERTÉSZ et al., (2009) több éves kísérleti eredményeik alapján úgy találták, hogy a talajkímélő mezőgazdaság a talajpusztulás, a terméseredmények, valamint az ökológiai viszonyok vonatkozásában egyaránt kedvezőbb, mint a hagyományos.

Összességében megállapítható, hogy szerzők többnyire a hagyományos talajművelés negatív hatásairól számolnak be. A fenntartható mezőgazdálkodás előnyei között említik, hogy a termőhelyi viszonyoktól függően általában kisebb a termelési költség, kevésbé károsítja a környezetet, segít megőrizni a talajok termőképességét, mindeközben a termés mennyisége jelentősen nem csökken. A széleskörű kutatásoknak köszönhetően elmondható, hogy az értékörző talajművelés a hosszú távú gazdálkodás alapja.

2.4. Precíziós növénytermesztés

A fenntartható növénytermesztés gyors fejlődése a szerteágazó kutatásoknak és főként a rohamosan fejlődő technikai vívmányoknak köszönhető. GYÖRFFY, (1999) szerint hatékony precíziós mezőgazdaság alapja a termőhelyhez (és a termesztett növényhez) alkalmazkodó termesztés. Ez a táblán belüli változó technológiával érhető el, aminek alapja a modern technológia (pl.: a térinformatika, távérzékelés, geostatisztika) alkalmazása. Az információs rendszerek között kitüntetett szerepe van a térbeli adatokat feldolgozó térinformatikai rendszereknek. A megkülönböztetést a hely, és térbeliséggel kapcsolatos információk speciális kezelése indokolja. A hely specifikus beavatkozás feladata az előzetes adatgyűjtés, adatfeldolgozás, döntéshozatal és beavatkozási térkép-készítés eredményeinek a gyakorlati megvalósítása, tehát a termesztési technológia tényleges kivitelezése. (NÉMETH et al., 2007). KALMÁR, (2010) szerint minden egyes termelési inputot – műtrágyát, herbicidet, rovarölő szert, vetőmagot stb. – helyspecifikus alapokra helyeznek a költségcsökkentés, a profit növelése, és a környezet jó minőségének fenntartása céljából.

2.4.1. A navigációs gépvezérlés alkalmazási területei

A talajművelés a növénytermesztés legköltségesebb folyamata és jelentősen befolyásolja a terméseredményeket, ezért dolgozatomban kiemelt szerepet kap. NAGY, (1996) szerint a nem megfelelő talaj-előkészítéssel okozott vízvesztesség, a kritikus nyári időszakban gátolhatja a növényállomány egyöntetű fejlődését. A fenntartható növénytermesztés precíziós folyamatai gyakran használják az RTK (Real Time Kinematic – valós idejű helymeghatározási rendszert). Segítségével szub-méteres, sőt ma már centiméteres pontossággal végezhetők el a különböző növénytermesztési beavatkozások. A GPS rendszerek alkalmazásával még könnyebben, nagyobb hatékonysággal alkalmazhatók a különböző értékörző talajművelési rendszerek, pl.: Strip till, Ridge till.

Az új technológia során sokkal koncentráltabbá válnak a műveletek, hiszen csak a kijelölt sorban történik magágy-előkészítés, vetés, műtrágyázás, majd később a növényvédelem. A munkaműveletek összevonásával lecsökkenthetők a menetszámok és menetidők. A hő- és vízgazdálkodási tulajdonságok kedvezőek, mert a növényi maradványoktól mentes csupasz talajfelszín gyorsabban felmelegszik, mint a maradványokkal borított. A tiszta, friss magágy a kis szemű vetőmagoknak kedvez. A kevesebb menetszám és a sor-sorköz elkülönítésének technológiája csökkenti a tömörödést és az eróziót (UNGER, 1996).

2.5. A talaj tömörödöttségének meghatározása talajmechanikai ellenállás segítségével

A talajellenállás egy olyan jelzőszám, amely a tömörödés relatív mértékét fejezi ki (GYURICZA, 1998). SCHMIDT, (2011) szerint a tömörödés gátat szab a kedvező porozitás viszonyoknak, továbbá a megfelelő víz-levegő arány, illetve mikrobiológiai élet kialakulásának, ami a tartós szerkezet, illetve beéredés feltétele is. BIRKÁS, (1995) szerint, „A talaj tömörödése a természetes, vagy mesterséges úton kialakult szerkezet deformációja, amely együtt jár a porozitás és az áteresztőképesség (levegő, hő, víz) csökkenésével, a talaj ellenállásának növekedésével” (BIRKÁS et al. 1993).

A talajellenállás mértéke megegyezik a talajrészecskék szétválasztásához szükséges erővel, azaz a műveléskor a művelő eszközzel szemben kifejtett erő nagyságával. KOOLEN - KUIPERS, (1983) szerint a penetrométeres talajellenállás mérés az egyik leggyakrabban

használt módszer a talaj fizikai állapotának vizsgálatára. Segítségével pontos képet kaphatunk a talaj tömörödött rétegeinek vastagságáról és elhelyezkedéséről.

2.6. A talajnedvesség jelentősége és meghatározása

A penetrációs ellenállás a talaj nedvességtartalmával fordítottan, a térfogattömeggel pedig egyenes arányban változik. Egy adott nedvességtartalomnál az ellenállás nagysága a térfogattömeg növekedésével nő, adott térfogattömegnél a növekvő nedvességtartalommal pedig csökken (CHAMPBELL et al., 1991). A hatékony növénytermesztés egyik legfontosabb tényezője a termőtalajok megfelelő vízgazdálkodásának kialakítása, megtartása. Jelentősen befolyásolja ezt a talaj típusa, azonban megfelelő talajművelési módok és rendszerek alkalmazásával elkerülhető az aszálykár, illetve fenntartható a talajok megfelelő fizikai állapota.

A talajnedvesség mérés kombinált mérőeszközökkel történik. A talajvizsgálatok során a talajba hatoló szondaszár végén található a szondakúp, amely belsejében, elszigetelten található a talajnedvességet érzékelő oszcillátor. A TDR technikát speciálisan a talaj nedvességtartalmának mérésére használják. Az egyik legnagyobb előnye, hogy a talajtípustól a mérés csak csekély mértékben függ, így univerzális kalibrálási funkció alkalmazható az ásványi talajokhoz. Egy beépített adatgyűjtő menti a mérési értékeket és megadja az átlagértéket. Az eredményeket az LCD-kijelzőn kétféleképpen lehet megjeleníteni, térfogat-százalékos víztartalom, vagy relatív víztartalom között lehet választani (I4). A talajnedvesség meghatározásának egy egyszerűbb és gyakoribb módja a szárítószekrényes, vagy gravimetrikus vizsgálat. A nedves talaj tömegének megállapítása után 105 fokos szárítószekrényben szárítjuk, majd a szárított talajt is megmérjük. A két minta nedvességkülönbségéből az alábbi képlettel határozzuk meg a nedvességtartalmat.

$$N_{t\%} = \frac{G_n - G_{sz}}{G_{sz}} * 100$$

- $N_{t\%}$ = nedvességtartalom tömeg %-ban
- G_{sz} = száraz talajminta tömege.
- G_n = nedves talajminta tömege

3. Anyag és módszer

Kutatásom célja bemutatni az eltérő talajművelési rendszerek eredményességét. A kísérleteket 3 helyszínen (5.ábra), eltérő agroökológiai tulajdonságú területeken végeztük:

- Kenderes (Jász-Nagykun-Szolnok megye, csernozjom talaj)
- Gölle (Somogy megye, homoktalaj)
- Letenye (Zala megye, barna erdőtalaj)



5. ábra: **Mintaterületek helyszíne**

Forrás: Saját szerkesztés

Mindegyik helyszínen két talajművelési rendszert vizsgáltunk:

- sávos alapművelést,
- őszi szántást.

A kenderesi terület talajtípusa réti-csernozjom. A réti és a csernozjom jellegű talajképződés közötti átmenetet képviseli a talajtípus. A gyenge víz befogadó képessége és rossz vízvezetése miatt a humusz felhalmozódást enyhe vízhatás kíséri. Gyakori jelenség a só felhalmozódás illetve a vasfoltok, ennek ellenére a kukoricatermesztés jelentős területen folyik ilyen talajon. Hazánkban a mezőségi talajok jelentős része réti csernozjom.

A göllei terület talajtípusa homoktalaj. Kis kolloidtartalommal, minimális termőréteggel rendelkezik. Aszály és erózióérzékenyséjük nagy, kevés természetes tápanyagot tartalmaznak. Víznyelő és vízvezető képességük nagy.

A letenyei terület talajtípusa barna erdőtalaj. Ez az ország egyik legelterjedtebb talajtípusa, területi részesedés kb. 40%. Általában agyagos, enyhén savas kémhatású területek, amelyek a kukoricatermesztéshez elfogadható humusztartalommal rendelkeznek. Jellemző folyamatai a kilúgzás, agyagosodás, savanyodás és szintekre tagolódás.

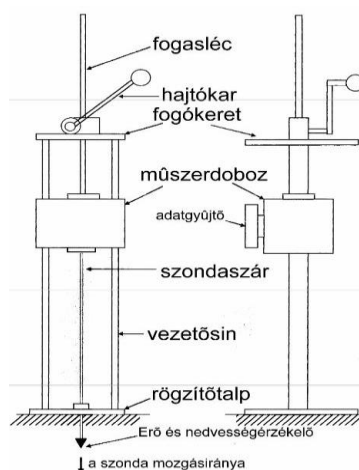
A növények megfelelő fejlődéséhez és hatékony termésükhöz fontos, hogy a talaj fizikai állapota és vízháztartása a termesztendő kultúrnövény számára optimális legyen. A talajművelési rendszerek összehasonlításához a talajellenállási mérések eredményeit és a talajnedvesség értékeket használtam fel.

A talajellenállás mérés statikus, Penetronik típusú, elektronikus talajvizsgáló nyomószondával történt. Az eszköz segítségével egyszerre rögzíthetjük a talaj mechanikai ellenállását, a hozzá tartozó mélységet és a termőréteg nedvességtartalmát. A mérés során gépi, vagy kézi erővel juttatjuk a talajba az acélkúpban végződő szondát. A talajba juttatás fogasléces nyomószerkezettel történik. A mintavétel eredményeit az eszköz elektronikus formában tárolja el, amelyek lehetőséget adnak a későbbi számítógépes feldolgozásra. A kapott értékek elemzése és megjelenítése Microsoft Excel szoftver segítségével történik. Az eszköz a talajellenállást 0-10MPa-ig, a talajnedvességet 0-50%-ig méri 80 cm-es mélységig. (DARÓCZI és LELKES, 1999) (6., 7. ábra)



6. ábra: Talajellenállásmérés Kenderesen

Forrás: Saját felvétel



7. ábra: Penetronik talajvizsgáló

Forrás: DARÓCZI-LELKES, 1999.

