

Agroerdészeti rendszerekben termelt mezei sóska (*Rumex acetosa* L.), lándzsás útifű (*Plantago lanceolata* L.) és kis télizöld (*Vinca minor* L.) antioxidáns összetételének vizsgálata

Keywords: agrárerdészeti rendszerek, gyógynövények, antioxidáns, polifenol, folyadékkromatográfia, tömegspektrometria

1. Összefoglalás

Jelen munkában a Bajti Nemesítő Telep agrárerdészeti rendszerében, különböző talajtakarási módszerekkel (mulcs, méhlegelő, geotextília) termesztett három gyógynövényfaj: a mezei sóska (*Rumex acetosa* L.), a lándzsás útifű (*Plantago lanceolata* L.) és a kis télizöld (*Vinca minor* L.) antioxidáns kapacitásának, polifenolos összetételének és szerves savtartalmának összehasonlító vizsgálatát végeztük el. Azt vizsgáltuk, hogy a különböző talajtakarásoknak van-e valamilyen előnyös hatása a növények antioxidáns tartalmára, mely a jövőbeli élelmiszeripari, humán táplálkozási vagy gyógyszeralapanyagként való hasznosítás szempontjából a legelőnyösebb. Az antioxidáns kapacitást a TPC (Folin-Ciocalteu féle összes polifenol tartalom), a FRAP (vas(III)-ion redukálóképességen alapuló antioxidáns kapacitás) és a DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil gyök reakcióján alapuló) módszerekkel vizsgáltuk. A szerves sav- és a polifenolos összetételt kromatográfiás/tömegspektrometriás eljárással határoztuk meg. Megállapítottuk, hogy a talajtakarási módszerek hatása az antioxidáns kapacitásra és a polifenol tartalomra erősen fajfüggő, valamint bizonyos talajtakarásokkal az antioxidáns tartalom szignifikánsan növelhető. Az eredmények hozzájárulnak az agrárerdészeti rendszerekben termelt gyógynövények kémiai összetételének kutatásához, és az adatok alapul szolgálhatnak a további fajokon végzett kísérletek tervezéséhez.

¹ Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet, Sopron

✉ Levelező szerző

HOFMANN Tamás

hofmann.tamas@uni-sopron.hu

<https://orcid.org/0000-0002-1928-7879>

BENKE Dénes

VISINÉ RAJCZI Eszter

<https://orcid.org/0000-0003-0723-9885>

2. Bevezetés

A klímaváltozás erősödő hatásai egyre nagyobb kihívások elé állítják mind a mezőgazdálkodást (Aydinalp és Cresser, 2008; Sanchisa és Bello, 2009), mind az erdőgazdálkodást (Gustavsson és mtsai., 2017). Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás egyik fontos eleme lesz az újfajta termelési technológiák alkalmazása és gazdálkodási rendszerek bevezetése (Nuwarapaksha és mtsai., 2025). Ilyen alternatív megoldás lehet az agrárerdészeti rendszerek létesítése és az azokban való termelés megvalósítása.

Az agrárerdészet „azon földhasználatok gyűjtőneve, ahol egyazon földrészleten tervezetten természetnek fás szárú élő növényeket, mezőgazdasági terményeket és/vagy tartanak állatokat; akár térbeli, akár időbeli eltéréssel” (Lundgreen és Raintree, 1982). Amellett, hogy lehetőség van minőségi faanyag termelésére a terület mezőgazdasági termelésből való kivonása nélkül (Vityi és mtsai., 2018; Kovács és mtsai., 2019; Szigeti és mtsai., 2020) az agrárerdészeti rendszerek számos ökoszisztéma szolgáltatást is nyújtanak (de Jong és mtsai., 2018; Willmott és mtsai., 2023), mint a légköri szén-dioxid megkötése (Calfapitera és mtsai., 2010), a termesztett mezőgazdasági növények védelme a szélsőséges klímahatásoktól (Kaya és mtsai., 2019; Szigeti és mtsai., 2021; Kovács és Vityi 2022), vízerózió és a defláció csökkentése. Emellett segítik a szerves anyagok visszajutását a talajba, valamint növelik a biodiverzitást (Torralba és mtsai., 2016).

Az Európai Unió területén hozzávetőlegesen 15,4 millió ha agrárerdészeti rendszer van, amely legnagyobb része valamilyen haszonállat tartásával kombinálja a fatermesztést. Ezek jelentős része Spanyolország, Görögország, Franciaország, illetve Portugália területén található (den Herder et al., 2017).

Magyarországon az agrárerdészeti rendszerek közül hagyományosan a különböző erdősávok és a fás legelők voltak viszonylag elterjedtek, ám ezek száma ma visszaszorulóban van: hazánkban 38.100 ha területen gazdálkodnak agrárerdészeti rendszerekben (den Herder és mtsai., 2017). A mezőgazdasági területeink magas aránya miatt (az ország területének 55%-a) adottak a lehetőségek a modern agrárerdészeti rendszerek szélesebb körben való alkalmazására, ezzel is hozzájárulva az Európai Unió 2030-as Erdészeti Stratégiájában kitűzött célokhoz (Vityi és mtsai., 2018; Caprile, 2022).

A hagyományos termények (gabonák, kapásnövények, zöldségek, stb.) mellett gyógynövények termesztésére is van lehetőség az agrárerdészeti rendszerekben (Rigueiro-Rodríguez, 2008). Az ilyen módon megtermelt gyógynövények vagy önmagukban használhatóak fel a humán táplálkozásban (élelmiszerekben, étrend-kiegészítőként, friss, szárított stb. készítményként) vagy különböző vegyületcsoportok is kivonhatók belőlük további felhasználásra (Grigore és mtsai., 2015; Bello és mtsai., 2019; Koel és mtsai., 2020).

A különböző gyógynövények és azok hatásai már évezredek óta ismertek, így azokat széles körűen használják a gyógyászatban (Pan és mtsai., 2014). Ezt bizonyítja az is, hogy a világon felhasznált gyógyászati készítmények mintegy negyede növényi eredetű (van Wyk és Wink, 2006). Napjainkban az emberek legalább 80%-a használ valamilyen gyógynövény alapú gyógyszert vagy táplálék kiegészítőt (Ekor, 2014). Az elmúlt évtizedekben megnövekedett a kereslet az ilyen típusú termékek iránt. Európában is megfigyelhető ez a trend, amit az is igazol, hogy az európai gyógynövény piac éves bevétele 2021-ben közel 70 milliárd USD volt (URL 1).

A növények anatómiai felépítése és életműködései nem mindig azonosak, a külső körülmények hatására jelentősen megváltozhatnak. Számos kutatás bebizonyította, hogy az eltérő időjárási paraméterek mellett a növények szövettani felépítése és élettani működése változhat, amely leginkább a szekunder metabolizmus termékeit (extratanyagok) mennyiségét és minőségét érinti (Abreu és Mazzafera, 2005; Zubay és mtsai., 2021). Az azonos rendszertani kategóriákba (családok, rendek stb.) tartozó gyógynövényekről és azok beltartalmi értékeik összehasonlításáról számos publikáció és tanulmány született, azonban az agrárerdészeti rendszerekben termesztett gyógynövények hatóanyagtartalmának vizsgálatáról – különös tekintettel az antioxidánsokra – hiányosak az ismereteink.

Antioxidánsnak nevezzük azokat a vegyületeket, amelyek az oxidálható anyaghoz képest alacsony koncentrációban vannak jelen és jelentősen lassítják vagy megakadályozzák annak oxidációját (Halliwell, 1990). Ezen vegyületek elsődleges fiziológiai szerepe a sejtalkotók védelme a szervezetben keletkező belső vagy bejutó és felszaporodó szabad gyökök káros hatásaitól (Young és Woodside, 2001). Szerkezetüket tekintve lehetnek enzimes és nem-enzimes antioxidánsok. A nem-enzimes antioxidánsok (polifenolok, szerves savak, redukáló cukrok, telítetlen zsírsavak, stb.) nem csak a növényi, állati és emberi szervezet védekezőképességében vesznek részt, hanem meghatározzák pl. a zöldségek, gyümölcsök és a belőlük készített élelmiszerek beltartalmi értékét, színét, tartósságát, stb. így vizsgálatuk élelmiszerminőségi szempontból is kiemelkedő.

Kutatásunk egyedülálló, mivel agroerdészeti rendszerben, különböző talajtakarások mellett termelt gyógy-növények antioxidáns tartalmát, illetve polifenol profilját még nem vizsgálták. Jelen munkánkban vizsgáltuk a Bajti Nemesítő Telep agrárerdészeti rendszerében termesztett három gyógynövényfaj (mezei sóska (*Rumex acetosa* L.), lándzsás útifű (*Plantago lanceolata* L.) és kis télizöld (*Vinca minor* L.)) antioxidáns tartalmát különböző talajtakarási módszerek mellett. Méréseinkkel arra kerestük a választ, hogy a különböző talajtakarásoknak van-e valamilyen pozitív hatása a növények antioxidáns tartalmára, vagy a kivonatok összetételére. Az antioxidáns tartalmat három módszer segítségével (TPC: Total Phenolic Content, Folin-Ciocalteu-redukáló kapacitás, FRAP: Ferric Reducing Antioxidant Power – vas(III)-ion redukálóképességen alapuló antioxidáns kapacitás, DPPH: 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil gyök reakcióján alapuló antioxidáns kapacitás) mértük és hasonítottuk össze, míg a polifenol-profil és a szerves savak vizsgálatához nagy-nyomású folyadékkromatográfiát/tandem tömegspektrometriát alkalmaztunk.

3. Anyagok és módszerek

3.1 A vizsgált terület bemutatása

A kutatáshoz a mintákat a Bajti Nemesítő Telep területén gyűjtöttük be (Vas vármegye). A telep a Soproni Egyetem és az Erdészeti Tudományos Intézet kezelése alatt áll, célja az erdészeti génmegőrzés és nemesítés. Ezen kívül nyár és fűz szaporítóanyag termelése is zajlik a területen. 2021-ben létrehoztak a telep területén egy agrárerdészeti rendszert is, amelyben köztestermesztésben különböző lágyszárú növényfajok termesztése történik (**1. ábra**). Az agrárerdészeti rendszer területe körülbelül 0,5 hektár, amely kerítéssel van körülvéve a vadkár kizárása céljából. A területen 17 sorban összesen 170 'I-214' fajtájú euroamerikai nyár (*Populus euramericana* (Dode) Guiner cv. 'I-214') van (Guti, 2023).

