

Alulhasznosított gyepek szén-dioxid kibocsátásának vizsgálata

Varga Krisztina – Csízi István

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Karcagi Kutatóintézet
Varga.Krisztina@uni-mate.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A klímaváltozás által indukált szélsőséges változások a kontinentális éghajlatú területeken elhelyezkedő extenzív gyepek fitomassza hozamait egyre nagyobb mértékben évszázadonként teszik. A helyzetet súlyosítja többek között a minőségi munkaerő hiánya miatt a legeltetéses állattartás visszaszorulása, s így a hasznosítatlan, illetve alulhasznosított gyepek részarányának növekedése. Kísérletünk során két eltérő jellegű évszázadot pontosítottunk az egy évtizede fennálló zéró, mulcs, kaszáló és rét hasznosítási módok hatását a szén-dioxid-emisszióra, a talajnedvességi és talajhőmérsékleti értékekre. Megállapítottuk, hogy különböző évszázadok esetén is a hasznosítás hiányában felhalmozódott avarnemezzel rendelkező zéró hasznosítás esetén voltak a legmagasabbak a szén-dioxid-emissziós értékek, még alacsonyabb talajnedvességi értékek mellett is. Eredményeink megerősítik azt a tényt, hogy a parlagon hagyott gyepek, megnövekedett üvegházhatású gáz kibocsátásuk miatt, veszélyforrásnak tekinthetők.

Kulcsszavak: CO₂-emisszió, talajnedvesség, talajhőmérséklet, alulhasznosított gyepek

SUMMARY

Climate change-induced extreme changes are making phytomass yields of extensive grasslands in continental areas increasingly dependent on the season. This situation is exacerbated, inter alia, by the decline in grazing livestock production due to a lack of quality labour, and thus by an increase in the proportion of unused or under-utilised grassland. In our experiments, we have refined the effects of a decade of zero, mulch, mowing and meadow utilisation on carbon emissions, soil moisture and soil temperature during two different types of years. We found that zero tillage with accumulated duff in the absence of utilization had the highest carbon dioxide emission values in different years, even at lower soil moisture values. Our results confirm the fact that fallow grasslands can be considered a source of risk due to their increased greenhouse gas emissions.

Keywords: CO₂ emissions, soil moisture, soil temperature, underutilized grassland

BEVEZETÉS

A gyepek különböző ökoszisztéma szolgáltatásokat nyújtanak a flóra, fauna, valamint az ember számára, mint pl. élelmiszer és takarmány előállítás; elsődleges génbank a gyógyszeripar, valamint a mezőgazdaság részére, élőhelyet biztosítanak a különböző élőlények számára; az idegenforgalomban és a rekreációban játszanak szerepet, továbbá szabályozzák a szén ciklust (Campbell et al., 1996). A világon a füves területek

34%-ban tárolják a szénkészletet. A gyepek művelése és urbanizációja, valamint a gyepek elsivatagosodása és az állatok legeltetése befolyásolja a széndioxid-emissziót. A biomassza égetése során a szavannák 40%-ban járulnak hozzá a széndioxid-emisszió kibocsátásához (White et al., 2000). Balogh et al. (2012) szerint szárazság idején a növények több CO₂-t bocsájtanak ki, mely növeli a légkör széndioxid-koncentrációját. Noha több kutató (Kovács és Szöllősi, 2008; Zsembeli et al., 2015; Birkás, 2017) vizsgálta a talajok CO₂-kibocsátását száraz kontinentális klímán, mely során azt tapasztalták, hogy a fitomasszával borított területen nagyobb a CO₂-kibocsátás, Hunt et al. (2002) szerint kevés a vizsgálat a gyepek CO₂-kibocsátásáról. Kovács et al. (2013) szolonyec talajú gyepeken vizsgálták a talaj CO₂-kibocsátását, mely során azt tapasztalták, hogy a CO₂-emisszió szorosan összefügg a talajnedvességgel. Továbbá több külföldi kutató is megerősítette, hogy a CO₂-kibocsátás a talajnedvességen kívül számos dologgal összefügg, mint például a talaj hőmérsékletétől, tápelem ellátottságától, valamint a pH-értékétől (Oertel et al., 2016; Hénault et al., 2019; Wu et al., 2020). Számos kutató megállapította, hogy a gyepek leromlása világszerte problémához vezet (Kessler és Laban, 1994; Muller et al., 1998; Carrick és Krüger, 2007; Harris, 2010; Wu et al., 2014; Lu et al., 2017). Papanastasis (2009) szerint a gyepek a legjobban leromlott területek. Liu et al. (2019) megállapították, hogy a gyepek 40%-a degradálódott. Li (1997) megfogalmazta, hogy a gyepek degradációját a gyepek minőségének, termelékenységének, gazdasági potenciáljának, szolgáltatási funkciójának, biológiai sokféleségének vagy komplexitásának leromlását jelenti. Ezzel a kijelentéssel más kutatók is egyet értenek (Feng et al., 2009; Li et al., 2013; Lin et al., 2015; Liu et al., 2019). A gyepek degradációját általában a növényi társulás összetételének megváltozása kíséri (Jauffret és Lavorel, 2003; Wang et al., 2006; Xie és Sha, 2012). Vetter (2005), Fernandez-Gimenez és Le Febre (2006), valamint Liu et al. (2019) szerint a gyepek leromlásának fő mozgatórugója a gyepek privatizációja által megváltozott legeltetési rendszer. A gyepek leromlása komplex dinamikus folyamatokat foglal magába: elsivatagosodás, talajtömörödés, fakitermelés, erózió (Kovdaa, 1976; Li et al., 2006). Liu (2006) megállapítása szerint a gyepek leromlásának további tipikus jellemzői a növényi lefedettség csökkenése, homokosodás, illetve a sósodás. Továbbá csökken a növényzet a különböző felhasználási célokra (takarmánytermelés), megnövekszik a mérgező fajok aránya, valamint csökken a gyökérszóna vízmegtartó képessége (Zhang és Liu, 2003; Li et al.,

2006; Cui és Graf, 2009; Ma et al., 2018). Más kutatók szerint (Liu és Diamond, 2005; Gang et al., 2014) a gyepek leromlását az éghajlatváltozás (csapadék mennyiségének és a hőmérséklet változása) és az emberi tevékenység (pl. túllegeltetés és alulhasznosítás) okozza.

Nemcsak a világ minden táját, hanem Magyarországot is sújtja a gyepek leromlása, Tasi et al. (2014) a Corine 50 felszínborítási adatok alapján arra következtettek, hogy országos szinten a gyepek kb. 20%-a **hasznosítatlan**, sőt Vincze (2008) szerint az észak-magyarországi régióban súlyosabb a helyzet, a hasznosítatlan gyepek aránya pl. 2005-ben 47,1% volt.

Szakszerűtlen hasznosítás esetén léphet fel degradáció, amikor a gyepek növényállományának gazdaságilag értékes alkotói visszaszorulnak (Szente et al., 1998; Stefler et al., 2000; Magyar, 2009). A helytelen hasznosítás, mint már az előbbiekben említve lett, kétféle lehet: túlhasznosítás, vagyis túlzott legelő állat terhelés esetén a gyeptakaró kiritkul, s az állatok által kikerült gyomok jelenhetnek meg tömegestől a szabad helyeken (Szente et al., 1998; Magyar, 2009; Czöbel et al., 2012), valamint a gyepek alulhasznosításakor a szukcessziós folyamatok előrehaladása veszélyezteti az eddig meglévő értékes gyeppalkotók létét és fennmaradását (Penksza et al., 2013, 2016; Pápay, 2016). Barcsák et al. (1978) szerint a nem hasznosított gyepek növényi összetétele kedvezőtlen irányba változik, melynek következtében a természetes szukcesszió folyamatai fellendülnek. Wiliems és Bik (1998), illetve Török et al. (2007) megállapítása alapján az európai hegyvidéki gyepek esetében is probléma az alulhasznosítás. Stefler et al. (2000) és Halász (2018) is megerősítik, hogy nemcsak a túlterhelés, hanem a hasznosítás hiánya is a gyepek degradációjához vezet. Vinczeff (1993) megállapítása szerint a szakszerűtlen gyepphasználat következtében „gyomtengerre” válhatnak a gyepek területek. Kahmen et al. (2002), valamint Isselstein et al. (2005) szerint a megfelelő kezelés ellenében a területen az értékes fajok eltűnnek, és ezzel egy időben kompetitor fajok előretörése fenyegeti a természetes gyepek fennmaradását.

