



**SOPRONI
EGYETEM**

ERDŐMÉRNÖKI
KAR

KÖRNYEZET- ÉS TERMÉSZETVÉDELMI INTÉZET

Tudományos Diákköri (TDK) dolgozat
**Agrárerdészeti rendszerekben termelt gyógynövények antioxidáns
tartalmának vizsgálata**

Készítette: Benke Dénes

Témavezetők: Dr. Hofmann Tamás, egyetemi docens

Visiné Dr. Rajczi Eszter, egyetemi docens

Sopron

2023

Szerzői nyilatkozat

Alulírott Benke Dénes (neptun kód: HAGV1I) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy az *Agrárerdészeti rendszerekben termelt gyógynövények antioxidáns tartalmának vizsgálata* című:

TDK házi dolgozat

(a továbbiakban: dolgozat) **önálló munkám**, a dolgozat készítése során betartottam a *szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. tv.* szabályait, valamint az egyetem által előírt, a dolgozat készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében¹.

Kijelentem továbbá, hogy a dolgozat készítése során az önálló munka kitétel tekintetében a konzulenszt illetve a feladatot kiadó oktatót **nem tévesztettem meg**.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot **nem magam készítettem**, vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Nyugat-magyarországi Egyetem **megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat**.

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Kijelentem, hogy a dolgozatot más szakon – más felsőoktatási intézményre vonatkozóan is – nem nyújtottam be.

Sopron, 2024.11.05.



.....

Benke Dénes

¹ **1999. évi LXXVI. tv. 34. § (1)** A mű részletét - az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven - a forrás, valamint az ott megjelölt szerző megnevezésével bárki idézheti.

36. § (1) Nyilvánosan tartott előadások és más hasonló művek részletei, valamint politikai beszédek tájékoztatás céljára - a cél által indokolt terjedelemben - szabadon felhasználhatók. Ilyen felhasználás esetén a forrást - a szerző nevével együtt - fel kell tüntetni, hacsak ez lehetetlennek nem bizonyul.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	2
1.1. A kutatás előzményei.....	2
2.1. Antioxidánsok.....	2
2.2. Agrárerdészeti rendszerek	3
2. Irodalmi áttekintés	4
3. Célkitűzés	5
4. Anyagok és módszerek.....	5
4.1. A vizsgált terület bemutatása.....	5
4.2. A vizsgált növények bemutatása	7
4.2.1. Mezei sóska (<i>Rumex acetosella</i> L.)	7
4.2.2. Lándzsás útifű (<i>Plantago lanceolata</i> L.)	7
4.2.3. Kis télizöld (<i>Vinca minor</i> L.).....	7
4.3. Mintavétel és extrakció.....	8
4.4. Antioxidáns kapacitás meghatározási módszerek	9
4.4.1. TPC módszer	9
4.4.2. DPPH módszer	10
4.4.3. FRAP módszer.....	12
4.5. Statisztikai kiértékelés	13
5. Eredmények és értékelésük	13
5.1. A mezei sóska extraktumok vizsgálati eredményei.....	13
5.2. A lándzsás útifű extraktumok vizsgálati eredményei	15
5.3. A kis télizöld extraktumok vizsgálati eredményei.....	17
5.4. Következtetések	19
6. Összefoglalás	20
7. Summary	21
8. Összefoglalás	22
9. Irodalomjegyzék.....	23

1. Bevezetés

1.1 A kutatás előzményei

A különböző gyógynövények és azok hatásai már évezredek óta ismertek, így azokat széles körben használják a gyógyászatban (Pan et al., 2014). A világon felhasznált gyógyászati készítmények 25%-a növényi eredetű (van Wyk és Wink, 2006). Az elmúlt évtizedekben jelentősen nőtt a kereslet a gyógynövény alapú gyógyszerek és táplálék kiegészítők iránt, napjainkban az emberek legalább 80%-a használ ilyen típusú készítményeket (Ekor, 2014). Ugyanez a tendencia figyelhető meg Európában is, amit az is igazol, hogy az európai gyógynövény piac éves bevétele 2021-ben közel 70 milliárd USD volt (URL 1).

A klímaváltozás erősödő hatásai egyre nagyobb kihívások elé állítják mind a mezőgazdálkodást (Aydinalp és Cresser, 2008; Sanchís és Bello, 2009), mind az erdőgazdálkodást (Gustavsson et al., 2017). Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodáshoz elengedhetetlen lesz újfajta megoldások és termelési technológiák bevezetése (Veisz, 2011). Ennek egyik lehetséges módja az agrárerdészeti rendszerek létesítése, és az azokban való gazdálkodás. Az így létrehozott kultúrákban való növénytermesztés a szén-dioxid megkötés mellett számos pozitív hatással bír (Willmott et al., 2023). A hagyományos termények (gabonák, kapás növények, zöldségek, stb.) mellett gyógynövények termesztésére is van lehetőség az agrárerdészeti rendszerekben (Rigueiro-Rodríguez, 2008). Az így megtermelt gyógynövények önmagukban is felhasználásra kerülhetnek, de különböző vegyületcsoportok is kivonhatók belőlük (Grigore et al., 2015; Bello et al., 2019; Koel et al., 2020). A gyógynövényekben az extraktanyagok széles skálája megtalálható (alkaloidok, terpenoidok, polipeptidok, polifenolok stb.) (WHO, 1999), amelyek közül számos kedvező élettani hatással és gyógyászati jelentőséggel is bír (Ong, 2004), emellett ezen vegyületek közül sok antioxidáns tulajdonsággal is rendelkezik (Chu, 2011; Thiviya et al., 2021).

1.2. Antioxidánsok

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 lejátszódó biokémiai reakciók következtében keletkezett szabad gyökök káros hatásaitól (Young és Woodside, 2001). Az antioxidáns hatású vegyületek

fontos szerepet töltenek be mind az élelmiszeriparban, mind a gyógyászatban. Az élelmiszeriparban a tartósításra és az avasodás gátlására használják az antioxidánsokat, a gyógyászatban pedig a szabad gyökök semlegesítése miatt van nagy jelentőségük. Ma már számos kutatás igazolja, hogy bizonyos betegségek összefüggésbe hozhatók a szabadgyökös elváltozásokkal (Lugasi és Blázovics, 2001).

Az antioxidáns vegyületeket többféle szempont szerint is csoportosíthatjuk (Tálos-Nebahaj, 2017). Hegedűs és Stefanovitsné, (2012) szerkezetük alapján két nagy csoportba sorolja ezeket a vegyületeket: az *enzimatis* csoportba tartoznak az enzimek, amelyek a szervezetben zajló reakciók sebességét katalizálják, a *nem-enzimatis* csoportba a kisebb molekulájú vegyületek tartoznak, mint a vitaminok (A-, C-, E-, F- és K-vitamin), a triterpenoidok, a karotinoidok és polifenolok, valamint bizonyos nyomelemek is bírnak antioxidáns hatással (Valko et al., 2006). Ezen kívül számos más olyan vegyület ismert, amely antioxidáns hatással rendelkezik, ilyenek például bizonyos szénhidrátok és fehérjék (Önay-Ucar et al., 2014; Hu et al., 2016).

1.3. Agrárerdészeti rendszerek

Definíció szerint „az agrárerdészet azon földhasználatok gyűjtőneve, ahol egyazon földrészleten tervezetten termesztenek fás szárú élő növényeket és mezőgazdasági terményeket és/vagy tartanak állatokat; akár térbeli, akár időbeli eltéréssel” (Lundgren és Raintree, 1982).

Az agrárerdészeti rendszereknek alapvetően az az egyik legnagyobb előnye, hogy lehetőség nyílik minőségi faanyag termelésére anélkül, hogy a mezőgazdasági termelésből kellene területeket kivonni (Vityi et al., 2019). A modern mezőgazdasági művelés ugyan terméshozamok növekedésével jár, de ez csak folyamatos beavatkozásokkal és a területek intenzív kezelésével (talajelőkészítés, műtrágyázás, növényvédelem, stb.) lehetséges, és a talaj degradációjával járt. Az agrárerdészeti rendszerek ezzel ellentétben a természetes erőforrások magasabb szintű kihasználását teszik lehetővé a fás komponensnek köszönhetően. Ez az úgynevezett öko-intenzifikáció (Mosquera-Losada et al., 2018). Emellett számos ökoszisztéma szolgáltatást is nyújtanak az ilyen rendszerek (de Jong et al., 2018; Willmott et al., 2023). Ezek közül az egyik legfontosabb a légköri szén-dioxid megkötése (Calfapitera et al., 2010). Az agrárerdészetek csökkentik a víz-eróziót és a deflációt, segítik a szerves anyagok visszajutását a talajba, valamint növelik a biodiverzitást (Torralba et al., 2016), továbbá védik az ott termesztett mezőgazdasági növényeket a szélsőséges klímahatásoktól (Kaya et al., 2019).