A fák között termesztett növények három különböző talajtakarás mellett kerültek elültetésre, ezek a geotextília, a mulcs és a méhlegelő. A geotextília és a mulcs egyaránt kedvezően hat a talaj vízgazdálkodására, és kiegyenlíti a nagyobb hőingadozásokat. Ezen kívül a gyomok kicsírázását is gátolja. A méhlegelő legnagyobb előnye a talajba való tápanyag visszapótlás és a párásabb mikroklíma létrehozása. A méhlegelő nagyrészt pillangós- (*Fabales*), fészkes- (*Asterales*) és keresztesvirágú (*Brassicales*) lágyszárúakból áll. Mindhárom talajtakarás hátránya azonban, hogy esetleges bűvőhelyet biztosíthat a kártevőknek. A kontroll terület a fasorokon kívül, a napsugárzásnak közvetlenül kitett részen helyezkedik el, továbbá semmilyen talajtakarási módszer nincs alkalmazva az itt termesztett lágyszárú növények esetében.



1. ábra: A Bajti agroerdészeti rendszer (balra) és a kontroll terület (jobbra)

Forrás: a szerző felvétele.

3.2 A vizsgált növények bemutatása

A mezei sóska (*Rumex acetosa* L.) a keserűfűfélék (*Polygonaceae*) családjába tartozó lágyszárú évelő növény. Európában általánosan elterjedt, de betelepítés útján eljutott Afrikába, Ázsiába és Észak-Amerikába is. Természetes élőhelye a rét és a kaszáló, de sok helyen termesztik is (Simon és Csapody, 1991). A növény fogyasztása magas ásványianyag- és vitamintartalma miatt igen egészséges, ezért a levelét, szárát és gyökerét egyaránt fogyasztják élelmiszerként (Bae és mtsai., 2012). A mezei sóska ezen kívül többek között antibakteriális, gombaölő, gyulladáscsökkentő és lázcsillapító hatással is bír (Bello és mtsai., 2019.).

A lándzsás útifű (*Plantago lanceolata* L.) az útifűfélék családjába (*Plantaginaceae*) tartozó tölevélrózsás lágyszárú évelő növény. Az egész világon általánosan elterjedt generalista faj, amely egyaránt megtalálható réteken és legelőkön (Simon és Csapody 1991). A növény egyszerűen termesztendő, mivel mélyre hatoló, erős gyökérzetével, valamint mikorrhiza kapcsolatainak köszönhetően hatékonyan fel tudja venni a tápanyagokat és a vizet a gyenge termőképességű talajokból is (Pol és mtsai., 2021). A lándzsás útifű számos biológiailag

aktív anyagot tartalmaz, amely miatt használata széles körben elterjedt a hagyományos gyógyászatban (Stewart, 1996). A növény jól ismert köhögéscsillapító és hurutoldó hatásáról, ezenkívül alkalmas sebek, rovarcsípések, furunkulusok és hasmenés kezelésére is (Tita és mtsai., 2009; Grigore és mtsai., 2015).

A kis télizöld (*Vinca minor* L.) a meténgfélék (*Apocynaceae*) családjába tartozó áttelelő hajtású évelő növény. Kúszó habitusa miatt képes a talajfelszín beborítására, így talajtakaró növénynek kiváló. Természetesen az üde lombdombokban és szegélyeiken fordul elő, de dísznövényként is sok helyen ültetik. A kis télizöldben található egyik legfontosabb anyag a vinkamin nevű alkaloid, amely gyógyszeripari felhasználásra kerül (Ciorita és mtsai., 2021). A Cavinton® (Richter Gedeon Nyrt.) nevű agyérészűkület gyógyszer hatóanyagát a vinkamin szerkezeti átalakításával állítják elő (Kárpáti és mtsai., 2002). A növényben található egyéb hatóanyagoknak többek között antibakteriális, vércukorszint-csökkentő és vérnyomáscsökkentő hatása is van (Koel és mtsai., 2020), továbbá a kis télizöldből készült gyógyszereket daganatos megbetegedések kezelésére is felhasználgják antitumor hatásuk miatt (Zhang és mtsai., 2017).

3.3 Mintavétel és extrakció

Korábbi vizsgálatainkban (Benke és mtsai., 2024; Visiné Rajczi és mtsai., 2024) megállapítottuk, hogy a vegetációs időszak különböző időpontjaiban (tavasz, nyár, ősz) gyűjtött minták közül a tavaszi minták rendelkeznek a legnagyobb antioxidáns kapacitással, ezért a jelen vizsgálatunkban csak tavasszal vettünk mintát.

A mintavétel (2024. május 9.) során 200 gramm leveles hajtást gyűjtöttünk be véletlenszerűen mindegyik vizsgált parcellából. A mintákat liofilizáltuk (Wave FD260 liofilizáló, Wave Trockensysteme GmbH, Bécs, Ausztria), majd vákuum csomagolva, hűtve tároltuk őket a további feldolgozásig.

Extrakció előtt a mintákat kávédaráló segítségével felaprítottuk és 0,2 gramm mennyiséghez 40 ml metanol:víz 1:1 térfogatarányú elegyét mértük 50 ml-es centrifugacsövekbe. Ezután a mintákat ultrahangos fürdőbe helyeztük 3x10 percre (Elma Transsonic T570 ultrahangos fürdő, Elma Schmidbauer GmbH, Singen, Németország). A 10 perces extrakciós lépések között az ultrahangos fürdő vizét 26 °C-ra állítottuk vissza. A 10 perces időintervallumok leteltével a víz hőmérséklete körülbelül 30 °C volt. A készített extraktumokat centrifugáltuk (2x10 perc, 14.000 1/min fordulatszámon) és a méréseinket a felülúszóból végeztük el.

3.4 Antioxidáns kapacitás meghatározás

Méréseinkhez három módszert alkalmaztunk az antioxidáns tartalom felmérésére: a TPC, FRAP és DPPH módszereket. Mivel mindegyik módszernek megvannak az előnyei, hátrányai és sajátos szelektivitása, ezért önmagában egyik módszer sem ad átfogó eredményt az adott mintáról, ezért ajánlott több különböző módszer használata (Hegedűs és Stefanovitsné, 2012).

3.4.1 TPC módszer

A mérés kivitelezése: 100 µl extraktumhoz 400 µl metanol:víz 1:1 térfogatarányú elegyét, majd pedig 2,5 ml Folin-Ciocalteu reagenst adtunk. Körülbelül 1 perc elteltével 2,0 ml 0,7 M Na₂CO₃-oldatot pipettáztunk a mintákhoz. Ezt követően 5 percig 50°C-os vízfürdőbe helyeztük az oldatokat, majd visszahűtöttük őket. A kék színű reakcióoldat abszorbanciáját 760 nm-en vizsgáltuk. Mindegyik mintán három párhuzamos mérést végeztünk el. Standard vegyületként galluszsavat használtunk, az eredményeket mg galluszsav egyenérték/g száraz növény mértékegységben adtuk meg (mg GE/g sz.a.).

3.4.2 DPPH-módszer

A mérés kivitelezése: 100 µl extraktumhoz 100 µl metanol:víz 1:1 térfogatarányú elegyét és 2,8 ml DPPH oldatot (80 mM metanolban oldva) adtunk, majd 30 percen keresztül letakarva, sötét helyen tároltuk. Az inkubációs idő elteltével mérjük az abszorbanciát (515 nm). Mindegyik mintán három párhuzamos mérést végeztünk el (Visiné Rajczi és mtsai., 2024). Az antioxidáns kapacitás számszerűsítéséhez trolox standardet használtunk, az eredményeket mg trolox egyenérték/g növényi szárazanyag mértékegységben adtuk meg (mg TE/g sz.a.).

3.4.3 FRAP-módszer

Mérés kivitelezése: A mérés során standard alapján 50 µl extraktumhoz 1,5 ml FRAP-reagenst (vas(III)-klorid, acetát puffer, 2,4,6-tripiridil-s-triazin (TPTZ)) adtunk. A reakcióidőt 5 percen állapítottuk meg, a spektrofotometriás mérést 593 nm-en végeztük (Benzie és Strain 1996). Mindegyik mintán három párhuzamos mérést végeztünk el. Az antioxidáns kapacitás számszerűsítéséhez aszkorbinsavat használtunk standardnak, az eredményeket mg aszkorbinsav egyenérték/g növényi szárazanyag mértékegységben adtuk meg (mg AE/g sz.a.).

3.5 Folyadékkromatográfiás vizsgálatok

A különböző antioxidáns kapacitás meghatározási módszerek egyik kézenfekvő – ám jelentősen idő és költségigényesebb – alternatívája a konkrét antioxidáns vegyületek azonosítása és mennyiségi meghatározása. Ehhez legtöbbször nagy-hatékonyságú folyadékkromatográfiás (HPLC) és azzal kombinált tandem tömegspektrometriás (MS/MS) detektálást alkalmaznak. Vizsgálatainkban kétféle eljárást alkalmaztunk: elvégeztük a szerves savak elválasztását és mennyiségi meghatározását, valamint a polifenolos vegyületek profilozását. Mind a szerves savak mind a polifenolok jelentős mennyiségben vannak jelen a vizsgált növényekben és egyaránt hozzájárulnak az antioxidáns kapacitáshoz. Az elválasztáshoz egy Shimadzu LC-20 (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japán) folyadékkromatográfot használtunk. A detektálás egy diódasoros detektorral (Shimadzu SPD 20M) és egy AB Sciex 3200 QTRAP® LC/MS/MS hármass kvadrupól/lineáris ioncsapda típusú tömegspektrométerrel történt (Sciex, Framingham, USA).

3.5.1 Szerves savak mennyiségi meghatározása

A szerves savakat (oxálsav, citromsav, borkősav és borostyánkősav) egy Bio-Rad Aminex HPX-87H oszlopon (Bio-Rad Laboratories Inc., Hercules, USA) 60 °C hőmérsékleten 0,6 ml/perc áramlású 0,005 M H₂SO₄ mozgófázissal választottuk el. Az injektált térfogat 20 µl volt. A detektálás és mennyiségi kiértékelés 205-210 nm hullámhosszon történt. Mintánként három párhuzamos mérést végeztünk. Savtartalmakat tömegszázalékban adtuk meg, a bemért száraz növényi mintára vonatkoztatva.