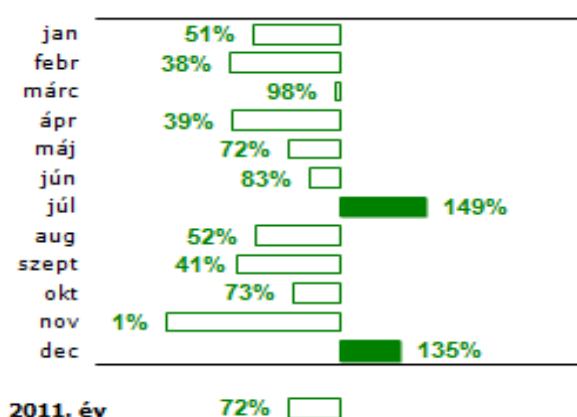
A tenyészidőszak során a gyakorlatban széles körben elterjedt talajművelési eljárásokat, műveleteket és eszközöket alkalmaztuk a terület karbantartására.

Több alkalommal talajjellenállás és talajnedvesség méréseket végeztünk, (vetés előtt, kelés után, az intenzív növekedési szakaszban, virágzáskor, és szemtelítődéskor). A mérések eredményei két különböző talajművelési technológia, a hagyományos szántásos és a redukált menetszámú sávos használatából származnak. A pontosabb meghatározás érdekében a sávos művelés esetében a sávok között és a sávokban is méréseket végeztünk. A méréseket a penetráció és a talajnedvesség esetében is, ősszel és tavasszal végeztük el. Károsan tömörödöttnek minősül a talaj, ha a termőrétegben a talajjellenállás meghaladja a 3,5 MPa-t. (BIRKÁS, 1995.)

A sok csapadék által átnedvesedett talaj könnyen és mélyrehatóan tömörödik. Ha a betakarítási és művelési időnyben hullott csapadék (hazai viszonyok között) a sokévi átlagnál $\geq 50\%$ -kal több, a tömörödés kialakulásának veszélye igen nagy (VIRÁG, 2005.).

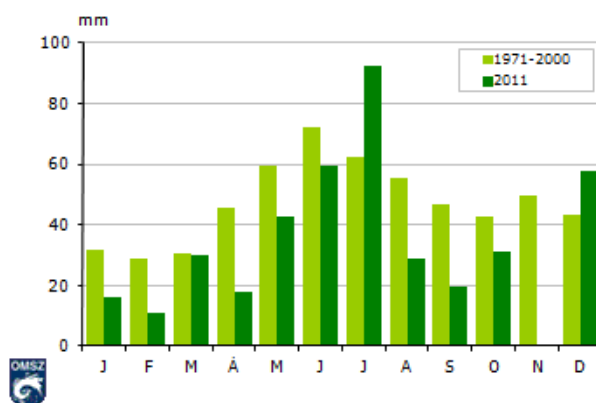
3.1. A mintaterületek csapadék, felvehető nedvesség értékei

A 2011 évben homogenizált, interpolált adatok alapján országos átlagban 407,4 mm csapadék hullott. A havi csapadékösszegeket vizsgálva láthatjuk, hogy júliusban és decemberben jelentős volt a csapadéktöbblet, azonban ez sem enyhített a többi hónap csapadékhiányán, összesítésben 28%-os csapadékhiány alakult ki 2011-ben. Az előző év csapadékos időjárásának következtében a talajművelésben egész évben nagy kihívásokkal kellett szembenézniük a gazdálkodóknak. Az év első felében az előző év csapadéktöbbletének a levezetését, illetve raktározását, későbbiekben a kialakuló taposási (tömörödési) károkat kellett kezelni. (8-9. ábra)



8. ábra: Havi csapadékösszegek 2011-ben az 1971-2000-es évek értékeinek függvényében (58 állomás homogenizált, interpolált adatai alapján)

Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat

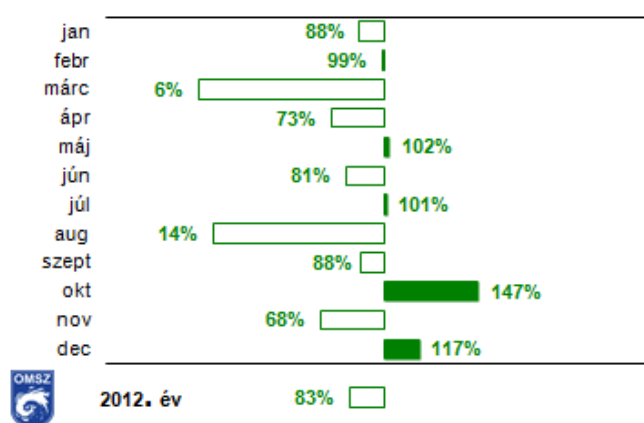


9. ábra **Havi csapadékösszegek 2011-ben és az 1971-2000-es átlagértékek**

Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat

Hasonlóan száraz év volt a 2012-es is. Az első kilenc hónapban mindössze a május és a július érte el az 1971-2000 közötti harmincéves átlagnak megfelelő csapadékösszeget országos átlagban.

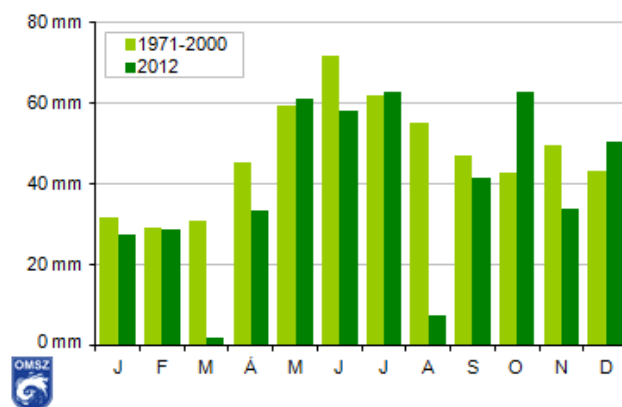
Igen száraz évről tanúskodnak a 10. ábra értékei. A 2012-es év első kilenc hónapját súlyos szárazsággal jellemezhetjük – több negatív rekordot is jegyeztünk, és ebben az időszakban mindössze két hónap, a május és a július értékei érték el az átlagot. Rekord szárazság volt 2 hónapban is, márciusban az eddigi csapadék átlag 6%-a, augusztusban az eddigi 14%-a hullott le. Ezek az elmúlt 112 év legszárazabb hónapjai voltak.



10. ábra: **Havi csapadékösszegek 2012-ben az 1971-2000-es évek értékeinek függvényében (58 állomás homogenizált, interpolált adatai alapján)**

Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat

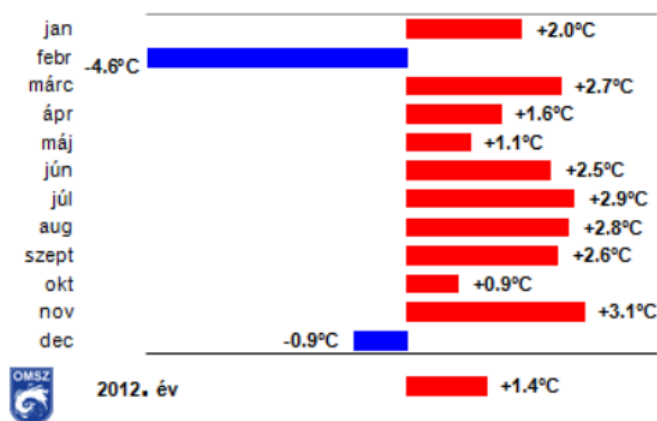
2012-ben az országos csapadékösszeg a homogenizált, interpolált adatok alapján 470.4 mm volt, mely 17%-kal kevesebb a harmincéves átlagnál, s ezzel 2012. év az 1901 óta mért 10. legszárazabb év lett. (11. ábra)



11. ábra: **Havi csapadékösszegek 2012-ben és az 1971-2000-es átlagértékek**

Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat

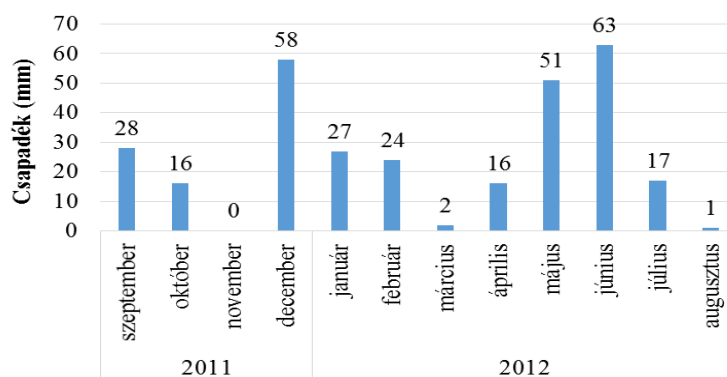
A homogenizált, interpolált országos átlaghőmérsékleti adatok alapján elmondható, hogy a +1.4°C-os pozitív anomáliával, a 2012-es év a 4. legmelegebb év volt az elmúlt 30 évben. A február és a december kivételével mindegyik hónap átlaghőmérséklete a sokévi átlag fölött volt. Összességében a 2012-es nyár az elmúlt 112 év második legmelegebb nyara volt. (12. ábra)



12. ábra: **Az országos havi középhőmérséklet eltérése a sokévi (1971-2000-es) átlagtól 2012-ben (15 állomás homogenizált, interpolált adatai alapján)**

Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat

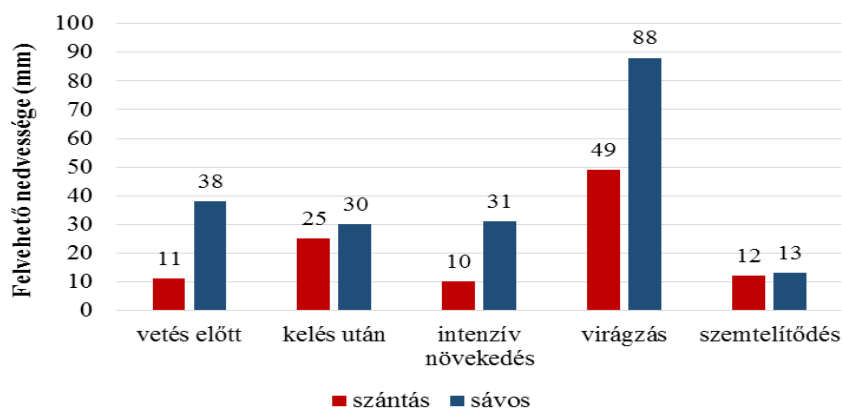
A 13. ábra a kenderesi területen 2011 és 2012 –ben mért nedvesség értékeket mutatják. A május, június hónapokban mért 50-60 mm csapadék hozzájárult a növény termésképzéséhez, ennek köszönhetően a virágzás időszakában elegendő nedvességet tudott hasznosítani.