Annak ellenére, hogy a forró égövi országokban elterjedten alkalmazzák az agrárerdészetet, a mérsékelt égövben sokkal kevésbé jellemző azok megléte és használata. Az utóbbi években azonban Európában az agrárerdészet tudományága jelentős fejlődésen ment keresztül (Guti, 2023). Egyes kutatók olyan jelentőséget tulajdonítanak az agrárerdészetnek és az ilyenfajta földhasználatoknak, hogy úgy vélik, olyan tudománnyá fejlődik a jövőben, mint az erdőgazdálkodás vagy a mezőgazdálkodás (Rigueiro-Rodríguez et al., 2008). 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 hagyományosan a különböző erdősávok és a fás legelők voltak viszonylag elterjedtek, ám ezek száma ma visszaszorulóban van. A LUCAS (Land Use/Cover Area frame statistical Survey) adatbázis szerint Magyarország területén 38.100 ha területen gazdálkodnak agrárerdészeti rendszerekben (den Herder et al., 2017). A mezőgazdasági területek magas aránya miatt kedvező lenne a modern agrárerdészeti rendszerek szélesebb körben való alkalmazása (Vityi et al., 2018).

2. Irodalmi áttekintés

A növények anatómiai felépítése és életműködései nem mindig azonosak, a külső körülmények hatására jelentősen megváltozhatnak. Számos kutatás igazolta, hogy különböző meteorológiai paraméterek mellett (napsugárzás mennyisége, csapadék, hőmérséklet) a növények szöveti felépítése, illetve élettani működésük során az általuk kiválasztott vegyületek mennyisége és minősége is változhat (Abreu és Mazzafera, 2005; Zubay et al., 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.

Jelen dolgozat témáját tekintve egyedülálló, mivel agroerdészeti rendszerben termesztett gyógynövények antioxidáns tartalmát vizsgálja. Nem találtunk olyan irodalmat, amely kísérleti területen különböző talajtakarások mellett termesztett gyógynövényeket ilyen szempontból hasonlítana össze, hasonló kutatásról még sem hazai sem nemzetközi szinten nem tudunk, így nincsenek ismereteink arról sem, hogy a különböző talajtakarásoknak van-e valamilyen pozitív hatása az antioxidáns tartalomra, ezáltal a növényi kivonatok hatására.

3. Célkitűzés

Jelen munkánk célja, hogy megvizsgáljuk 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. Továbbá célunk megvizsgálni, hogy az azonos fajú növényekből a vegetációs időszak különböző szakaszaiban gyűjtött minták mutatnak-e különbséget az antioxidáns tartalomban. Az antioxidáns tartalmat három módon mértük fel: TPC, FRAP és DPPH módszerrel. A kutatás célja kideríteni, hogy a jövőbeli alkalmazás szempontjából melyik termesztési módszer a legelőnyösebb, illetve van-e valamilyen hatása az egyes talajtakarási módozatoknak az antioxidáns tartalomra.

4. Anyagok és módszerek

4.1. A vizsgált terület bemutatása

A kutatáshoz a mintákat a Bajti Nemesítő Telep területén gyűjtöttük be. 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 előnyei a talajba való tápanyag visszapótlás és a párásabb mikroklima létrehozása. A méhlegelő nagyrészt pillangós- (*Fabales*), fészkes- (*Asterales*) és keresztesvirágú (*Brassicales*) lágyszárúakból áll. Mindhárom talajtakarás hátránya azonban, hogy esetleges búvóhelyet biztosíthat a kártevőknek (EFOP-3.6.2-16-2017-00018).

A kontroll terület a fasorokon kívül, a napsugárzásnak közvetlenül kitett részen helyezkedik el (2. ábra), továbbá semmilyen talajtakarási módszer nincs alkalmazva az itt termesztett lágyszárú növények esetében.



1. ábra A bajti agroerdészeti rendszer (saját készítésű kép)



2. ábra A kontroll terület (saját készítésű kép)

4.2. A vizsgált növények bemutatása

4.2.1. Mezei sóska (*Rumex acetosa* L.)

A mezei sóska (3. ábra) a keserűfűfélék (*Polygonaceae*) családjába tartozó lágyszárú évelő növény. Európában általánosan elterjedt, de betelepítés útján eljutott Afrikába, Ázsiába és Észak-Amerikába is. Természetesen réteken, kaszálókon fordul elő, de sok helyen termesztik is (Simon és Csapody, 1991). A növény fogyasztása magas ásványi anyag- és vitamintartalma miatt igen egészséges, ezért a levelét, szárát és gyökerét egyaránt fogyasztják élelmiszerként (Bae et al., 2012). A mezei sóska ezen kívül többek között antibakteriális, gombaölő, gyulladáscsökkentő és lázcsillapító hatással is bír (Bello et al., 2019.).

4.2.2. Lándzsás útifű (*Plantago lanceolata* L.)

A lándzsás útifű (4. ábra) 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 termesztethető, mivel mélyre hatoló, erős gyökérzetével, valamint mikorrhiza kapcsolatainak köszönhetően hatékonyan fel tudja venni a tápanyagokat és a vizet a gyenge termőképességű talajokból is (Pol et al., 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 et al., 2009; Grigore et al., 2015).

4.2.3. Kis télizöld (*Vinca minor* L.)

A kis télizöld (5. ábra) a meténgfélék (*Apocynaceae*) családjába tartozó áttelelő hajtású évelő növény. Kúszó habitusa miatt képes a talajfelszín beborítására, így talajtakaró növénynek kiváló. Természetesen az üde lomberdőkben és szegélyeiken fordul elő, de dísnövényként is sok helyen ültetik. A kis télizöldben található egyik legfontosabb anyag a vinkamin nevű alkaloid, amely gyógyszeripari felhasználásra kerül (Ciorita et al., 2021). A Cavinton nevű agyérzsűkület gyógyszer hatóanyagát a vinkamin szerkezeti átalakításával állítják elő (Kárpáti et al., 2002). A növényben található egyéb hatóanyagoknak többek között antibakteriális, vércukorszint-csökkentő és vérnyomáscsökkentő hatása is van (Koel et al., 2020), továbbá a kis

télizöldből készült gyógyszereket daganatos megbetegedések kezelésére is felhasználják antitumor hatásuk miatt (Zhang et al., 2017).



3. ábra Mezei sóska (*Rumex acetosa* L.)
(URL 2)



4. ábra Lándzsás útifű (*Plantago lanceolata* L.)



5. ábra Kis télizöld (*Vinca minor* L.)
(URL 4)

4.3. Mintavétel és extrakció

A minták begyűjtése a Bajti Nemesítő Telep agrárerdészeti területén történt három alkalommal: 2022 október 10-én, 2023 május 5-én és 2023 július 13-án. A növényekből körülbelül 200 gramm leveles hajtást gyűjtöttünk az adott parcellából véletlenszerűen válogatva. A minták begyűjtés után liofilizálásra kerültek (Wave FD260 liofilizáló, Wave

Trockensysteme GmbH, Bécs, Ausztria), majd vákuum csomagolva, hűtve tároltuk őket feldolgozásig.

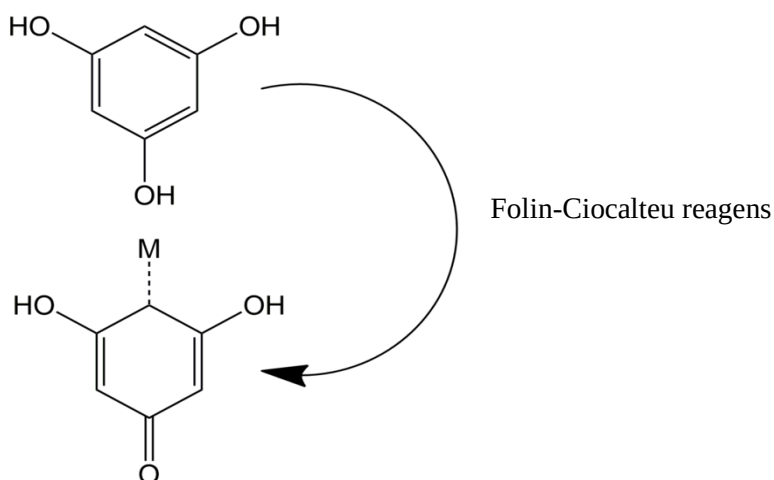
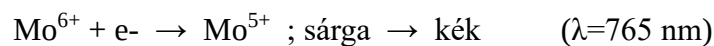
Az extrakció előtt a mintákat kávédaráló segítségével aprítottuk fel. Az így előkészített mintákból 0,2 grammot mértünk ki 50 ml-es centrifugacsövekbe, amihez 40 ml metanol:víz 1:1 térfogatarányú elegyét adtuk. Ezután a mintákat ultrahangos fürdőbe helyeztük 3x10 percre (Elma Transsonic T570 ultrahangos 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.