A kaszálás elmaradása miatt a réteken megindul az elnadásodás (Szabó et al., 2010), a száraz gyepeken pedig az elbokrosodás, illetve a beerdősülési folyamat kezdete (Bajor et al., 2016; Hanson és Fogelfors, 2000; Kozák, 2011; Szentes et al., 2011, 2012). Erdős et al. (2013; 2014a, b) tanulmányai alapján megállapíthatjuk, hogy a cserjésedéssel csökken a gyepeknek a fajgazdasága. Szentes et al. (2012) szerint a gyepek bokrosodásával csökken a talajborítottság, ami a talaj túlzott felmelegedéséhez vezet, s elősegíti a degradációs folyamatokat. Perevolotsky és Seligman (1998) szerint az alullegetetés „green desert”, azaz „zöld sivatag” állapothoz vezet, amikor a terület áthatolatlan bozótossá válik, csökken a terület fajgazdasága, valamint megnő a mediterrán és a száraz vidékeken a bozótűz kialakulásának veszélye vízhiány következtében. Bakker és Berendse (1999) szintén megállapította, hogy a hagyományos gyepekkel

megszűnése következtében az alulhasznosított területeken jelentősen megnő a gyűlékony füavarr mennyisége (Ryser et al., 1995), ami szintén növeli a gyeptüzek kialakulásának esélyét (Brockway et al., 2006; Ónodi et al., 2008). Deák et al. (2014a, b) a magyarországi gyeptüzekkel kapcsolatban készítették összefoglaló tanulmányt. Da Ronch et al. (2002) megállapították a hasznosítás elhagyásának a következményeit vizsgálva, hogy a növény fajszám a negyedére csökkent fajgazdag ÉK-olaszországi gyepeken. Tóth et al. (2002) a kísérleti területünkhöz hasonló kötött talajú, természetes gyepek növényállományának faji összetételének vizsgálata során megállapították, hogy a legeltetéstől a kaszáláson át a zéró hasznosítás felé haladva csökken a fajgazdagság.

Nagy (2001) szerint a nem hasznosított gyepterületeken az anyaszéna elvével, a sarjadzás nagyon mérsékelt, a sűrű füavarr megakadályozza a gazdaságilag értékes gyeppalkotók magjainak csírázását, elnyomja az alacsonyabb termetű fajokat (aprócsenkeszek, herefélék), ugyanakkor terjednek a gazdaságilag értéktelen növények, mint például a tarackbúza (*Elymus repens*), s magot tudnak érlelni a kőrös gyomok, pl. vadmurok (*Daucus carota*), mezei katáng (*Cichorium intybus*). Ráadásul az alulhasznosított gyepeken fészkelő székicsér (*Glareola pratincola*), a mezei pacsirta (*Alauda arvensis*) állománya visszaszorul (Molnár és Csízi, 2015). A növényvilág sokféleségének csökkenése maga után vonja az állatvilág elszegényesedését is (Barcsák et al., 1978; Bartha et al., 2014), továbbá megjelennek az idegenhonos fajok, amely a természetes állapot széthullását idézi elő (Ferrer és Broca, 1999).

Kéziratunk célja, hogy az általunk kijelölt alulhasznosított gyepeken felmérjük a szezonális CO₂-emisszió, valamint ezzel egyidőben a talajhőmérséklet és talajnedvesség mértékét, ezen kívül nagy hangsúlyt fektettünk a magas szén-dioxid-kibocsátás vizsgálatára a klímaváltozás tükrében.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatunkban az évjáratok jellegének jellemzéséhez a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Karcagi Kutatóintézetének Meteorológiai Mérőállomás hőmérsékleti- és csapadékadatát alkalmaztuk (2019. évi középhőmérséklet: 13,3 °C; 2019. évi csapadék: 505,1 mm; valamint 2020. évi középhőmérséklet: 11,7 °C; 2020. évi csapadék: 648,5 mm).

Vinczeff (1993) megállapította az évek jellegét, melyben meghatározta, hogy a klímaindex optimuma 0,200-0,250 mm/°C (0,05 mm/°C – sivatagi, 0,075 mm/°C – félsivatagi, 0,1 mm/°C – aszályos, 0,125 mm/°C – száraz, 0,15 mm/°C – kissé száraz, 0,175 mm/°C – közepes, 0,2 mm/°C – üde, 0,225 mm/°C – optimális, 0,25 mm/°C – kissé esős, 0,3 mm/°C – esős, 0,3 mm/°C fölött – nagyon esős). A hónapok szerinti klímaindexet az ő számításai alapján végeztük el, majd az általa megadott kategóriákba soroltuk be a hónapok jellegét

(1. táblázat). Az alábbi képlet segítségével határoztuk meg a hónapok klímaindexét: $Klímaindex (mm/°C) =$

$havi\ csapadékösszeg (mm) / [havi\ átlaghőmérséklet (°C) * hónap\ napjainak\ száma]$.

1. táblázat

2019-2020 közötti klímaindex havi jellege (Karcag)

Év/hónap(1)	január(2)	február(3)	március(4)	április(5)	május(6)	június(7)
2019	-	sivatagi(14)	sivatagi(14)	száraz(15)	kissé esős(16)	aszályos(17)
2020	-	esős(18)	közepes(19)	sivatagi(14)	sivatagi(14)	üde(20)
Év/hónap(1)	július(8)	augusztus(9)	szeptember(10)	október(11)	november(12)	december(13)
2019	aszályos(17)	sivatagi(14)	félsivatagi(21)	sivatagi(14)	kissé esős(16)	nagyon esős(22)
2020	üde(20)	aszályos(17)	sivatagi(14)	esős(18)	aszályos(17)	nagyon esős(22)

Table 1: Monthly nature of the climate index 2019-2020 (Karcag)

Years/Months(1), January(2), February(3), March(4), April(5), May(6), June(7), July(8), August(9), September(10), October(11), November(12), December(13), desert(14), dry(15), slighty rainy(16), arid(17), rainy(18), medium(19), above(20), semi desert(21), very rainy(22)

A vizsgált kísérleti terület a Pannóniai flóratartományba, az Alföld flóraidékének a Tiszántúli flórajárásába tartozik (Hortobágyi és Simon, 2000). Az alulhasznosított gyeperület az ecsetpázsitos sziki rét (*Agrosti-Alopecuretum pratensis*), gyeperületbe sorolható. A vizsgált területek a Natura 2000 hálózathoz tartoznak (Šefferoová Stanová et al., 2008), valamint a Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Programban is több turnusban részt vettek. A kísérlet talajának típusa közepes réti szolonyec. A cönológiai felvételezés, valamint a talajvizsgálatok eredményeit nem ebben a kéziratban közöljük, helyszűke miatt.

A Karcagi Kutatóintézet gyeperületén 2009-ben kísérlet beállítása történt, az alulhasznosított természetes gyeperület végbemenő növény szerkezet változások hatásainak pontosítása céljából (É 47.291057, K 20.920003). A gyeperület többi részén 1987 óta extenzív rétgazdálkodás (évi 1 kaszálás, utána sarjű legeltetés) folyik, a közölt eredmények a 2019-2020 közötti időszakot ölelik fel.

A kísérlet indításakor, 2009-ben, a következő 4 kezelést 3 ismétlésben állítottuk be, az ismétléses parcellák területe nettó 20 m² (10,4m×2m): Zéró hasznosítású kezelés: 2009 óta a terület nincs hasznosítva (jelölése: A/Z); Mulcs kezelés: 2009 óta május 3. dekádjában szárazzás, s a mulcs marad a területen (jelölése: A/M); Kaszálás kezelés: Évi egyszer, május 3. dekádjában kizárólag kaszálás, s a fitomassza eltávolítása (jelölése: A/K); Réthasználat kezelés: Május 3. dekádjában kaszálás, szena lehordás, augusztusban sarjű legeltetés juhokkal (jelölése: A/R). A réthasznosításnál ún. pásztoroló, láb alóli legeltetési módszerrel, 10 juh/ha állatsűrűség mellett takarította be a gyeperület sarjűnövekedését a juhnyáj.

A talaj CO₂-kibocsátását a Karcagi Kutatóintézetben fejlesztett keretes módszerrel

vizsgáltuk (Kovács, 2014). A CO₂-koncentráció mérésére **Testo 535 típusú infravörös gázanalizátort** használtunk. A mérés folyamata a következő: a mérési terület lehatárolása után lefedtük a területet, kivártuk az inkubációs időt (30 perc), majd megmértük a CO₂-koncentrációt az edényekben (Kovács, 2014). A CO₂-emissziós értékek kiszámításához a következő képletet alkalmaztuk: $F = d * V/A * (C1 - C2)/t * 273/(273 + T)$, ahol F= CO₂-emisszió (kg×m⁻²×h⁻¹); d=a CO₂ térfogattömege (1,96 kg×m⁻³); V=a henger talajszint feletti térfogata (0,0040 m³); A=a mérési felület (0,0314 m²); C1= a kezdeti CO₂-koncentráció (m³×m⁻³); C2= az inkubáció utáni CO₂-koncentráció (m³×m⁻³); t=inkubációs idő (1800 s); T=a levegő hőmérséklete (°C).

A talajnedvesség és talajhőmérséklet mérésekre **SMT-100** típusú műszert használtunk, ami a talaj dielektromos vezetőképességét méri, ebből számolja a nedvességtartalmat, amit térfogatszázalékban fejez ki. A műszer az értékeket egy tizedesjegyre méri. Egy 0-10 cm-es réteg átlagos nedvességtartalmának mérésére használható. A nedvességméréssel egy időben a réteg hőmérsékletét is méri, az eredmények egy kézi adatgyűjtő kijelzőjéről olvashatóak le.