13. ábra: **Lehulló csapadék mennyisége (Kenderes, 2011-2012)**

Forrás: Saját forrás

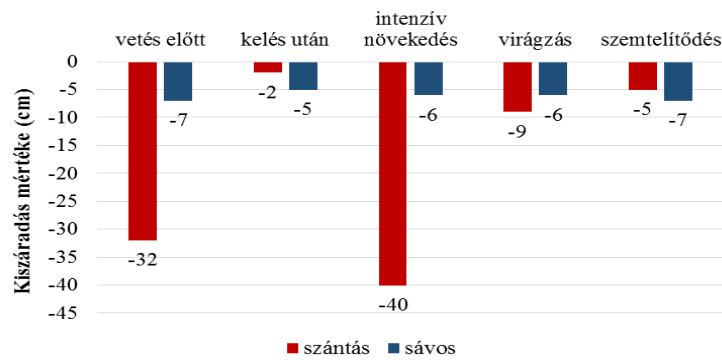
Szántás és sávos technológia összehasonlításánál megfigyelhetjük, hogy az összes mért időszakban a sávos művelés esetén nagyobb a felvehető nedvesség mennyisége. Kiugró értékeket tapasztalunk virágzáskor, ahol a nagy mennyiségű csapadékot a talaj szántás esetében kevésbé tudta hasznosítani. Amíg a sávokban mért felvehető nedvesség 88 mm, addig a szántás esetében ez az 50 mm-t sem éri el. (14. ábra)



14. ábra: **Felvehető nedvesség mennyisége a talajban (Kenderes, 2012)**

Forrás: Saját forrás

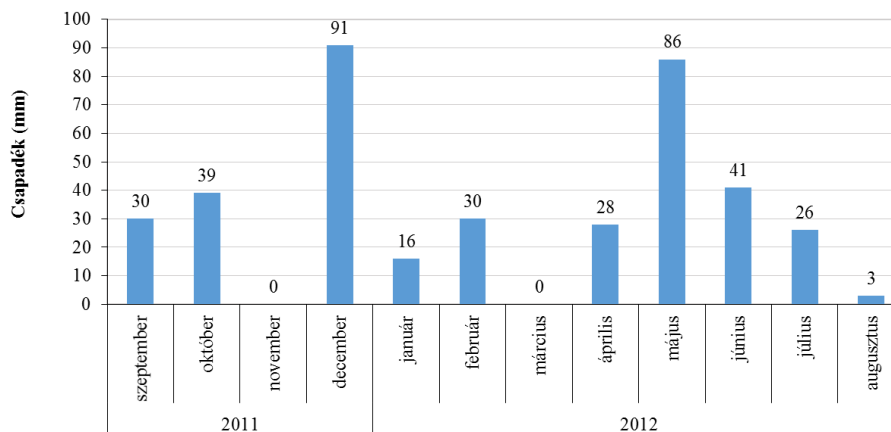
A 15. ábra a kiszáradás mértékét mutatja a két művelési alpművelés esetében. A kiszáradás mértéke vetés előtt és az intenzív növekedés során is nagyobb a szántott területen. Kelés után és a szemtelítődéskor a sávokban mért értékek nagyobb szárazságról tanúskodnak.



15. ábra: Kiszáradás mértéke (Kenderes, 2012)

Forrás: Saját forrás

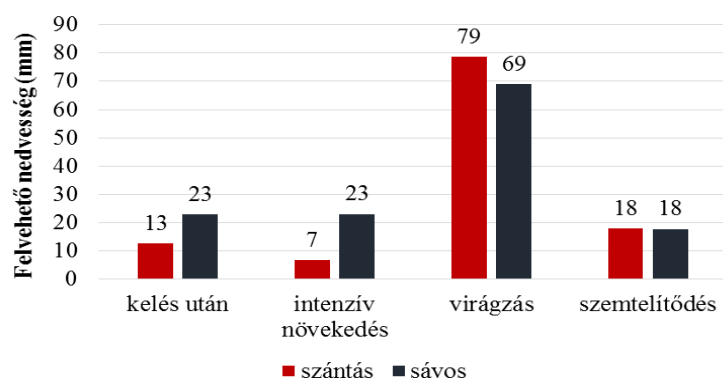
A göllei területen mért csapadék értékek eloszlása a kenderesi területen mértetekhez hasonlít. Decemberben, májusban és júniusban csapadéktöbblet, ezzel szemben novemberben, márciusban és augusztusban jelentős csapadékhiány volt. (16.ábra)



16. ábra: Lehulló csapadék mennyisége, (Gölle 2012)

Forrás: Saját forrás

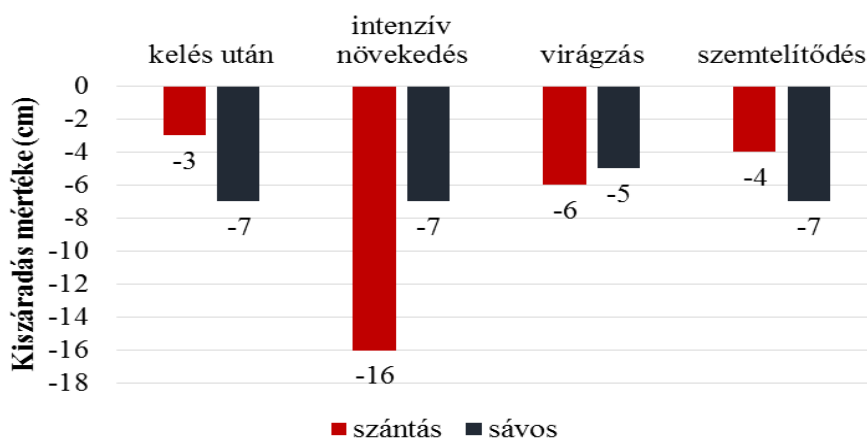
Kiegyenlített értékekről számol be a 17. ábra. A sávos és szántásos művelést összehasonlítva: a talajból felvehető nedvesség virágzáskor 10 mm-rel kevesebb a sávos művelés esetében, a növekedés és a kelés időszakában viszont kb. 15 mm-rel több ugyanezen művelés esetében.



17. ábra: **Felvehető nedvesség mennyisége a talajban (Gölle, 2012)**

Forrás: Saját forrás

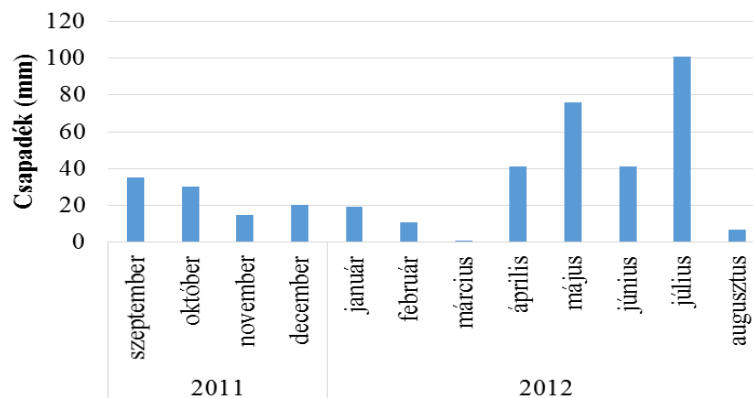
Ennek köszönhetően a kiszáradás mértéke sem mutat nagy különbségeket. Egy kivétellel: az intenzív növekedési szakaszban a kiszáradás mértéke közel 10 cm-rel lejjebb tolódik a szántott terület esetében. (18. ábra)



18. ábra: **Kiszáradás mértéke (Gölle, 2012)**

Forrás: Saját forrás

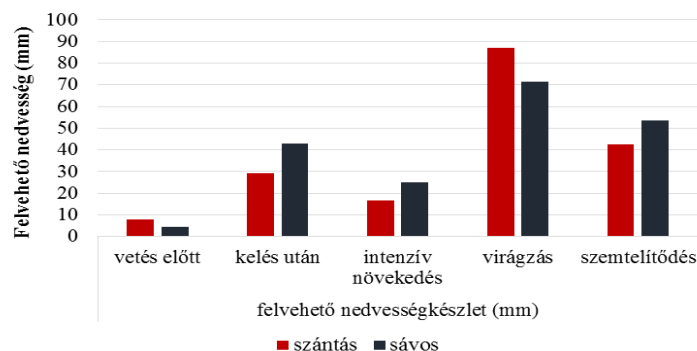
A három mintaterület eredményeit összehasonlítva elmondhatjuk, hogy a vizsgált időszakban Letenyén hullott a legtöbb, összesen 397 mm csapadék. Figyelembe véve, hogy a terület az ország egyik legnyugatibb pontján helyezkedik el, a mért éves csapadékmennyiség jelentősen elmarad az átlagtól. A 2011-es év második felében a legcsapadékosabb hónapban sem mértek 40 mm-t, ezáltal a csírázáshoz szükséges vízmennyiséget a talaj nem tudta biztosítani. Ennek megfelelően a talajban a nedvességhiány leginkább a tenyészedőszak elejét sújtotta, amelynek következtében a kelés-, az állomány egyöntetűsége és a tőszám nagy heterogenitást mutatott. (19. ábra)



19. ábra: **Lehulló csapadék mennyisége, (Letenye 2012)**

Forrás: Saját forrás

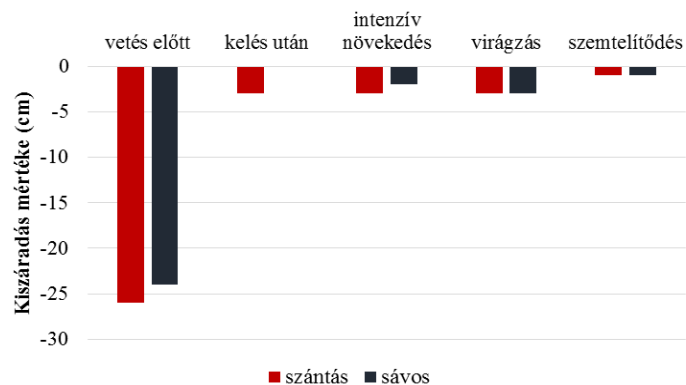
A vetés előtt keletkezett csapadékhiány jelentősen hátráltatta a magok csírázását. A 20. ábrán megfigyelhető, hogy szántás és sávos művelés esetén is a felvehető nedvesség mennyiség 10 mm alatt van. Kelés után, az intenzív növekedési szakaszban és szemtelítődés idején is a sávokban volt mérhető több nedvesség.



