

SZEMLE

Hátráltató és előrevivő tényezők a hazai talajművelésben

BIRKÁS Márta, BALLA István, GYURICZA Csaba, *KENDE Zoltán, KOVÁCS Gergő Péter,
PERCZE Attila

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet,
Gödöllő

(Beérkezett: 2021.10.01.; Elfogadva: 2021.11.09.)

Bevezetés

A talajművelés célja a talaj kedvező fizikai és biológiai állapotának fenntartása, szükség esetén javítása olyan mélységig, amely megfelel a talajvédelmi és a termeszési feladatoknak (BIRKÁS 2011). Ez a cél a kezdetektől máig számos felmerülő feladat teljesítésével módosult. A talajművelés történetében két tényező minősíthető kritikusként, a sokszántásos rendszer, valamint a növények igényének túlbecslése, mivel hozzájárulnak a talajminőség romlásához (BIRKÁS, et al. 2017). A sokszántásos rendszerek az 1700-as évek közepétől száz évig domináltak a talajművelésben (BIRKÁS, et al. 2018a), de a talajminőség romlását szinte csak a gyakorlattal kapcsolatot tartó szakírók észlelték. CSERHÁTI (1900) a bajok fő okát a nagy művelési menetszámban és a művelések rossz időzítésében állapította meg. A talajminőség romlására a száraz években hatványozódó művelési és termeszési nehézségek is felhívták a figyelmet (MILHOFFER 1897). A Köztelek szaklapban a jelenség leírása mellett néhány szerző kárenyhítő megoldásokra is kísérletet tett (BEKE 1922; BLASCSOK 1923; KERPELY 1910; TOKAJI 1932). A művelési gyakorlatra azonban nagyobb hatással volt GYÁRFÁS (1925) könyve, mivel a szerző nem határolódott el a szántástól, javaslataiban a szántások számának csökkentése és az őszi szántott talajok tavaszi újraszántásának mellőzése szerepelt.

A mélyebb művelés szükségességére először CSERHÁTI (1891) hívta fel a figyelmet, abban az időszakban, amikor a 20 cm-nél kissé mélyebb művelés is előrehaladásnak bizonyult. Az 1950-es évek végétől célzott kísérletek kezdődtek a lazult réteg mélyítésére, és két mélyebb művelés között költségében is racionális rendszerek alkalmazására (SIPOS, 1978). Az 1960-as és az 1970-es években a talajművelési és a növénytermesztési tudomány és a gyakorlat előrehaladását segítő tartamkísérletek folytak Debrecenben, Karcagon, Keszthelyen, Kompolton, Martonvásáron, Mosonmagyaróváron és Nyíregyházán, a főbb hazai talajtípusokon

*Levelező szerző: KENDE ZOLTÁN Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem,
Növénytermesztési-tudományok Intézet, Gödöllő, Páter Károly u. 1.
E-mail: kende.zoltan@uni-mate.hu

(BIRKÁS, et al. 2017, 2018a). A kísérletek eredményei a szaklapokon kívül a különböző tankönyvekben is – pl. SIPOS (1972) és NYIRI (1993) szerkesztésében – bemutatásra kerültek. A kísérleti munka több intézményben jelenleg is folyik, folyamatosan új kutatási célokkal kibővülve.

A művelési gyakorlat a rendszerváltásig a nyugat-európai és az észak-amerikai eredményekhez képest elmaradt, talajkímélőnek mondható megoldásokat a szántóterület 20–25%-án alkalmaztak. Három évtized múlva érdemi felzárkózás történt, amelyben a szakértelem megerősödése, valamint a modern gépek is szerepet játszottak (BIRKÁS, et al. 2017). A külföldön kidolgozott új talajművelési módszerek kezdetben főként az oktatásra és a kísérletezésre hatottak, újabban azonban, a szélesebb kitekintés révén, a gyakorlatra is (BIRKÁS, et al. 2017). Napjainkban a talajminőség kémelés és javítás feladata a klímakárok súlyosságának csökkentésével egészül ki (BIRKÁS, et al. 2018b; BOGUNOVIĆ, et al. 2019). A klíma-károk enyhítése a hazai körülményekre kidolgozott megoldások elterjesztését is szükségessé teszi (DEKEMATI, et al. 2019).

A kémelő művelés növekvő arányú alkalmazása a talajminőség javulását igazolja (DEKEMATI, et al. 2019; JUG, et al. 2019; KLIK és ROZNER 2020). A kedvező észlelések között van a vízbefogadásra alkalmas lazult réteg mélység, a jól időzített, mérsékelt talajbolygatással összefüggő szervesanyag és a felszín védelem, a biológiai élet pezsdülése, továbbá a mérsékelt klíma-kitettség (DEKEMATI, et al. 2021; GYURICZA, et al. 2015; KUHN, et al. 2016). A növénytermesztés biztonsága érdekében szükséges lazult réteg mélység kialakítása művelési beavatkozást kíván (ARVIDSSON, et al. 2013), a fenntartása azonban művelési módszerváltást tesz szükségessé (SOANE, et al. 2012). A szervesanyag védelemben a talajba juttatás alapvető feltétel, amely szervesanyag kémelő műveléssel állandósítható (BILANDŽIJA, et al. 2017; SLEPETIENE és SLEPETYS 2005). A felszínvédelem a klímaváltozás kedvezőtlen hatásainak felismerése óta vált alapvető talajminőség kémelő tényezővé (KADER, et al. 2017; KALMÁR, et al. 2013). A talajminőség tényezők újabbakkal egészültek ki úgy, mint a földigiliszta tevékenység, talajszerkezet védelem, klíma tolerancia (DEKEMATI, et al. 2019, 2020; JUG, et al. 2018). A talajkímelő művelés kedvező hatásainak észlelése ellenére a szántás alkalmazása iránti igény országunkban megmaradt; a vele összefüggő káros jelenségek miatt javulás akkor várható a talajok minőségében, ha a szántások aránya jelentősen lecsökken (BIRKÁS, et al. 2018a).

Előrelépés az 1900-as évek elején

A talajművelés fejlődését a kezdetektől behatárolták a talajra jórészt ártalmas és megrögzött szokások. A művelések termésre gyakorolt hatása az eke egyeduralmának századai alatt nem volt bírálati szempont (BIRKÁS, et al. 2017). Ezért a szokásos művelési megoldásoknál jobb módszereket kimunkáló szerzők erőfeszítései ténylegesen csak a jelen korban kaphatnak méltó elismerést. A külföldön kidolgozott módszerek hazai bemutatását a művelés előrehaladásáért tenni kész szakemberek tették lehetővé. Az észak-amerikai Campbell rendszere (CAMPBELL 1907) iránti érdeklődést a 'dry farming' jelző keltette fel, mivel a száraz