EREDMÉNYEK

A 2019. évi vizsgálatunk során a szén-dioxid-emisszió legmagasabb értékeit minden kezelés esetén a május 23-június 06. közötti időszakban kaptuk (1, 2. ábra). Az évjáratra vonatkozó talajhőmérséklet, talajnedvesség, valamint szén-dioxid-emisszió tendenciáit a kezelésektől függetlenül ábrázoltuk.

1. ábra: A 2019. évi vizsgálati időszak talajnedvesség (%), valamint szén-dioxid-emisszió ($\text{kg}\times\text{m}^{-2}\times\text{h}^{-1}$) eredményei a kezelésektől függetlenül (Karcag)

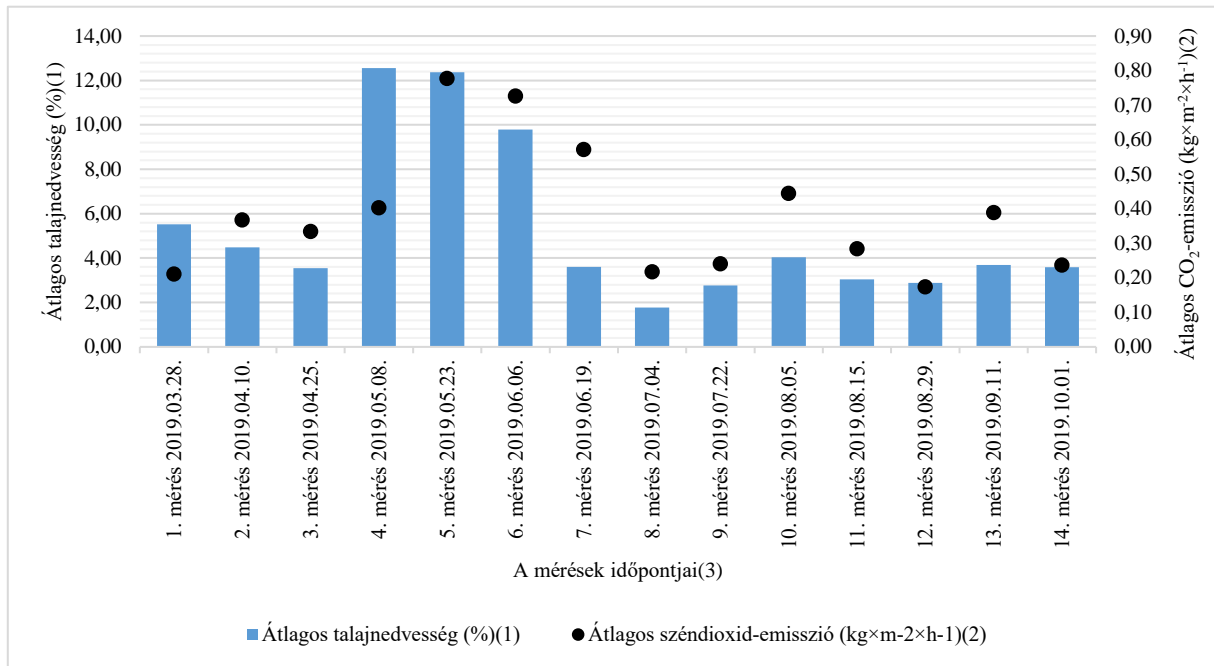


Figure 1: Soil moisture (%) and carbon dioxide emission ($\text{kg}\times\text{m}^{-2}\times\text{h}^{-1}$) results for the 2019 study period, independent of treatments (Karcag)

Average soil moisture (%) (1), Average carbon dioxide emissions ($\text{kg}\times\text{m}^{-2}\times\text{h}^{-1}$) (2), The dates of the measurements (3)

2. ábra: A 2019. évi vizsgálati időszak talajhőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$), valamint szén-dioxid-emisszió ($\text{kg}\times\text{m}^{-2}\times\text{h}^{-1}$) eredményei a kezelésektől függetlenül (Karcag)

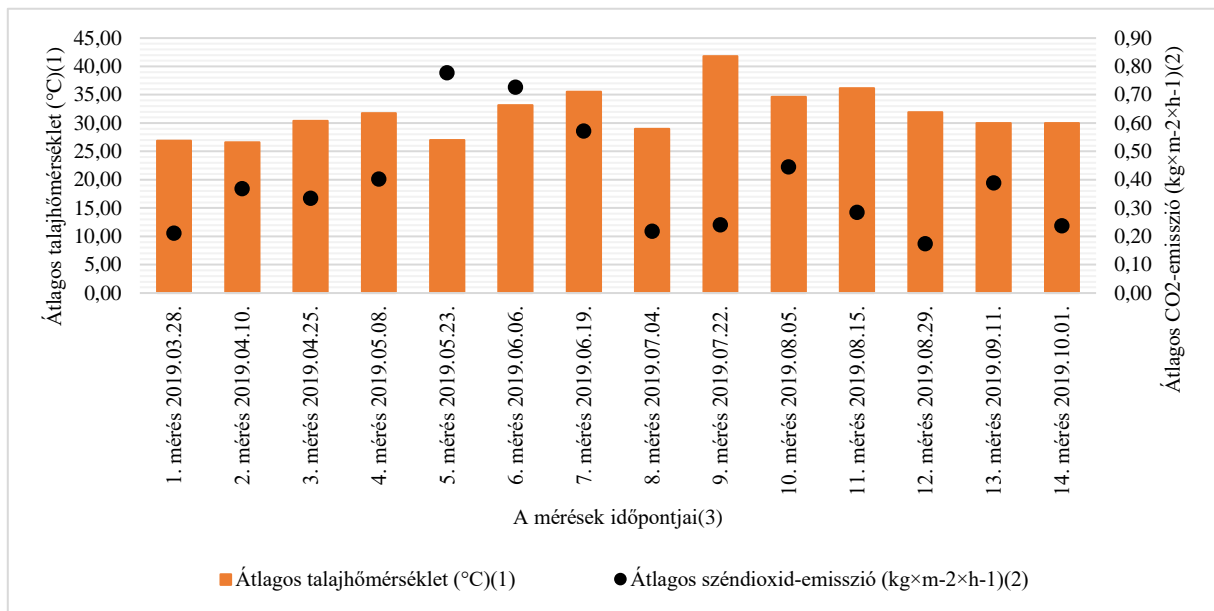


Figure 2: Soil temperature ($^{\circ}\text{C}$) and carbon dioxide emission ($\text{kg}\times\text{m}^{-2}\times\text{h}^{-1}$) results for the 2019 study period, independent of treatments (Karcag)

Average soil temperature ($^{\circ}\text{C}$) (1), Average carbon dioxide emissions ($\text{kg}\times\text{m}^{-2}\times\text{h}^{-1}$) (2), The dates of the measurements (3)

Mivel 2019 májusa a klímaindex alapján kissé esős jellegű volt (0,254 mm/°C), ez a tény is egyik meghatározója lehetett az előbbi eredményeknek. A legalacsonyabb szén-dioxid-emissziós értékeket a réthasználtnál mértük 07.04-én, továbbá 07.22-én. Ha klímaindexeket rendelünk ezen mérési időpontok mellé, a kísérleti helyszínen a június aszályos jellegű (0,095 mm/°C), a július szintén aszályos jellegű volt (0,088 mm/°C). A zéró és a mulcsozott kezeléseknél a talajfelszín az elhalt fitomassza szövetnemez kéregként borítja, a kaszálásos hasznosításnál a kaszálásra nem alkalmas sűrű levélsarjű növedék júliusra elérheti a ~15 cm-es, már árnyékoló magasságot. A rét hasznosítás sarjűnövedékét viszont juhokkal tarra legeltettük, tehát a szikkasztó naphő jobban kifejthette szárító hatását, kedvezőtlenebbé válhattak a szén-dioxidot termelő mikrobák életfeltételei, akik ráadásul elhalt szervesanyag forráshoz legkevésbé a rét használatú gyepterületénél juthattak. Kísérletünk adatai alapján valószínűsíthető, hogy a légkörbe is a legeltetett (rét) hasznosítású gyepekről jut a kevesebb szén-dioxid, mint a parlagon hagyott füves területekről. A kezeléseket szén-dioxid-emissziós értékeinek összehasonlításakor a következő eredményeket kaptuk: A réthasznosítású és a kaszálás kezeléseket összehasonlításakor a 3. mérés során (2019. április 25.) a réthasznosítású kezelés szén-dioxid-értékei voltak nagyobbak (p-érték: 0,024). A 11. méréskor (2019. augusztus 15.) mulcs és a réthasznosítású kezelés, valamint a mulcs és a kaszálás kezelése összehasonlítása során a mulcs kezelés szén-dioxid-emissziós értékei voltak nagyobbak (p-érték: 0,005, valamint 0,003). Ugyanebben a mérési időpontban zéró használatú és a réthasznosítású kezelés, valamint a zéró használatú és a kaszálás kezelése összehasonlítása során a zéró használatú kezelés szén-dioxid-emissziós értékei voltak nagyobbak (p-érték: 0,023, valamint 0,009). A réthasznosítású, valamint a kaszálás kezelése összehasonlítása során a réthasznosítású kezelés szén-dioxid-emissziós értékei voltak nagyobbak (p-érték: 0,038). A 13. méréskor (2019. szeptember 11.) mulcs és a réthasznosítású kezelés, valamint a mulcs és a kaszálás kezelése összehasonlítása során a mulcs kezelés szén-dioxid-emissziós értékei voltak nagyobbak (p-érték: 0,001, valamint 0,028). Ugyanebben a mérési időpontban zéró használatú és a réthasznosítású kezelés, valamint a zéró használatú és a kaszálás kezelése összehasonlítása során a zéró