20. ábra: **Felvehető nedvesség mennyisége a talajban (Letenye, 2012)**

Forrás: Saját forrás

Jól látszik a vetés előtti talajnedvesség hiánya a 21. ábrán, ahol szántás és sávos termesztés esetében is extrém magas érték tapasztalhatóak, ugyanis a talaj felső rétegének 25 cm-e kiszáradásnak kitett. A későbbiekben az esőzések hatására ez mérséklődik, sőt kelés után a sávokban a talaj nedvességtartalma megfelelő.



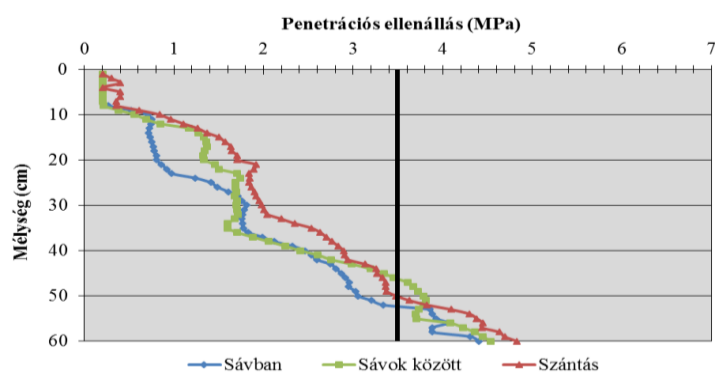
21. ábra: **Kiszáradás mértéke (Letenye, 2012)**

Forrás: Saját forrás

4. Eredmények és azok értékelése

4.1. A kenderesi mintaterületen végzett talajjellenállás mérések eredményei

A kenderesi területen 2011. őszén elvégzett talajjellenállási mérések kedvező értékekről tanúskodnak. Káros tömörödtségről mindkét technológia esetében csak 45 cm-es mélység alatt beszélhetünk, amely nem befolyásolja a kezdeti gyökérszét fejlődését. A mélység növekedésével arányosan nő a penetráció mértéke. A sávos technológia esetében a művelés sajátjaiból adódóan a sávban jellemzően kevésbé tömörödött a talaj, mint a sávok között. (22. ábra)

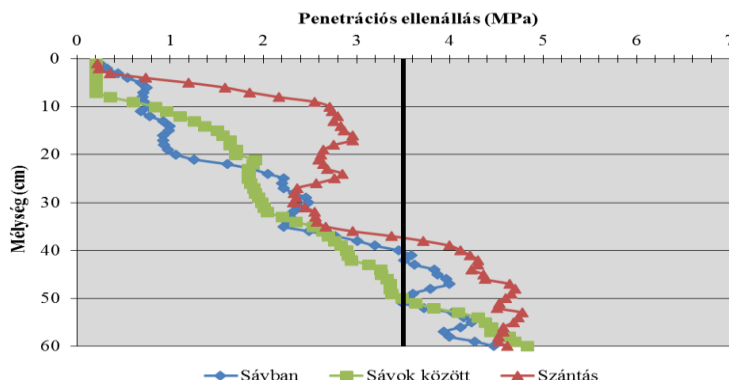


22. ábra: **Talajjellenállás értékek (Kenderes, 2011. ősz)**

Forrás: Saját vizsgálat

2012. tavaszán a kukoricatermesztés szempontjából megfelelőek voltak a penetrációs értékek. Általánosságban elmondható, hogy a szántás esetében magasabb értékeket tapasztaltunk, mint

sávós technológia esetén, azonban a károsan tömörödött réteg szántásnál 38 cm, sávós technológia esetén pedig csak 50 cm mélyen helyezkedik el (23. ábra)

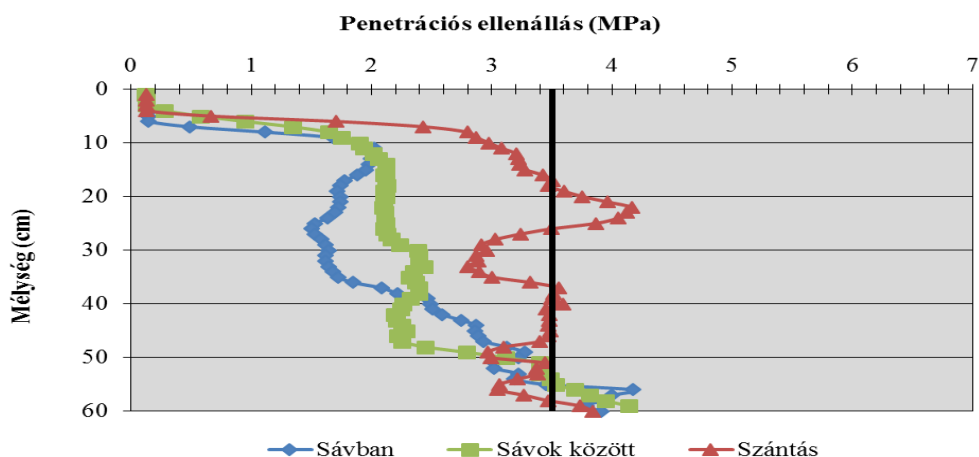


23. ábra: Talajellenállás értékek (Kenderes, 2012. tavasz)

Forrás: Saját vizsgálat

4.2. A göllei mintaterületen végzett talajellenállás mérések eredményei

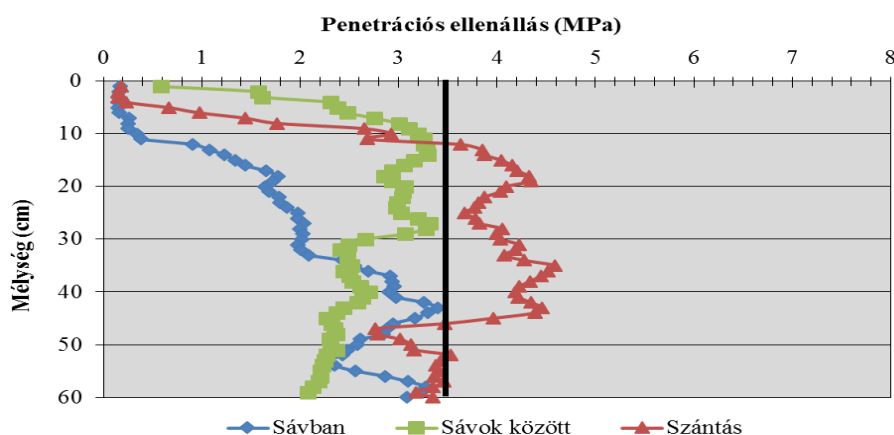
A göllei mintaterület esetében is a sávós művelés mutat jobb eredményeket. A 24. ábrán megfigyelhető, hogy a talaj felső 5 cm-es mélységig nem mutatkoznak nagyobb eltérések a két technológia esetében. Azonban 10 cm-es mélységet elérve a szántásos művelés már eléri a 3 MPa-t, szemben a sávós technológiánál mért 2 MPa-os értékkel. A sávokban és a sávok között a penetráció nagysága jelentősen nem romlik egészen 40 cm-es mélységig, a 3,5 MPa-t csak 55 cm mélyen éri el, amely jelentősen nem befolyásolja a kezdeti gyökérszét fejlődését. Szántás esetén a káros talajellenállás már 20 cm-es mélységben jelentkezik, 25- és 35 cm között mérséklődik, az alsó rétegekben pedig a 3,5 MPa –os határon mozog.



24. ábra Talajellenállás értékek (Gölle, 2011. ősz)

Forrás: Saját vizsgálat

A tavaszi mérések eredményei alapján elmondható, hogy a sávokban tapasztalt talaj ellenállási értékek a téli fagy porhanyító hatásának köszönhetően kis mértékben csökkentek. A káros 3,5 MPa-os értéket 60 cm-es mélységig nem éri el. A növénytermesztés szempontjából az alacsony penetráció előnyös. A sávközökben mérhető ellenállás 10 cm-es mélységig a legnagyobb értékekkel rendelkezik, azonban a mélyebb rétegekben a talajellenállás nem nő, inkább csökkenő tendenciát mutat. Szántás esetén az őszi állapothoz képest jelentősen nőttek az értékek. A 3,5 Mpa-t már 12 cm körül eléri és jelentősen nem csökken a 45 cm-es mélységig. (25. ábra)

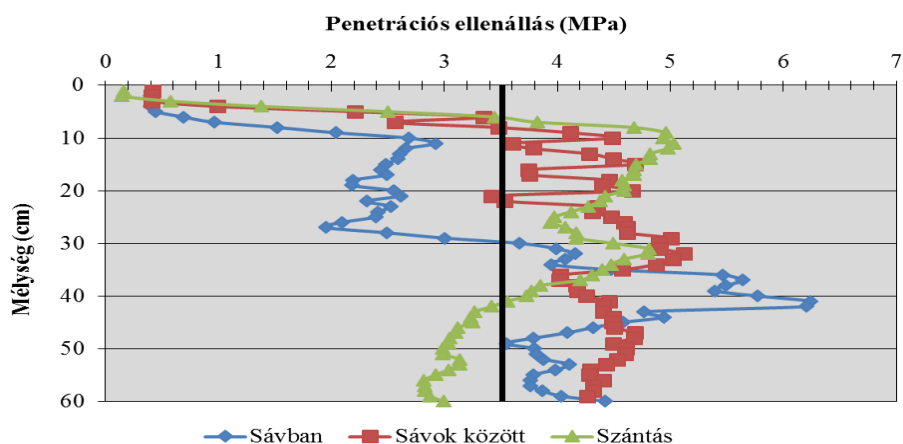


25. ábra Talajellenállás értékek változása (Gölle, 2012. tavasz)