időszakok művelési nehézségeket okoztak a 20. század elején országunkban. A gazdalapokban közel száz cikk foglalkozott a Campbell elvekkkel és az ezek nyomán beállított kísérletek eredményeivel. Az eredmények elmaradtak az elvárásoktól. Nem csoda, mivel CAMPBELL könyvét (1907) olvasva kiderült, hogy az őszi búza alá 12–14 művelési menetet, a tavaszi vetésű növények alá pedig 20 menetet alkalmaztak. A sok talajbolygatás a talajok degradációjához vezetett, így érthető, miért lett a neve ennek az időszaknak Észak-Amerikában a “Campbell-boom” (BIRKÁS 2003). Pozitívumnak a szántott talaj mélytömörítő hengerrel való elmunkálása és a síkklapú tárcsa alkalmazása mondható (BIRKÁS 2003). A Campbell-féle tárcsa lehetőséget adott az eke elhagyására a tarlóművelésben és az őszi vetésű növények alpművelésében (BAROSS 1909; BIRKÁS 2003; MANNINGER 1957). A Campbell módszerre alapozott kísérletek nem hoztak olyan érdemi eredményt, amely változást hozott volna a hazai művelési gyakorlatban. A Bippart-féle elvek időleges érdeklődést keltettek, bár a szántás értékének megkérdőjelezése mégis ebben az időben kezdődött el (BEKE 1922). A vizsgálatok megmutatták, hogy a megszokottól eltérő módon is lehet a talajokat művelni. A kultivátor megjelenése további esélyt kínált arra, hogy az őszi gabonák a szántottnál kedvezőbb állapotú talajba kerüljenek (MANNINGER 1938, 1957). A földműveléstani tankönyvekből (v.ö. NYIRI 1993) ismert francia Jean ugyancsak kultivátorral készítette elő a talajt az őszi búza vetéséhez. GYÁRFÁS (1925) leírta ezt a módszert, de nem értékelt. BAROSS (1909) és MANNINGER (1938) nevéhez köthetők az okszerű szántás nélküli művelés első eredményei. Bizonyították, hogy az őszi búza művelési rendszeréből a szántás termesztési kockázat nélkül elhagyható, eke helyett síkklapú tárcsa és a kultivátor használatával. Ezen felül KEMENESY (1924) és MANNINGER (1957) elsőként irányították a figyelmet a biológiai talajművelésre. MANNINGER (1957) érdeme továbbá az okszerű sekélyművelés gyakorlatának kidolgozása, amelyet mélyebb lazítást követően javasolt alkalmazásra.

Nagy hatása volt a hazai művelési gyakorlatra a SIPOS (1966, 1978) által 1958–1968 között kötött csernozjom, réti és szikes talajokon kidolgozott periódusos mélyművelésnek, amely lehetőséget kínált a sekélyművelés kockázat nélküli alkalmazására is. A művelés optimális és gazdaságos mélységének és módjának, a várható tartamhatásnak meghatározása, a növények reagálásának ismerete lehetővé tette a művelési ráfordítások csökkentését két mélyművelés között. SIPOS (1966) rámutatott, hogy a talaj fizikai állapotának javulása a talaj biológia folyamataira is kedvező hatással van. Eredményei alapján kijelentette, hogy a nehéz művelésű réti és szikes talajokon a talajlazítás biztonságosabban alkalmazható, mint a szántás. E megállapítása a kötött talajokon napjainkban nyer hasznos értelmet. A mélyebb művelések tartamhatását a korabeli időjárási körülmények között 2–4 évig ki lehetett mutatni (SZALAI 1999), azonban napjainkban, vélhetően a heves esők ülepítő hatásának betudhatóan ilyen kedvező hatás általánosan nem észlelhető. SIPOS (1978) érdeme, hogy kellő időben hívta fel a figyelmet a növények mélyebb gyökerezését elősegítő talajállapot kialakítására vagy fenntartására. Ezek a tényezők kiemelten fontosak napjainkban az érdemi klímakár csökkentésben (KENDE 2019).

Talajvédő művelési módszerek Magyarországon

A hazai talajművelésre, mint fentebb jeleztük nem hatottak átütő erővel az 1960-as évek előtti irányzatok, köztük Campbell dry farmingja vagy Bippart ekeellenes mozgalma (BIRKÁS 2003). Ellenben máig kimutatható a hatása az Észak-Amerikából indult talajvédő irányzatoknak (ALLEN és FENSTER 1986; SCHERTZ 1988), amelyek megvalósítása a korábbiaktól gyökeresen eltérő hozzáállással volt lehetséges. A magyar gyakorlatban nagyobb területen alkalmazott talajkímélő módszerek mindegyike forgatás nélküli, mulcshagyó. Négy módszer került alkalmazásba, a direktvetés, a lazításos, a sávos, a kultivátoros és a tárcsás művelés (BIRKÁS, et al. 2015a). Jelen tanulmányban kiemelten utalunk a Hatvan térségében csernozjom talajon 2002-ben beállított tartamkísérlet eredményeire.

Direktvetés

A direktvetés bolygatatlan talajba történő vetés erre alkalmas vetőgéppel. Az eszköz vetősor nyitó elemekből, vetőelemből és a bevetett sort lezáró hengerből áll (MORRIS, et al. 2010). A direktvetés iránti érdeklődést elsősorban talajvédő hatása keltette fel (LAL, et al. 2007), továbbá, száraz vidékeken, világszerte a csekély talajbolygatásból adódó hatékony nedvesség visszatartás (GUAN, et al. 2015; JUG, et al. 2019).

A magyar direktvetés kutatások első szakasza (1962–1974) egybeesett a szántóföldi növények művelésmélység igényének, a művelési és trágyázási rendszerek összefüggéseinek kutatásával (GYÖRFFY és SZABÓ 1969). A korábban nem ismert új módszert hasonlították össze a hagyományos és a csökkentett művelési módszerekkel. Az első kísérletek változatos éghajlati és talajviszonyok között folytak, kalászosokkal, kukoricával és napraforgóval (GYÖRFFY 1964; KOLTAY 1974; ZSEMBELI, et al. 2015). A direktvetés kutatások második szakaszában (1975–1990) a korábbi kutatóhelyeken a tartamkísérletek a technológiai kimunkálással egészültek ki (BIRKÁS, et al. 1997, 1998). A direktvetéses kutatások harmadik szakaszában (1991–2000) a tudományos, a technológiai fejlesztési és a szántóföldi parcellás kísérletek párhuzamosan folytak, mintegy 100 hektár területen. A negyedik kutatási időszakban (2001–2015) nagyparcellás direktvetés kísérletek is folytak, a kutatások fő témái a termésen kívül a talaj állapotára, a gyomosodásra, a gyomflóra változásaira gyakorolt hatás, a gazdaságosság és a szárazgazdálkodásban való alkalmazhatóság voltak (BIRKÁS, et al. 2015a, BIRKÁS, et al. 2018a; KENDE, et al. 2017). A direktvetés hazai történetének ötödik kutatási szakasza napjainkra tehető, amikor a keskeny magárokba vetést a sávos műveléssel vagy a teljes felületi porhanyítás és vetés módszerével hasonlítják össze a szántóföldeken. Az újabb hazai kutatások a hosszabb időszakot felölelő talajállapot változások, a szerves széntartalom és a földigiliszta egyedszám vizsgálataira is kiterjednek (DEKEMATI, et al. 2019; 2020).