használatú kezelés szén-dioxid-emissziós értékei voltak nagyobbak (p-érték: 0,007, valamint 0,025). A réthasznosítású, valamint a kaszálás kezelése összehasonlítása során a kaszálás kezelése széndioxid-emissziós értékei voltak nagyobbak (p-érték: 0,013). A 14. mérési időpontban (2019. október 1.) a réthasznosítású, valamint a kaszálás kezelése összehasonlítása során a kaszálás kezelése széndioxid-emissziós értékei voltak nagyobbak (p-érték: 0,046).

A szén-dioxid mérési időpontokkal egyidőben mértük 0-10 cm-es mélységben a kezeléseket talajának nedvességtartalmát és hőmérsékletét: 16,23% talajnedvességet mértünk 2019. május 8-án a kaszálás kezelésű parcellákban, mivel az azt megelőző két hétben 74,7 mm csapadék esett. Az agrárium területén, a klímaváltozás miatt terjedő mulcsos technológiák eredményei miatt a szén-dioxid-emisszió és a talajnedvesség tekintetében parallel mozgó értékeket prognosztizáltunk. De a 10. éve halmozódó fűavarnemez s a klímaváltozás miatti szokatlanul hosszú csapadékmentes időszakok miatt a méréseink eredményei több alkalommal nem a „papírfomat” követték. A vizsgálati év augusztusa klímaindex alapján sivatagi jellegű (0,020 mm/°C), míg a szeptember félsivatagi jellegű (0,079 mm/°C) volt.

A nyárutó rendkívül hosszú időtartamú aszályos időszakát szeptember első dekádjában egy 22 mm csapadék szakította meg, a szeptember 11. napi mérési időpontunk előtt (3, 4. ábra). A szén-dioxid-emisszió legmagasabb értékét ekkor a zéró és a mulcsozott gyephasználtnál mértük, legalacsonyabbakat a kaszáló- és a réthasználtnál. A talajnedvesség értékek viszont pont ellentétes sorrendet mutatnak. A felhalmozódott avarnemez a zéró, illetve a mulcsozott gyephasználtnál, hosszabb arid időszak után hullott csapadék mennyiségét, bizonyos határig, visszatartja a talajba jutástól. De ennek ellenére a talajbaktériumokat folyamatosan tápláló avarnemez olyan magas talajbiológiai aktivitást eredményezhet, mely nagymértékben termeli a szén-dioxidot, a kisebb talajnedvességi értékek mellett is.

A 2020-as évi széndioxid-emisszió adatok hasonlóak voltak az előző évi értékekhez, a vizsgált évben szintén nyáron mértük a legmagasabb széndioxid-emissziót (5, 6. ábra). Az évjáratra vonatkozó talajhőmérséklet, talajnedvesség, valamint szén-dioxid-emisszió tendenciáit a kezelésektől függetlenül ábrázoltuk.

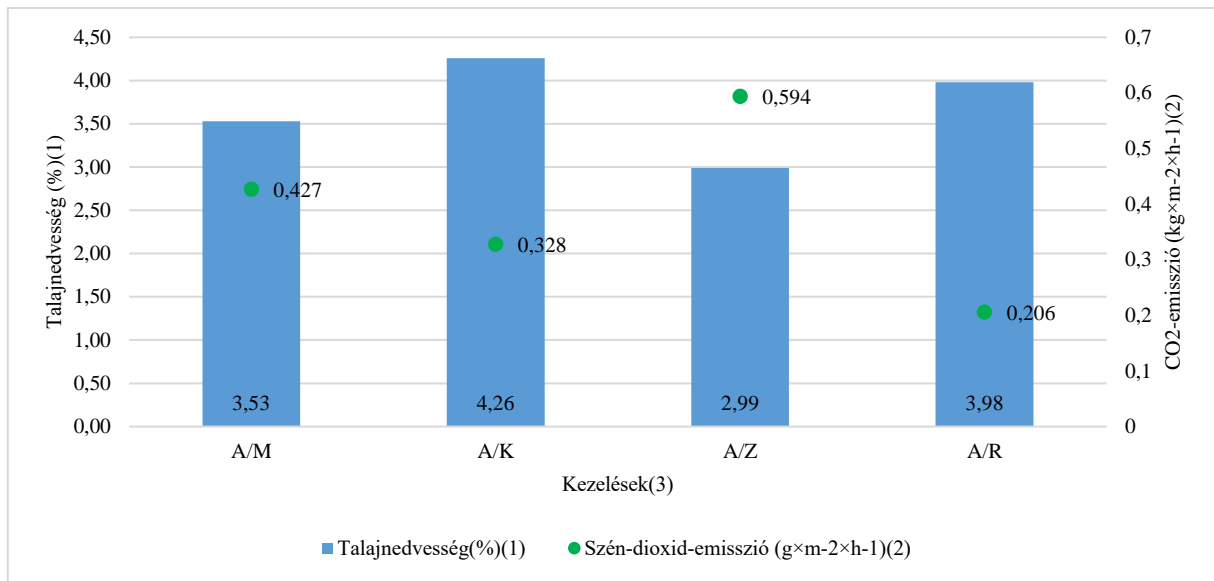
3. ábra: A 2019. 09. 11. talajnedvesség (%), CO₂-emisszió (kg×m⁻²×h⁻¹) átlagos eredményei kezelésként (Karcag)

Figure 3: Average results of soil moisture (%), CO₂-emission (kg×m⁻²×h⁻¹) by treatment on 11.09.2019 (Karcag)
 Soil moisture (%) (1), Carbon dioxide emissions (kg×m⁻²×h⁻¹) (2), Treatments (3)

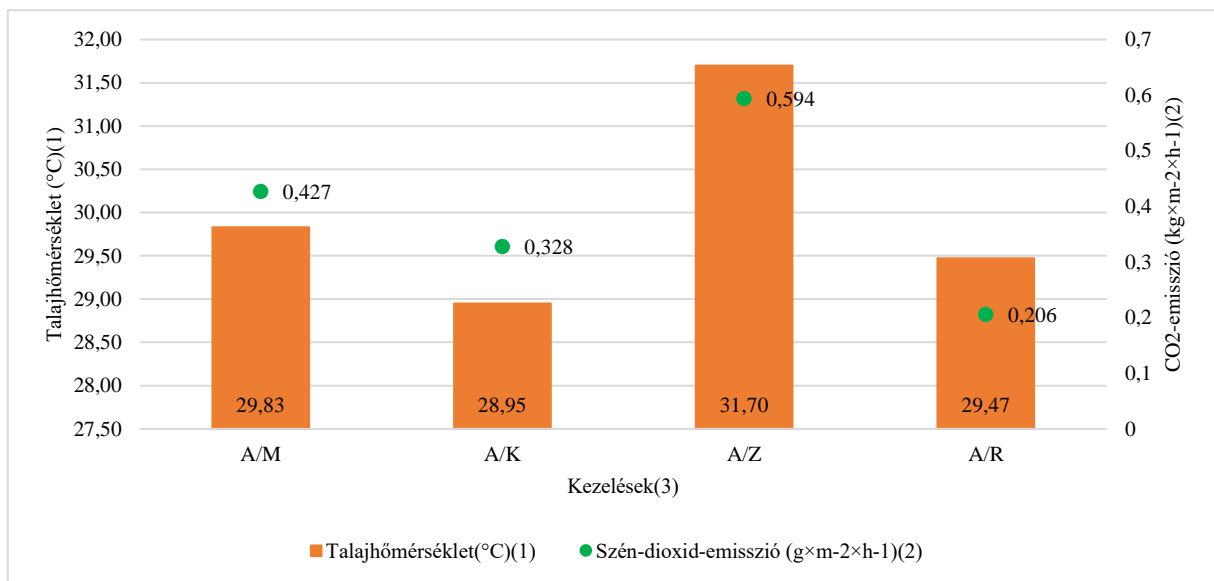
4. ábra: A 2019. 09. 11. talajhőmérséklet (°C), CO₂-emisszió (kg×m⁻²×h⁻¹) átlagos eredményei kezelésként (Karcag)