Forrás: Saját vizsgálat

4.3. A letenyei mintaterületen végzett talajjellenállás mérések eredményei

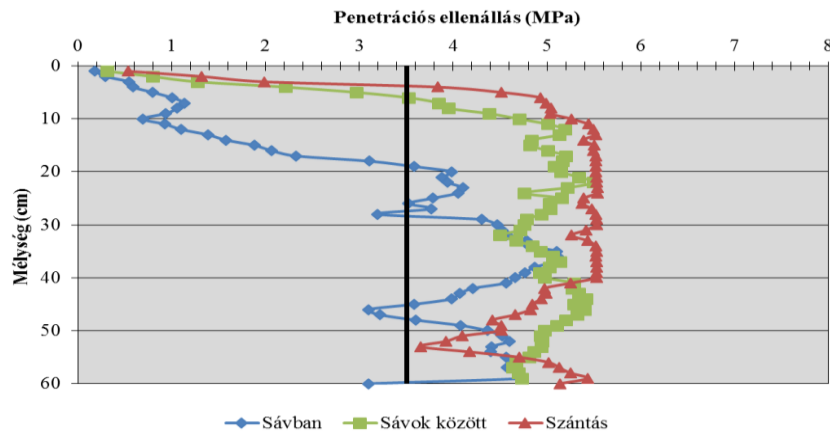
A letenyei területen tapasztalt talajjellenállás értékek magasabbak, mint a másik két esetben. A tendencia mindkét művelési technológia esetében hektikus, a penetráció nem nő arányosan a mélység értékeivel. A sávokban mért talajjellenállás csak 30 cm-nél éri el a 3,5 MPa-t, ennél nagyobb értékeket csak az alsó rétegekben vesz fel. Ez kedvező, figyelembe véve a szántott terület értékeit, ami már 8 cm-nél 3,5 MPa, 10 cm-nél pedig már 5 MPa. A növekvő tendencia 10 és 30 cm között mérséklődik és 60 cm-nél már 3 MPa-ra csökken. A 30-32 cm-nél kiugró értékek feltehetően az eketalp kialakulását jelzik. Ennek hatására megnő a vízzáró rétegek kialakulásának veszélye. 40-43 cm-es mélységben 6,4 MPa nagyságú tömörödöttség alakult ki sávok között. (26. ábra)



26. ábra Talajjellenállás értékek (Letenye, 2011. ősz)

Forrás: Saját vizsgálat

A tavaszi mérés eredményei nem térnek el jelentősen az ősztől. A hektikus ingadozások mérséklődtek, a penetrációs értékek nagyobb egyenletességet mutatnak. Az őszi mérésektől eltérően, sávok közötti talajjelenállás már 10 cm-rel mélyebben, 20 cm-nél alakult ki. A 30 cm és 45 cm közötti rétegben – a sávok közötti talajjelenálláshoz hasonlóan – a talajjellenállás az 5 MPa-t is eléri. Szántás esetén a talaj felső rétegeiben, 5 cm és 42 cm között károsan tömörödött a talaj, a legnagyobb értékek 5 MPa körül mozognak. (27. ábra)



27. ábra Talajellenállás értékek (Letenye, 2012. tavasz)

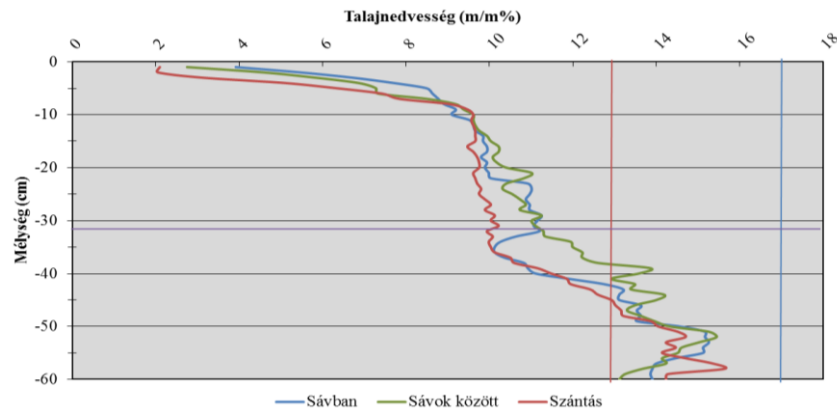
Forrás: Saját vizsgálat

4.4. A kenderesi mintaterületen végzett talajnedvesség mérések eredményei

A sávos technológia alkalmazása együtt jár a szármaradványok egy részének (sávközökben) a felszínen hagyásával. A talaj vízháztartásának megfelelő kialakításához nagymértékben hozzájárul a mulcs kedvező takaró hatása. Csökkenti a párolgás mértékét és enyhíti az eróziós környezeti hatásokat.

A talaj nedvességét jelző ábrákon a függőleges tengely a tömegszázalékot, a vízszintes tengely a mélységet jelzi. A tömegszázalék értékek jellemzésére egy intervallumot állapítottunk meg. 17 tömegszázalék körül a kukorica 30 cm-es mélységig fel tudja venni a talajban található vizet, 13 tömegszázalék alatt azonban túl száraz talaj, ez már károsan hat a növény fejlődésére.

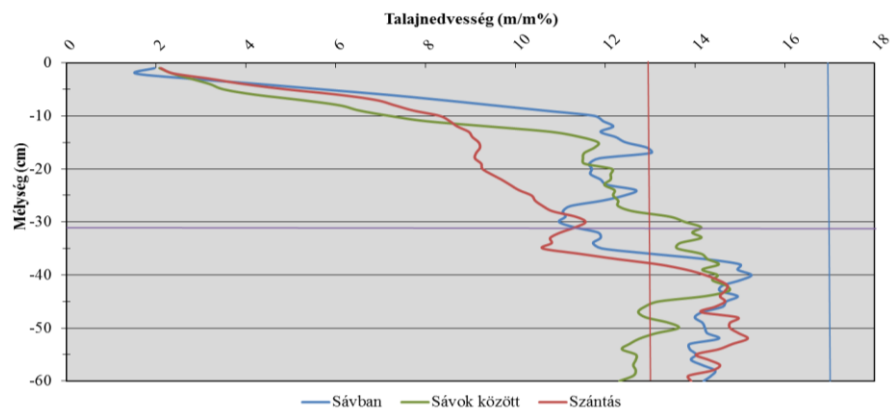
2011 őszén, Kenderesen elvégzett talajnedvesség mérések alapján elmondható, hogy a 2 talajművelési rendszer esetében nincs nagy különbség a talajnedvesség értékekben. A növény számára elérhető rétegekben a talaj nem tartalmazza a megfelelő mennyiségű vizet, a minimumnak számító 13 m/m%-ot is csak 40 cm alatt éri el. (28. ábra)



28. ábra Talajnedvesség értékek (Kenderes, 2011. ősz)

Forrás: Saját vizsgálat

2012 tavaszán mért talajnedvesség értékek megmutatják a sávos technológia alkalmazásából származó előnyöket. A téli csapadék elraktározásában nagy szerepet játszottak a felszín borító növényi maradványok. 43 cm-ig a sávokban és a sávok között is átlagosan 2-3 tömegszázalékkal több nedvesség található, mint a szántás esetében. (29. ábra)

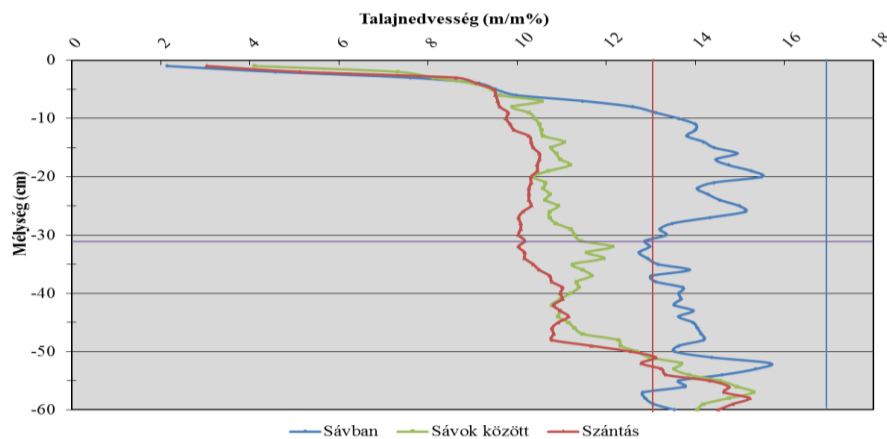


29. ábra Talajnedvesség értékek (Kenderes, 2012. tavasz)

Forrás: Saját vizsgálat

4.5. A göllei mintaterületen végzett talajnedvesség mérések eredményei

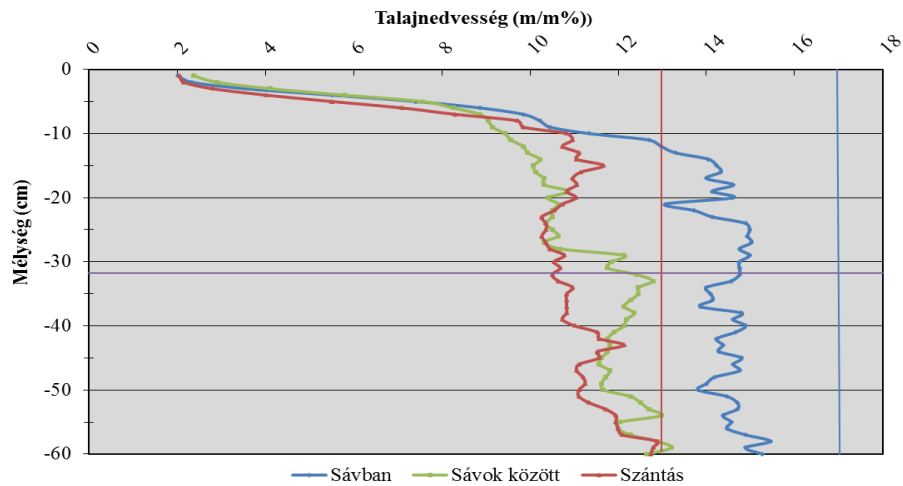
Sávos művelés esetén 2011 őszén is kedvezőbb értékeket kaptunk, mint a szántott terület esetén. A 30 cm alatti mélységben a sávokban mért talajnedvesség értéke 2, esetenként több, mint 5 tömegszázalékkal magasabb, mint a sávok közötti és a szántott területeken. A sávokban mért talajnedvesség értékek 10 cm és 50 cm közötti mélységekben 12-16 tömegszázalék, a szántott területeken és a sávok között átlagosan 10-12 tömegszázalék körül mozog. A növény számára felhasználható nedvesség csak a sávokban tapasztalható. (30. ábra)



30. ábra Talajnedvesség értékek (Gölle, 2011. ősz)

Forrás: Saját vizsgálat

A göllei mintaterületen végzett tavaszi talajnedvesség mérések során a sávokban mért talajnedvesség 13 cm-es mélységben már 13 tömegszázalék felett van, és egészen 60 cm-ig nem csökken jelentősen az érték. A szántásos technológia esetén az értékek nem érik el a 13m/m%-os minimum szintet, ezáltal a növény nem tudja hasznosítani a talajban található vizet. (31. ábra)