A hazai direktvetés kísérletek folytatásában bizonyára szerepet játszik az is, hogy változatlanul népszerű kutatási téma világszerte (JUG, et al. 2019; SOANE, et al. 2012; QINGJIE, et al. 2014). A külföldön publikált eredmények számos pozitívuma (pl. CANNELL 1985) megjelent a hazai kísérletek eredményei között is (ZSEMBELI,

et al. 2015), azonban a termés szintje többnyire elmaradt más talajkímélő módszerek (pl. mulcs-művelés, lazításos művelés) mögött (BIRKÁS, et al. 2015a). KENDE és munkatársainak (2017) adatai szerint száraz idényben a direktvetéssel kapott termés nagyobb lehet a más műveléssel elértnél, de a szintje ekkor is alacsonyabb a termőhelyre jellemző értéknél. A hazai direktvetés kísérletek fontos konklúziója az, hogy e módszer előnyei – folyamatosság esetén – csak a hatodik-hetedik évtől észlelhetők. Hasonló eredményekről számolt be CANNELL (1985), KLIK és ROZNER (2020), kísérleti adatok értékelésekor. A pozitívumok pl. több nedvesség a talajban, lassú, de fokozatos állapot-javulás, növekvő humusztartalom (CANNELL és HAWES 1994; KENDE 2019) aktívabb földigilisza tevékenység (DEKEMATI, et al. 2019, 2020) a kísérletek folytatására ösztönöznek. A talaj helyben tartását az erózió által veszélyeztetett területeke, a csekély bolygatásnak és a tarlómaradványokkal takarásnak tudták be (LAL, et al. 2007). KADER és munkatársai (2017) a talajszerkezet javulását is észlelték. Kísérletünkben a porosodás csökkenése volt szembetűnő (BIRKÁS, et al. 2015b). A direktvetéssel elért termés összhangban van a ráfordításokkal (BIRKÁS, et al. 1997; 1998; JUG, et al. 2019). A kártevők és kórokozók túlélése bekövetkezhet, de idővel biológiai egyensúly alakul ki (KLIK és ROZNER 2020). A korábban hátránynak tartott alacsony hőmérséklet tavaszi vetéskor (CANNELL 1985) napjainkban a talaj korai felmelegedése miatt magyar viszonylatban inkább előnyös. A növényváltást a kártevők, kórokozók és a gyomok korlátozása is indokolja (LAL, et al. 2007; KENDE, et al. 2017). A direktvetésre áttérés első éveiben a hagyományos rendszerben tipikus ülepedés várható (BIRKÁS, 2006). Feltételezhető, hogy ha a talaj a gyökérszóna mélységéig tömörödött, a direktvetés bevezetése kockázatosabb (BIRKÁS, 2006). Ugyanakkor, ha a talaj állapota javul, a mélyebb gyökerezés akadályá megszűnik (GUAN, et al. 2015). Ismert, hogy a feltalaj gazdagabb humuszban és tápanyagokban, a mélyebb rétegeké szegényebb (LAL, et al. 2007). A mikrobiológiai tevékenység a feltalajban a tarlómaradványok jelenléte miatt folyamatosan aktív (KADER, et al. 2017). A gyomosodás a direktvetés első éveiben kritikus, amely a hatékony irtás után elfogadható szintre csökken (KENDE, et al. 2017). Ezen felül eltérő tenyészidejű növények váltásával a veszélyes gyomok elterjedése is eredményesen korlátozható. A direktvetés jövőjét a hazai változó talajadottságú szántóföldeken az időjárási szélsőségek fogják befolyásolni. A száraz időszakok gyakoribbá válása vélhetően a direktvetés előtérbe kerülését mozdíthatja elő, több termőhelyen.

A mulch-till hazai viszonylatban a direktvetésnél gyorsabban terjedt és elfogadását kevesebb ellenállás kísérte (BIRKÁS, et al. 2015a). A talajvédelmi feltételeknek való megfelelés (MORRIS, et al. 2010) gyakran elmaradt az ajánlottól ($\geq 30\%$ felszintakarás), ugyanakkor a 10–20% felszíni takarás elfogadása is előrelépésnek tekinthető a korábban elfogadott tiszta felszínhez képest.

Talajlazítás

A középmély-lazítás a legalább 40–45 cm mélységig terjedő lazult réteg kialakítása, valamint a felszín védelem (25–35% takarás) révén került a talajvédelmi módszerek közé. A célja, összehasonlítva a SIPOS féle (1966) periódusos

mélyműveléssel, a jelen körülményekhez való alkalmazás. A kedvező fizikai körülményekre ugyanis általában egy tenyészidőben lehet számítani, amely eddig elegendőnek bizonyult a klíma szélsőségek hatásainak időleges enyhítéséhez (BIRKÁS, et al. 2015a). A talajlazítás a szántás által okozott tömör rétegek enyhítésének legfontosabb eszközévé vált száraz és mérsékelt nedves talajon. A lazult réteg mélység kiterjesztése a jobb vízbefogadás és tárolás révén (BIRKÁS, et al. 2018a), fontos szerepet kap a klímakár csökkentésben (JUG, et al. 2019). A mélyebb lazult rétegben mélyebbre hatoltak a gyökerek, amely hosszabb szárazság tűrést eredményez (WANG, et al. 2019). A lazított talaj felszíne többnyire egyenletes marad, a kisebb felszínnek betudhatóan mérsékelt a vízvesztés (BIRKÁS, et al. 2015b). Ellenben a száraz és tömör talajokon végzett lazítás után a felszín elmunkálásra szorul. A Hatvan térségi tartamkísérletben a talajlazítás szélsőséges időjárás esetén is igazolta a mélyebb lazult réteg előnyét, különösen a szántással szemben (BIRKÁS, et al. 2015b). A magyar gyakorlatban a talajlazítást a mélyebben gyökerező növények (repce, cukorrépa, kukorica, szója, napraforgó) alapművelésére alkalmazzák. Kevésbé a talaj állapota szerint döntenek, inkább a növények vélt lazultság igényét veszik alapul. A monitoring vizsgálatok azt igazolják, hogy a talajlazítás szükségességének megítélésében a talaj adott állapota lehet a mértékadó. Erősen ülepedett talajon ki kell alakítani a gyökerezést segítő lazultságot a kívánt mélységig, lehetőleg durva beavatkozások nélkül (CANNELL 1985). Ugyanakkor, ha a talaj mélyen lazult, kockázat nélkül elhagyható a talaj mély bolygatása. Ez az esély azonban csak egzakt talajállapot ismeret esetén használható ki (BIRKÁS, et al. 2015b). A lazított felszín takarása és kedvezően lazult állapota jó életteret nyújt a földigiliszta tevékenységhez (BIRKÁS, et al. 2015a; DEKEMATI, et al. 2020). A talajlazítás energiaigénye azonos talaj és művelési körülmények esetén alacsonyabb a szántásos rendszernél (BIRKÁS, et al. 2017). A talajlazítással kialakított kedvező felszíni állapot elősegíti a gyomkelést, ezáltal esélyt ad a hatékony irtásra. A lazítás szabályainak betartásával ki lehet használni a talajállapot javulása révén előállt előnyöket (BIRKÁS, et al. 2015a), a talaj féleségétől függetlenül.