Figure 4: Average results of soil temperature (°C), CO₂ emission (kg×m⁻²×h⁻¹) by treatment on 11.09.2019 (Karcag)
 Soil temperature (°C) (1), Carbon dioxide emissions (kg×m⁻²×h⁻¹) (2), Treatments (3)

5. ábra: A 2020. évi vizsgálati időszak talajnedvesség (%), valamint szén-dioxid-emisszió ($\text{kg}\times\text{m}^{-2}\times\text{h}^{-1}$) eredményei a kezelésektől függetlenül (Karcag)

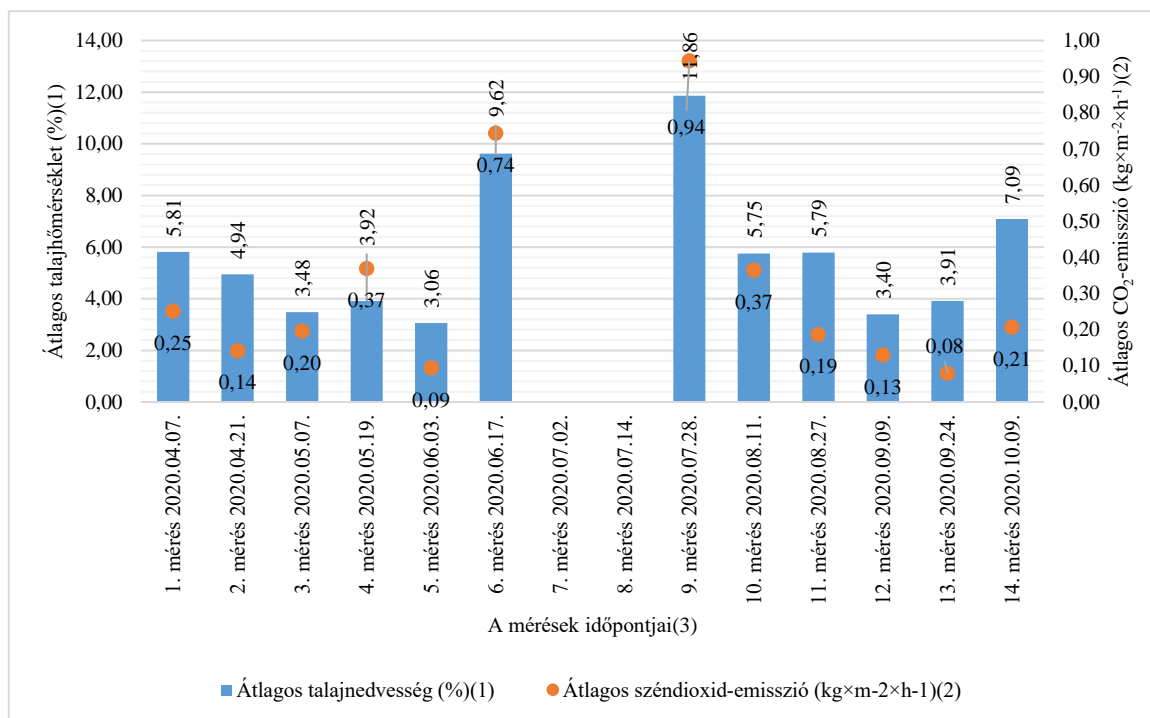


Figure 5: Soil moisture (%) and carbon dioxide emission ($\text{kg}\times\text{m}^{-2}\times\text{h}^{-1}$) results for the 2020 study period, independent of treatments (Karcag)

Average soil moisture (%) (1), Average carbon dioxide emissions ($\text{kg}\times\text{m}^{-2}\times\text{h}^{-1}$) (2), The dates of the measurements (3)

6. ábra A 2020. évi vizsgálati időszak talajhőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$), valamint szén-dioxid-emisszió ($\text{kg}\times\text{m}^{-2}\times\text{h}^{-1}$) eredményei a kezelésektől függetlenül (Karcag)

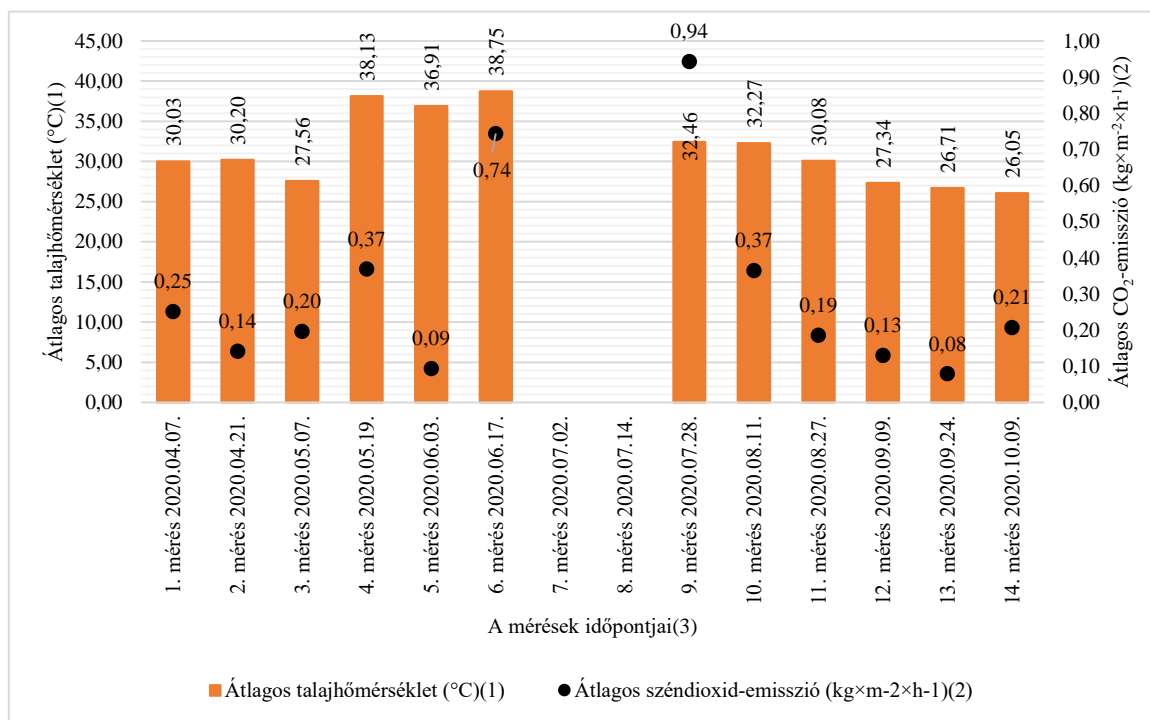


Figure 6: Soil temperature ($^{\circ}\text{C}$) and carbon dioxide emission ($\text{kg}\times\text{m}^{-2}\times\text{h}^{-1}$) results for the 2020 study period, independent of treatments (Karcag)

Average soil temperature ($^{\circ}\text{C}$) (1), Average carbon dioxide emissions ($\text{kg}\times\text{m}^{-2}\times\text{h}^{-1}$) (2), The dates of the measurements (3)

2020-ban a mérési időszak alatt 2 alkalommal nem tudtunk semmilyen adatot mérni, ugyanis 2020. június 18.-július 27. között 206.1 mm csapadék esett összesen, mely nem bírta leszivárogni a talajba. Ezek a hónapok (június, július) a klímaindex szempontjából üdének minősültek (0,194 mm/°C, valamint 0,209 mm/°C). A tavaszi és az őszi periódusban alacsonyabb értékeket mértünk, mivel az április (0,028 mm/°C), május (0,040 mm/°C) és szeptember (0,057 mm/°C) sivatagi jellegű volt.

A szén-dioxid mérési időpontokkal egyidőben mértük 0-10 cm-es mélységben a kezelések talajának hőmérsékletét és nedvességtartalmát, hasonlóan, mint 2019-ben. A nyári nagy csapadékmennyiség miatt a mulcs kezelésben mértük a legnagyobb talajnedvességi adatot: 21,30% (2020. július 28.) (7. ábra). A talajhőmérsékleti adatok nagyjából kiegyenlítették voltak az egész év mérési időszakában, a június 3.-i időpontban mértük a legmagasabb hőmérsékleti adatot a zero hasznosítású parcellákban (39,77°C) (8. ábra).