3.5.2 Polifenolok profilozása

A kivonatok elválasztásához egy Phenomenex, Synergy Fusion C18, 2,6 µm, 150 mm x 4,6 mm oszlopot használtunk Phenomenex SecurityGuard ULTRA LC előtétoszloppal. A elválasztást 40 °C-on végeztük el A (víz + 0,1% hangyasav) és B (acetonitril + 0,1% hangyasav) gradiens alkalmazásával (3% B (0-4 min), 6% B (10 min), 20% B (34 min), 57% B (73 min), 100% B (90-98 min), 3% B (99-106 min)) 1,2 ml/min áramlási sebesség mellett. Detektálás: 250-380 nm hullámhossztartományon. A polifenolok profilozása és minőségi azonosítása tömegspektrometrián történt. Ionforrás paraméterek: negatív elektroporlasztásos ionizáció (ESI), porlasztófeszültség: -4500 V, ionforrás hőmérséklet: 500 °C, függőnygáz (N₂) nyomás: 40 psi, porlasztógáz (N₂) nyomás: 30 psi, szárítógáz (N₂) nyomás: 30 psi. Polifenolok azonosítása: IDA (Information Dependent Analysis) kiértékelés segítségével a 80-1300 m/z tartományon. Tömegspektrumok kiértékelése és a vegyületek azonosítása: RIKEN (Sawada és mtsai., 2012), MassBank és MoNA tömegspektrometriás adatbázisok segítségével történt.

3.6 Statisztikai kiértékelés

Az eredmények összehasonlításához a Statistica 8 nevű szoftvert (StatSoft Inc., Tulsa, USA) használtuk. A számolási módszer Tukey HSD, $p < 0,04$, a varianciák homogenitását a Bartlett-próbával ellenőriztük.

4. Eredmények és megvitatásuk

4.1 Antioxidáns kapacitás és szerves savtartalom

A szerves savak közül a szakirodalmak alapján már leírt és bizonyított vegyületek (oxálsav, citromsav, borkősav, borostyánkősav) mennyiségét mértük a mintákban. Ezek a vegyületek is antioxidáns tulajdonságokkal rendelkeznek, így hozzájárulnak a kivonatok antioxidáns kapacitásához (Kayashima és Katayama, 2002; Ye és mtsai., 2011; Singh és mtsai., 2022; Jantwal és mtsai., 2022).

A **mezei sóska** extraktumok antioxidáns kapacitás értékeit és savtartalmát az **1. táblázat** tartalmazza. Mindhárom módszerrel a „mulcs” minták esetében mértük a legnagyobb antioxidáns kapacitást. Az eredmények összhangban vannak az előző években mért eredményeinkkel, melyekben szintén a tavaszi „mulcs” mintákban mértük a legnagyobb antioxidáns kapacitást (Benke és mtsai., 2024; Visiné Rajczi és mtsai., 2024).

A szerves sav tartalmak vizsgálata során szintén a „mulcs” mintákban találtuk a legmagasabb oxálsav, borkősav és borostyánkősav mennyiséget. Ezek a mérési eredmények összhangban vannak az antioxidáns kapacitás méréseink eredményeivel. A citromsav tartalom mérésekor egyik talajtakarási módszer esetében sem mértünk a kontrollhoz képest szignifikánsan magasabb értéket. Az általunk mért oxálsav értékek a szakirodalmi adatokkal összehasonlítható nagyságrendűek. Azonban megjegyzendő, hogy a legtöbb kutatás az oxálsav tartalmat nedves tömegre vonatkoztatva vizsgálja (Tuazon-Nartea és Savage, 2013; Seiner és mtsai., 2020).

1. táblázat: A mezei sóska minták TPC (mg GE/g szá.), FRAP (mg AE/g szá.) és DPPH (mg TE/g szá.) antioxidáns kapacitás értékei (átlag ± szórás) és szerves savtartalma különböző talajtakarások esetében. ko: kontroll, geo: geotextília, méh: méhlegelő. A kontroll értékek félkövér betűtípussal kerültek jelölésre. Egy adott oszlopban a különböző kategóriákba (a-b, a-c, a-b) sorolt minták átlagértékei szignifikánsan eltérnek $p < 0,04$ szinten.

	TPC [mg GE/g szá.]	FRAP [mg AE/g szá.]	DPPH [mg TE/g szá.]	oxálsav [m/m%]	citromsav [m/m%]	borkősav [m/m%]	borostyánkősav [m/m%]
ko.	29,3 ± 0,4^a	18,0 ± 0,6^a	33,8 ± 0,1^a	3,67 ± 0,08^a	0,62 ± 0,02^a	3,04 ± 0,16^a	0,91 ± 0,08^{ab}
geo.	31,4 ± 1,1 ^a	20,5 ± 0,4 ^b	36,2 ± 1,8 ^a	3,89 ± 0,11 ^a	0,46 ± 0,04 ^c	3,30 ± 0,09 ^{ab}	0,91 ± 0,02 ^{ab}
mulcs	50,9 ± 0,8 ^b	29,5 ± 1,3 ^c	44,7 ± 2,1 ^b	6,23 ± 0,12 ^b	0,33 ± 0,02 ^b	3,61 ± 0,21 ^b	1,02 ± 0,02 ^b
méh.	29,4 ± 0,6 ^a	18,8 ± 0,3 ^{ab}	36,2 ± 2,0 ^a	3,66 ± 0,13 ^a	0,57 ± 0,02 ^a	2,97 ± 0,12 ^a	0,85 ± 0,01 ^a

A **lándzsás útifű** extraktumok antioxidáns kapacitás és savtartalom értékeit, valamint az eredmények statisztikai kiértékelését a **2. táblázat** foglalja össze. Megállapítottuk, hogy talajtakarási módszerrel sem érhető el szignifikánsan magasabb antioxidáns tartalom a „kontroll” mintákhoz képest. A mérések összhangban vannak a korábbi eredményeinkkel, melyekben szintén a „kontroll” mintáknál mértük a legmagasabb értékeket mindhárom antioxidáns kapacitás mérési módszer esetében (Benke és mtsai., 2024; Visiné Rajczi és mtsai., 2024). A legmagasabb citromsav tartalmat a „mulcs” mintákban, a legmagasabb borostyánkősav tartalmat a „méhlegelő” mintákban mértük. Oxálsavat és borkősavat nem mutattunk ki egyik minta esetében sem, habár más kutatások igazolták az oxálsav jelenlétét a lándzsás útifűben (Guil-Guerrero, 2001; Mondal és mtsai., 2021). Utóbbi kutatás citromsav és borkősav jelenlétét is vizsgálta, de egyiket sem találta meg a növényben. Pankoke and Müller (2013) a növény vizsgálata során borostyánkősavat detektáltak a lándzsás útifűben. A kutatás azt is megállapította, hogy a visszavágás hatására megnő a növényben a borostyánkősav mennyisége.

2. táblázat: A lándzsás útifű minták TPC (mg GE/g szá.), FRAP (mg AE/g szá.) és DPPH (mg TE/g szá.) antioxidáns kapacitás értékei (átlag ± szórás) és szerves savtartalma különböző talajtakarások esetében. ko: kontroll, geo: geotextília, méh: méhlegelő. A kontroll értékek félkövér betűtípussal kerültek jelölésre. Egy adott oszlopban a különböző kategóriákba (a-b, a-c, a-b) sorolt minták átlagértékei szignifikánsan eltérnek $p < 0,04$ szinten.

	TPC [mg GE/g szá.]	FRAP [mg AE/g szá.]	DPPH [mg TE/g szá.]	oxálsav [m/m%]	citromsav [m/m%]	borkősav [m/m%]	borostyánkősav [m/m%]
ko.	77,8 ± 0,9^d	56,8 ± 1,0^d	198,9 ± 1,7^c	-	0,59 ± 0,02^c	-	1,04 ± 0,06^a
geo.	71,5 ± 0,8 ^c	53,0 ± 0,9 ^c	171,8 ± 4,7 ^b	-	0,51 ± 0,01 ^b	-	1,05 ± 0,07 ^a
mulcs	57,8 ± 1,2 ^b	46,6 ± 1,5 ^b	155,2 ± 4,8 ^a	-	0,71 ± 0,02 ^d	-	1,06 ± 0,05 ^a
méh.	52,4 ± 1,1 ^a	43,3 ± 0,7 ^a	150,1 ± 4,2 ^a	-	0,37 ± 0,01 ^a	-	1,24 ± 0,01 ^b

A **kis télizöld** extraktumok mérési eredményeit és a kiértékelést a **3. táblázat** tartalmazza. A kis télizöld tekintetében megállapítható, hogy egyik talajtakarási módszerrel sem érhető el magasabb antioxidáns kapacitás, a kontrollhoz képest, mely eredmények szintén összhangban vannak előző évi méréseinkkel (Benke és mtsai., 2024; Visiné Rajczi és mtsai., 2024). A szerves savak tekintetében egyedül citromsavat sikerült azonosítani, amelyből a legnagyobb mennyiség a „méhlegelő” mintában mértük. Chen és mtsai., (2017) a növény extraktumaiból oxálsavat, borkősavat és borostyánkősavat is ki tudott mutatni. Megjegyzendő ugyanakkor, hogy a kis télizöldben található szerves savakkal foglalkozó irodalmak száma igen alacsony.

3. táblázat: A kis télizöld minták TPC (mg GE/g szá.), FRAP (mg AE/g szá.) és DPPH (mg TE/g szá.) antioxidáns kapacitás értékei (átlag ± szórás) és szerves savtartalma különböző talajtakarások esetében. ko: kontroll, geo: geotextília, méh: méhlegelő. A kontroll értékek félkövér betűtípussal kerültek jelölésre. Egy adott oszlopban a különböző kategóriákba (a-b, a-c, a-b) sorolt minták átlagértékei szignifikánsan eltérnek $p < 0,04$ szinten.