A szakirodalomban a talajlazítást szükségessége szerint értékeli (CANNELL 1985; ARVIDSSON, et al. 2013). A talajlazítás jövőbeni alkalmazását hazai viszonylatban vélhetően befolyásolja a vízbefogadás és tárolás szükségessége, az ülepedett állapot enyhítésének fontossága, továbbá a lazult réteg mélység és a felszínvédelem együttes kedvező hatásának kihasználása, kiemelten száraz idényekben.

Sávos művelés

A művelési beavatkozások csökkentésének viszonylag új módszere a sávos művelés, amely a talajfelület harmadát bolygatja meg (CTIC 2000). A tarlómaradványokat a művelt sávról a sorközökbe tolják, a vetést a művelt sávokban végzik őszelel vagy tavasszal (MORRIS, et al. 2010). A sávos művelés végső soron művelt sávok létrehozása és bolygatatlan sávok hagyása talaj és nedvesség védelmi céllal. A sávos művelés alap gépe (lazító, egyengető tárcsa, lezáró henger kombinációja) eltér a szokásos eszközöktől, amely a gyors terjedés akadálya is lehet. MORRIS és munkatársai (2010) aláhúzták, hogy a művelt sávokban a talaj a vetésig

kellő mértékben felmelegszik. Ugyanakkor a takaratlan sávok ki vannak téve a heves esőzések, valamint olykor a hő stressz kedvezőtlen hatásának

A sávos művelést eredendően széles sorközü növények termesztésére fejlesztették ki, bár napjainkban kalászosokkal is folynak kísérletek. Ez a rendszer a korábbiaktól lényegesen eltérő megoldást tartalmaz (CANNELL 1985), amelyben a művelési hibákat nem lehet ráborított talajjal eltakarni. A most még előadódó nehézségek a technikai előrehaladással vélhetően mérséklődnek. Fontos a sávos művelést megelőző időszak, amikor mélyebb lazultságot hoznak létre a tarlómaradványok bekeverésével együtt a módszer bevezetését segítő. Ugyancsak lényeges a sávos művelést egy évre megszakító időszak, amikor mélyen átlazítják a felső 0–40 cm talajréteget (BIRKÁS, et al. 2018a) és a tarlómaradványokat a művelt rétegbe keverik. További feladat a gyomirtás szakszerűsége az új módszer bevezetése előtt. Később a sorközművelés és a kémiai gyomirtás kombinációja hozzájárulhat a talaj gyommag tartalmának csökkenéséhez. Ugyanakkor a gyomkorlátozással való késlekedés kritikus helyzetet idézhet elő. A bolygatatlan sávok a talaj és nedvesség kímélésben játszanak szerepet. Úgy találtuk, a tarlómaradványok feltáródása a bolygatatlan sávokban a tenyészidő alatt végbemegy, akkor, ha a szárazakat a lehető legkisebbre zúzzák. Mivel a művelt sávok takaratlanok, a földigiliszták életterének inkább a bolygatatlan sávok felelnek meg. A talaj felső rétege 3–4 év alatt váltakozva művelik és bolygatatlanul hagyják (BIRKÁS, et al. 2018a). Európában CANNELL (1985) elsőként mutatott rá a sávos művelés hasznosságára. A sávos művelés nagy előnye az üledett vagy tárcsatalp tömörődéssel terhelt állapotnál jobb körülmények kialakítása a növények termesztésére. Tudni kell, a sávos művelés az okos tarlómaradvány gazdálkodásnak betudhatóan talajnedvesség kímélő módszer. A sávos művelés előnyeit ismerve magyar viszonylatban lassú, de folyamatos terjedés várható.

Kultivátoros művelés

Ezt a művelési módot a mulcshagyás érdekében fejlesztették ki Észak-Amerikában. A gyengébb és nagyobb felszín takarást egyaránt elfogadták, tekintettel a termőhelyi körülményekre (SCHERTZ 1988). Magyarországon a kultivátorra alapozott művelést az 1980-as évek elejétől alkalmazzák (BIRKÁS, et al. 2015a), azonban az újabban jellemző kedveltséget a sekélyebb és mélyebb művelésre egyaránt alkalmas eszközök megjelenése tette lehetővé. A kultivátorok kíméletesen lazítják és porhanyítják a talajt, ezen felül a keverő hatásuk is kedvező. További előny a mérsékelt gyúrás és kenés nedves, járható talajon (BIRKÁS, et al. 2018a). A mérsékelt felszínemelkedés következtében a víz és szénvesztés is alacsony (BOGUNOVIĆ, et al. 2019). A felszínen lévő tarlómaradványoknak a fele marad a felszínen, a másik fele műveléskor a talaj bolygatott rétegébe kerül. A művelés mélysége a kultivátor felépítésétől és a munka céljától függ, vagyis lehet sekélyebb (10–15 cm) pl. tarlóművelésre, és mélyebb (25–35 cm) az alapművelésre (BIRKÁS, et al. 2015b). A kultivátoros művelés direkt gyomirtó hatása általában kérdéses. Az első években aggodalmat keltett az alkalmazóknál a kultivátorral művelt talajok nagyobb gyomossága. E jelenséget a tartamkísérletben is észleltük (KENDE, et al. 2017). Ugyanakkor a jobb talajállapot révén előállt jó gyomkelés lehetőséget ad a

gyomok hatékony irtására (KENDE, et al. 2017). A gyomosság elsődleges oka a talaj nagy gyommag tartalma, a másodlagos ok a gyomok tömeges keléssel való reagálása a kultivátorral kialakított kedvező talajállapotra. Ez utóbbi azonban lehetőséget ad a gyomkorlátozásra. Elsősorban kalászos növények tarlóján célszerű a gyomkelésre alkalmas állapot kialakítása. A hazai gyakorlatban a sekély, a nedvesség visszatartására alkalmas tarlóművelés alapozza meg a jó gyomkelést, amelyet mechanikai vagy kémiai módon lehet kezelni (KENDE, et al. 2017). A tartamkísérletben 2011 óta a gyakorlattól eltérő megoldást alkalmazunk, mivel a szalma maradványokkal jól takart bolygatatlan tarlókon hasonlóan jó a gyomkelés, mint sekély bolygatás esetén (KENDE, et al. 2017), így van esély a hatásos gyomirtásra. A mulcshagyó kultivátoros művelés alkalmazásakor a direktvetéstől eltérően elmarad a gyökerezést az első években gátló rétegződés, mélyebbre terjed a lazult-réteg mélyég. Ezen felül a kedvező morzsásodás már a 2–3. évben észlelhető, továbbá a tarlómaradványok egyenletes eloszlása a művelt rétegben földigiliszta élettérnek is kedvezőnek bizonyult (DEKEMATI, et al. 2019; KENDE 2019). A növények jó termés szintje, változóan csapadékos körülmények között, ugyancsak a kultivátoros művelés előnyeit igazolják (BIRKÁS, et al. 2018b; KENDE 2019).

A mulcshagyás korábban az utónövény fejlődését hátráltató tényezőnek minősült (CANNELL 1985), amely az utóbbi években előnnyé fordult (BIRKÁS, et al. 2018a). A kultivátoros művelés forgatás nélküli mód, amely a hagyományos felfogásban hátrány, ellenben a talajkímélő felfogásban előny a talajállapot javításában vagy a jó állapot fenntartásában. Napjainkban a kultivátoros művelés a lazult réteg mélység szerint igényes növények, vagyis a repce, szója, napraforgó, kukorica, cukorrépa alpművelésre is alkalmazható (BIRKÁS, et al. 2015a).