7. ábra: A 2020. 07. 28. talajnedvesség (%), CO₂-emisszió (kg×m⁻²×h⁻¹) átlagos eredményei kezelésként (Karcag)

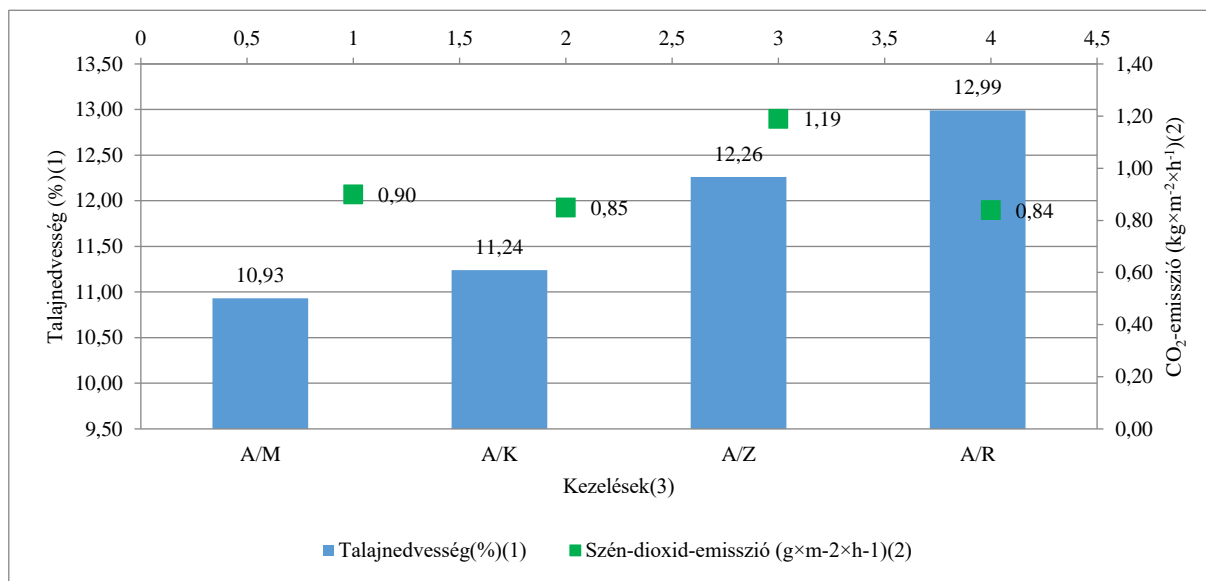


Figure 7: Average results of soil moisture (%), CO₂-emission (kg×m⁻²×h⁻¹) by treatment on 28.07.2020 (Karcag)
Soil moisture (%) (1), Carbon dioxide emissions (kg×m⁻²×h⁻¹) (2), Treatments (3)

8. ábra: A 2020. 07. 28. talajhőmérséklet (°C), CO₂-emisszió (kg×m⁻²×h⁻¹) átlagos eredményei kezelésként (Karcag)

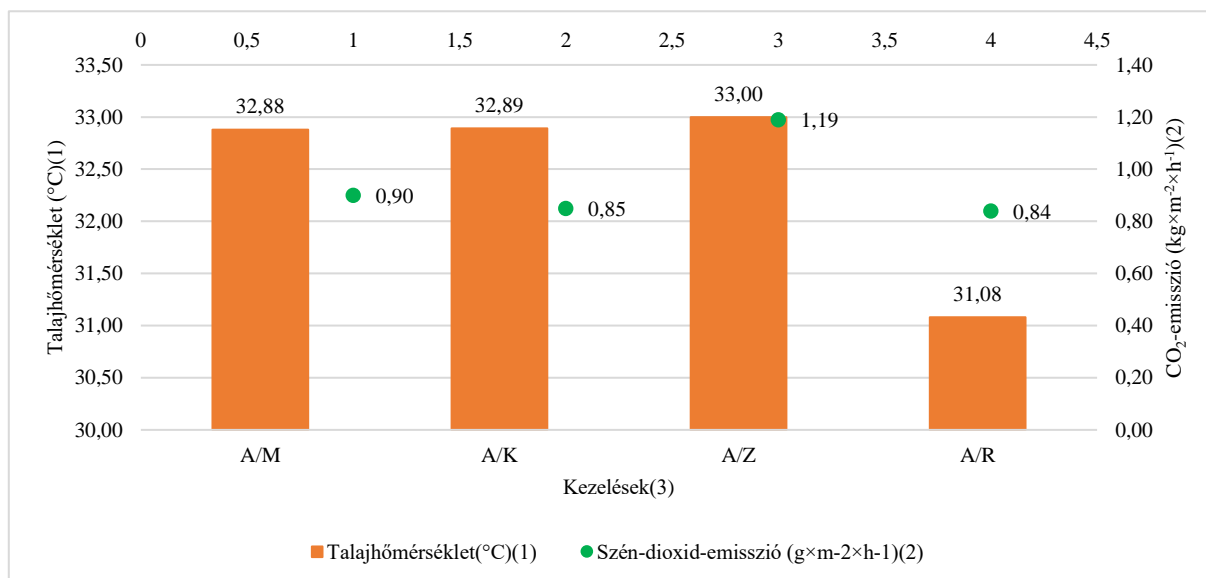


Figure 8: Average results of soil temperature (°C), CO₂-emission (kg×m⁻²×h⁻¹) by treatment on 28.07.2020 (Karcag)
Soil moisture (%) (1), Carbon dioxide emissions (kg×m⁻²×h⁻¹) (2), Treatments (3)

A kezelések szén-dioxid-emissziós értékeinek összehasonlításakor a következő eredményeket kaptuk: A 2. méréskor (2020. április 21.) mulcs és a réthasznosítású kezelés, valamint a zéró hasznosítású és a réthasznosítású kezelés összehasonlítása során a réthasznosítású kezelés szén-dioxid-emissziós értékei voltak nagyobbak (p-érték: 0,016, valamint 0,009). Ugyanebben a mérési időpontban zéró használatú és a kaszálás kezelés, valamint a mulcs és a kaszálás kezelés összehasonlítása során a kaszálás kezelés szén-dioxid-emissziós értékei voltak nagyobbak (p-érték: 0,024, valamint 0,039). Az 5. méréskor (2020. június 3.) a zéró használatú és a réthasznosítású kezelés, valamint a zéró használatú és a kaszálás kezelés, valamint a zéró használatú és a mulcs kezelés összehasonlítása során a zéró használatú kezelés szén-dioxid-emissziós értékei voltak nagyobbak (p-érték: 0,004, p-érték: 0,012, továbbá p-érték: 0,0007). A 9. méréskor (2020. július 28.) a zéró használatú és a kaszálás kezelés, valamint a zéró használatú és a mulcs kezelés összehasonlítása során a zéró használatú kezelés szén-dioxid-emissziós értékei voltak nagyobbak (p-érték: 0,033, p-érték: 0,021).

A 2019-2020-as év hasonló mérési időszakait varianciaanalízissel összehasonlítottuk, mely során azt tapasztaltuk, hogy 2019-ben magasabb volt a CO₂-emisszió tartalma. Feltevésünket varianciaanalízissel bizonyítottuk, mely során azt tapasztaltuk, hogy a legelső és a 9. mérés összehasonlításakor nem kaptunk szignifikáns eredményt (p-érték: 0,072, valamint 0,603), míg a többi esetben a varianciaanalízis eredménye szoros összefüggést hozott.

ÉRTÉKELÉS

Vizsgálataink eredményeivel igazoltuk Kovács és Szöllösi (2008), Zsembeli et al. (2015), valamint Birkás (2017) vizsgálatait, mely szerint a mulccsal lefedett területeken magasabb a CO₂-koncentráció.

A szén-dioxid emisszió értékei minden mérési időpontban a zéró hasznosítás esetén voltak igazolhatóan a legmagasabbak, jelezve a parlagon hagyott gyepek potenciális veszélyforrását a klímaváltozás elleni küzdelemben.

A talaj nedvességtartalmának mérése során azt tapasztaltuk, hogy aszályos időszak utáni kevés csapadék bennmarad a mulcs, illetve az avar szövetnevezében, ezáltal ezen kezeléseknél, hosszabb száraz periódus után kisebb lesz a talajnedvesség várható értéke. Ugyanakkor ilyen esetben (mely gyakorisága prognosztizálhatóan növekedni fog) az avaros fitomasszával borított parcellákon magasabb a szén-dioxid-kibocsájtás mértéke, a többlet lebomló szervesanyag miatt. A napjainkban zajló klímaváltozás során kulcskérdés egy adott mezőgazdasági terület szén-dioxid-kibocsátásának mértéke.

Összegezve a leírtakat, a hasonló termőhelyi adottságú, alulhasznosított gyepek rekultivációjának kulcsa a fölös fitomassza eltávolítása a területről kaszáló vagy réthasználat révén, s így mérsékelhető a szén-dioxid kibocsátás mértéke, ráadásul megőrizhető az asszociáció növény szerkezete. A gyepe, mint tömegtakarmány-bázisra alapozott kérődző állattartás területhasználati szükségesség hasonló adottságú gyeppel borított termőhelyeken.