4.4. Antioxidáns kapacitás meghatározási módszerek

Az utóbbi évtizedekben az antioxidánsokkal kapcsolatos kutatások jelentős fejlődésnek indultak, így mára már több, mint 100 különböző analitikai módszer létezik az oldatok antioxidáns kapacitásának számszerűsítésére. Ezeket a módszereket két nagy csoportra lehet osztani (Frankel és Meyer, 2000): az egyik csoportba tartoznak az elektronátmenettel járó mérési módszerek, amelyek színváltozással járnak együtt; a másik csoportba pedig a hidrogénatom átvitelén alapuló módszerek vannak, melyek az oldat szabadgyök-semlegesítését jellemzik. A mérések során három módszert alkalmaztunk az antioxidáns tulajdonságok vizsgálatára. Ezek a FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) a TPC (Total phenolic content, Folin-Ciocalteu-redukáló kapacitás) és a DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) gyökfogó hatás voltak. 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, 2002).

4.4.1. TPC módszer

Az oldatok totálfenol meghatározását Folin-Ciocalteu módszerrel végeztük (6. ábra), amely redukáló képességen alapul (Balogh, 2010) és az oldat teljes polifenol tartalmát lehet vele vizsgálni. A mérés alapja, hogy a sárga Folin-Ciocalteu a minta antioxidánsa tartalmának hatására redukálódik színváltozás kíséretében. Az így keletkező kék szín spektrofotométer segítségével ($\lambda=765$ nm-en) mérhető.



6. ábra A Folin-Ciocalteu módszer mérési elve (URL 5)

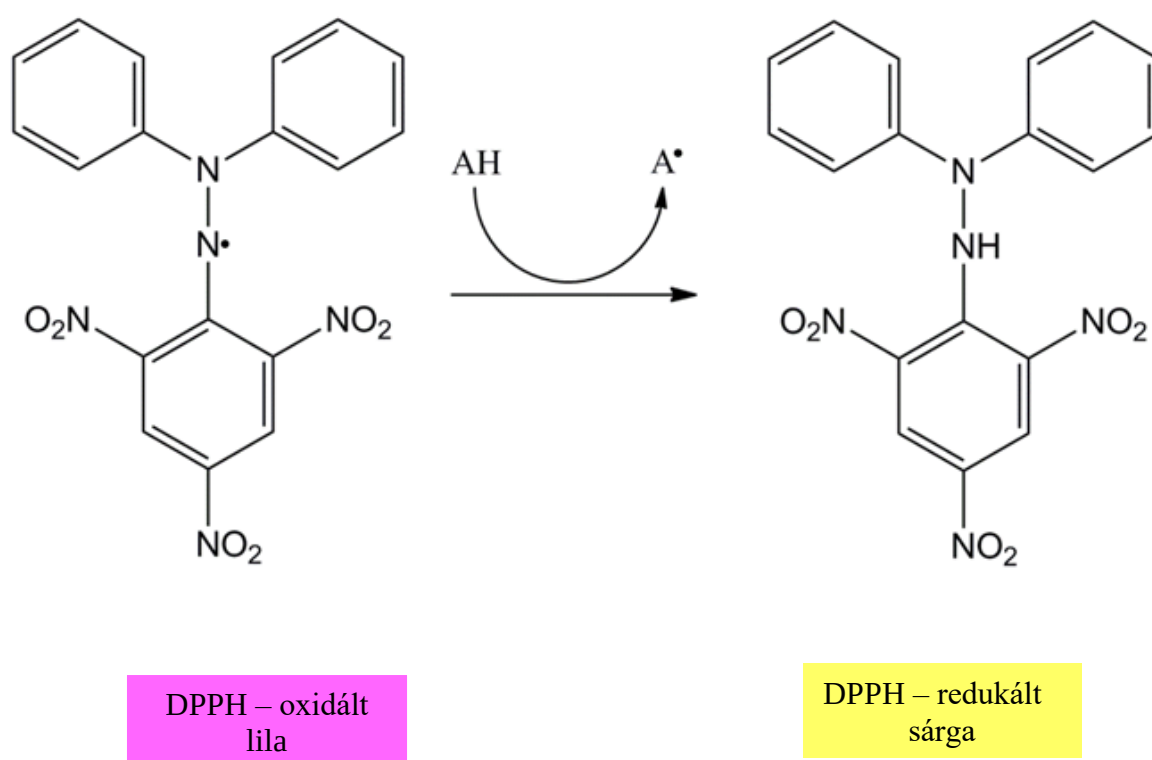
A módszer előnye, hogy olcsó és a könnyű reprodukálni (Huang et al., 2005). Hátránya viszont, hogy lúgos pH-n megy végbe a reakció, amely nem életszerű (Frankel és Meyer, 2000; Balogh, 2010); valamint az, hogy a módszer (nevével ellentétben) nem specifikus polifenolokra: számos, a növényekben előforduló vegyület megzavarhatja a mérést (cukrok, szerves savak, aromás aminok stb.) (Tálos-Nebehaj, 2017), valamint az aszkorbinsav és a réz(I)-ionok is megjelennek a mérés eredményében (Apak et al., 2007).

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.).

4.4.2. DPPH-módszer

A módszer alapját az antioxidánsok DPPH gyök megkötő képessége képezi. Mivel Blois már 1958-ban leírta, így az egyik legkorábbi módszernek számít az antioxidáns-tartalom meghatározásban. A DPPH-módszer igen elterjedt, mivel a DPPH gyök stabil, nem bomlik,

kevésbé agresszív és kapható kereskedelmi forgalomban (Hegedűs és Stefanovitsné, 2012). Az eljárás során létrehozott reakció során a gyök elveszti lila színét. A szín megváltozásának mértéke spektrofotometriával mérhető. A DPPH-módszer hátránya, hogy a felhasznált gyök stabil, amely jelentősen különbözik a sejtekben természetesen keletkezett gyökök jellemzőitől. (Huang et al., 2005), így nem kapunk információt arról, hogy az élő szervezetben keletkezett gyökökkel szemben milyen mértékben reaktívak (Tálos-Nebehaj, 2017). További hátrány, hogy a reakcióhoz sötétre van szükség, mert a DPPH gyök fényre érzékeny, valamint a módszer pH és oxigénfüggő (Prior és Cao, 1999). Ezenkívül eltérés adódhat a molekulák szerkezetéből kifolyólag, ugyanis a kisebb molekulák nagyobb antioxidáns kapacitást fognak mutatni, mivel jobban hozzáférnek a reagens gyökhöz (Berker et al., 2007).



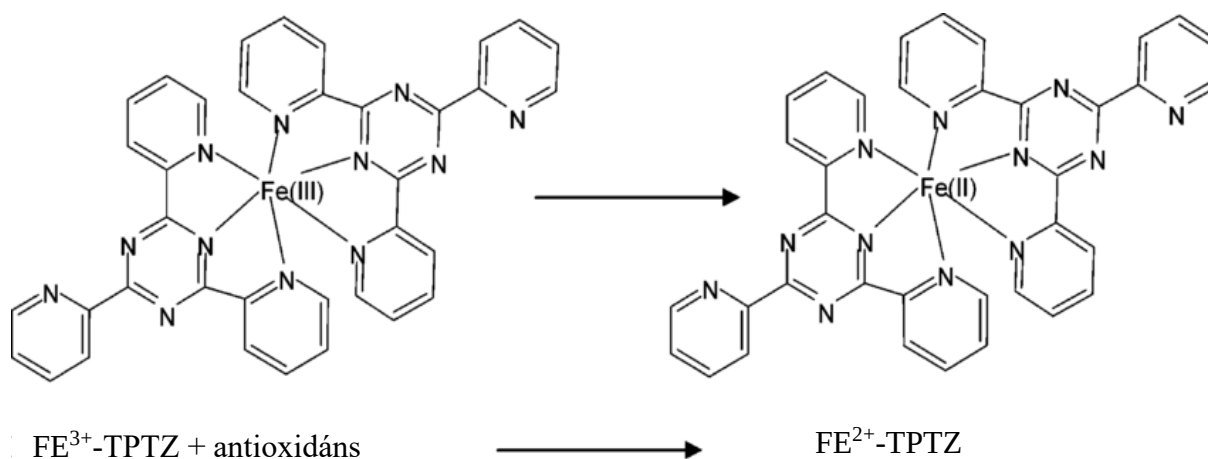
7. ábra A DPPH módszer mérési elve (Tálos-Nebehaj, 2017)

A mérés kivitelezése: 100 μ l extraktumhoz 100 ml metanol:víz 1:1 térfogatarányú elegyét és 2,8 ml DPPH oldatot (80 mM) adtunk, majd 30 percen keresztül letakarva, sötét helyen tároltuk. Mindegyik mintán három párhuzamos mérést végeztünk el. Az antioxidáns kapacitás számszerűsítéshez trolox standardet használtunk, az eredményeket mg trolox egyenérték/g növényi szárazanyag mértékegységben adtuk meg (mg TE/g sz.a.).