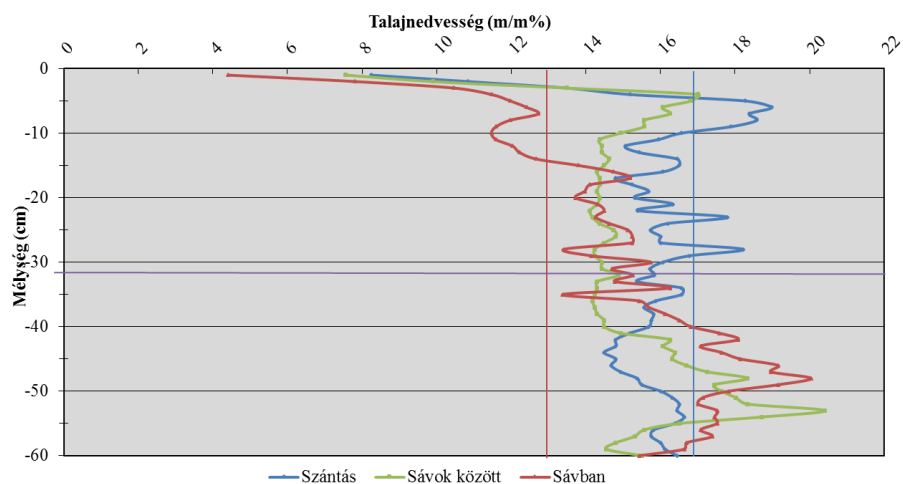


31. ábra Talajnedvesség értékek (Gölle, 2012. tavasz)

Forrás: Saját vizsgálat

4.6. A letenyei mintaterületen végzett talajnedvesség mérések eredményei

A letenyei terület jó talajnedvesség értékekkel rendelkezett 2011. év őszén. A sávokban 5 cm és 11 cm között tapasztalható egy kiugrás, a talajnedvesség a 19 m/m%-ot is eléri. Szántás esetén egészen 15 cm-ig nem éri el a talajnedvesség a 13 m/m%-ot. A szántott terület vízmennyisége is megfelelő a növény fejlődése szempontjából. (32. ábra)

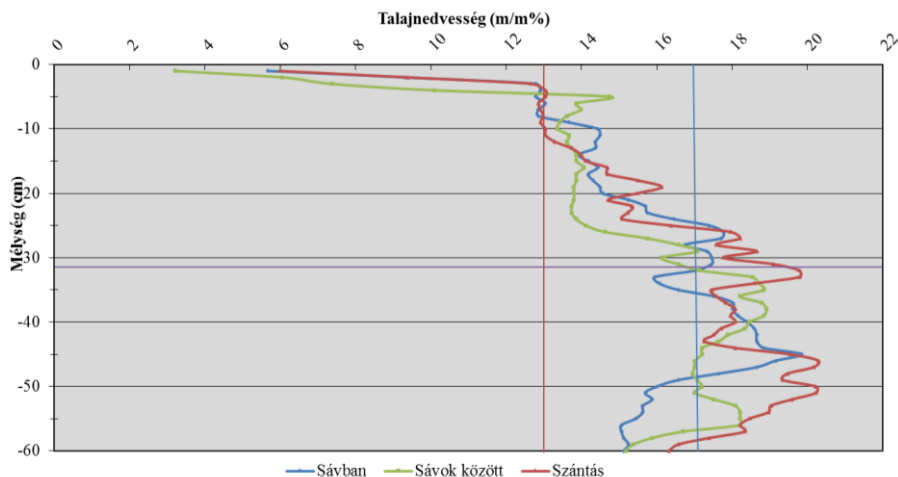


32. ábra Talajnedvesség értékek (Letenye, 2011.ősz)

Forrás: Saját vizsgálat

A tavaszi mérés eredményei a két technológia hasonló eredményeiről számolnak be. Nagyobb eltérés sehol sem mutatkozik, kiugró értékek nem találhatók. A talaj felső 9-13 cm-es rétegében

a sávokban tapasztalható magasabb, 14-15 m/m% -os értékek, amelyek elérik a minimum nedvesség szintet. A talaj mélyebb rétegeiben a szántott területen több felvehető nedvességet mértünk. (33. ábra)



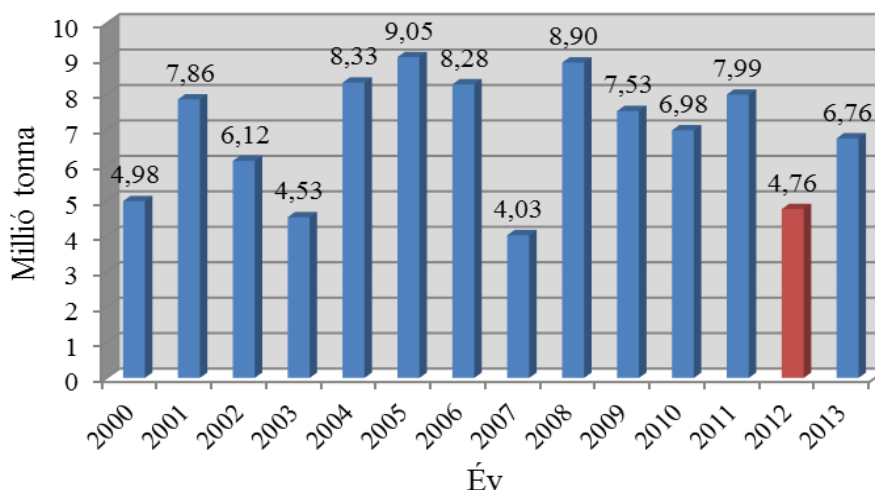
33. ábra: Talajnedvesség vizsgálat (Letenye, 2012 tavasz)

Forrás: Saját vizsgálat

4.7. A kapott terméseredmények kiértékelése

Növénytermesztési szempontból az egyik legfontosabb paraméter a betakarított termés mennyisége. A nagyobb profit elérése érdekében általában a nagyobb terméseredmények a kedvezőbbek. Ezt nagyban befolyásolja, hogy milyen talajművelési rendszert alkalmazunk.

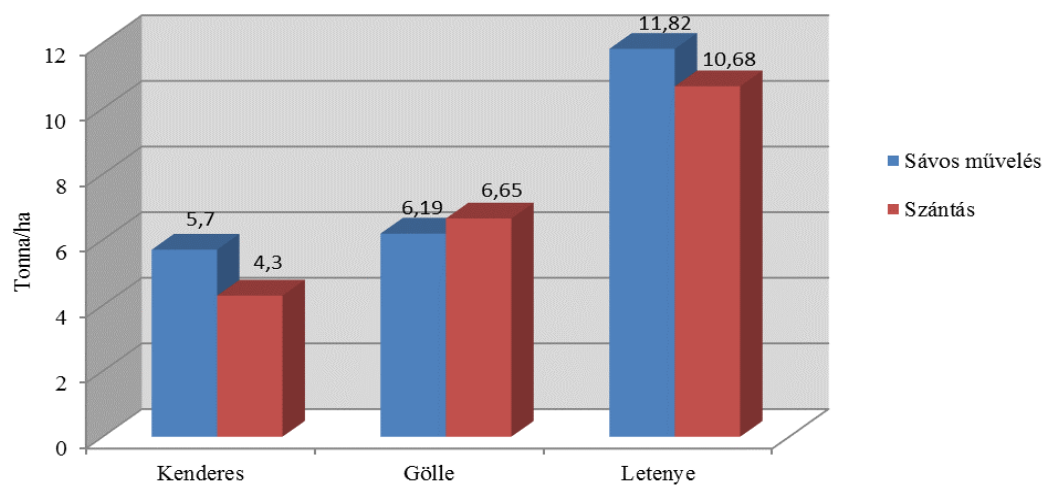
2012-ben kukoricából 4,76 millió tonnát takarítottak be Magyarországon, ez 2000 óta a harmadik legalacsonyabb érték. (34. ábra) A csökkenés elsődleges oka a kedvezőtlen időjárás volt.



34. ábra: **Kukorica termésmennyisége Magyarországon (2000-2013)**

Forrás: KSH

A évjárat adta szélsőséges éghajlati körülmények nagyban befolyásolták a kapott eredményeket, az extrém szárazságnak köszönhetően a kukorica a kenderesi és a göllei kísérlet esetében keveset termett. Kenderesen sávós technológia 5,7 t/ha, szántás esetén 4,3 tonna/hektár termést takarítottak be hektáronként. A göllei területen sávós művelés esetén 6,19 t/ha, szántás esetén 6,65 t/ha volt a termés, tehát hektáronként közel fél tonnával kevesebbet termett a sávosan művelt kukorica. Letenyén, ugyanúgy mint Kenderesen, jelentős különbségeket mutatnak az eredmények. A szántásos talajművelés esetén több mint egy tonnával kevesebb termést takarítottak be, mint a sávós technológia használatával. Figyelembe véve az évjárat rossz agroökológiai viszonyait és az eddigi hazai terméseredményeket, a letenyei termésmennyiség kimagaslónak mondható (35. ábra). Összességében Kenderesen 25%-kal több, Göllén 7%-kal kevesebb, Letenyén 10%-kal több termést realizáltunk a sávós technológiával művelt területeken, mint szántás esetén.



35. ábra: **Kukorica terméseredmények a vizsgált területeken (2012)**

Forrás: Saját vizsgálat, 2014

5. Következtetések és javaslatok

A szántóföldi vizsgálatok a talaj fizikai állapotán belül a talaj nedvességtartalmára, ellenállására, valamint a talaj vízgazdálkodására fókuszáltak. A kutatómunka egyik célja volt, hogy szántóföldi körülmények között a 2011-2012. évek fizikai talajállapot eredményeit összegezze, és azok alapján értékelje a hagyományos és sávós talajművelés hatásait a talaj fizikai állapotára és a terméseredményekre.