	TPC [mg GE/g szá.]	FRAP [mg AE/g szá.]	DPPH [mg TE/g szá.]	oxálsav [m/m%]	citromsav [m/m%]	borkósav [m/m%]	borostyánkősav [m/m%]
ko.	31,0 ± 0,6^c	21,6 ± 0,4^b	55,8 ± 3,9^b	-	0,05 ± 0,01^a	-	-
geo.	28,4 ± 1,1 ^{ab}	18,5 ± 0,3 ^a	50,1 ± 0,6 ^{ab}	-	0,09 ± 0,01 ^b	-	-
mulcs	29,6 ± 0,6 ^{bc}	20,1 ± 0,6 ^b	50,1 ± 1,4 ^{ab}	-	0,16 ± 0,01 ^c	-	-
méh.	27,6 ± 0,2 ^a	17,5 ± 0,9 ^a	44,5 ± 2,2 ^a	-	0,18 ± 0,01 ^d	-	-

4.2 Polifenolos összetétel

A polifenolok növényekben található biológiailag aktív antioxidáns hatású vegyületek, amelyek fő feladata a biotikus (kórokozók és károsítók) és az abiotikus (időjárás, mechanikai sérülések stb.) stresszhatások elleni kémiai védekezés (Mämmela, 2001; Lu és mtsai., 2019). A polifenolos vegyületek közös jellemzője, hogy alapjukat egy fenolváz képezi, amihez különböző molekulacsoportok kapcsolódnak (Tálos-Nebehaj, 2017). A több mint 8000 féle polifenolnak többféle csoportosítása létezik, a főbb csoportok a fenolos savak, a flavonoidok, a stilbének, a fenolos alkoholok és a lignánok (Abbas és mtsai., 2017; Watson, 2019). Az elmúlt évtizedekben számos tanulmány bizonyította, hogy a polifenolokban gazdag ételek fogyasztása az emberi szervezetre kedvező hatással van. Az ilyen ételek többek között csökkentik a szív- és érrendszeri betegségek, az elhízás vagy a cukorbetegség kialakulásának esélyét (Rasouli és mtsai., 2017).

A kivonatok főbb polifenolos összetevőit a 4. táblázat foglalja össze, a kromatogramokat a melléklet M1-3 ábrái szemléltetik. A kromatográfiás elválasztással kapott kromatogramok csúcsaihoz tartozó tömegspektrumok kiértékelése során összesen 60 vegyület szerkezetét vizsgáltuk és azonosítottunk. A kromatogramok és az egyes vegyületek csúcsainak összevetése kvázi-kvantitatív, melyek során egy reprezentatív kromatogramot értékeltünk ki figyelembe véve a kromatográfiás elválasztás és UV detektálás reprodukálhatóságát és következtetéseinket az antioxidáns kapacitás mérésekkel összehangban vontuk le. Az egyes vegyületek pontos mennyiségi meghatározását és a koncentrációk minták közötti összehasonlítását standard vegyületek segítségével jelen vizsgálatban nem végeztük el.

A mezei sóska esetében 19 féle vegyületet sikerült azonosítani. A mérés során a mintákban kávéssavat és rutint sikerült detektálni, illetve nagy számban fordultak elő a kvercetin-, ferulasav-, kávéssav-származékok, klorogénsav izomerek és *p*-kumaroilkinsav izomerek. Feduraev és mtsai., (2022) a mezei sóska HPLC-s vizsgálata során szintén kimutattak a növény extraktumaiból rutint, kvercetin származékokat és kávéssavat. Ugyanez a kutatás standard vegyületek segítségével a kromatográfiás elválasztás során klorogénsavat is azonosított a mezei sóska kivonatokból. Li és mtsai., (2022) megállapították, hogy a kvercetin származékok egyéb *Rumex* fajokban is gyakran előforduló vegyületek. Ugyanakkor Irtegün Kandemir és mtsai., (2024) juhsóska (*Rumex acetosella*) vizsgálata során kvercetin és klorogénsavat nem tudtak kimutatni a növényből.

Az UV (250-380 nm) kromatogramok csúcsait összehasonlítva – amelyek arányosak a mintákban található vegyületek mennyiségével – elmondható, hogy a mezei sóska esetében a legnagyobb mennyiségben előforduló vegyületek a *p*-kumaroilkinsav izomerek (5, 7), a 30 és 40 számú kvercetin-származék voltak.

A kromatográfiás elválasztás eredményei összhangban vannak az antioxidáns kapacitás méréseink eredményeivel. A kromatogramon kiugróan magas csúcsok annál a talajtakarási módszernél jelentkeztek, ahol az antioxidáns tartalom is magasabb volt a többi mintánál. Vizsgálataink során kávéssavból (2), a 3 számú klorogénsav izomerből, *p*-kumaroilkinsav izomerekből (5, 7), a 10 számú ismeretlen vegyületből, illetve a 41 számú kvercetin-származékból a „mulcs” mintákban detektáltuk a legnagyobb csúcsokat. A profilozás során mintánként egy mérés történt, így statisztikai kiértékelést a csúcsterületekre nem végeztünk, ennek ellenére a „mulcs” mintáknál a csúcsterületek szembetűnő emelkedése a kontroll mintához képest feltételezhetően szignifikáns különbséget jelez, melyet az antioxidáns kapacitási értékekben (ld. 1. táblázat) kimutatott szignifikáns különbségek igazolnak.

Több kutatás is igazolta, hogy a növények antioxidáns kapacitása és a bennük található fenolos komponensek mennyisége között pozitív korreláció áll fenn (Nazaruk és mtsai., 2008; Wijngaard és mtsai., 2009). Ezt az összefüggést *Rumex* fajok esetében Wegiera és mtsai., is bizonyították (2010).

A **lándzsás útifű** vizsgálata során 21 féle vegyületet azonosítottunk, köztük kávéssavat és számos kávéssav származékot. Ezen kívül a mintákban jelen voltak klorogénsav izomerek, galluszsav származékok, *p*-kumaroilkinsav izomerek és ferulasav származékok. A lándzsás útifűben több kutatás során is kimutattak kávéssavat, klorogénsavat, galluszsavat és ferulasavat (Beara és mtsai., 2012; Nichita és mtsai., 2016; Bahadori és mtsai., 2020). A legnagyobb mennyiségben a **27**, a **29 és a 35** számú kávéssav származék, illetve a **34** számú ismeretlen vegyület volt jelen az extraktumokban.

A lándzsás útifű esetében a kromatográfiás elválasztás során egyik talajtakarási módszer esetében sem tapasztalható, hogy valamelyik polifenolos vegyületből számottevően magasabb mennyiség (magasabb kromatográfiás csúcs) lenne jelen. Habár az antioxidáns kapacitás meghatározás során (**2. táblázat**) mindhárom módszer esetében a „kontroll” minták rendelkeztek a legmagasabb értékkel, a kromatogram más tendenciát mutat. Ennek magyarázata az lehet, hogy a különböző antioxidáns hatású polifenolok – ugyanazon módszerrel mérve is – eltérő antioxidáns kapacitást mutatnak (Galato és mtsai., 2001), vagy az, hogy más nem polifenolos vegyületek is jelen vannak a lándzsás útifű kivonatában, melyek vizsgálata nem történt meg. Ilyen pl. a lándzsás útifű levelében jelentős (5-20 mg/g sz.a.) mennyiségben előforduló és antioxidáns hatással is rendelkező aukubin (Pol és mtsai., 2024).

A **kis télizöld** esetében 25 vegyületet sikerült azonosítani. A növény extraktumaiban számos *p*-kumársav-, ferulasav-, kinasav- és kvercetin származék és klorogénsav izomert mutattunk ki. Ciorita és mtsai., (2021) jelentős mennyiségű klorogénsavat, továbbá kávéssavat és kisebb mennyiségben rutint és kvercetint is azonosítottak az extraktumokban. Sezer és mtsai., (2018) a kis télizöld vizsgálata során szintén klorogénsavat, kvercetint és kávéssavat mutatott ki legnagyobb mennyiségben. A kis télizöldben található polifenolos vegyületekkel foglalkozó irodalom viszonylag kis számú, mivel a publikációk főleg a növény fő hatóanyagával (a vinkamin névű alkaloiddal és egyéb alkaloid vegyületekkel) foglalkoznak (Dimitrescu és mtsai., 2021).

A méréseink alapján a vizsgált mintákban legnagyobb csúcsot az **1** számú dihiroxibenzoésav származék adta. Ezenkívül még a **19** számú kvercetin származékot és a **20 és 22** számú kempferol származékokat találtuk meg nagy mennyiségben.

A kis télizöld extraktumok kromatogramjairól elmondható, hogy igazodik az antioxidáns tartalom vizsgálatok során kapott eredményekhez – habár a talajtakarások közt szignifikáns eltérést csak a FRAP módszer esetében kaptunk. A „kontroll” és a „mulcs” minták görbéi némileg magasabb értékeket vesznek fel, számottevő különbség egyetlen esetben áll fenn. Az egyetlen kiugró csúcs a **19** számú kvercetin származékhoz tartozik, amelyből a „kontroll” mintában volt a legintenzívebb.

4. táblázat: A mezei sóska (*S*), lándzsás útifű (*Ú*) és a kis télizöld (*T*) polifenoljainak folyadékkromatográfiás/tömegspektrometriás azonosítása. *M-H*: *anyaion*, *MS/MS*: *főbb fragmensek*. *Hex.*: hexozid, *ramn.*: ramnozid, *szárm.*: származék, *x*: kimutatható, *nk*: nem kimutatható.