Megítélésünk szerint a kultivátoros művelés további terjedését két tényező mozdíthatja elő. Az egyik lehetőség annak felismerése, hogy a kultivátor talp-képzés nélkül alakít kedvező lazult réteg mélységet. A másik tényező a felszíntakarás, amely egyre fontosabb a klíma eredetű károk elleni védelemben.

Tárcsás művelés

Az 1960-as években indított 'minimum tillage' esetében a művelési beavatkozások és költségek csökkentésének törekvései között halványabb volt a talajvédelmi cél. Ennek tudható be, hogy Magyarországon egyoldalúan, a költségekre figyelő sekély tárcsás művelés rokonítható a 'minimum tillage' céljaival. A tárcsázás forgatás nélküli sekélyművelés, hatása a művelőelemek alakja (konkáv vagy síklapú) és mérete szerint is eltér (CHEN és TESSIER 1997). A lazult réteg mélység behatárolt (12–16 cm), a morzsa képzés csekély, ellenben a porosítás, különösen száraz talajon, erőteljes. A tarlómaradványok talajba keverése egyfelől kedvezőnek mondható, másfelől kedvezőtlennek, mivel védőtakarót a hagyományos tárcsa alacsony százalékban hagy. A hagyományos tárcsa tipikusan talp-képző, különösen nedves, kötött talajokon (BIRKÁS, et al. 2002; CHEN és TESSIER 1997). A tárcsa után a talajfelszín alakja a talaj nedvességétől függ. Száraz talajon durva, rögös felszín marad, ilyen esetben hengerrel szabad jártni a tárcsát. Ellenben nyirkos talajon közel egyenletes felszín alakul, amely elősegíti a nedvesség és a szénkímélést. A tárcsázás területteljesítménye jó, továbbá energiatakarékosnak is mondható (CANNELL 1985).

A tárcsás művelést világszerte számos célra alkalmazzák, így tarlóművelésre, sekély mélységű alapművelésre, valamint felszín elmunkálásra szántott vagy lazított talajon (MORRIS, et al. 2010). A tárcsa direkt gyomirtó hatása kérdéses, ugyanakkor a sekély talajbolygatással kelésre készített gyomokat gyéríteni lehet (KENDE, et al. 2017).

A tartamkísérletben a tárcsás művelés a rangsorban kedvezőtlen helyet kapott (BIRKÁS, et al. 2015b), amelynek oka a felszínhez közel kialakult tömörödés mellett a közel tiszta felszín nagyobb időjárási kitettsége, valamint a gyengébb termés volt. Ezek tudtával a tárcsás művelés a talajállapot romlás veszélye miatt csak erős fenntartásokkal sorolható a talajkímélő módszerek közé.

A tárcsás rendszer sekélyművelésen alapul, előnyeit és kockázatát eszerint célszerű értékelni (CHEN és TESSIER 1997). A tárcsás művelést főként az egyszerűsége miatt kedvelik országunkban, emiatt a kívánatosnál nagyobb arányban (cca. 10–15%) alkalmazzák az őszi gabonák alapművelésére. A rendszer alacsonyabb költségeit a gyengébb hozam esetenként fedezi, azonban a tárcsatalp tömörödés javítása a következő művelés költségeit növeli. Jelen klíma körülmények között a lazultréteg mélység várhatóan a korábbinál nagyobb jelentőséget kap. A sekély lazultréteg mélysége száraz és nedves időszakokban is kérdéses, ambefolyásolhatja a tárcsázás további alkalmazását.

Szántás

A szántás a talaj forgatásán alapuló alapművelési mód, vagyis a talajművelési rendszerben a forgatásos művelés dominál. Ebben az alfejezetben a szántáshoz kapcsolódó nehézségekre irányítjuk a figyelmet. A szántott réteg alatt nyirkos és nedves talajban tömör réteg (eketalp) alakul (CANNELL 1985). A tömör réteg a szántások ismétlődése révén kiterjed, erősen akadályozva a vízbefogadást, valamint a növények mélyebb gyökerezését (BIRKÁS, et al. 2015b). Az eketalp létrejötte száraz talajban elenyésző, de a korábban kialakult tömörödés nem enyhül, s nehézséget okoz a további idényekben. Az eketalp tömörödés LAL és munkatársai (2007) szerint csak egy az ekéhez kapcsolódó számos kedvezőtlen jelenség közül. BLAKE (1963) rámutatott, hogy szántáskor a magágy elvárásokhoz képest jelentősen lazább állapot alakul, amely csupán további beavatkozásokkal alakulhat az elvárásoknak megfelelően. Tartamkísérletünkben az ekére szerelt henger (Packomat) használata teszi lehetővé a vetést segítő állapot kialakulását, ezzel együtt a művelési menetszám csökkentését. LAL és munkatársai (2007) rámutattak arra is, hogy a forgatással előállt takaratlan felszín erősen érzékeny az időjárási hatásokra. Ezen felül szántáskor gyakran keletkeznek a nagy (≥ 100 mm) rögök vagy hantok, száraz és nedves talajon egyaránt. Az ilyen nehézségek kezelése a talaj nedvességtartalmától függően eltérő (BIRKÁS és JUG 2018). A térségünkre jellemző télhatás más termőhelyeken ott észlelhető, ahol hideg periódus is bekövetkezik. A télhatás napjainkban enyhébb, ezért a nagy rögök lazulása gyakran elmarad, ellenben nem csökken az ún. fagypor mennyisége (≥ 40 –50% egységnyi területen) a szántott talajok felszínén (BIRKÁS, et al. 2015b). A fagypor széjjel könnyen elmozdítható, ezen felül a tél végi esők eliszapolását követően kérgesedés következik be. Magyar viszonylatban régóta kritikusnak mondható a fagyhatás túlbecsülése. A vélt gyógyító hatás helyett az őszi hantok belseje összeállott marad, ugyanakkor a felszíni 1 cm réteg porrá alakul. Az