- Figyelembe véve a talajok fizikai állapotát és a lehulló csapadék mennyiségét, elmondhatjuk, hogy Kenderesen minden esetben több felvehető nedvességet tárolt a talaj sávós művelésnél, mint szántás esetében. Jelentős eltérések mutatkoznak vetés előtt, amikor 27-, a növény intenzív növekedésekor, amikor 21- és virágzáskor, amikor 39 mm-rel több volt a növény számára hasznosítható talajnedvesség a sávokban, mint a szántott területeken.
- Ugyanezekben az időpontokban (vetés előtt, intenzív növekedéskor és virágzáskor) a kiszáradás mértéke nagyobb volt a szántott területeken. Extrémnek mondható a talaj kiszáradása az első két esetben, ahol a különbség több mint 25 cm; az intenzív növekedési szakaszban szántás esetén eléri a 40 cm-es mélységet.
- A göllei mintaterületen mért felvehető nedvesség értékek azt igazolják, hogy összességében sávós technológia használatával több nedvességet tud megőrizni a talaj, mint szántásnál. A négy mért időszakban a szántott területeken összesítve 117 mm, a sávosan művelt területeken 133 mm felvehető csapadékot őrzött meg a talaj.
- Letenyén vetés előtt és virágzáskor kevesebb, kelés után, az intenzív növekedési szakaszban és szemtelítődéskor átlagosan 10 mm-rel több volt a felvehető nedvesség a sávosan művelt talajban, mint a szántott területen. A tenyészydőszak előtt bekövetkezett extrém szárazságot a sávós technológiával megművelt talaj jobban viselte, a kiszáradás mértéke itt 2-3 cm-rel kisebb volt.
- A kenderesi mintaterületen 2011 őszén végzett talajellenállás mérések eredményei alapján elmondható, hogy a sávokban mért ellenállás értékek minden esetben kisebbek, mint a szántott területen mért értékek. Káros tömörödöttségről csak 45 cm alatt

beszélhetünk, Hasonló eredményekről számolnak be a tavaszi mérések eredményei, ahol nagyobb értékeket tapasztalunk szántás esetében, ahol a károsan tömörödött réteg már a 38 cm-es mélységben is jelentkezik.

- A göllei kísérlet eredményei a szántás káros tömörítő hatásáról számolnak be, ahol 2011. őszén 18 cm-es mélységben már 3,5 MPa a talaj ellenállása, amely már károsan hat a gyökérzet, ezáltal a növény fejlődésére. A sávosan művelt területek káros talajellenállása egészen 50 cm-ig nem jelentkezik. A tavaszi eredmények is a szántás káros hatásairól számolnak be, azonban a sávok között is jelentősen megnő a talaj ellenállása. Mindkét esetben már 10 cm-nél 3 Mpa az ellenállás mértéke, azonban a szántással ellentétben a sávok között ez az érték nem éri el a károsnak mondható 3,5 MPa értéket. A sávokban egészen 35-40 cm-ig jónak mondhatók a talajpenetrációs értékek.
- A Letenyén tapasztalt talajellenállás értékek eltérnek a korábban tapasztaltaktól. Károsan tömörödött a talaj, szántás és a sávok között már 10 cm alatt jelentkezik 3,5 MPa körüli értékek. A növény fejlődését gátló tömörödés a sávokban is előfordul, 10 cm-nél eléri a 3 MPa-t. A hagyományos talajművelés során alkalmazott eke a 30 és 40 cm közötti eketalp kialakulásának az oka. Az eketalp egybefüggő vízzáró réteget alakíthat ki, amely megakadályozza a talaj hatékony vízgazdálkodását. A tavaszi és az őszi mérések eredményei nem mutatnak szignifikáns különbségeket.

A hatékony növénytermesztés egyik legfontosabb tényezője a talajok megfelelő vízgazdálkodása. A növények fejlődéséhez szükséges csapadék nem minden esetben könnyen elérhető. Rossz fizikai állapotú talaj esetén előfordulhatnak vízzáró rétegek, tömörödés, vagy nem megfelelő víztartó képesség, amelyek a növény fejlődését gátolják. Magyarország földrajzi fekvésének köszönhetően jellemző az aszálykár, amely sok ezer tonna terméstől foszthatja meg a gazdaságot. Megfelelő talajművelés alkalmazásával ez elkerülhető, a károk csökkenthetők.

- A kenderesi területen mért talajnedvesség értékek 2011 őszén és 2012 tavaszán is alacsonyabbak, mint amennyi a növény megfelelő fejlődéséhez szükséges. A minimumnak számító 13 tömegszázalékos szintet csak mélyebb rétegekben éri el, a

jónak mondható 16-18 tömegszázalékot pedig egyik mért mélységben sem. Ezek az értékek a 2011 -2012 –es évek csapadékszegény időjárásnak köszönhetőek.

- A göllei mérések a sávós technológia előnyeit igazolják. Az aszály ellenére a művelés sajátosságának köszönhetően a talaj több nedvességet tudott megőrizni, mint a szántott területeken. Az őszi és a tavaszi mérések eredményei között szignifikáns különbség nem tapasztalható.
- A letenyei területen a tenyészidőszakot megelőző decemberi és a tenyészidőszakban hullott májusi csapadéknak köszönhetően a növény számára elérhető mélységekben is megfelelő mennyiségű csapadék halmozódott fel. A szántott terület ezt a csapadékot kevésbé tudta hasznosítani, ellentétben a sávosan művelt területtel, ahol a talaj felső rétegeiben is 15 tömegszázalék feletti értékek voltak tapasztalhatók. A tavaszi mérések az alkalmazott technológiák hasonló eredményeiről számolnak be.

A mérések kapott eredményeiből megállapítható, hogy a fenntartható talajművelés segít megőrizni illetve jobbra tenni a termőréteg fizikai állapotát, a talajdegradáció csökkentésével hozzájárul a hatékony növénytermesztés sikeréhez. A növénytermesztés számára káros éghajlati hatásokat a hagyományos talajművelés kevésbé tolerálja, víztartó képessége romlik, a talajellenállás jelentősen nő.

A kapott terméseredményeket figyelembe véve a sávós technológia használatával a termésmennyiség nem romlott, sőt a három terület terméseredményeit összesítve megállapítást nyert, hogy 2,18 tonnával több termést realizáltunk a sávosan művelt területeken.

6. Összefoglalás

A változó éghajlati viszonyok, az évenkénti ingadozó csapadékmennyiség, és az egységnyi területre jutó magas művelési költség lehetőséget teremt ahhoz, hogy a precíziós mezőgazdaság helyet kapjon a magyar gazdák körében is.

Egyre kevesebb lehetőség van a növényvédelemben és a tápanyag utánpótlásban költségmegtakarításokat elérni, azonban az alternatív talajművelés bevezetése további lehetőségeket kínál. Hazánk talajainak közel fele kedvezőtlen vízgazdálkodású, nő a földek aszályérzékenysége, gyakori a talajtömörödés, a savanyodás, a szikesedés és egyre több területen figyelhetők meg eróziós és deflációs folyamatok. Az alternatív talajművelési rendszerek a menetszámok csökkentésével, kapcsolt munkagépek alkalmazásával kevésbé károsítják a talajt, megelőzik az eróziót, növelik a talaj biodiverzitását, és hosszútávon jelentős termelési költségektől kímélhetnek meg.

Dolgozatom témájaként a fenntartható növénytermesztés talajművelési technológiáinak bemutatását tűztem ki célul. Magyarország három különböző talajtípusú területén (réti csernozjom, homok, barna erdő) végzett talajtömörödöttség és talajnedvesség mérések eredményeit vizsgáltam hagyományos és sávós talajművelés esetén kukorica modellnövény alkalmazásával a 2012-es évben.

A talajjellenállás értékek segítségével kimutatható, hogy a művelésre jellemző menetszámok milyen mértékben károsítják a talaj fizikai állapotát. A mért talajnedvesség adatok segítségével megfigyelhetjük, hogy az adott mélységben megtalálható-e a növény számára felhasználható víz, amely a megfelelő fejlődéshez szükséges.

A kísérleteket 3 helyszínen, eltérő agroökológiai tulajdonságú területeken végeztük 2011 és 2012-ben. Mindhárom helyszínen két talajművelési rendszert vizsgáltunk, sávós alpművelést és őszi szántást. A talajjellenállás és talajnedvesség méréseket statikus, kombinált talajvizsgáló eszközzel végeztük el. Sávós technológia esetén a sávokban és a sávok között illetve a szántott területeken egyaránt, a talaj felső 60 cm-es rétegéből származó adatokat vettem alapul a további elemzéshez. 2011-ben 407,4 mm, 2012-ben 470,4 mm csapadék hullott. 2012 az elmúlt harminc év negyedik legmelegebb éve volt. Az éghajlati adatok alapján elmondható, hogy jelentős csapadékhiánnyal és aszályal kellett szembenézni a növénytermesztés során.

Összességében Kenderesen 25%-kal több, Göllén 7%-kal kevesebb, Letenyén 10%-kal több termést realizáltunk a sávós technológiával művelt területeken, mint szántás esetén. A

kapott eredmények alapján elmondható, hogy a fenntartható talajművelés segít megőrizni illetve jobbra tenni a termőréteg fizikai állapotát, a talajdegradáció csökkentésével hozzájárul a hatékony növénytermesztés sikeréhez.

A kapott terméseredmények és részadatok alapján elmondható, hogy a sávos talajművelésnek a hagyományos műveléssel szemben számos előnye van. A kísérleti adatok eredményeképpen megállapítást nyert, hogy a menetszám csökkentés a talaj-tömörödöttségi értékek kedvezőbbé válását, és a talaj vízgazdálkodási paramétereinek javulását idézték elő. A fenntartható szántóföldi talajművelési kísérletek alapján igazoltuk a napjaink egyik legkorszerűbb - GPS és RTK rendszerekre alapozott – talajművelési rendszerének komplex, az egész növénytermesztési térre gyakorolt kedvező hatását, ami az agronómiai hatékonyság fokozódását, és a növénytermesztési ágazat jövedelmezőségének növekedését egyaránt elősegíti.

Irodalomjegyzék

Ábrahám Rita, Érsek Tibor, Kuroli Géza, Németh Lajos, Reisinger Péter (2011) Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem Precíziós Mezőgazdaság és Precíziós Növényvédelem

Alakukku, L. (1999): Subsoil compaction due to wheel traffic (Review). Agricultural and food science in Finland. 8: 333-351. p.

Bádonyi K. – Madarász B. – Kertész Á. – Csepinszky B. (2008): A talajművelési módok és a talajerózió kapcsolatának vizsgálata zalai mintaterületen. Földrajzi Értesítő LVII. (1-2) 147-167. p.

Birkás M. 1993. Talajművelés. In: Földműveléstan (Szerk. Nyiri L.). Mezőgazda Kiadó. Budapest. 96-191.

Birkás M. (1995): Energiatakarékos, talajvédő és kímélő talajművelés. GATE KTI Egyetemi jegyzet, Gödöllő

Birkás M. (2000): A talajtömörödés helyzete Magyarországon. Következményei és enyhítésének lehetőségei. MTA Doktori Értekezés, Budapest

Birkás M. (2001): Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban. 121-161. p. IN: Birkás M. (Szerk.): Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban. Akaprint Nyomdaipari Kft. Budapest. 292 p.

Birkás M. (Szerk.) (2002): Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés. Akaprint Nyomdaipari Kft.

Birkás M. (2005): A talaj minőségének javítása, fenntartása. 245-266. p. IN: Stefanovits P. – Michélie E. (Szerk.): A talajok jelentősége a XXI. Században. Marosi-Print Kft. Budapest, 403 p.