Csúcs	t_r [perc]	Vegyület neve	S	Ú	T	[M-H] ⁻ m/z	MS/MS m/z
1	6.15	dihiroxibenzoésav-O-hex. szárm.			x	653	337, 315, 235, 153, 109
2	6.33	kávéssav	x			179	135
3	6.8	klorogénsav izomer1	x	x		353	191, 179, 161, 135
4	8.09	galluszsav-O-hex. szárm.1		x		375	213, 169, 151, 125, 107, 95
5	8.2	<i>p</i> -kumaroilkinsav izomer1	x	x		337	191, 173, 163, 155, 119, 111
6	8.36	kávéssav-O-hex.	x			341	179, 135
7	9.19	<i>p</i> -kumaroilkinsav izomer2	x	x		337	191, 173, 163, 155, 119, 111
8	9.7	<i>p</i> -kumársav-O-hex. szárm.1			x	325	205, 187, 163, 145, 119
9	10.4	galluszsav-O-hex. szárm.2			x	375	213, 169, 151, 125
10	10.98	ismeretlen1	x			447	429, 339, 315, 239, 168, 151, 125
11	11.5	ismeretlen2			x	411	389, 231, 209, 187, 161, 139, 121
12	11.89	ismeretlen3	x			367	235, 293, 134

Csúcs	t _r [perc]	Vegyület neve	S	Ú	T	[M-H] ⁻ m/z	MS/MS m/z
13	13.15	klorogénsav izomer2			x	353	191, 179, 161, 135
14	16.48	klorogénsav izomer3		x	x	353	191, 179, 161, 135
15	17.77	ismeretlen4	x			355	295, 217, 193, 175, 160, 134
16	19.64	(+)-katechin	x			289	245, 203, 125, 123, 109
17	28.4	ismeretlen5			x	377	331
18	33.1	kvercetin-O-hex.-deoxihex.-hex.1			x	771	609, 462, 301, 300, 271, 255, 179
19	34.4	kvercetin-O-hex.-deoxihex.-hex.2			x	771	609, 462, 301, 300, 271, 255, 179
20	35.33	kempferol-O-hex.-deoxihex.-hex.1			x	775	635, 593, 447, 327, 285, 284, 255, 227
21	37.4	kávésav-O-hex. szárm.1		x		639	529, 459, 325, 233, 203, 179, 161, 135
22	38.1	kempferol-O-hex.-deoxihex.-hex.2			x	775	635, 593, 447, 327, 285, 284, 255, 227
23	38.6	kávésav-O-dihex. szárm.1		x		785	623, 477, 461, 179, 161, 135
24	40.26	kvercetin-O-acetil-hex. szárm.	x			813	753, 651, 591, 463, 301, 300, 271, 215
25	40.98	kávésav-O-hex. szárm.2		x		639	529, 459, 325, 233, 203, 179, 161, 135
26	42.45	kávésav-szárm.		x		835	637, 483, 461, 351, 285, 193, 179, 161
27	43.11	kávésav-O-hex. szárm.3		x		623	461, 315, 297, 179, 161, 135
28	43.14	ismeretlen6			x	513	339, 295, 251
29	43.4	kávésav-O-hex. szárm.4		x		623	461, 315, 297, 179, 161, 135
30	44.42	kvercetin-szárm.1	x		x	609	343, 301, 300, 271, 255, 179
31	44.8	kávésav-O-hex. szárm.5		x		651	489, 325, 203, 179, 161, 135
32	45.53	kvercetin-O-hex.	x			463	343, 301, 300, 272, 257, 215, 191
33	45.61	kvercetin-szárm.2			x	609	343, 301, 300, 271, 255, 179
34	46.48	ismeretlen7		x		637	461, 357, 327, 285, 297, 175, 113
35	47.1	kávésav-O-hex.-ramn. szárm.		x		769	607, 461, 315, 179, 161, 135
36	47.3	kempferol-O-rutinozid1			x	593	447, 429, 285, 284, 255, 227
37	48.28	kvercetin-O-pentozid	x			433	301, 300, 272, 257, 216
38	48.42	ferulasav-O-glükuronid szárm.		x		989	813, 527, 461, 285, 193, 175, 149, 134
39	49.1	kávésav-O-dihex. szárm.2		x		653	491, 476, 445, 283, 179, 161, 135
40	49.73	kempferol-O-rutinozid2			x	593	447, 429, 285, 284, 255, 227
41	49.84	kvercetin-O-ramn.-O-acetil-ramn.1	x			651	591, 505, 445, 301, 300, 271, 179
42	50.52	kávésav-O-hex. szárm.6			x	537	375, 331, 313, 179, 161, 135
43	50.57	kvercetin-O-ramn.-O-acetil-ramn.2	x			651	591, 505, 445, 301, 300, 271, 179
44	51.5	kávésav-O-dihex.-glükuronid szárm.		x		1111	917, 755, 737, 593, 179, 161, 135
45	51.93	kempferol-O-acetil-hex. szárm.	x			653	593, 575, 411, 285, 284, 255, 227
46	52.26	p-kumársav-O-hex.-ramn. szárm.1			x	521	357, 315, 297, 195, 163, 145, 119
47	52.5	kávésav-O-ramn. szárm.		x		1139	975, 783, 619, 355, 193, 179, 161, 135
48	52.55	kínasav szárm.1			x	705	487, 439, 332, 191, 173, 127, 111, 109
49	52.6	ferulasav-O-glükuronid szárm.		x		475	337, 299, 284, 175, 149, 134, 113
50	52.9	ismeretlen-O-glükuronid szárm.		x		461	399, 285, 217, 199, 151
51	53.54	p-kumársav-O-hex.-ramn. szárm.2			x	521	357, 315, 297, 195, 163, 145, 119
52	53.71	ferulasav-O-dihex.-O-glükuronid	x			693	517, 337, 193, 175, 160, 148, 134
53	53.91	kínasav szárm.2			x	705	487, 439, 332, 191, 173, 127, 111, 109
54	55.56	kávésav-O-hex. szárm.7		x		1153	913, 755, 593, 575, 315, 179, 161, 135
55	56.5	ferulasav-O-dihex. szárm.	x			735	559, 337, 265, 193, 175, 160, 148, 134
56	58.58	rutin	x			609	301, 300, 271, 255, 179
57	74.3	p-kumársav-O-ramn. szárm.1			x	617	453, 407, 163, 145, 119

Csúcs	t _r [perc]	Vegyület neve	S	Ú	T	[M-H] ⁻ m/z	MS/MS m/z
58	78.73	p-kumársav-O-ramn. szárm.2			x	617	453, 407, 163, 145, 119
59	79.54	ferulasav szárm.1			x	647	603, 453, 407, 193, 178, 149, 134
60	80.45	ferulasav szárm.2			x	647	603, 453, 407, 193, 178, 149, 134

5. Következtetés

Az agrárerdészeti rendszerek jelentősége a jövőben egyre hangsúlyosabb lesz, ami szükségessé teszi az ilyen üzemmódban termelt élelmiszer-növények és gyógynövények optimális termesztési módszereinek vizsgálatát a megfelelő hozamok és beltartalmi tulajdonságok érdekében. Kutatásunkban a Bajti Nemesítő Telep agrárerdészeti rendszerében, különböző talajtakarási módszerekkel termesztett három gyógynövényfaj antioxidáns összetételének összehasonlító vizsgálatát végeztük el, az optimális termesztési feltételeket vizsgálva a legjobb antioxidáns összetétel elérése érdekében. Megállapítottuk, hogy a talajtakarási módszerek hatása az antioxidáns kapacitásra és a polifenol tartalomra erősen fajfüggő.

A mezei sóska vizsgálata során a „mulcs” mintákban mértük a legmagasabb antioxidáns kapacitást, a legmagasabb szerves savtartalmakat (oxálsav, borkósav és borostyánkősav) és a 19 legfontosabb polifenolos összetevő közül 6 vegyületnél (kávéssav; klorogénsav izomer1; p-kumaroilkinasav izomer1 és 2; ismeretlen1; kvercetin-O-ramnozid-O-acetil-ramnozid1) kimagaslóan nagy értékeket mértünk. A sóskával ellentétben a lándzsás útifű és a kis télizöld esetében egyik talajtakarás sem járult hozzá az antioxidáns kapacitás szignifikáns növekedéséhez a kontrollhoz képest. A lándzsás útifűben 21 féle vegyületet azonosítottunk, amelyekből az egyik kávéssav származék volt a legnagyobb mennyiségben megtalálható. A kromatográfiás elválasztás során egyik talajtakarási módszer esetében sem tapasztalható, hogy valamelyik polifenolos vegyületből számottevően magasabb mennyiség lenne jelen, mint a többi mintában. Feltételezhetőleg a lándzsás útifűben a polifenolok mellett más anyagok (pl. nagy mennyiségben jelen lévő nem-polifenolos antioxidáns hatással rendelkező fitoaktív anyagok, mint az aukubin) is hozzájárulnak a kivonatok antioxidáns hatásához. A kis télizöld esetében 25 féle vegyületet azonosítottunk, legnagyobb mennyiségben egy dihiroxibenzoészav származék, egy kvercetin származék és két kemferol származék volt jelen. A lándzsás útifű és a kis télizöld mintákból kiegészítő vizsgálatok szükségesek további, akár nem antioxidáns hatású, de élelmiszeripari és gyógyszeripari hasznosítás szempontjából kiemelt jelentőségű fitoaktív vegyületeinek összehasonlító elemzésére. A termelési körülmények optimalizálásával az agrárerdészeti rendszerekben termelt vizsgált gyógynövények beltartalmi értékei szignifikánsan javíthatók, mely élelmiszeripari és gyógynövényipari alapanyagként való alkalmazhatóságukat és piaci értéküket növelheti.

6. Köszönetnyilvánítás

A kutatás megvalósítását a következő projektek támogatták: EFOP-3.6.2-16-2017-00018 „Termeljünk együtt a természettel – Az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség”, REFOREST - Agroforestry at the forefront of farming sustainability in multifunctional landscapes in Europe, 101060635 (<https://agroreforest.eu/>), AGROSUS (Agroecological strategies for sustainable weed management in key European crops), 101084084 (<https://agrosus.eu/>).

7. Felhasznált irodalom

- Abbas, M.; Saeed, F.; Anjum, F. M.; Afzaal, M.; Tufail, T.; Bashir, M. S.; Ishtiaq, A.; Hussain, S.; Suleria, H. A. R. (2017): Natural polyphenols: An overview. *International Journal of Food Properties*. (20):8. pp.: 1689-1699. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1220393>
- Abreu, N.I.; Mazzafera, P. (2005): Effect of water and temperature stress on the content of active constituents of *Hypericum brasiliense* Choisy. *Plant Physiol Biochem*. (43) pp.:241–248. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2005.01.020>
- Aydinalp, C.; Cresser, M.S. (2008): The effects of global climate change on agriculture. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*. (3):5. pp.: 672-676. ISSN 1818-6769
- Bae, J.Y.; Lee, Y.S.; Han, S.Y.; Jeong, E.J.; Lee, M.K.; Kong, J.Y.; Lee, D.H.; Cho, K.J.; Lee, H.S.; Ahn, M.J. (2012): A Comparison between Water and Ethanol Extracts of *Rumex acetosa* for Protective Effects on Gastric Ulcers in Mice. *Biomolecules and Therapeutics*. (20):4. pp.: 425-430. DOI: <https://doi.org/10.4062/biomolther.2012.20.4.425>
- Bahadori, M.B.; Sarikurkcu, C.; Kocak, M.S.; Calapoglu, M.; Uren, M.C.; Ceylan, O. (2020): *Plantago lanceolata* as a source of health-beneficial phytochemicals: Phenolics profile and antioxidant capacity. *Food Bioscience*. (34) 100536. DOI: [10.1016/j.fbio.2020.100536](https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100536)