4.4.3. FRAP-módszer

A FRAP-módszert Benzie és Strain dolgozta ki 1996-ban. A mérési technika azon alapszik, hogy a Fe^{3+} ionokat az oldatban lévő antioxidánsok Fe^{2+} ionokká redukálják. A 2,4,6-tripiridil-s-triazin (TPTZ) komplexképző az oldatban tartja az így keletkezett Fe^{2+} ionokat, és így az oldat kék színűvé válik. A színintenzitás $\lambda=593$ nanométeren detektálható spektrofotometriás úton (Benzie and Strain, 1996; Huang et al., 2005). A méréshez szükséges reakcióidő 5 perc. A módszer előnyei közé tartozik az reakció gyorsasága, egyszerűsége és reprodukálhatósága, valamint az, hogy nem szükséges hozzá speciális laboratóriumi felszerelés. Ezzel szemben hátránya, hogy a meghatározás a természetes (közel semleges) pH helyett, savas környezetben zajlik (pH=3.6) ami nem életszerű. Továbbá a módszer nem alkalmas karotinodiok és tiol típusú vegyületek mérésére, mivel erre a módszer nem érzékeny. Ezenkívül bizonyos komponensek nem lépnek reakcióba a rendelkezésre álló idő alatt (Apak et al., 2007; Balogh, 2010). Mivel a módszer teljes mértékben elektronátmeneten alapul, más eljárásokkal kombinálva a különböző antioxidánsok reakciói elkülöníthetők lehetnek (Tálos-Nebehaj, 2017).

Mérés kivitelezése: A mérés során standard alapján 50 μl extraktumhoz 1,5 ml FRAP-reagenst adtunk. A reakcióidőt 5 percben állapítottuk meg, a spektrofotometriás mérést 593 nm-en végeztük. 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.).



8. ábra A FRAP-módszer mérési elve (URL 6)

4.5. 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.

5. Eredmények és értékelésük

5.1. A mezei sóska extraktumok vizsgálati eredményei

Meghatároztuk a mezei sóska extraktumok totálfenol, FRAP és DPPH antioxidáns kapacitás értékeit. Az eredményeket az 1. Táblázatban foglaltuk össze. A 2. Táblázat a kapott adatok statisztikai kiértékelését tartalmazza.

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 $\pm$ szórás) különböző mintavételi időpontokban, különböző talajtakarások esetében. ko: kontroll, geo: geoszövet, méh: méhlegelő. A kontroll értékek félkövér betűtípussal, az ettől szignifikánsan magasabb értékek szürke háttérrel kerültek jelölésre.

	TPC			FRAP			DPPH		
	ősz	tavas	nyár	ősz	tavas	nyár	ősz	tavas	nyár
ko.	22,0 $\pm$ 1,1	24,2 $\pm$ 0,9	19,3 $\pm$ 0,6	14,6 $\pm$ 0,4	18,2 $\pm$ 0,9	12,8 $\pm$ 0,6	15,3 $\pm$ 1,2	24,4 $\pm$ 0,2	20,4 $\pm$ 0,3
geo.	17,8 $\pm$ 1,1	20,4 $\pm$ 0,8	14,6 $\pm$ 0,2	11,6 $\pm$ 0,3	15,3 $\pm$ 0,2	10,7 $\pm$ 0,2	11,2 $\pm$ 0,4	20,2 $\pm$ 1,3	14,7 $\pm$ 0,1
mulcs	16,7 $\pm$ 0,9	27,1 $\pm$ 0,9	14,2 $\pm$ 0,5	10,9 $\pm$ 0,1	22,1 $\pm$ 0,5	10,2 $\pm$ 0,1	11,8 $\pm$ 2,1	27,4 $\pm$ 1,0	14,0 $\pm$ 1,5
méh.	18,4 $\pm$ 0,6	28,2 $\pm$ 0,7	12,9 $\pm$ 0,3	13,4 $\pm$ 0,4	22,7 $\pm$ 0,7	9,3 $\pm$ 0,6	13,3 $\pm$ 1,1	30,4 $\pm$ 1,1	13,1 $\pm$ 0,4

2. Táblázat A mezei sóska minták TPC (a), FRAP (b) és DPPH (c) antioxidáns kapacitás értékeinek variancia analízise. Mean: átlagérték (TPC: mg GE/g sz.a, FRAP: mg AE/g sz.a, DPPH: mg TE/g sz.a). Az egyes táblázatokban a különböző kategóriákba (1-8, 1-8, 1-5) sorolt minták átlagértékei szignifikánsan eltérnek $p < 0,04$ szinten.

Tukey HSD test; variable TPC (Sóska_adatok)
Homogenous Groups, alpha = .04000
Error: Between MS = .58548, df = 24.000

Minta	TPC Mean	1	2	3	4	5	6	7	8
Sóska_méhlegelő_nyár	12.9	****							
Sóska_mulcs_nyár	14.2	****							
Sóska_geoszövet_nyár	14.6	****							
Sóska_mulcs_ősz	16.7		****			****			
Sóska_geoszövet_ősz	17.8		****	****					
Sóska_méhlegelő_ősz	18.4		****	****	****				
Sóska_kontrol_nyár	19.3			****	****				
Sóska_geoszövet_tavaszi	20.4				****	****			
Sóska_kontrol_ősz	22.0					****	****		
Sóska_kontrol_tavaszi	24.2						****		
Sóska_mulcs_tavaszi	27.1							****	
Sóska_méhlegelő_tavaszi	28.2								****

a

Tukey HSD test; variable FRAP (Sóska_adatok (1))
Homogenous Groups, alpha = .04000
Error: Between MS = .23059, df = 24.000

Minta	FRAP Mean	1	2	3	4	5	6	7	8
Sóska_méhlegelő_nyár	9.3		****						
Sóska_mulcs_nyár	10.2	****	****						
Sóska_geoszövet_nyár	10.7	****	****						
Sóska_mulcs_ősz	10.9	****							
Sóska_geoszövet_ősz	11.6	****		****					
Sóska_kontrol_nyár	12.8			****	****				
Sóska_méhlegelő_ősz	13.4				****	****			
Sóska_kontrol_ősz	14.6					****	****		
Sóska_geoszövet_tavaszi	15.3						****		
Sóska_kontrol_tavaszi	18.2							****	
Sóska_mulcs_tavaszi	22.1								****
Sóska_méhlegelő_tavaszi	22.7								****

b

Tukey HSD test; variable DPPH (Sóska_adatok)
Homogenous Groups, alpha = .04000
Error: Between MS = 1.1798, df = 22.000

Minta	DPPH Mean	1	2	3	4	5
Sóska_geoszövet_ősz	11.2	****				
Sóska_mulcs_ősz	11.8	****	****			
Sóska_méhlegelő_nyár	13.1	****	****			
Sóska_méhlegelő_ősz	13.3	****	****			
Sóska_mulcs_nyár	14.0	****	****			
Sóska_geoszövet_nyár	14.7	****	****			
Sóska_kontrol_ősz	15.3					
Sóska_geoszövet_tavaszi	20.2			****		
Sóska_kontrol_nyár	20.4			****		
Sóska_kontrol_tavaszi	24.4				****	
Sóska_mulcs_tavaszi	27.4				****	****
Sóska_méhlegelő_tavaszi	30.4					****

c

A mezei sóska esetében a „méhlegelő tavasz” és a „mulcs tavasz” mintákban mértük a legmagasabb értékeket mind a TPC és a FRAP módszerekkel. A DPPH esetében a „méhlegelő tavasz” minta rendelkezett a legnagyobb antioxidáns kapacitással, mely értékek a megfelelő kontroll értékeknél szignifikánsan magasabban voltak. A szezonális változások tekintetében elmondható, hogy a tavasszal gyűjtött növényi részek nagyobb mennyiségben tartalmaznak antioxidáns vegyületeket, mint a nyáron és őszelel gyűjtöttek, mind a kontroll mind a talajtakarásnak kitett minták esetében.

A mezei sóska antioxidáns hatását már többen is vizsgálták, a kutatások során a növényenél szintén erős antioxidáns hatást állapítottak meg (Shaggyav, 2014). Több publikáció is leírja,

hogy pozitív korreláció van a fenolos komponensek és egyes növények antioxidáns kapacitása között (Nazaruk et al., 2008; Wijngaard et al., 2009), ezt Wegiera és munkatársai is igazolták (2011) *Rumex* fajok esetében. A mezei sóska legnagyobb mennyiségben szinapinsavat és kvercetint tartalmaz (Kucekova et al., 2011; Feduraev et al., 2022). Az utóbbi kutatás több *Rumex* nemzetségbe tartozó faj antioxidáns kapacitását is összeasonlította, és arra az eredményre jutottak, hogy a – hazánkban is őshonos – juhsóska (*Rumex acetosella*) antioxidáns kapacitása több, mint ötszöröse a mezei sóskaénak. Az eredmények alapján a vizsgált mezei sóska növény antioxidáns tartalma (feltehetőleg a fenolos vegyületek fény-, hő- és egyéb környezeti tényező függő bioszintézise miatt) jelentős eltéréseket mutatott.

Megállapítható, hogy a tavaszi mulcsos és méhlegelős talajtakarások mellett a legnagyobbak a sóska növény antioxidáns értékei melyek szignifikánsan magasabbak a többi talajtakarásban termelt- és a kontroll mintákhoz képest.

5.2. A lándzsás útifű extraktumok vizsgálati eredményei

A 3. Táblázat a lándzsás útifű extraktumok totálfenol, FRAP és DPPH antioxidáns kapacitás eredményeit tartalmazza. A 4. Táblázat a kapott adatok statisztikai kiértékelése.