Birkás M. (2006): A környezetkímélő, takarékos művelés gyakorlati alkalmazhatósága. 197-283 p. IN: BIRKÁS M. (Szerk.): Környezetkímélő alkalmazkodó talajművelés. Akaprint Nyomdaipari Kft. ISBN 963 06 0259 8

Birkás M. – Jug, D. – Kisic, I. – Seremesic, S. (2011): A talajművelés helyzete és kilátásai. Agroforum. XXII. (10) 24-29. p.

Borsos J. – Pusztai P. – Radics L. – Szemán L. – Tomposné L. V. (1994): Szántóföldi Növénytermesztéstan. Budapest. (www.mek.oszk.hu)

Buchner, W. – K, Köller. 1990. Integrierte Bodenarbeitsung. Ulmer, Stuttgart.

Chapman, D.J.-O`Sullivan, M.F.: (1991). The cone penetrometer in relation to trafficability, compaction, and tillage. Soil Analysis (Physical Methods) ed: K. A. Smith, C.E. Mullis. 399-429.

Conservation Technology Information Center. (1988). Conservation tillage adoption: A survey of research and education needs. Conservation Technology Information Center, West Lafayette.

Daróczi, S. - Lelkes, J. 1999. A szarvasi Penetronik talajvizsgáló nyomószonda alkalmazása. Gyakorlati Agrofórum. Különszám a talajművelésről. 10. 7. 16-18

Dr. Antal József Növénytermesztők zsebkönyve Mezőgazdasági Kiadó Budapest, 1983.

Entry, J. A. – Reeves, D. W. – Mudd, E. – Lee, W. J. – Guertal, E. – Raper, R. L. (1996): Influence of compaction from wheel traffic and tillage on arbuscular mycorrhizae infection and nutrient uptake by Zea mays. Plant and Soil 180: 139-146. p.

Fountas, S. Blackmore, S. – Ess, D. – Hawkins, S. – Blumhoff, G. – Lowenberg – Deboer, J. – Sorensen, C. G. (2005): Farmer experience with Precision Agriculture in Denmark and US Eastern Corn Belt. Precision Agriculture, 6 121- 141 pp.

Gerik, T. J. – Morrison, J. E. – Chichester, F. W. (1987): Effects of Controlled-Traffic on Soil Physical Properties and Crop Rooting. Agronomy Journal 79: (3) 434-438. p.

Gyárfás J. 1918 Baross kukoricatermesztő rendszere és annak eredményei - Magyar Földműves,

Győrffy B. (1999): A biogazdálkodástól a precíziós mezőgazdaságig. III. Nemzetközi Tudományos Szeminárium, Debrecen 1999. 63-69.

Gyuricza Cs. – Farkas Cs. – Baráth Csné – Birkás M. – Murányi A. (1998): A penetrációs ellenállás vizsgálata talajművelési tartamkísérletben gödöllői barna erdőtalajon. Növénytermelés, 47: (2) 199-212. p.

Gyuricza Cs. (2000): Az értékőrző és hagyományos talajművelés egyes fizikai és biológiai hatásainak értékelése. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő

Gyuricza Cs. (2001a): A szántóföldi talajhasználat környezetvédelmi vonatkozásai. 175-190. p. IN: Gyuricza Cs. (Szerk.): A szántóföldi talajhasználat alapjai. Akaprint Nyomdaipari Kft. 197 p.

Gyuricza Cs. (2004): A szántóföldi talajhasználat és az üvegházhatás összefüggései mért adatok alapján. 47-60. p. IN: Birkás M. – Gyuricza Cs. (Szerk.): Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség. Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft.

Hayes W.A. (1982): Minimum tillage farming. No-Till Farmer, Inc Brookfield, Wisc.

Holland, J. M. (2004): The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. Agriculture, Ecosystems and Environment 103: 1–25. p

Husnjak, S. – Filipovic, D. – Kosutic, S. (2002): Influence of different tillage systems on soil physical properties and crop yield. Rostlinná Vyroba. 48: (6) 249–254. p

Huzsvai L. – Rátonyi T. – Nagy J. – Megyes A. (2003): A talajkímélő művelés hatása a talaj fizikai tulajdonságaira és a szervesanyag-körforgalmára. Debreceni Agrártudományi Közlemények – Acta Agraria Debreceniensis 12: 42-45. p. 59.

Kalmár S. (2010) Precíziós növénytermelés üzemgazdaságossági összefüggései Phd értekezés 29 p.

Kemenes E. (1961) A földművelés irányelvei, Akadémia Kiadó, Budapest

Kertész Á. – Madarász B. – Csepinszky B. – Bádonyi K. – Benke Sz. (2009): A talajkímélő mezőgazdaság szerepe a talajerózió elleni védekezésben és a biodiverzitás megőrzésében. 500-507. p. IN: Németh Á. CS. (Szerk.) „Lokalizáció – megoldás a fenntarthatóságra?” 51. Georgikon Napok Keszthely. (ISBN:978 963 9639 34 8)

Kismányoki A. (2010): Agrotechnikai tényezők hatása a kultúrnövényekre és a gyomosodásra. Doktori (PhD) értekezés, Keszthely

Koeller, K. (1982). Experiences with ploughless tillage systems in the RFG. Istro, Osijek

Koolen, A. J. – Kuipers, H. (1983): Agricultural soil mechanics. Springer- Verlag. Berlin. 356.

László, P. (2007): A direktvetéssel és bakhátas gazdálkodási rendszerek hatása a talaj fizikai és biológiai állapotára. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő

Lőrincz, Zs. (2007): Kockázatelemzés a növénytermesztésben PhD értekezés 159 p.

Mannering, J. V. Schertz, D.L. and Julian, B.A. 1987. In „Effects of Conservation Tillage on Groundwater Quality: Nitrates and Pesticides” (R. J. Loagan, J. M. Davidson, J. L. Baker, and M.R. Overcash, eds.) pp. 3-17, Lewis, Chelsea, Michigan.

Manninger István (1986): A talaj sekély művelése, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

Manninger G.A.(1938) A különböző nyári talajművelési eljárások összehasonlító vizsgálata. Mezőgazdasági Kutatások, 11/3. 91-100

Meyer, L. D. and J. V. Mannering. 1961. Minimum tillage for: its effect on infiltration and erosion. AGRICULTURAL ENGINEERING 42(1):72-75. H6-H7

Nagy J. (1996): A növényszám és a talajművelés kölcsönhatása a kukoricatermesztésben. Növénytermelés, 5-6. 1996. 543-552.p.

Nagyváthy J. (1821) Magyar Practicus termesztő, Trattner J Nyomda, Budapest

Németh T. - Neményi M. - Harnos Zs. (2007): A Precíziós Mezőgazdaság Módszertana. Szeged, MTA TAKI 239. p.

Nyiri L. (1993): Földműveléstan Mezőgazda Kiadó, Budapest

Patterson D.E. (1984) The performance of reduced and traditional cultivation systems in long term cereal experiments in England Silsoe, N.I. AE.

Pepó P. – Sárvári M. Gabonanövények termesztése Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem

Radford, B. J. – Key, A. J. – Robertson, L. N. – Thomas, G. A. (1995): Conservation tillage increases soil water storage, soil animal populations, grain yield and response to fertiliser in the semiarid subtropics. Aust. J. Exp. Agric. 35: 223-232. p.

Rajkai K. (2004): A víz mennyisége, eloszlása és áramlása a talajban. MTA TAKI, Budapest.

Rátonyi T. (1999): A talaj fizikai állapotának penetrométeres vizsgálata talajművelési tartamkísérletben. Doktori (PhD) értekezés. Debrecen

Schmidt R. (2011): Földműveléstan. Agrármérnöki MSc szak. TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0010 projekt 118 p

Stingli A. (2007): A talajhasználat hatása a mikrotermőhely egyes élőlényeire. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő

Sulyok D. (2005): Az alternatív talajművelési rendszerek eredményességének vizsgálata, Doktori (PhD) értekezés, Debrecen

Sulyok D. (2011): A kukoricatermesztés jelene, jövője agrár-közgazdasági szemszögből Agrofórum Extra 42. 2011. február, p. 14-16.

Szöllősi N. – Juhász Cs. – Zsembeli J. – Kovács Gy. (2009): A fenntartható növénytermesztés megvalósulása különböző talajművelési rendszerekben. 923-929. p. IN: Németh Á. CS. (Szerk.): „Lokalizáció - megoldás a fenntarthatóságra?” 51. Georgikon Napok, Keszthely. Pannon Agrártudományi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar (ISBN:978 963 9639 34 8)

Stefanovits Pál, Székely Ágnes: Földtani Közlöny 1963 A Magyarhoni Földtani Társulat folyóirata/XCIII. kötet Agyagásvány-füzet

Tardy J. – Csúzdi CS. – Kertész Á. – Ssendrei G. – Zámbo L. (2005): Talajok mint védendő természeti értékek (Gondolatok a talajtakaró és a természetvédelem kapcsolatához) 291-306. p. IN: Stefanovits P. – Michéi E. (Szerk.): A talajok jelentősége a XXI. Században. Marosi-Print Kft. Budapest, 403 p.

Tóth G. 2003. Fönntartható mezőgazdasági földhasználat: az integrált tervezés lehetőségei. Földrajzi Értesítő LII. évf. 3-4. pp215-227

Unger PW, Parker JJ (1976) Evaporation reduction from soil with wheat, sorghum, and cotton residues. Soil Science Society of America Journal 40, 938-942. p

Unger, P.W. (1996). Dry no-tillage winter wheat response to planter type. J Prod. Agric. 9:256-260,

Ussiri D. A., Lal R. (2009): Long-term tillage effects on soil carbon storage and carbon dioxide emissions in continous corn croopping system from an alfisol in Ohio. Soil Till Res, 104 39-47. P.

Várallyay J. (1947): Beszámoló a Földművelésügyi Minisztérium rendeletére 1939-1942. években végzett talajművelési kísérletek eredményeiről. Mosonmagyaróvár

Virág S. (2005): A művelés hatása a talajok rögzépződésére és a rögaprítás energetikai összefüggései. Doktori (PhD) értekezés. Debrecen

Zsembeli J. (2001) A felszínalakítás és takarás hatása a talaj vízmérlegére és hőmérsékletére liziméterekben

Internetes források :

I1: <http://www.myrazonit.ro/newsletter-20120403.html>

I2: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_fenntarthato_mg_rendszerek_es_kornyezettechnologia/ch01s04.html

I3: <http://www.gazdagephirdetes.hu/talaj-talajmuvelo/talajmuvelo-rendszerek>

I4: <http://www.agroforce.hu/302>