- Beara, I.N.; Lesjak, M.M.; Orcic, D.Z.; Simin, N.D.; Cetojevic-Simin, D.D.; Bozin, B.N.; Mimica-Dukic, N.M. (2012): Comparative analysis of phenolic profile, antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic activity of two closely-related Plantain species: *Plantago altissima* L. and *Plantago lanceolata* L. Food Science and Technology. (47):1. pp.: 64-70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.01.001>
- Bello, O.M.; Fasinu, P.S.; Bello, O.E.; Ogbesejana, A.B.; Adetunji, C.O.; Dada, A.O.; Ibitoye, O.S.; Aloko, S.; Oguntoye, O.S. (2019): Wild vegetable *Rumex acetosa* Linn.: Its ethnobotany, pharmacology and phytochemistry. South African Journal of Botany. (125). pp.: 149-160. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.04.018>
- Benke, D.; Visiné Rajczi, E.; Hofmann, T. (2024): Antioxidant capacity of medical plants produced in agroforestry system. Acta Facultatis Forestalis Zvolen. (66):1. pp.: 35-47. ISSN 0231-5785
- Benzie, I.F.F.; Strain, J.J. (1996): The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. Analytical Biochemistry. (239). pp.: 70-76. DOI: <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Calfapietra, C.; Gielen, B.; Karnosky B.; Ceulemans, B.; Mugnozza, G.S. (2010): Response and potential of agroforestry crops under global change. Environmental Pollution. (158). pp.: 1095-1104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.09.008>
- Caprile, A. (2022): New EU forest strategy for 2030. European Parliamentary Research Service. PE 698.936.
- Chen, Q.; Lu, X.; Guo, X.; Guo, Q.; Li, D. (2017): Metabolomics Characterization of Two Apocynaceae Plants, *Catharanthus roseus* and *Vinca minor*, Using GC-MS and LC-MS Methods in Combination. Molecules. (22). 997. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules22060997>
- Ciorita, A.; Zagrean-Tuza, C.; Mot, A.C.; Carpa, R.; Parvu, M. (2021): The Phytochemical Analysis of *Vinca* L. Species Leaf Extracts Is Correlated with the Antioxidant, Antibacterial, and Antitumor Effects. Molecules. (26):10. 3040. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26103040>
- de Jong, W.; Pokorny, B.; Katila, P.; Galloway, G.; Pacheco, P. (2018): Community Forestry and the Sustainable Development Goals: A Two Way Street. Forest. (9). 331. DOI: <https://doi.org/10.3390/f9060331>
- den Herder, M.; Moreno, G.; Mosquera-Losada R.M.; Palma, J.H.N.; Sidiropoulou, A.; Frejanes J.J.S.; Crous-Duran, J.; Paulo J.A.; Tomé, M.; Pantera A.; Papanastasis V.P.; Mantzanas, K.; Pachana, P.; Papadopoulos, A.; Plieninger. T.; Burgess, P.J. (2017): Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. Agriculture, Ecosystems and Environment. (241). pp.: 121-132. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.005>
- Dimitrescu A.M.; Stanciu, G.; Sirbu, R.; Busuricu, F. (2021): Spectrophotometric Studies of Indolic Compounds from *Vinca Minor* L. European Journal of Natural Sciences and Medicine. (4):1. pp.: 88-98. DOI: <https://doi.org/10.26417/200exd50h>
- Ekor M. (2014): The growing use of herbal medicines: issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. Frontiers in pharmacology. (4). 177. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2013.00177>
- Feduraev, P.; Skrypnik, L.; Nebreeva, S.; Dzhobodze, G.; Vatagina, A.; Kalinina, E.; Pungin, A.; Maslennikov, P.; Riabova, A.; Krol, O.; Chupakhina, G. (2022): Variability of Phenolic Compound Accumulation and Antioxidant Activity in Wild Plants of Some *Rumex* Species (Polygonaceae). Antioxidants. (11). 311. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox11020311>
- Galato, D.; Ckless, K.; Susin, M. F.; Giacomelli, C.; Ribeiro-do-Valle, R. M.; Spinelli, A. (2001): Antioxidant capacity of phenolic and related compounds: correlation among electrochemical, visible spectroscopy methods and structure-antioxidant activity. Redox Report.(6):4. pp.: 243-250. DOI: <https://doi.org/10.1179/135100001101536391>
- Grigore, A.; Bubueanu, C.; Pirvu, L.; Ionita, L.; Toba, G. (2015): *Plantago lanceolata* L. Crops- Source of valuable raw material for varios industrial applications. Scientific Papers. Series A. Agronomy. (58). pp.: 207-214. DOI: <https://doi.org/10.5555/20153325237>
- Guil-Guerrero, J. L. (2001): Nutritional composition of *Plantago* species (*P. major* L., *P. lanceolata* L., and *P. media* L.). Ecology of food and nutrition. (40):5. pp.: 481-495. DOI: <https://doi.org/10.1080/03670244.2001.9991663>
- Gustavsson, L.; Haus S.; Lundblad, M.; Lundström, M.; Ortiz, C.A.; Sathre, R.; Truong, N.L.; Wikberg, P.E. (2017): Climate change effects of forestry and substitution of carbon-intensive materials and fossil fuels. Renewable and Sustainable Energy Reviews. (67). pp.: 612-624. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.056>

- Guti, E. (2023): Összehasonlító mikroklima vizsgálatok a bajti csemetekert köztestermesztéses agrárerdészeti rendszerében. Diplomamunka. Soproni Egyetem, Sopron. <http://diploma.uni-sopron.hu/id/eprint/10764>
- Halliwell, B. (1990): How to characterize a biological antioxidant. *Free Radical Research Communications*. (9):1. pp.: 1-32. DOI: <https://doi.org/10.3109/10715769009148569>
- Hegedűs, A.; Stefanovitsné, B.E. (2012): Természetes antioxidáns-forrásunk: a gyümölcs. Debrecen: Debreceni Egyetem, AGTC, Kertészettudományi Intézet. pp. 162. ISBN 9786155183263
- Jantwal, A.; Durgapal, S.; Upadhyay, J.; Joshi, T.; Kumar, A. (2022): Tartaric acid. In: *Antioxidants Effects in Health*. (Eds.: Nabavi, S.M. & Silva, A.S.) Elsevier. pp.: 485-492. ISBN 978-0-12-819096-8 DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819096-8.00019-7>
- Irtegün Kandemir, S.; Aktepe, N.; Baran, A.; Baran, M.F.; Atalar, M.N.; Keskin, C.; Karadag, M.; Eftekhari, A.; Alma, M.H.; Zor, M.; Aliyeva, I.; Khalilov, R. (2024): Determination of chemical composition and antioxidant, cytotoxic, antimicrobial, and enzyme inhibition activities of *Rumex acetosella* L. plant extract. *Chem. Pap.* (78). pp.: 4583–4592. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11696-024-03419-0>
- Kárpáti, E.; Bíró, K.; Kukorelli, T. (2002): Investigation of vasoactive agents with indole skeletons at Richter Ltd. *Acta Pharmaceutica Hungarica*. (72):1. pp.: 25-36. PMID 12426785
- Kaya, S.; Regab, C.; Morenoc, G.; den Herder, M.; Palmae, J.H.N.; Borekg, R.; Durane, J.C.; Freese, D.; Giannitsopoulos, M.; Gravesi, A.; Jäger, M.; Lamersdorff, N.; Memedemin, D.; Losadam, R.M.; Panteran, A.; Paracchini, M.L.; Pariso, P.; Díaza, J.V.R.; Roloc, V.; Rosatiq, A.; Sandorr, M.; Smiths, J.; Szerencsits, E.; Vargat, A.; Viaudu, V.; Wawerg, R.; Burgessi, P.J.; Herzoga, F. (2019): Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe. *Land Use Policy*. (83). pp.: 581-593. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.02.025>
- Kayashima, T.; Katayama, T. (2002): Oxalic acid is available as a natural antioxidant in some systems. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*. (1573):1. pp.: 1-3. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0304-4165\(02\)00338-0](https://doi.org/10.1016/s0304-4165(02)00338-0)
- Koel, M.; Kuhtinskaja, M.; Vaher, M. (2020): Extraction of bioactive compounds from *Catharanthus roseus* and *Vinca minor*. *Separation and Purification Technology*. (252). 117438. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117438>
- Kovács, K.; Vityi, A.; Szalay, D. (2019): Az agroerdészet szerepe az erdőfelújításban és a növekvő faanyagigény kielégítésében. *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok*. (14):2. pp.: 59-63. DOI: <https://doi.org/10.14232/jtgf.2019.2.59-63>
- Kovács, K.; Vityi, A. (2022): Soil and Atmospheric Microclimate Research in Poplar Forestry Intercropping System in Hungary. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*, (18):1. pp.: 9-24. DOI: <https://doi.org/10.37045/aslh-2022-0001>
- Li, J. J.; Li, Y.X.; Li, N.; Zhu, H.T.; Wang, D.; Zhang, Y.J. (2022): The genus *Rumex* (Polygonaceae): an ethnobotanical, phytochemical and pharmacological review. *Natural Products and Bioprospecting*. (12):1. pp.: 21. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13659-022-00346-z>
- Lu, Y.; Du, Y.; Qin, X.; Wu, H.; Huang, Y.; Cheng, Y.; Wei, Y. (2019): Comprehensive evaluation of effective polyphenols in apple leaves and their combinatory antioxidant and neuroprotective activities. *Industrial Crops and Products*. (129):7. pp.: 242-252. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.013>
- Lundgren, B.O.; Raintree, J.B. (1983): Sustained Agroforestry. Reprint for International Council for Research in Agroforestry. (3). pp.: 26.
- Mämmela, P. (2001): Phenolics in selected European hardwood species by liquid chromatography-electrospray ionisation mass spectrometry. *Analyst*. 126. pp.: 1535-1538. DOI: <https://doi.org/10.1039/b104584a>
- Mondal, R.; Negi, A.; Mishra, M. (2021): Morphoanatomical, Histochemical Characterization & Preliminary Phytochemical Studies of *Plantago major* L. *IJRAR*. (8):3. pp.: 823-860. E-ISSN 2348-1269, P-ISSN 2349-5138
- Nazaruk, J. (2008): Antioxidant activity and total phenolic content in *Cirsium* five species from north-east region of Poland. *Fitoterapia*. (79): 3. pp.: 194-196. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2007.11.008>
- Nichita, C.; Neagu, G.; Cucu, A.; Vulturescu, V.; Bertesteanu, S.V.G. (2016): Antioxidative properties of *Plantago lanceolata* L. extracts evaluated chemiluminescence method. *AgroLife Scientific Journal*. (5):2. pp.: 95-102. ISSN 2285-5718
- Nuwarapaksha, T. D.; Udumann, S. S.; Dissanayaka, N. S.; Atapattu, A. J. (2025): Future Prospects

and Emerging Trends in Agroforestry Research. In: Agroforestry for a Climate-Smart Future. (Eds.: Atapattu, A.) IGI Global Scientific Publishing. pp. 497-518. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-8282-0.ch017>