3. Táblázat A lándzsás útifű minták TPC (mg GE/g sza.), FRAP (mg AE/g sza.) és DPPH (mg TE/g sza.) antioxidáns kapacitás értékei (átlag $\pm$ szórás) különböző mintavételi időpontokban, különböző talajtakarások esetében. ko: kontroll, geo: geoszövet, méh: méhlegelő. A kontroll értékek félkövér betűtípussal kerültek jelölésre.

	TPC			FRAP			DPPH		
	ősz	tavaszi	nyár	ősz	tavaszi	nyár	ősz	tavaszi	nyár
ko.	46,0 $\pm$ 0,0	49,8 $\pm$ 0,5	32,9 $\pm$ 1,4	34,6 $\pm$ 0,5	46,3 $\pm$ 3,7	26,1 $\pm$ 1,1	47,8 $\pm$ 9,9	131,9 $\pm$ 5,2	47,9 $\pm$ 1,1
geo.	43,1 $\pm$ 1,9	34,1 $\pm$ 0,7	27,4 $\pm$ 0,8	33,6 $\pm$ 0,3	29,5 $\pm$ 1,2	20,6 $\pm$ 1,5	43,8 $\pm$ 11,1	83,8 $\pm$ 5,2	55,0 $\pm$ 3,2
mulcs	43,7 $\pm$ 1,3	35,0 $\pm$ 1,0	21,9 $\pm$ 0,5	32,0 $\pm$ 1,1	31,4 $\pm$ 0,6	18,0 $\pm$ 0,9	48,0 $\pm$ 5,9	88,2 $\pm$ 1,6	46,9 $\pm$ 2,2
méh.	44,1 $\pm$ 1,7	31,3 $\pm$ 0,8	20,6 $\pm$ 1,2	33,2 $\pm$ 1,3	26,9 $\pm$ 1,3	16,4 $\pm$ 1,4	46,3 $\pm$ 5,4	79,7 $\pm$ 5,2	47,4 $\pm$ 1,8

4. Táblázat A lándzsás útifű minták TPC (a), FRAP (b) és DPPH (c) antioxidáns kapacitás értékeinek variancia analízise. Mean: átlagérték (TPC: mg GE/g sz.a, FRAP: mg AE/g sz.a, DPPH: mg TE/g sz.a). Az egyes táblázatokban a különböző kategóriákba (1-6, 1-5, 1-3) sorolt minták átlagértékei szignifikánsan eltérnek $p < 0,04$ szinten.

Tukey HSD test; variable TPC (Útifű_adatok)
Homogenous Groups, alpha = .04000
Error: Between MS = 1.2711, df = 24.000

Minta	TPC Mean	1	2	3	4	5	6
Útifű_méhlegelő_nyár	20.6				****		
Útifű_mulcs_nyár	21.9				****		
Útifű_geoszövet_nyár	27.4					****	
Útifű_méhlegelő_tavaszi	31.3	****					
Útifű_kontroll_nyár	32.9	****	****				
Útifű_geoszövet_tavaszi	34.1	****	****				
Útifű_mulcs_tavaszi	35.0			****			
Útifű_geoszövet_ősz	43.1	****					
Útifű_mulcs_ősz	43.7	****					
Útifű_méhlegelő_ősz	44.1	****					
Útifű_kontroll_ősz	46.0	****					
Útifű_kontroll_tavaszi	49.8						****

a

Tukey HSD test; variable FRAP (Útifű_adatok)
Homogenous Groups, alpha = .04000
Error: Between MS = 2.2022, df = 24.000

Minta	FRAP Mean	1	2	3	4	5
Útifű_méhlegelő_nyár	16.4			****		
Útifű_mulcs_nyár	18.0			****		
Útifű_geoszövet_nyár	20.6			****		
Útifű_kontroll_nyár	26.1				****	
Útifű_méhlegelő_tavaszi	26.9				****	
Útifű_geoszövet_tavaszi	29.5	****			****	
Útifű_mulcs_tavaszi	31.4	****	****			
Útifű_mulcs_ősz	32.0	****	****			
Útifű_méhlegelő_ősz	33.2	****	****			
Útifű_geoszövet_ősz	33.6	****	****			
Útifű_kontroll_ősz	34.6		****			
Útifű_kontroll_tavaszi	46.3					****

b

Tukey HSD test; variable DPPH (Útifű_adatok)
Homogenous Groups, alpha = .04000
Error: Between MS = 32.400, df = 24.000

Minta	DPPH Mean	1	2	3
Útifű_geoszövet_ősz	43.8	****		
Útifű_méhlegelő_ősz	46.3	****		
Útifű_mulcs_nyár	46.9	****		
Útifű_méhlegelő_nyár	47.4	****		
Útifű_kontroll_ősz	47.8	****		
Útifű_kontroll_nyár	47.9	****		
Útifű_mulcs_ősz	48.0	****		
Útifű_geoszövet_nyár	55.0	****		
Útifű_méhlegelő_tavaszi	79.7		****	
Útifű_geoszövet_tavaszi	83.8		****	
Útifű_mulcs_tavaszi	88.2		****	
Útifű_kontroll_tavaszi	131.9			****

c

Az útifű esetében a mindhárom antioxidáns kapacitás mérési módszer esetében a „kontroll tavaszi” mintáknál mértük a legmagasabb értékeket. A különböző évszakokban gyűjtött minták antioxidáns kapacitásáról elmondható, hogy a tavaszi mintáknál mértük a szignifikánsan legmagasabb értékeket, azonban ez csak a kontroll minták esetében volt igaz. A talajtakarásnak kitett növények közül az őszi minták FRAP és TPC értékei voltak a legmagasabbak. A DPPH értékei teljesen más „tendenciát” mutatnak, itt talajtakarástól függetlenül a tavaszi minták a kiemelkedőek. A FRAP, TPC és a DPPH módszer eltérő „viselkedése” a lándzsás útifű esetében azt jelzi, hogy olyan antioxidánsokat tartalmaz, melyek máshogy reagálnak az egyes mérési módszerekkel.

A lándzsás útifűvet és annak kémiai összetételét már sokan vizsgálták. A benne található több, mint 200 vegyületből a klorogénsav illetve verbaszteroid található meg a legnagyobb mennyiségben (Beara et al., 2012; Bajer et al., 2015; Bahadori et al., 2020). A növény magas antioxidáns kapacitása már szintén bizonyított (Dalar et al., 2012). Nichita és társai (2016) ezenkívül azt is megállapították, hogy a növényekben található polifenolos vegyületek mennyisége és az antioxidáns között egyenes arányosság áll fenn. Grigore és munkatársai (2017) a mi méréseinkkel ellentétben arra a megállapításra jutottak, hogy a lándzsás útifű totálfenol- és flavonoidtartalma az év során folyamatosan növekszik. Ugyanakkor Sanna és munkatársai (2022) különböző területekről gyűjtött lándzsás útifű minták antioxidáns kapacitását hasonlították össze, és szintén a tavaszi mintákban mérték a legmagasabb értékeket. Az eredmények közötti eltérés abból adódhat, hogy a növények antioxidáns tartalma nem csak az évszakoktól függ, hanem egyéb körülményektől is befolyásolhatják, mint például az időjárás (Aries et al., 2011; Chrysargrys et al. 2021), a talaj (Muscolo et al. 2019), vagy a földrajzi elhelyezkedés (Chatoui et al., 2020).

Összességében a legnagyobb FRAP, TPC és DPPH értékeket a tavaszi kontroll mintákban mértük. Megállapítható, hogy az alkalmazott talajtakarások szignifikánsan nem járultak hozzá az antioxidáns tartalom növekedéséhez a lándzsás útifű esetében.

5.3. A kis télizöld extraktumok vizsgálati eredményei

Meghatároztuk a kis télizöld extraktumok totálfenol, FRAP és DPPH antioxidáns kapacitás értékeit. Az eredményeket az 5. Táblázatban foglaltuk össze. A 6. Táblázat a kapott adatok statisztikai kiértékelését tartalmazza.

5. 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 $\pm$ szórás) különböző mintavételi időpontokban, különböző talajtakarások esetében. ko: kontroll, geo: geoszövet, méh: méhlegelő. A kontroll értékek félkövér betűtípussal kerültek jelölésre.