összel elmunkált szántott talaj felszínén az általánosan mértnél 70%-kal kevesebb fagypor alakult (BIRKÁS, et al. 2018b). A tarlómaradványok feltáródása a szántott talajban nedves és száraz körülmények esetén is hosszan elhúzódik (BIRKÁS, et al. 2015b). A frissen szántott talaj a szén-dioxid kibocsátása eléggé magas (BILANDZIJA, et al. 2017; LAL, et al. 2007; TÓTH, et al. 2017). A takaratlan felszín és a forgatás egyaránt kedvezőtlen élőhelyet nyújt a földigilisztáknak (DEKEMATI, et al. 2019, 2020). Nem szerencsés ugyanis a tarlómaradványok egy rétegben való aláforgatása, mert ekkor a földigiliszták nem férnek hozzá a táplálékhoz. A talaj nedvességtartalma ugyancsak befolyásoló tényező. OJHA és DEEPA (2014) aláhúzták, hogy a túl nedves és a túl száraz egyaránt kedvezőtlen élőhely. A szántás a talajnedvesség forgalom tekintetében is kritikus. Nedves idényekben az esővíz beáztatja a szántott réteget, de a talp réteg késlelteti a mélyebbre szivárgást. Száraz idényekben a rögzös felszín tipikusan vízvesztő közeggé válik (BIRKÁS, et al. 2018b). CANNELL (1985) szerint a rögzös magágy a csírázást és a kelést is jelentősen visszaveti. További gond a szántás túlbecsülése a gyomirtásban (KENDE, et al. 2017). A gyenge gyomkelés elfogadható száraz idényekben, de ekkor nincs lehetőség hatékony gyomirtásra. Korábban a talaj forgatását érdemi gyomirtó módszerként tartották számon (BOSTROM 1999; GRUBER, et al. 2012). Kétségtelen, az eke aláforgathatja a gyommagokat olyan mélyre, ahonnan nem csíráznak. Ez azonban kritikus, mivel az aláforgatott gyommagok nagyobb része évekig csíráképes marad, s a felszínhez közel kerülve ki is kel. Emiatt érthető, hogy a szántás szerepe a gyomirtásban átértékelődött (HAN, et al. 2013). Amint KENDE és munkatársai (2017) megjegyezték, a szántással aláforgatott gyommagok potenciális veszélyt jelentenek a következő évekre. A kedvezőtlen jelenségek ellenére a szántás ~30–40%-ban szerepel az őszi alapművelésben hazai viszonyok között. A fentebb leírtak szerint eléggé kérdéses a szántás besorolása a kímélő művelés módszerei közé. Hasonló megállapítások a szakirodalomban is olvashatók (JUG, et al. 2019; KLIK és ROZNER 2020; LAL, et al. 2007;).

A szántás jövőbeni alkalmazását elsősorban hazai viszonylatban is a talajvédelmi előírások szigorodása korlátozhatja. Ezen felül a klíma szélsőségek gyakorisága a szántást korábban kedvelőket is más megoldások választására készíthet.

Előre tekintés a talajminőség javítása érdekében

A klasszikus szerzők kedvező talajállapot létrehozását szorgalmazták a növények termesztésében (BIRKÁS, et al. 1989; CANNELL 1985). Ez az elv évszázadokon keresztül érvényesült, ezért az időszakot növény központúnak nevezzük (BIRKÁS, et al. 2015a). A növények igényének félreértelmezése azonban a talajállapot romlásához vezetett, amely ellen a talaj kiterjedt védelme kínált megoldást. Így ez az időszak a talaj központú elnevezést kapta (BIRKÁS, et al. 2015a). Az időjárási szélsőségek megjelenésekor a klímakár csökkentő időszak vette kezdetét (BIRKÁS 2011).

Napjainkban az aszályos és esős időszakok szélsőséges váltakozása a talajvédelmi feladatok megvalósítását akadályozó vagy azt nehezítő tényezővé vált (DEKEMATI, et al. 2020). Esős őszi időszakban betakarításkor és műveléskor is

nehezen javítható károk keletkeznek. A tél folyamán a hiedelmektől eltérően talajszerkezet javulás nem következik be (BIRKÁS, et al. 2015b). Ha a tavasz száraz, kevesebb hiba keletkezik magágykészítéskor és vetéskor, de az előző ősszel keletkezett károk javítására ilyenkor már nincs esély. Ha a szárazság nyáron és ősz elején következik be, lehetőség van az előző évi károk javítására akkor, ha okszerű tarlógondozás révén művelhető marad a talaj (KALMÁR, et al. 2013). Amikor az ősz közepe csapadékos, javításra nincs lehetőség, legfeljebb a művelési károk csökkentésére. A károk, ugyanúgy a megelőzés és javítás módszerei talajfélésegek szerint is eltérőek. ezért is egyre fontosabb a talajművelési tartamkísérletek szerepe. A jelenleg alkalmazott művelési rendszerek talajvédelmi szempontú értékelését jelen tanulmányban összegzőleg adjuk közre.

Következtetések

Áttekintve a magyar talajművelés előrehaladását, bemutatva a hátráltató és az előrevívő tényezőket, úgy látjuk, van esély a talajkímélő szemlélet kiszélesedésére. A művelési nehézségek közé a száraz és a nedves periódusok gyors változása, a váratlan időjárási események bekövetkezése, a takaróanyagként hasznosítható tarlómaradványok eltávolítása sorolható. A művelés előrehaladását segítő tényezők közé a talajállapot ismeret, a termőhelyi adaptáció, és a talajállapot javulásának esélye sorolható. A termesztés biztonságának megtartása komplex megoldásokat sürget, amelynek a talajminőség javítása képezi az alapját.

Összefoglalás

A magyar talajművelésben a kezdetektől az 1900-as évek közepéig a hagyományos szántásos rendszerek domináltak. Az ekék tökéletesedése révén a mélyebb szántások hozzájárultak a talajminőség romlásához.

Az 1900-as évek első évtizedeiben a külföldön kidolgozott művelési módszerek még kevesek érdeklődését keltették fel, azonban a szántásnál kedvezőbb körülmények létrehozása érdemi figyelmet keltett.

Az 1970-es évektől a talajvédő művelés Magyarországon is kedvező fogadtatásra talált. Kísérletekkel igazolódott, hogy a direktvetés előnyei – folyamatosság esetén – a hatodik-hetedik évtől észlelhetők. A mulcshagyó művelés kultivátor alkalmazása esetén rövidebb idő alatt nyújtotta a várt talajvédelmi előnyöket, ennek tudható be a gyorsabb terjedése. A kultivátoros művelés értékét a felszínvédő mulcshagyás, a talajminőség megóvás és a biológiailag aktív talaj erősítette meg.

Az időjáráshoz kapcsolható szélsőségek megjelenése az 1980-as évektől újabb művelési megoldások felé fordították a figyelmet. A talajlazítás a vízbefogadás és tárolás, a mulcshagyás, valamint a növények mélyebb gyökerezése révén került a korábinál szélesebb körű alkalmazásra. A sávos művelési rendszer a nemzetközileg bizonyított eredmények háttérével számos magyar gazdálkodónál is sikeressé vált.

A magyar talajművelés előrehaladásában a talajközponitú szemlélet kiszélesedése, a növényközponitú szemlélet felváltása révén eredményezett kedvező változásokat a talajállapot javulásában.

Tekintettel a talajok sokféleségére és a talajállapot eltéréseire, jelenleg a termőhelyhez, talajhoz adaptált művelési rendszer alkalmazása látszik eredményesnek. Az időjárási szélsőségek fokozódása általában és adott termőhelyen is rangsorba állítja a lehetséges módszereket. A korábban jónak tartott megoldások, beleértve a szántást, ugyanis már egyre kevésbé biztonságosak.

A talajkímélő művelés iránti érdeklődés közel százhusz évre tekint vissza Magyarországon. Sajátos, de az előrehaladás és a visszatartás tényezői a talajművelésben párhuzamosan jelentek meg az eltelt évek alatt. A művelési előrehaladást visszafogó tényezők között a sok évtized óta fennálló hiedelmek voltak a leginkább hátráltatók, mivel figyelmen kívül maradt a talajvédelem, továbbá a klímaváltozással kapcsolatos veszélyek enyhítésének igénye. Az előrehaladást a talajvédelem felvállalása, a gazdálkodási színvonal emelésének esélye és a klímakár csökkentés kényszere mozdította elő. Az előrehaladást alátámasztó tényezők között legfontosabbak a talajállapot tartós javulása és a klíma eredetű károk enyhítése, továbbá a termés biztonság megtartása és javulása.