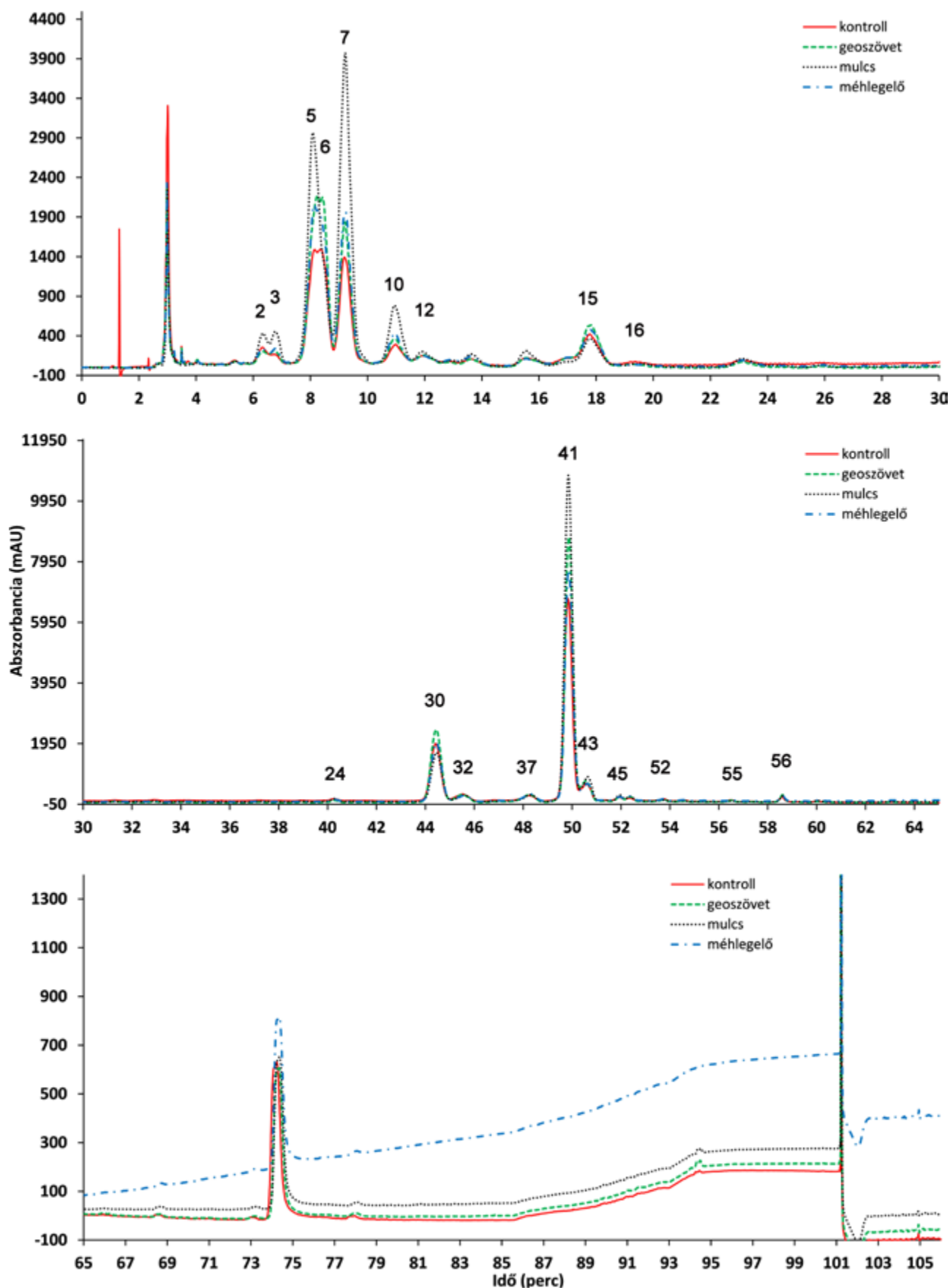
- Pan, S.Y.; Litscher, G.; Gao, S.H.; Zhou, S.F.; Yu, Z.L.; Chen, H.Q.; Zhang, S.F.; Tang, M.K.; Sun, J.N.; Ko, K.M. (2014): Historical Perspective of Traditional Indigenous Medical Practices: The Current Renaissance and Conservation of Herbal Resources. Evidence-based complementary and alternative medicine. 525340. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/525340>.
- Pankoke, H.; Müller, C. (2013): Impact of defoliation on the regrowth capacity and the shoot metabolite profile of *Plantago lanceolata* L. Plant physiology and biochemistry. (71). pp.: 325-333. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.07.016>
- Pol, M.; Schmidtke, K.; Lewandowska, S. (2021): *Plantago lanceolata* – An overview of its agronomically and healing valuable features. Open Agriculture. (6). pp.: 479-488. DOI: <https://doi.org/10.1515/opag-2021-0035>
- Pol, M.; Potterat, O.; Tröber, F.; Lewandowska, S.; Schmidtke, K. (2024): Rooting Patterns and Aucubin Content in *Plantago lanceolata*. Agriculture. (14). 1352. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14081352>
- Rasouli, H.; Farzaei, M. H.; Khodarahmi, R. (2017): Polyphenols and their benefits: A review. International Journal of Food Properties. (20):2. pp.: 1700-1741. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1354017>
- Rigueiro-Rodríguez, A.; McAdam, J.; Mosquera-Losada, M.R. (2008): Agroforestry in Europe: Current Status and Future Prospects. Springer, Dordrecht. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8272-6>
- Sanchisa, F.M.; Bello, M.L.F. (2009): Climate change and its marginalizing effect on agriculture. Ecological Economics. (68). pp.: 896-904. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.07.015>
- Sawada, Y.; Nakabayashi, R.; Yamada, Y.; Suzuki, M.; Sato, M.; Sakata, A.; Saito, K. (2012): RIKEN tandem mass spectral database (ReSpect) for phytochemicals: a plant-specific MS/MS-based data resource and database. Phytochemistry. (82). pp.: 38-45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2012.07.007>
- Sezer, E.N.S.; Uysal, T. (2018): Volatile and Phenolic Compositions of the Leaves of Two *Vinca* L. Species from Turkey. Current Perspectives on Medicinal and Aromatic Plants. (2). pp.: 103-110.
- Siener, R.; Hönow, R.; Seidler, A.; Voss, S.; Hesse, A. (2006): Oxalate contents of species of the Polygonaceae, Amaranthaceae and Chenopodiaceae families. Food Chemistry. (98):2. pp.: 220-224. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.059>
- Simon T.; Csapody V. (1991): Kis növényhatározó rendszertani és ökológiai tájékoztatóval. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Singh, S. K.; Kaldete, R.; Bisht, A. (2022): Citric acid, antioxidant effects in health. In: Antioxidants Effects in Health. (Eds.: Nabavi, S.M. & Silva, A.S.) Elsevier. pp.: 309-322. ISBN 978-0-12-819096-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819096-8.00045-8>
- Stewart, A.V. (1996): Plantain (*Plantago lanceolata*) – a potential pasture species. Journal of New Zealand Grasslands. (58). pp.: 77-86. DOI: <https://doi.org/10.33584/jnzg.1996.58.2221>
- Szigeti, N.; Frank, N.; Vityi, A. (2020): The Multifunctional Role of Shelterbelts in Intensively Managed Agricultural Land – Silvoarable Agroforestry in Hungary. Acta Silvatica & Lignaria Hungarica, (16):1. pp.: 19-38. DOI: <https://doi.org/10.37045/aslh-2020-0002>
- Szigeti, N.; Berki, I.; Vityi, A.; Winkler, D. (2021): The Role of Grassy Habitats in Agroforestry. Acta Silvatica & Lignaria Hungarica, (17):2. pp.: 65-82. DOI: <https://doi.org/10.37045/aslh-2021-0005>
- Tálos-Nebehaj, E. (2017): Antioxidáns paraméterek vizsgálata a Magyarországon előforduló erdei fajok levél- és kéregszövetében. Doktori (PhD) értekezés. Soproni Egyetem, Sopron.
- Tita, I.; Mogosanu, G.D.; Tita, M.,G. (2009): Ethnobotanical inventory pf medicinal plants from the south-west of Romania. Farmacia. (57):2. pp.: 141-156.
- Torralba, M.; Fagerholm, N.; Burgess, P.J.; Moreno, G.; Plieninger, T. (2016): Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. Agriculture, Ecosystems and Environment. (230). pp.: 150-161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.002>
- Tuazon-Nartea, J.; Savage, G.P. (2013): Investigation of oxalate levels in sorrel plant parts and sorrel-based products. Food and Nutrition Sciences. (4):8. pp.: 838-843. DOI: <https://doi.org/10.4236/fns.2013.48109>