	TPC			FRAP			DPPH		
	ősz	tavaszi	nyár	ősz	tavaszi	nyár	ősz	tavaszi	nyár
ko.	29,3 $\pm$ 2,7	30,2 $\pm$ 1,3	12,0 $\pm$ 0,3	17,0 $\pm$ 0,2	19,2 $\pm$ 0,8	5,6 $\pm$ 0,1	24,3 $\pm$ 3,2	36,9 $\pm$ 1,0	11,1 $\pm$ 0,3
geo.	29,0 $\pm$ 1,1	29,0 $\pm$ 0,7	15,2 $\pm$ 0,9	18,2 $\pm$ 0,3	16,2 $\pm$ 0,6	6,6 $\pm$ 0,2	24,7 $\pm$ 2,9	31,6 $\pm$ 1,0	10,8 $\pm$ 0,3
mulcs	31,9 $\pm$ 0,6	31,7 $\pm$ 0,9	13,4 $\pm$ 0,2	18,8 $\pm$ 0,3	18,9 $\pm$ 0,5	6,0 $\pm$ 0,3	25,0 $\pm$ 0,5	38,3 $\pm$ 1,8	9,9 $\pm$ 0,3
méh.	27,6 $\pm$ 0,9	28,7 $\pm$ 0,5	14,8 $\pm$ 0,7	17,0 $\pm$ 0,3	17,2 $\pm$ 0,4	6,9 $\pm$ 0,4	22,5 $\pm$ 1,1	33,9 $\pm$ 1,0	11,7 $\pm$ 0,7

6. Táblázat A kis télizöld minták TPC (a), FRAP (b) és DPPH (c) antioxidáns kapacitás értékeinek variancia analízise. Mean: átlagérték (TPC: mg GE/g sz.a, FRAP: mg AE/g sz.a, DPPH: mg TE/g sz.a). Az egyes táblázatokban a különböző kategóriákba (1-3, 1-4, 1-4) sorolt minták átlagértékei szignifikánsan eltérnek $p < 0,04$ szinten.

Tukey HSD test; variable TPC (Meténg_adatok)				
Homogenous Groups, alpha = .04000				
Error: Between MS = 1.2047, df = 24.000				
Minta	TPC Mean	1	2	3
Meténg_kontrol_nyár	12.0			****
Meténg_mulcs_nyár	13.4			****
Meténg_méhlegelő_nyár	14.8			****
Meténg_geoszövet_nyár	15.2			****
Meténg_méhlegelő_ősz	27.6		****	
Meténg_méhlegelő_tavaszi	28.7	****	****	
Meténg_geoszövet_ősz	29.0	****	****	
Meténg_geoszövet_tavaszi	29.0	****	****	
Meténg_kontrol_ősz	29.3	****	****	
Meténg_kontrol_tavaszi	30.2	****	****	
Meténg_mulcs_tavaszi	31.7	****		
Meténg_mulcs_ősz	31.9	****		

a

Tukey HSD test; variable FRAP (Meténg_adatok)					
Homogenous Groups, alpha = .04000					
Error: Between MS = .17503, df = 24.000					
Minta	FRAP Mean	1	2	3	4
Meténg_kontrol_nyár	5.6	****			
Meténg_mulcs_nyár	6.0	****			
Meténg_geoszövet_nyár	6.6	****			
Meténg_méhlegelő_nyár	6.9	****			
Meténg_geoszövet_tavaszi	16.2		****		
Meténg_méhlegelő_őszi	17.0		****	****	
Meténg_kontrol_őszi	17.0		****	****	
Meténg_méhlegelő_tavaszi	17.2		****	****	
Meténg_geoszövet_őszi	18.2			****	****
Meténg_mulcs_őszi	18.8				****
Meténg_mulcs_tavaszi	18.9				****
Meténg_kontrol_tavaszi	19.2				****

b

Tukey HSD test; variable DPPH (Meténg_adatok)					
Homogenous Groups, alpha = .04000					
Error: Between MS = 2.3871, df = 22.000					
Minta	DPPH Mean	1	2	3	4
Meténg_mulcs_nyár	9.9	****			
Meténg_geoszövet_nyár	10.8	****			
Meténg_kontrol_nyár	11.1	****			
Meténg_méhlegelő_nyár	11.7	****			
Meténg_méhlegelő_ősz	22.5		****		
Meténg_kontrol_ősz	24.3		****		
Meténg_geoszövet_ősz	24.7		****		
Meténg_mulcs_ősz	25.0		****		
Meténg_geoszövet_tavaszi	31.6			****	
Meténg_méhlegelő_tavaszi	33.9			****	****
Meténg_kontrol_tavaszi	36.9			****	
Meténg_mulcs_tavaszi	38.3			****	

c

A kis télizöld esetében az alkalmazott talajtakarásokkal nem érhető el magasabb antioxidáns kapacitás a megfelelő kontrollhoz képest, egyik mérési módszer szerint sem. Itt is a tavaszi minták antioxidáns kapacitása a legmagasabb és a nyári mintáké a legalacsonyabb.

A kis télizöldben található vegyületekkel átfogóan foglalkozó és a növény antioxidáns kapacitásáról szóló irodalom viszonylag kevesebb. A publikációk nagyobb része a növényben található indol alkaloidokkal foglalkozik (Farahanikia et al., 2011; Dimitrescu et al., 2021), ami nem meglepő, hiszen a növény fő hatóanyaga a vinkamin is ide tartozik (Smeyers et al., 1991; Al-Rashed et al., 2021). Ezenkívül a növényben legnagyobb mennyiségben klorogénsav, kávéssav és rutin-trihidrát található (Sezer és Uysal 2018; Ciorita et al., 2021). Más kutatások is

igazolták, hogy a kis télizöld nagy antioxidáns kapacitással rendelkezik, illetve azt, hogy a magasabb fenoltartalom nagyobb antioxidáns kapacitást jelent (Grujic et al., 2015; Neculai et al., 2023).

A kis télizöld esetében a vizsgált talajtakarások nem befolyásolták szignifikánsan az antioxidáns tartalmat egyik vizsgált évszakban sem. A legnagyobb értékeket tavasszal, a legalacsonyabbakat nyáron mértük.

5.4. Következtetések

Jelen munkában vizsgáltuk a Bajti Nemesítő Telep agrárerdészeti rendszerében termesztett három gyógynövényfaj: mezei sóska, lándzsás útifű és kis télizöld antioxidáns tartalmát különböző talajtakarási módszerek mellett.

A mezei sóska esetében megállapítottuk, hogy a tavaszi mulcsos és méhlegelő talajtakarások mellett mértük a legnagyobb antioxidáns kapacitásokat, melyek szignifikánsan magasabbak a többi talajtakarásban termelt- és a kontroll mintákhoz képest. A lándzsás útifű esetében a legnagyobb FRAP, TPC és DPPH értékeket a tavaszi kontroll mintákban mértük. Megállapítottuk, hogy az alkalmazott talajtakarások szignifikánsan nem járultak hozzá az antioxidáns tartalom növekedéséhez. Hasonlóan a lándzsás útifűhöz, a kis télizöld esetében sem befolyásolták a vizsgált talajtakarási módszerek szignifikánsan az antioxidáns tartalmat egyik vizsgált évszakban sem. A legnagyobb értékeket tavasszal, a legalacsonyabbakat nyáron mértük.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a talajtakarás hatása az antioxidáns tartalomra erősen fajfüggő, a legmagasabb antioxidáns kapacitási értékek általában tavasszal mérhetők. Az alkalmazott módszerek eltérő szelektivitása miatt mindenképpen érdemes több különböző módszer alkalmazása az eltérő összetételű és összetételében szezonálisan változó növények antioxidáns tartalmának összehasonlító elemzéséhez. Vizsgálataimat tervezem tovább folytatni és megismételni a vizsgált területen, hogy az eltérő évjáratok hatását is vizsgálni tudjam a jövőben. Az eredményeim hozzájárulnak az agrárerdészeti rendszerekben termelt gyógynövények összetételének kutatásához és az adatok alapul szolgálnak a további fajokon végzett kísérletek tervezéséhez.

6. Összefoglalás

Jelen munkában vizsgáltuk a Bajti Nemesítő Telep agrárerdészeti rendszerében termesztett három gyógynövényfaj: a mezei sóska (*Rumex acetosa* L.), a lándzsás útifű (*Plantago lanceolata* L.) és a kis télizöld (*Vinca minor* L.) antioxidáns tartalmát különböző talajtakarási módszerek mellett. Arra kerestük a választ, hogy az azonos fajú növényekből a vegetációs időszak különböző szakaszaiban gyűjtött minták mutatnak-e különbséget az antioxidáns tartalmakban. Célunk volt kideríteni, hogy a jövőbeli alkalmazás szempontjából melyik termesztési módszer a legelőnyösebb és hogy melyik növényfaj hogyan reagál a vizsgált talajtakarási módszerekre. Az antioxidáns kapacitást a TPC (Folin-Ciocalteu féle összes polifenol tartalom), FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) és DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) módszerekkel vizsgáltuk. Vizsgálati eredményeinkből megállapítható, hogy a legmagasabb antioxidáns tartalmat eredményező termesztési mód növényfajonként változik. A mezei sóska esetében megállapítottuk, hogy a tavaszi mulcsos és méhlegelős talajtakarások mellett mértük a legnagyobb antioxidáns kapacitásokat, melyek szignifikánsan magasabbak a többi talajtakarásban termelt- és a kontroll mintákhoz képest. A lándzsás útifű esetében a legnagyobb FRAP, TPC és DPPH értékeket a tavaszi kontroll mintákban mértük. Megállapítottuk, hogy az alkalmazott talajtakarások szignifikánsan nem járultak hozzá az antioxidáns tartalom növekedéséhez. Hasonlóan a lándzsás útifűhöz, a kis télizöld esetében sem befolyásolták a vizsgált talajtakarási módszerek szignifikánsan az antioxidáns tartalmat egyik vizsgált évszakban sem. A legnagyobb értékeket tavasszal, a legalacsonyabbakat nyáron mértük. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a talajtakarás hatása az antioxidáns tartalomra erősen fajfüggő, a legmagasabb antioxidáns kapacitási értékek általában tavasszal mérhetők. Az alkalmazott módszerek eltérő szelektivitása miatt mindenképp érdemes több különböző módszer alkalmazása az eltérő összetételű és összetételében szezonálisan változó növények antioxidáns tartalmának összehasonlító elemzéséhez. Vizsgálataimat tervezem tovább folytatni és megismételni a vizsgált területen, hogy az eltérő évjáratok hatását is vizsgálni tudjam a jövőben. Az eredményeim hozzájárulnak az agrárerdészeti rendszerekben termelt gyógynövények összetételének kutatásához és az adatok alapul szolgálnak a további fajokon végzett kísérletek tervezéséhez.