Köszönetnyilvánítás: Szerzők köszönetet mondanak a GAK Kft-nek a tartamkísérletben végzett munkákért.

Kulcsszavak: talajművelés, Magyarország, klíma szélsőség, talajállapot javítás, előre haladás

Irodalom

- ALLEN R., FENSTER C.R., 1986. Stubble-mulch equipment for soil and water conservation in the Great Plains. *J. Soil and Water Conservation*. **41**. 11–16.
- ARVIDSSON J., WESTLIN A., SÖRENNSSON F., 2013. Working depth in non-inversion tillage—Effects on soil physical properties and crop yield in Swedish field experiments. *Soil Tillage Res.* **126**. 259–266.
- BAROSS L., 1909. Tárcsásborona és szuperfoszfát. *Köztelek*. **19**. 2108–2110.
- BEKE L., 1922. Az eke alkonya. *Gazdasági Lapok*. **74**. 137–138.
- BILANDŽIJA D., ZGORELEC, Ž., KISIĆ, I., 2017. Influence of tillage systems on short-term soil CO₂ emissions. *Hungarian Geographical Bulletin*. **66**. 29–35.
- BIRKÁS M., 2003. A Campbell-láz Magyarországon (1908–1914). A magyar gazdák és a dry farming. *Mezőgazdasági Technika*. **44**. (3) 39–41.
- BIRKÁS M., 2006. A direktvetés. In: BIRKÁS M.: *Környezetkímélő alkalmazkodó talajművelés*. Akaprint Kiadó Budapest. pp. 350–354.
- BIRKÁS M., 2011. Tillage, impacts on soil and environment. In: GLINSKI J., HORABIK J., LIPIEC J.: *Encyclopedia of Agrophysics*. Springer Dordrecht. pp. 903–906.
- BIRKÁS M., ANTAL J., DOROGI I., 1989. Conventional and reduced tillage in Hungary – A review. *Soil Tillage Res.* **13**. 233–252.

- BIRKÁS M., SZALAI T., NYÁRAI H.F., FENYVES T., PERCZE A., 1997. Kukorica direktvetéses tartamkísérletek eredményei barna erdőtalajon. *Növénytermelés*. **46.** 413–430.
- BIRKÁS M., PERCZE A., GYURICZA Cs., SZALAI T., 1998. Őszi búza direktvetéses kísérletek eredményei barna erdőtalajon. *Növénytermelés*. **47.** 181–198.
- BIRKÁS M., SZALAI T., GYURICZA C., GECSE M., BORDÁS K., 2002. Effects of the disk tillage on soil condition, crop yield and weed infestation. *Rostlinná Vyroba*. **48.** (1) 20–26.
- BIRKÁS M., MESIĆ M., SMUTNÝ V., 2015. Soil conservation tillage in crop production. *Contemporary Agriculture*. **64.** (3-4) 248–254.
- BIRKÁS M., KISIĆ I., MESIĆ M., JUG D., KENDE Z., 2015. Climate induced soil deterioration and methods for mitigation. *Agr. Conspectus Scientificus*. **80.** (1) 17–24.
- BIRKÁS M., DEKEMATI I., KENDE Z., PÓSA B., 2017. Review of soil tillage history and new challenges in Hungary. *Hungarian Geographical Bulletin*. **66.** (1) 55–64.
- BIRKÁS M., DEKEMATI I., KENDE Z., RADICS Z., SZEMŐK A., 2018. A sokszántásos műveléstől a direktvetésig – Előrehaladás a talajművelésben és védelmében. *Agrokémia és Talajtan*. **67.** (2) 253–268.
- BIRKÁS M., JUG D., KENDE Z., KISIĆ I., SZEMŐK, A., 2018. Soil tillage response to the climate threats – Revaluation of the classic theories. *Agr. Conspectus Scientificus*. **83.** (1) 1–9.
- BLAKE G.R., 1963. Objectives of soil tillage related to field operations and soil management. *Neth. J. Agric. Sci.* **11.** 130–139.
- BLASCSOK F. 1923. Mi történjék az ekével? *Köztelek*. **33.** 327–328.
- BOGUNOVIĆ I., KOVÁCS G.P., DEKEMATI I., KISIĆ I., BALLA I., BIRKÁS M., 2019. Long-term effect of soil conservation tillage on soil water content, penetration resistance, crumb ratio and crusted area. *Plant, Soil Environ.* **65.** (9) 442–448.
- BOSTROM U., 1999. Type and time of autumn tillage with and without herbicides at reduced rates in southern Sweden 1. Yields and weed quantity. *Soil Tillage Res.* **50.** 271–281.
- CAMPBELL H.W., 1907. *Soil Culture Manual*. F.F. Matenaers, Milwaukee, Wisc., fordította K. Ruffly P., Pátria Nyomda, Budapest.
- CANNELL R.Q., 1985. Reduced tillage in north-west Europe – A review. *Soil Tillage Res.* **5.** 129–177.
- CANNELL R.Q., HAWES J.D., 1994. Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. *Soil Tillage Res.* **30.** 245–282.
- CHEN Y, TESSIER S., 1997. Techniques to diagnose plow and disk pans. *Can. Agric. Eng.* **39.** 143–147.
- CTIC, 2000. *Economic Benefits with Environmental Protection*. Conservation Technology Information Centre. Lafayette, IN.
- CSERHÁTI S., 1891. *A talajnak mélyművelése hazánkban*. Czéh S. Könyvnyomda. Magyar-Óvár.