- Van Wyk B.E.; Wink M. (2004): Medicinal Plants of the World: An Illustrated Scientific Guide to Important Medicinal Plants and Their Uses. Timber Press, Portland. Oregon. ISBN 0-88192-602-7
- Visiné Rajczai, E.; Benke, D.; Hofmann T. (2024): Talajtakarás és árnyékolás hatása lágyszárúak antioxidáns kapacitására egy agrárerdészeti rendszerben. Georgikon for Agriculture. (28):2. pp.: 185–190. HU ISSN 0239 1260
- Vityi, A.; Kiss-Szigeti, N.; Kovács K. (2018): Az agrárerdészet magyarországi helyzete. Kutatások a 210 éves Erdőmérnöki Karon. Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézet, Sopron.
- Watson, R. R. (2018): Polyphenols in plants: isolation, purification and extract preparation. Academic Press. ISBN: 9780128137680
- Wegiera, M.; Grabarczyk, P.; Baraniak, B.; Smolarz, H.D. (2011): Antiradical properties of extracts from roots, leaves and fruits of six *Rumex* L. species. Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica. (53):1. pp.: 125-131. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10182-011-0018-z>
- Wijngraard, H.H.; Rößle, C.; Brunton, N. (2009): A survey of Irish fruit and vegetable waste and by-products as a source of polyphenolic antioxidants. Food Chemistry. (116):1. pp.: 202-207. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.02.033>
- Willmott, A.; Willmott, M.; Grass, I.; Lusiana, B.; Cotter, M. (2023): Harnessing the socio-ecological benefits of agroforestry diversification in social forestry with functional and phylogenetic tools. Environmental Development. (47). 100881. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100881>
- Ye, K.Y.; Yastreb, T.O.; Miroshnichenko, N.N. (2011): Influence of salicylic and succinic acids on antioxidant enzymes activity, heat resistance and productivity of *Panicum miliaceum* L. Journal of Stress Physiology & Biochemistry. (7):2. pp.: 154-163. ISSN 1997-0838
- Young, I.S.; Woodside, J.V. (2001): Antioxidants in health and disease. Journal of Clinical Pathology. (54). pp.: 176-186. DOI: <https://doi.org/10.1136/jcp.54.3.176>
- Zhang, Y.; Yang, S.H.; Guo, X.L. (2017): New insights into Vinca alkaloids resistance mechanism and circumvention in lung cancer. Biomedicine and Pharmacotherapy. (96). pp.: 659-666. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.10.041>
- Zubay, P.; Ruttner, K.; Ladányi, M.; Deli, J.; Németh, Z.É. (2021): In the shade – Screening of medicinal and aromatic plants for temperate zone agroforestry cultivation. Industrial Crops & Products. (170). 113764. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113764>

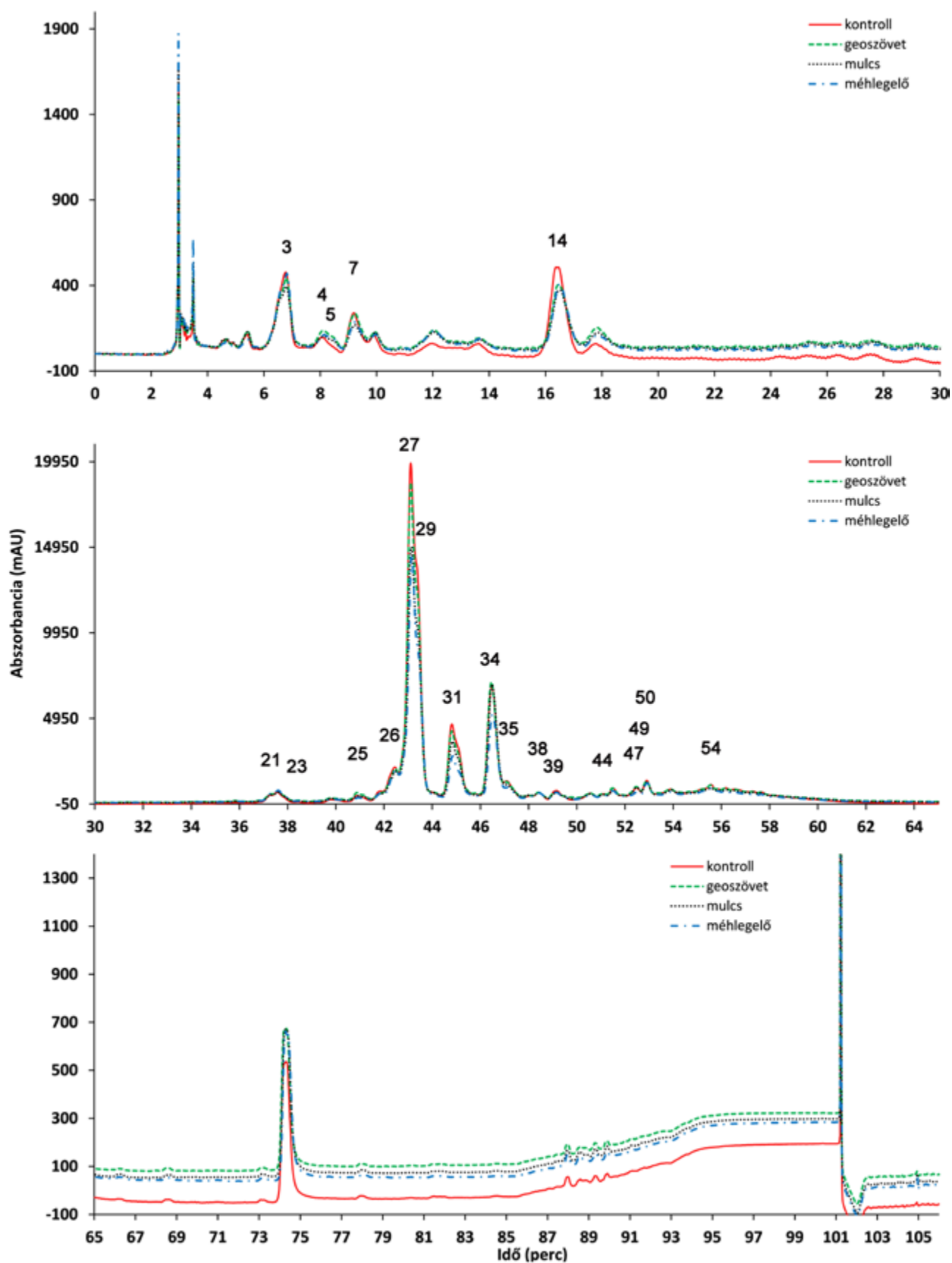
Internetes hivatkozások:

URL 1: <https://www.fortunebusinessinsights.com/herbal-medicine-market-106320>. Letöltve: 2025.06.18.

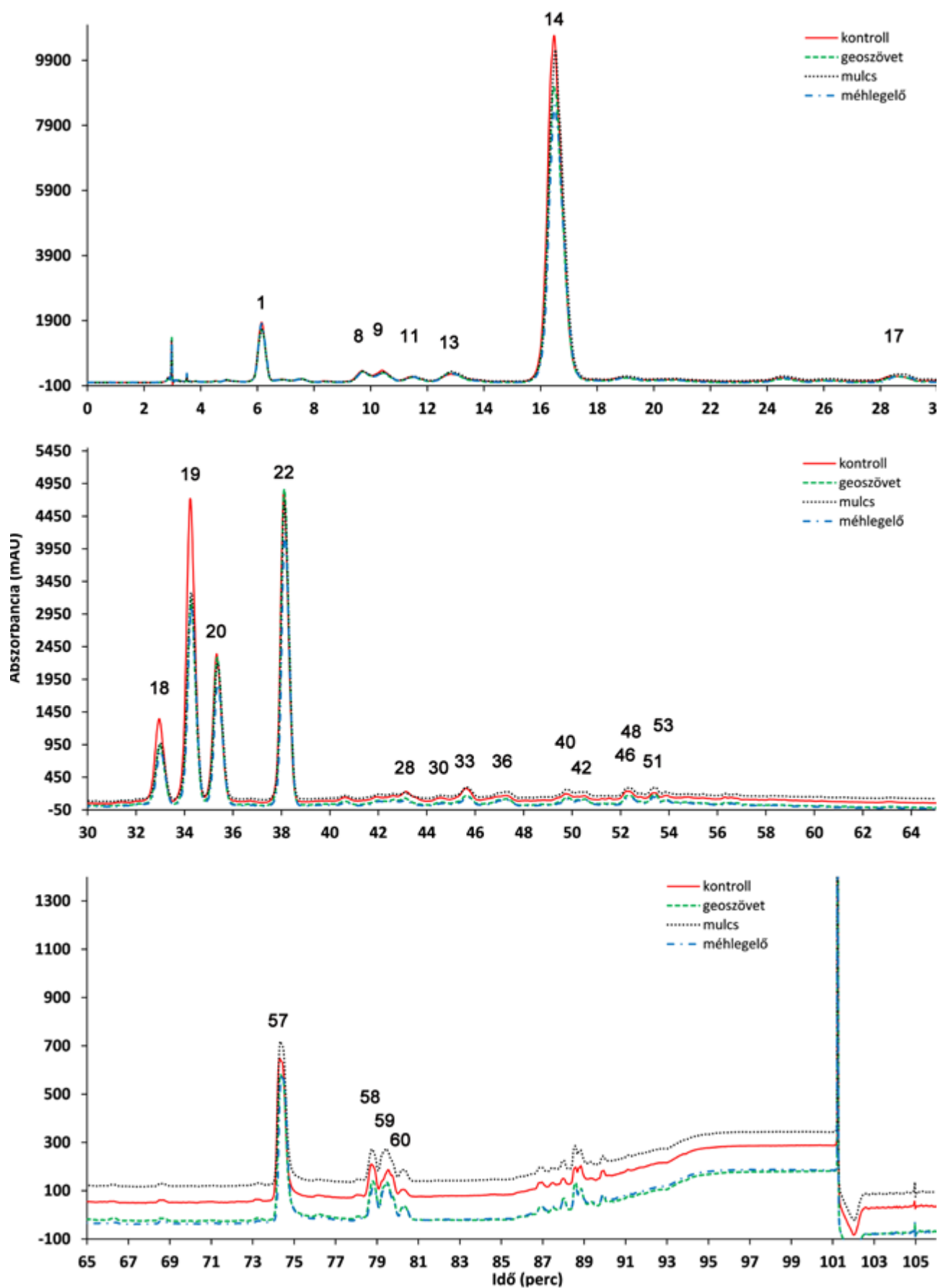
8. Mellékletek



M1. ábra. A mezei sóska extraktumainak kromatogramja UV (250-380 nm). piros: kontroll, fekete:geoszövet, zöld: mulcs, kék: méhlegelő. Vegyületek számozását lásd a 4. táblázatban.



M2. ábra. A lándzsás útifű extraktumainak kromatogramja UV (250-380 nm). piros: kontroll, fekete:geoszövet, zöld: mulcs, kék: méhlegelő. Vegyületek számozását lásd a 4. táblázatban.



M3. ábra. A kis télizöld extraktumainak kromatogramja UV (250–380 nm). piros: kontroll, fekete:geoszövet, zöld: mulcs, kék: méhlegelő. Vegyületek számozását lásd a 4. táblázatban.