IRODALOM

- Bajor, Z.-Zimmermann, Z.-Szabó, G.-Fehér, Zs.-Járdi, I.-Lampert, R.-Kerény-Nagy, V.-Penszsa, P.-L. Szabó, Zs.-Székely, Zs.-Wichmann, B.-Penszsa, K. (2016): Effect of conservation management practices on sand grassland vegetation in Budapest, Hungary. *Applied Ecology and Environmental Research*, 14. 3. 233-247.
- Bakker, J. P.-Berendse, F. (1999): Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathland communities. *Trends in Ecology and Evolution*, 14. 63-68.
- Balogh J.-Fóti Sz.-Pintér K.-Cserhalmi D.-Papp M.-Koncz P.-Nagy Z. (2012): A talajok CO₂-kibocsátásának jelentősége hazai gyepek szénforgalmában. *Kitaibelia*, 17. 1. 9.
- Barcsák Z.-Baskay-Tóth B.-Prieger K. (1978): Gyeptermesztés és hasznosítás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Bartha, S.-Szentés, Sz.-Horváth, A.-Házi, J.-Zimmermann, Z.-Molnár, Cs.-Dancza, I.-Margóczy, K.-Pál, R.-Purger, D.-Schmidt, D.-Óvári, M.-Komoly, C.-Sutyinszki, Zs.-Szabó, G.-Csathó, A. I.-Juhász, M.-Penszsa, K.-Molnár, Zs. (2014): Impact of mid-successional dominant species on the diversity and progress of succession in regenerating temperate grasslands. *Applied Vegetation Science*, 17. 2. 201-213.
- Birkás M. (2017): Földművelés és földhasználat. Mezőgazda Lap-és Könyvkiadó, Budapest
- Brockway, D. G.-Gatewood, R. G.-Paris, R. B. (2006): Restoring fire as an ecological process in shortgrass prairie ecosystems: initial effects of prescribed burning during the dormant and growing seasons. *Journal of Environmental Management*, 65. 135-162.
- Campbell, B.-Frost, P.-Byron, N. (1996): Miombo woodlands and their use: overview and key issues. [In: Campbell, B. (ed.) *The Miombo in Transition: Woodlands and Welfare in Africa.*] Center for International Forestry Research, Indonesia
- Carrick, P. J.-Krüger, R. (2007): Restoring degraded landscapes in lowland Namaqualand: Lessons from the mining experience and from regional ecological dynamics. *Journal of Arid Environments*, 70. 4. 767-781.
- Cui, X. F.-Graf, H. F. (2009): Recent land cover changes on the Tibetan Plateau: a review. *Climatic Change*, 94. 47-61.
- Czóbel, Sz.-Szirmai, O.-Németh, Z.-Gyuricza, Cs.-Házi, J.-Tóth, A.-Schellenberger, J.-Vasa, L.-Károly, P. (2012): Short-term effects of grazing exclusion on net ecosystem CO₂ exchange and net primary production in a Pannonian sandy grassland. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 40. 67-72.
- Da Ronch, F.-Ziliotto, U.-Scotton, M. (2002): Floristic composition of Massiccio del Monte Grappa (NE Italy) pastures in relation with the utilisation intensity. *EGF 2002- Multi-function grasslands. La Rochelle, France*, 7. 778-779.

- Deák, B.-Valkó, O.-Török, P.-Végvári, Zs.-Hartel, T.-Schmotzer, A.-Kapocsi, I.-Tóthmérész, B. (2014a): Grassland fires in Hungary-Problem or a potential alternative management fool? *Applied Ecology and Environmental Research*, 12. 267-283.
- Deák, B.-Valkó, O.-Török, P.-Végvári, Zs.-Hartel, T.-Schmotzer, A.-Kapocsi, I.-Tóthmérész, B. (2014b): Grassland fires in Hungary-experiences of nature conservationists on the effects of fire on biodiversity. *Applied Ecology and Environmental Research*, 12. 1. 267-283.
- Erdős, L.-Cserhalmi, D.-Bátori, Z.-Kiss, T.-Morschhauser, T.-Benyhe, B.-Dénes, A. (2013): Shrub encroachment in a wooded-steppe mosaic: combining GIS methods with landscape historical analysis. *Applied Ecology and Environmental Research*, 11. 371-384.
- Erdős, L.-Bátori, Z.-Tölgyesi, Cs.-Körmöczi, L. (2014a): The moving split window (MSW) analysis in vegetation science-an overview. *Applied Ecology and Environmental Research*, 12. 787-805.
- Erdős, L.-Tölgyesi, Cs.-Dénes, A.-Darányi, N.-Fodor, A.-Bátori, Z.-Tolnay, D. (2014b): Comparative analysis of the natural and semi-natural plant communities of Mt Nagy and other parts of the Villány (Mts south Hungary). *Thaiszia Journal of Botany*, 24. 1-21.
- Feng, Y.-Lu, Q.-Tokola, T.-Liu, H.-Wang, X. (2009): Assessment of grassland degradation in Guinan county, Qinghai Province, China, in the past 30 years. *Land Degradation & Development*, 20. 1. 55-68.
- Fernandez-Gimenez, M. E.-Le Febre, S. (2006): Mobility in pastoral systems: Dynamic flux or downward trend? *The International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 13. 5. 341-362.
- Ferrer, C.-Broca, A. (1999): El binomio agricultura-ganadería en los ecosistemas mediterráneos. Pastoreo frente a "desierto verde". Ponencia. *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 309-334.
- Gang, C. C.-Zhou, W.-Chen, Y. Z.-Wang, Z. Q.-Sun, Z. G.-Li, J. L.-Odeh, I. (2014): Quantitative assessment of the contributions of climate change and human activities on global grassland degradation. *Environmental Earth Science*, 72. 11. 4273-4282.
- Halász A. (2018): A gyephasznosítás hatása a gyep hozamára. *Értékkálló Aranykorona*, 18. 3. 24-25.
- Hansson, M.-Fogelfors, H. (2000): Management of semi-natural grassland; results from a 15-year old experiment in southern Sweden. *Journal of Vegetation Science*, 11. 31-38.
- Harris, R. B. (2010): Rangeland degradation on the Qinghai-Tibetan Plateau: a review of the evidence of its magnitude and causes. *Journal of Arid Environments*, 74. 1-12.
- Hénault, C.-Bourennane, H.-Ayzac, A. (2019): Management of pH promotes nitrous oxide reduction and thus mitigates soil emissions of this greenhouse gas. *Scientific Reports*, 9. 20182.
- Hortobágyi T.-Simon T. (2000): *Növényföldrajz, társulástan és ökológia*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Hunt, J. E.-Kelliher, F. M.-McSeveny, T. M.-Byers, J. N. (2002): Evaporation and carbon dioxide exchange between the atmosphere and a tussock grassland during a summer drought. *Agricultural and Forest Meteorology*, 111. 65-82.
- Isselstein, J.-Jeangros, B.-Pavlů, V. (2005): Agronomic aspects of biodiversity targeted management of temperate grasslands in Europe- A review. *Agricultural Research*, 3. 139-151.
- Jauffret, S.-Lavorel, S. (2003): Are plant functional types relevant to describe degradation in arid, southern Tunisian steppes? *Journal of Vegetation Science*, 14. 399-408.
- Kahmen, S.-Poschlod, P.-Schreiber, K. F. (2002): Conservation management of calcareous grasslands. Changes in plant species composition and response of functional traits during 25 years. *Biological Conservation*, 104. 319-328.
- Kessler, J. J.-Laban, P. (1994): Planning strategies and funding modalities for land rehabilitation. *Land Degradation & Development*, 5. 1. 25-32.
- Kovács Gy. (2014): *Mezőgazdasági hasznosítású talajok széndioxid-emissziójának vizsgálata Karcag térségében*. PhD értekezés, Debrecen
- Kovács Gy.-Szöllősi N. (2008): A talaj CO₂-emissziójának mérésére szolgáló eszközök mérőhelyspecifikus fejlesztése. *Agrártudományi Közlemények*, 30. 53-58.
- Kovács Gy.-Tuba G.-Czibalmos R.-Csízi I. (2013): Különböző kompozitadagok hatása az extenzív gyep talajának néhány tulajdonságára. *Gyepgazdálkodási Közlemények*, 2010/2011. 1-2. 9-14.
- Kovdaa, V. A. (1976): Soil loss: an overview. *Agro-Ecosystems*, 3. 1. 205-224.
- Kozák L. (2011): *Élőhely-kezelés*. Debreceni Egyetem. Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma
- Li, B. (1997): The degradation and countermeasure of grassland in North China. *Scientia Agricultura Sinica*, 6. 1-9.
- Li, X. R.-Jia, X. H.-Dong, G. R. (2006): Influence of desertification on vegetation pattern variations in the cold semi-arid grasslands of Qinghai-Tibet Plateau, North-West China. *Journal of Arid Environments*, 64. 3. 505-522.
- Li, X. L.-Gao, J.-Brierley, G.-Qiao, Y. M.-Zhang, J.-Yang, Y. W. (2013): Rangeland degradation on the Qinghai-Tibet plateau: Implications for rehabilitation. *Land Degradation & Development*, 24. 1. 72-80.
- Lin, L.-Li, Y. K.-Xu, X. L.-Zhang, F. W.-Du, Y. G.-Liu, S. L.-Guo, X. W.-Cao, G. M. (2015): Predicting parameters of degradation succession processes of Tibetan Kobresia grasslands. *Solid Earth*, 6. 4. 1237-1246.
- Liu, L. (2006): *Alpine grassland degradation in the source region of the Yellow River: A case study in Dalag County*. Doctor Dissertation of Graduate School of the Chinese Academy of Sciences
- Liu, J.-Diamond, J. (2005): China's environment in a globalizing world. *Nature*, 435. 1179-1186.
- Liu, M.-Dries, L.-Wim Heijman, W.-Zhu, X.-Deng, X.-Huang, J. (2019): Land tenure reform and grassland degradation in Inner Mongolia, China. *China Economic Review*, 55. 181-198.
- Lu, X.-Kelsey, K. C.-Yan, Y.-Sun, J.-Wang, X.-Cheng, G.-Jason, C. N. (2017): Effects of grazing on ecosystem structure and function of alpine grasslands in Qinghai-Tibetan Plateau: a synthesis. *Ecosphere*, 8. e01656
- Ma, L.-Yao, Z.-Zheng, X.-Zhang, H.-Wang, K.-Zhu, B.-Wang, R.-Zhang, W.-Liu, C. (2018): Increasing grassland degradation stimulates the non-growing season CO₂ emissions from an alpine meadow on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Environmental Science and Pollution Research*, 25. 26576-26591.
- Magyar I. E. (2009): *Gyógynövényes gyep telepíthetősége, gyepgazdálkodási módszerek növényállományra gyakorolt hatásának értékelése*. Gödöllő. Doktori értekezés
- Molnár Zs.-Csízi I. (2015): *Természetkímélő gazdálkodás szikeseinken*. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet. Vácrátót
- Muller, S.-Dutoit, T.-Alard, D.-Gréville, F. (1998): Restoration and rehabilitation of species-rich grassland ecosystems in France: a review. *Restoration Ecology*, 6. 1. 94-101.