7. Summary

In the present work, we investigated the antioxidant content of three medicinal species (common sorrel (*Rumex acetosa* L.), ribwort plantain (*Plantago lanceolata* L.) and dwarf periwinkle (*Vinca minor* L.) grown in the agroforestry system of the Bajti Breeding Plant under different conditions. We searched for the answer to whether samples collected from plants of the same species at different stages of the vegetation period show differences in antioxidant content. Our aim was to find out which cultivation method is the most advantageous for future application and which plant species reacts to the investigated cultivation methods (control, mulching, environment with bee-grazing, geotextile cover). The antioxidant capacity was examined using the TPC (Folin-Ciocalteu's total polyphenol content), FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) and DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) assays. It was found that the cultivation method resulting in the highest antioxidant content varies by plant species. In the case of sorrel, we found that the highest antioxidant capacities were measured in spring samples in the mulch and bee-grazed environment, which are significantly higher compared to samples produced using the geotextile cover and the control samples. In the case of buckhorn, the highest FRAP, TPC and DPPH values were measured in the spring control samples. It was found that the investigated cultivation methods did not contribute significantly to the increase of the antioxidant content. Similarly, to buckhorn, in the case of dwarf periwinkle the tested methods did not affect the antioxidant content in any of the studied seasons significantly. The highest values were measured in spring and the lowest in summer. Based on the results, it can be concluded that the effect of cultivation method on the antioxidant content is strongly species-dependent, the highest antioxidant capacity values can usually be measured in spring. Due to the different selectivity of the applied antioxidant assays, it was found that is inevitable to use several different methods for the comparative analysis of the antioxidant content of plants with different compositions and seasonal changes in composition. I plan to continue and repeat my studies in the investigated area, so that I can examine the effect of different vintages in the future. My results contribute to the research of the composition of medicinal plants produced in agroforestry systems and the data will serve as a basis for the planning of experiments on further species.

8. Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani Dr. Hofmann Tamásnak és Visiné Dr. Rajczi Eszternek a kutatáshoz és a dolgozat megírásához nyújtott segítségért. Köszönöm a közös munka során kapott hasznos tanácsokat és az általuk átadott tudást. Továbbá köszönöm a Környezet- és Természetvédelmi Intézetnek, hogy a kutatást lehetővé tette, és az ahhoz a szükséges eszközöket biztosította.

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/>).

9. Irodalomjegyzék

- Abate, L., Bachheti, R.K., Tadesse, M.G., Bachheti, A., 2022: Ethnobotanical Uses, Chemical Constituents, and Application of *Plantago lanceolata* L. Journal of Chemistry. 1532031.
- Al-Rashed, S., Baker, A., Ahmad, S.S., Syed, A., Bahkali, A.H., Elgorban, A.E., Khad, M.S., 2021: Vincamine, a safe natural alkaloid, represents a novel anticancer agent. Bioorganic Chemistry. 107. 104626.
- Apak, R., Güclü, K., Demirata, B., Ozyürek, M., Celik, S.E., Bektasoglu, B., Berker, K.I., Ozyurt, D., 2007: Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. Molecules. 12. (7). 1496-547.
- Aries, A., Fernandes, C., Carvalho, R., Bennett, R.N., Saavedre, M.J., Rosa, E.A.S., 2011: Seasonal Effects on Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Six Economically Important Brassica Vegetables. Molecules. 16. 6816-6832.
- Aydinalp, C., Cresser, M., 2008: The Effects of Global Climate Change on Agriculture, American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 3. (5). 672-676.
- 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). 425-430.
- Bahadori, M.B., Sarikurkcü, 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.
- Bajer, T., Janda, V., Bajeroová, P., Kremr, D., Eisner, A., Ventura, K., 2016: Chemical composition of essential oils from *Plantago lanceolata* L. leaves extracted by hydrodistillation. J Food Sci Technol. 53. (3). 1576-84.
- Balogh, E., 2010: Antioxidáns kapacitás meghatározása és ennek kialakításában szerepet játszó vegyületek vizsgálata bogyós gyümölcsökben. Doktori (PhD) értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest.
- 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). 64-70.

- Bejer, T., Janda, V., Bajeova, P., Kremr, D., Eisner, A., Ventura, K., 2016: Chemical composition of essential oils from *Plantago lanceolata* L. leaves extracted by hydrodistillation. *Journal of Food Science Technology*. 53. (3). 1576–1584.
- 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. 149-160.
- 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. 70-76.
- Berker, K.I., Güclü, K., Tor, I., Apak, R., 2007: Comparative evaluation of Fe(III) reducing power-based antioxidant capacity assays in the presence of phenanthroline, batho-phenanthroline, tripyridyltriazine (FRAP), and ferricyanide reagents. *Talanta*. 72. 1157-1165.
- Calfapietra, C., Gielen, B., Karnosky B., Ceulemans, B., Mugnozza, G.S., 2010: Response and potential of agroforestry crops under global change. *Environmental Pollution*. 158. 1095-1104.
- Chatoui, K., Harhar, H., Kamil, T.E., Tabyaoui, M., 2020: Chemical Composition and Antioxidant Capacity of *Lepidium sativum* Seeds from Four Regions of Morocco. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 7302727.
- Cheryatova, Y.S., 2021: IOP Conf. Series: Actual aspects of anatomical research of medicinal plant material of *Vinca minor* L. *Earth and Environmental Science*. 723.
- Chrysargyris, A., Evangelides, E., Tzortzakis, N., 2021: Seasonal Variation of Antioxidant Capacity, Phenols, Minerals and Essential Oil Components of Sage, Spearmint and Sideritis Plants Grown at Different Altitudes. *Agronomy*. 11. 1766.
- Chu, W.L., 2011: Potential applications of antioxidant compounds derived from algae. *Current Topics in Nutraceutical Research*. 9. (3). 83-98.
- 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.
- Dalar, A., Türker, M., Konczak, I., 2012: Antioxidant capacity and phenolic constituents of *Malva neglecta* Wallr. and *Plantago lanceolata* L. from Eastern Anatolia Region of Turkey. *Journal of Herbal Medicine*. 2. 42-51.

- de Abreu, I.N., Mazzafera, P., 2005: Effect of water and temperature stress on the content of active constituents of *Hypericum brasiliense* Choisy. Plant Physiology and Biochemistry. 43. 241-248.
- 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.
- 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. 121-132.
- 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). 88-98.
- EFOP-3.6.2-16-2017-00018: „Termeljünk együtt a természettel – Az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” nevű projekt keretében létrehozott bajti agrárerdészeti rendszer átadójára készült plakátok
- Ekor M., 2014: The growing use of herbal medicines: issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. Frontiers in pharmacology. 4. 177.
- Farahanikia, B., Akbarzadeh, T., Jahangirzadeh, A., Yassa, N., Ardekani, R.S., Mirnezami. T., Hadjiakhoondi, A., Khanavi, M., 2011: Phytochemical Investigation of *Vinca minor* Cultivated in Iran. ServicesIranian Journal of Pharmaceutical Research. 10. (4). 777-785.
- 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.
- Frankel, E.N., Meyer A.S., 2000: The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. Science of Food and Agriculture. 80. (13). 1925-1943.
- 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. 207-214.