- CSERHÁTI S., 1900. Általános növénytermelés. Czéh S. Könyvnyomda. Magyar-Óvár.
- DEKEMATI I., SIMON B., VINOGRADOV S., BIRKÁS M., 2019. Effect of six different tillage treatments on soil physical properties, earthworm abundance and crop yield in Hungary. *Soil Tillage Res.* **194**. 104334.
- DEKEMATI I., SIMON B., BOGUNOVIC I., KISIC I., KASSAI K., KENDE Z., BIRKÁS M., 2020. Long term effects of ploughing and conservation tillage methods on earthworm abundance and crumb ratio. *Agronomy*. **10**. 1552.
- DEKEMATI I., SIMON B., BOGUNOVIC I., VINOGRADOV, S., MODIBA M.M., GYURICZA C., BIRKÁS M., 2021. Three-year investigation of tillage management on the soil physical environment, earthworm populations and crop yields in Croatia. *Agronomy*. **11**. 825.
- GRUBER S., PEKRUN K., MOHRING J., CLAUPEIN W., 2012. Long-term yield and weed response to conservation and stubble tillage in SW Germany. *Soil Till. Res.* **121**. 49–56.
- GUAN D., ZHANG Y., AL-KAISI M.M., WANG Q., ZHANG M., LI Z., 2015. Tillage practices effect on root distribution and water use efficiency of winter wheat under rain-fed condition in the North China Plain. *Soil Tillage Res.* **146**. 286–295.
- GYÁRFÁS J., 1925. Sikeres gazdálkodás szárazságban. A magyar dry farming. Pátria Nyomda, Budapest.
- GYÖRFFY B., 1964. Hozzászólás „A talaj mélyművelése” vitaülésén. MTA Agrártud. Oszt. Közl. **13**. (3-4) 362–370.
- GYÖRFFY B., SZABÓ J. L., 1969. A zero, minimum és normál tillage vizsgálata tartamkísérletekben. In: I'SÓ, I.: Kukoricatermesztési Kísérletek 1965–1968. Akadémiai Kiadó. Budapest. pp. 143–155.
- GYURICZA C., SMUTNÝ V., PERCZE A., PÓSA B., BIRKÁS M., 2015. Soil condition threats in two seasons of extreme weather conditions. *Plant, Soil Environ.* **61**. 151–157.
- HAN H., NING T., LI Z., 2013. Effects of tillage and weed management on the vertical distribution of microclimate and grain yield in a winter wheat field. *Plant, Soil Environ.* **59**. 201–207.
- JUG D., JUG I., BROZOVIĆ B., VUKADINOVIĆ V., STIPEŠEVIĆ, B., ĐURĐEVIĆ B., 2018. The role of conservation agriculture in mitigation and adaptation to climate change. *Poljopr. Agric.* **24**. 35–44.
- JUG D., BROZOVIĆ B., ĐURĐEVIĆ B., JUG I., LIPIEC J., BIRKÁS M., VUKADINOVIĆ V., 2019. Effect of conservation tillage on crop productivity and nitrogen use efficiency. *Soil Tillage Res.* **194**. 104327
- KADER M.A., SENGE M., MAJID M.A., ITO K., 2017. Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. *Soil Tillage Res.* **168**. 155–166.
- KALMÁR T., BOTTLIK L., KISIĆ I., GYURICZA C., BIRKÁS M., 2013. Soil protecting effect of the surface cover in extreme summer periods. *Plant, Soil Environ.* **59**. 404–409.
- KEMENESY E., 1924. A korszerű talajművelés irányelvei. Budapest, Pátria Nyomda.

- KENDE Z., 2019. Klímakár eredetű talajminőség romlás és kármegelőzés. Doktori (PhD) értekezés. Szent István Egyetem, Gödöllő. p. 128
- KENDE Z., SALLAI A., KASSAI K., MIKÓ P., PERCZE A., BIRKÁS M., 2017. The effects of tillage induced soil disturbance on weed infestation of winter wheat. *Polish J. Environ. Studies.* **26.** 1131–1138.
- KERPELY K., 1910. Az okszerű talajművelés szerepe a szárazság elleni küzdelemben. Pátria Nyomda, Budapest.
- KLIK A., ROSNER J., 2020. Long-term experience with conservation tillage practices in Austria: Impacts on soil erosion processes. *Soil Tillage Res.* **203.** 104669
- KOLTAY Á., 1974. Talajművelés nélküli búzatermesztés monokultúrában. *Talajtermékenység.* **5.** 11–17.
- KUHN N.J., HU Y., BLOEMERTZ L., HE J., LI H., GREENWOOD P., 2016. Conservation tillage and sustainable intensification of agriculture: regional vs. global benefit analysis. *Agric. Ecosys. Environ.* **216.** 155–165.
- LAL R., REICOSKY D.C., HANSON J.D., 2007. Evaluation of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. *Soil Tillage Res.* **93.** 1–12.
- MANNINGER G.A., 1938. A kultivátor, mint egyetemes művelő-szerszám. In: MARSCHALL, F.: A tarlótól a magágyig. Révai Nyomda, Budapest, pp. 84–90.
- MANNINGER G.A., 1957. A talaj sekély művelése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- MILHOFFER S., 1897. Talajkimerülés. Könyves Kálmán Rt. Budapest.
- MORRIS N.L., MILLER P.H.C., ORSON J.H., FROUD-WILLIAMS R.J., 2010. The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment—A review. *Soil Tillage Res.* **108.** 1–15.
- NYÍRI L. (szerk.), 1993. Földműveléstan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- OJHA R. B., DEEPA D., 2014. Earthworms: 'Soil and Ecosystem Engineers'— A Review. *World Journal of Agricultural Research.* **2.** (6) 257–260.
- QINGJIE W., CAIYUNA L., HONGWENA L., JINA H., SARKER K.K., RASAILY R.G., ZHONGHUIC L., XIAODONGA Q., HUIA L., MCHUGH A.D.J., 2014. The effects of no-tillage with subsoiling on soil properties and maize yield: 12-Year experiment on alkaline soils of Northeast China. *Soil Tillage Res.* **137.** 43–49.
- SCHERTZ D.L., 1988. Conservation tillage: An analysis of acreage projections in the United States. *J. Soil Water Conservation* **43.** 256–258.
- SIPOS G., 1972. Földműveléstan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- SIPOS S., 1966. Újabb adatok a mélyítő művelés hatékonyságához. *Talajtermékenység.* **1.** 34–44.
- SIPOS S., 1978. A periódusos mélyítő művelés rendszere. In: LŐRINCZ J.: Földműveléstan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 254–258.
- SLEPETIENE A., SLEPETYS J., 2005. Status of humus in soil under various long-term tillage systems. *Geoderma.* **127.** 207–215.
- SOANE B.D., BALL B.C., ARVIDSSON J., BASCH G., MORENO F., ROGER-ESTRADE J., 2012. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil Tillage Res.* **118.** 66–87.

- SZALAI T., 1999. A talajművelési és növénytermesztési rendszerek néhány agronómiai összefüggése a fenntartható földhasználat. Doktori (PhD) értekezés, Gödöllő.
- TOKAJI I., 1932. A legutóbbi évek száraz időjárásának tanulságai. Köztelek. **42.** 351–352.
- TÓTH E., GELYBÓ G., DENCŐ M., KÁSA I., BIRKÁS M., HOREL Á., 2017. Soil CO₂ emissions in a long-term tillage treatment experiment. In: MUNOZ M. A., ZORNOZA R. Soil management and climate change. Effects on organic carbon, nitrogen dynamics, and greenhouse gas emissions. Elsevier, Academic press. pp. 293–307.
- WANG S., GUO L., ZHOU P.C., WANG X., SHEN Y., HAN H., NING T., HAN K., 2019. Effect of subsoiling depth on soil physical properties and summer maize (*Zea mays* L.) yield. *Plant Soil Environ.* **65.** 131–137.
- ZSEMBELI J., SZŰCS L., TUBA G., CZIMBALMOS R., 2015. Nedvességtakarékos talajművelési rendszer fejlesztése Karcagon. In: Madarász B.: Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon. MTA CSFK FTI, Budapest. pp. 122–133.

Open Access nyilatkozat: A cikk a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) feltételei szerint publikált Open Access közlemény, melynek szellemében a cikk bármilyen médiumban szabadon felhasználható, megosztható és újraközölhető, feltéve, hogy az eredeti szerző és a közlés helye, illetve a CC License linkje és az esetlegesen végrehajtott módosítások feltüntetésre kerülnek. (SID_1)