- Nagy G. (2001): A gyephasználat és a vidékfejlesztés összefüggései. Gyepgazdálkodásunk helyzete és kilátásai. Debreceni Gyepgazdálkodási Napok 17. Debrecen, 24-25.
- Oertel, C.-Matschullatt, J.-Zurba, K.-Zimmermann, F.-Erasmí, S. (2016): Greenhouse gas emissions from soils.-A review. *Geochemistry*, 76. 327-352.
- Ónodi, G.-Kertész, M.-Botta-Dukát, Z.-Altbäcker, V. (2008): Grazing Effects on Vegetation Composition and on the Spread of Fire on Open Sand Grasslands. *Arid Land Research and Management*, 22. 4. 273-285.
- Papanastasis, V. P. (2009): Restoration of degraded grazing lands through grazing management: Can it work? *Restoration Ecology*, 17. 4. 441-445.
- Pápay G. (2016): Cserjeirtás után magára hagyott, legeltetett és kaszált gyepterületek vegetációjának összehasonlító elemzése parádóhuta (Mátra) mintaterületen. *Gyepgazdálkodási Közlemények*, 14. 2. 37-48.
- Penksza K.-Házi J.-Tóth A.-Wichmann B.-Pajor F.-Gyuricza Cs.-Póti P.-Szentés Sz. (2013): Eltérő hasznosítású szürkemarha legelő szezonális táplálékanyag-tartalom alakulás, fajdiverzitás változása és ennek hatása a biomaszra mennyiségére és összetételére nedves pannon gyepekben. *Növénytermelés*, 62. 1. 73-94.
- Penksza K.-Fehér Á.-Saláta D.-Pápay G.-S.Falusi E.-Kerényi-Nagy V.-Szabó G.-Wichmann B.-Szemethy L.-Katona K. (2016): Gyepregeneráció és vadhatás vizsgálata cserjeirtás után parádóhuta (Mátra) mintaterületen. *Gyepgazdálkodási Közlemények*, 14. 1. 31-41.
- Perevolotsky, A.-Seligman, N. G. (1998): Role of grazing in Mediterranean rangeland ecosystems. *Bioscience*, 48. 1007-1017.
- Ryser, P.-Langenauer, R.-Gigon, A. (1995): Species richness and vegetation structure in a limestone grassland after 15 year management with six biomass removal regimes. *Folia Geobotanica-Phytotaxonomica*, 30. 157-167.
- Sefferová Stanová, V.-Janák, M.-Ripka, J. (2008): Management of Natura 2000 habitats. 1530*Pannonic salt steppes and salt marshes. Brussels, Belgium: European Commission
- Steffler J.-Nagy G.-Vinczeffly I. (2000): Különböző adottságú gyepok hasznosíthatósága húsmarhatartással. Állattenyésztés és Takarmányozás, 49. 6. 495-496.
- Szabó G.-Zimmermann Z.-Szentés Sz.-Sutyinszki Zs.-Penksza K. (2010): Természetvédelmi és gyepgazdálkodási vizsgálatok a Dinnyési-Fertő gyepeiben. *Gyepgazdálkodási Közlemények*, 8. 31-38.
- Szente, K.-Nagy, Z.-Tuba, Z. (1998): Enhanced water use efficiency in dry loess grassland species grown at elevated air CO₂ concentration. *Photosynthetica*, 35. 637-640.
- Szentés Sz.-Sutyinszki Zs.-Zimmermann Z.-Szabó G.-Járdi I.-Házi J.-Penksza K.-Bartha S. (2011): A fenyérfű (*Bothriochloa ischaemum* L. Keng 1936.) gyep béta-diverzitására gyakorolt hatásainak vizsgálata és értékelése mikrocönológiai módszerekkel. *Tájökológiai Lapok*, 9. 2. 463-475.
- Szentés, Sz.-Sutyinszki, Zs.-Szabó, G.-Zimmermann, Z.-Házi, J.-Wichmann, B.-Hufnágel, L.-Penksza, K.-Bartha, S. (2012): Grazed Pannonian grassland beta-diversity changes due to C4 yellow bluestem. *Central European Journal of Biology*, 7. 6. 1055-1065.
- Tasi J.-Bajnok M.-Halász A.-Szabó F.-Harkányiné Székely Zs.-Láng V. (2014): Magyarországi komplex gyepgazdálkodási adatbázis létrehozásának első lépései és eredményei. *Gyepgazdálkodási Közlemények*, 1-2. 57-58.
- Tóth, Cs.-Nyakas, A.-Nagy, G.-Nan, Z. B. (2002): A comparison of two arid steppe vegetations from different geographical regions. *Multifunction Grasslands, La Rochelle*, 170-171.
- Török P.-Arany I.-Prommer M.-Valkó O.-Balogh A.-Vida E.-Tóthmérész B.-Matus G. (2007): Újrakezdett kezelés hatása fokozottan védett kékperjés láprét fitomasszájára, faj-és virággazdagságára. *Természetvédelmi Közlemények*, 13. 187-198.
- Vetter, S. (2005): Rangelands at equilibrium and non-equilibrium: Recent developments in the debate. *Journal of Arid Environments*, 62. 2. 321-341.
- Vincze J. (2008): Az Észak-Magyarországi régió állattenyésztésének fejlesztési lehetőségei és irányai. PhD ért. Nyugat-Magyarországi Egyetem, 7-8.
- Vinczeffly I. (1993): Legelő- és gyepgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Wang, W.-Wang, Q.-Wang, H. (2006): The effect of land management on plant community composition, species diversity, and productivity of alpine Kobersia steppe meadow. *Ecological Research*, 21. 181-187.
- White, P. R.-Murray, S.-Rohweder M. (2000): Pylot analysis of global ecosystems. *Grassland ecosystems*. World Resources Institute, Washington
- Wiliems, J. H.-Bik, L. P. M. (1998): Restoration of high species density in calcareous grassland: the role of seed rain and soil seed bank. *Applied Seed Ecology*, 1. 91-100.
- Wu, G. L.-Ren, G. H.-Dong, Q. M.-Shi, J. J.-Wang, Y. L. (2014): Above- and belowground response along degradation gradient in an alpine grassland of the Qinghai- Tibetan Plateau. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 42. 319-323.
- Wu, G.-MinChen, X.-Ling, J.-Li, F.-Li, F. Y.-Peixoto, L.-When, Y.-Zhou, S. L. (2020): Effect of soil warming and increased precipitation on greenhouse gas fluxes in spring maize seasons in the North China Plain. *Science of the Total Environment*, 734. 139269.
- Xie, Y.-Sha, Z. (2012): Quantitative Analysis of Driving Factors of Grassland Degradation: A Case Study in Xilin River Basin, InnerMongolia. *The Scientific World Journal*, 1-14.
- Zhang, Y. M.-Liu, J. K. (2003): Effects of Plateau Zokors (*Myospalax fontanierii*) on plant community and soil in alpine meadow. *Journal of Mammalogy*, 82. 644-651.
- Zsembeli J.-Szűcs L.-Tuba G.-Czibalmos R. (2015): Nedvességtakarékos talajművelési rendszer fejlesztése Karcagon. [In: Madarász B. (szerk.) Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon.] MTA CSFK FTI, Budapest, 122-133.