- Grigore, N.M., Ivan, M., Verdes, A., Oprica, L., 2017: Enzymatic Activity and Non-enzymatic Antioxidants Content in Several Plantago Species (from Valea Ilenei Nature Reserve), During Different Phenophases. *Revisita de Chimie*. 68. (7). 1539-1543.
- Grujic, S.,M., Radojevic, I.D., Vasic, S.M., Comic, L.R., Topuzovic, M.D., 2015: Antimicrobial and Antibiofilm Activities of Secondary Metabolites from *Vinca minor* L. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 51. (5). 572-578.
- 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. 612-624.
- Guti, E., 2023: Összehasonlító mikroklima vizsgálatok a bajti csemetekert köztestermesztéses agrárerdészeti rendszerében. Diplomamunka. Soproni Egyetem, Sopron.
- Halliwell, B., 1990: How to characterize a biological antioxidant. *Free Radical Research Communications*. 9. (1). 1-32.
- Halliwell, B., Aeschbach, R., Löliker, J., Aruoma., O.I., 1995: The Characterization of Antioxidants. *Food and Chemical Toxicology*. 33. (7). 601-617.
- Hegedűs, A., Stefanivitsné, B., É., 2012: Természetes antioxidáns-forrásunk: a gyümölcs. *Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Debrecen*. 9786155183263.
- Hu, S., Yin, J., Nie, S., Wang, J., Phillips, G.O., Xie, M., Ciu, S.W., 2016: In vitro evaluation of the antioxidant activities of carbohydrates. *Bioactive Carbohydrates and Dietary*. 7. 19-27.
- Hu, Y., Yan, B., Chen Z.S., Wang, L., Tang, W., Huang, C., 2021: Recent Technologies for the Extraction and Separation of Polyphenols in Different Plants: A Review. *Journal of Renewable Materials*. 10. (6). 1471-1490.
- Huang, D., Ou, B., Prior, R.L., 2005: The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 23. (53). 1841.
- Kárpáti, E., Bíró, K., Kukorelli, T., 2002: Investigation of vasoactive agents with indole skeletons at Richter Ltd. *Acta Pharm Hung*. 72. (1). 25-36.
- Kaya, S., Regab, C., Morenoc, G., den Herder, M., Palmae, J.H.N., Borekg, R. , Durane, J.C., Freeseh, D., Giannitsopoulosi, M., Gravesi, A., Jägerj, M., Lamersdorfk, N.,

- Memedeminl, D., Losadam, R.M., Panteran, A., Paracchinib, M.L., Pariso P., Díaza, J.V.R., Roloc, V., Rosatiq, A., Sandorr, M., Smiths, J., Szerencsitsa, E., Vargat, A., Viaudu, V., Wawerg, R., Burgess, P.J., Herzoga, F., 2019: Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe. *Land Use Policy*. 83. 581-593
- Koel, M., Kuhtinskaja, M., Vaher, M., 2020: Extraction of bioactive compounds from *Catharanthus roseus* and *Vinca minor*. *Separation and Purification Technology*. 252.
- Kucekova, Z., Mlcek, J., Humpolicek, P., Rop, O., Valasek, P., Saha, P., 2011: Phenolic Compounds from *Allium schoenoprasum*, *Tragopogon pratensis* and *Rumex acetosa* and Their Antiproliferative Effects. *Molecules*. 16. (11). 9207-9217.
- Láng, I., Bedő, Z., Balázs, E., Börner, A., Veisz, O. (szerk.), 2011: Climate Change: Challenges and Opportunities in Agriculture. Agricultural Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences. Budapest.
- Lugasi, A., Blázovics, A., 2001: Az egészséges táplálkozás tudományos alapjai. Fodor József Országos Közegészségügyi Központ, Budapest.
- Lundgren, B.O., Raintree, J.B., 1983: Sustained Agroforestry. Reprint for International Council for Research in Agroforestry.
- Mosquera-Losada, M.R., Freijanes, J.J.S., Díaz, M.R., Moreno, G., den Herder, M., Vázquez J.A.A., Domínguez, N.F., Pantera, A., Pisanelli, A., Rodríguez, A.R., 2018: Agroforestry in Europe: A land management policy tool to combat climate change. *Land Use Policy*. 78. 603-613.
- Muscolo, A., Sidari, M., Settineri, G., Papalia, T., Mallamaci, C., Attina, E., 2019: Influence of Soil Properties on Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of *Brassica rupestris* Raf. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 19. 808-815.
- Nazaruk, J., 2008: Antioxidant activity and total phenolic content in *Cirsium* five species from north-east region of Poland. *Fitoterapia*. 79. 3. 194-196.
- Neculai, A.M., Stanciu, G., Mititelu, M., 2023: Determination of Active Ingredients, Mineral Composition and Antioxidant Properties of Hydroalcoholic Macerates of *Vinca minor* L. Plant from the Dobrogea Area. *Molecules*. 28. (15). 5667.
- 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). 95-102.

- Ong, E.S., 2004: Extraction methods and chemical standardization of botanicals and herbal preparations. *Journal of Chromatography B*. 812. (1-2). 23-33.
- Önay-Ucar, E., Arda, N., Pekmez, M., Yilmaz, A.M., Böke-Sarikahya, N., Kirmizigül, S., Yalcin, A.S., 2014: Comparison of antioxidant capacity, protein profile and carbohydrate content of whey protein fractions. *Food Chemistry*. 150. 34-40.
- 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.
- Pol, M., Schmidtke, K., Lewandowska, S., 2021: *Plantago lanceolata* – An overview of its agronomically and healing valuable features. *Open Agriculture*. 6. 479-488.
- Prior, R.L., Cao, G., 1999: In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. *Free Radical Biology and Medicine*. 27. (11-12). 1173-1181.
- Reisner, Y., de Filippi, R., Herzog, F., Palma, J., 2007: Target regions for silvoarable agroforestry in Europe. *Ecological Engineering*. 29. 401-418
- Rigueiro-Rodríguez, A. (szerk.), McAdam, J. (szerk.), Mosquera-Losada, M.R. (szerk.), 2008: *Agroforestry in Europe: Current Status and Future Prospects*. Springer, Dordrecht.
- Sanchís, F.M., Bello, M.L.F., 2009: Climate change and its marginalizing effect on agriculture. *Ecological Economics*. 68. 896-904.
- Sanna, F., Piluzza, G., Campesi, G., Molinu, M.G., Re, G.A., Sulas, L., 2022: Antioxidant Contents in a Mediterranean Population of *Plantago lanceolata* L. Exploited for Quarry Reclamation Interventions. *Plants*. 11. 791.
- 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. 103-110.
- Shagjjav, O., 2014: Antioxidant Activity of Some Mongolian Plants. *Mongolian Journal of Biological Sciences*. 12. (1-2). 27-32.
- Sharma, A., Shazad, B., Rehman, A., Bhardwaj, R., Landi, M., Zheng, B., 2019: Response of Phenylpropanoid Pathway and the Role of Polyphenols in Plants under Abiotic Stress. *Molecules*. 24. 2452.
- Simon, T., Csapody, V., 1991: *Kis növényhatározó rendszertani és ökológiai tájékoztatóval*. Tankönyvkiadó, Budapest.

- Smeyers, Y.G., Smeyers, N.J., Rendez, J.J., Hernandez-Laguna, A., Galvez-Ruano, E., 1991: A structural and pharmacological study of alkaloids of *Vinca Minor*. *Molecular Engineering*. 1. 153-160.
- Stewart, A.V., 1996: Plantain (*Plantago lanceolata*) – a potential pasture species. *Journal of New Zealand Grasslands*. 58. 77-86.
- Tálos-Nebehaj, E., 2017: Antioxidáns paraméterek vizsgálata a Magyarországon előforduló erdei fafajok levél- és kéregszövetében. Doktori (PhD) értekezés. Soproni Egyetem, Sopron.
- Thiviya, P., Gamage, A., Piumali, D., Merah, O., Madhujith, T., 2021: Apiaceae as an Important Source of Antioxidants and Their Applications. *Cosmetics*. 8. (4). 111.
- Tita, I., Mogosanu, G.D., Tita, M., G., 2009: Ethnobotanical inventory of medicinal plants from the south-west of Romania. *Farmacia*. 57. (2). 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. 150-161.
- Valko, M., Rhodes, C.J., Moncol J., Izakovic, M., Mazur, M., 2006: Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-Biological Interactions*. 160. (1). 1-40.
- van Wyk, B. E., és Wink, M., 2018: Medicinal plants of the world. Cabi Digital Library.
- 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.
- Vityi, A., Kovács, K., 2019: Az erdei köztes művelés szerepe a növekvő faanyag igény kielégítésében. *Sustainable resource management: Scientific conference proceedings*. 176-179.
- 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). 125-131.
- 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). 202-207.

- 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.
- World Health Organization, 1999: WHO monographs on selected medicinal plants. World Health Organization, Geneva.
- Young, I.S., Woodside, J.V., 2001. Antioxidants in health and disease. *Journal of Clinical Pathology*. 54. 176-186.
- 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. 659-666.
- 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.

Internetes hivatkozások:

- URL 1: <https://www.fortunebusinessinsights.com/herbal-medicine-market-106320>. Letöltve: 2023.10. 26.
- URL 2: <https://cdn.britannica.com/27/118327-050-14389167/Garden-sorrel.jpg> Letöltve: 2023.10.26.
- URL 3: <https://www.planetayurveda.com/library/ribwort-plantain-plantago-lanceolata/> Letöltve: 2023.10.26.
- URL 4: <https://www.thespruce.com/vinca-minor-vines-2132217> Letöltve: 2023.10.26.
- URL 5: https://www.researchgate.net/figure/Redox-reaction-between-polyphenols-and-Folin-Ciocalteu-reagent_fig2_357529163 Letöltve: 2023.10.23.
- URL 6: https://www.researchgate.net/figure/Scheme-3-Reaction-scheme-involved-in-FRAP-assay_fig2_339120803 Letöltve: 2023.10.23.