

SZAKDOLGOZAT

Rózsahegyi Dorina

2025.



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Tanszék

Alapképzési szak

**MÁLNA BELTARTALMI ÉRTÉKEINEK VIZSGÁLATA
ÁRNYÉKOLÁSBAN**

Belső konzulens: Dr. Ficzek Gitta

egyetemi docens

MATE, Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Tanszék

Külső konzulens: Dr. Varga Jenő

tudományos főmunkatárs, kutatóállomás-vezető

MATE, Kertészettudományi Intézet, Fertődi Kutatóállomás

Dr. Keserű Zsolt

tudományos osztályvezető, állomásvezető

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet

Készítette: **Rózsahegyi Dorina**

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Budai Campus

Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Tanszék

2025.

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	2
1.1. Célkitűzés	3
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	4
2.1. A málna rendszertana és elterjedése.....	4
2.2. Rövid növényteni áttekintés	4
2.3. A málna kultúrtörténete és gyógyászati jelentősége	5
2.4. Málnaültetvény művelési rendszerei	7
2.5. Málna ökológiai igénye.....	8
2.6. Hazánk ökológiai adottsága.....	9
2.7. Klímaváltozás és következményei	10
2.8. Málna jelentősége.....	12
2.9. Málnatermesztés visszaszorulásának lehetséges okai	17
2.10. Málna élettani hatási.....	18
2.11. Hazai nemesítés kialakulása	20
2.12. Agroforestri rendszer ismertetése.....	21
2.13. Árnyékolás hatása a málnatermesztésre	23
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	25
3.1. Kutatási anyag származási helye.....	25
3.2. Az ültetvény adatai.....	26
3.3. Vizsgálatba vont fajta jellemzése	28
3.4. Mintagyűjtés.....	30
3.5. Mintaelőkészítés.....	30
4. EREDMÉNYEK	35
4.1. Málna fizikai paraméterei.....	35
4.2. Vízoldható szárazanyag taralom, titrálható savtartalom és a cukor-sav arány meghatározása	35
4.3. Vízoldható antioxidáns kapacitás és összes fenoltartalom meghatározás	37
4.4. Színmérés	39
5. ÖSSZEFOGLALÓ A KÍSÉRLET HATÁSAIRÓL	41
FELHASZNÁLT IRODALOM	42
ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	44
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	45
NYILATKOZATOK	46

1. BEVEZETÉS

A mezőgazdaság, mint a környezeti tényezőktől közvetlenül függő ökológiai rendszer, az éghajlatváltozás által legnagyobb mértékben érintett ágazatok közé tartozik. A gyümölcsstermesztés, különösen érzékeny ezekre a hatásokra, ezért ez a terület az egyik legnagyobb elszenvedője a klímaváltozásnak. Ennek fő oka, hogy a gyümölcsöző növények fejlődését jelentősen befolyásolják a kedvezőtlen éghajlati tényezők, leginkább a téli nyugalmi időszakban, a virágzás, rügyfakadás és termés hozás idején, ami gyakran jelentős termés kieséshez és gazdasági veszteségekhez vezethet.

Az egyik legkedvezőtlenebb élettani hatás a növények növekedési és fejlődési szakaszaiban jelentkezik, különösen a hőmérséklet-emelkedés okozta talajnedvesség-veszteség révén (Oğuz mtsai, 2023).

Az elmúlt évtizedekben Magyarországon a málnatermesztés jelentősen visszaszorult, melynek számos lehetséges oka ismert, talán a legmeghatározóbb okok közé az éghajlat megváltozása tartozik. A málna a hűvösebb, csapadékosabb éghajlaton őshonos, érzékenyen reagál a tartósan magas hőmérsékletre és az erős, közvetlen napsugárzásra. Ezek a stresszhatások jelentős mértékben rontják a növény vegetatív és generatív részeinek fejlődését, kifejezetten napégés formájában, amely közvetlen károsítja a leveleket és a terméseket egyaránt.

A klímaváltozásból eredő termesztési nehézségek enyhítésére az utóbbi években egyre nagyobb hangsúlyt kap az árnyékolási technológia, valamint az agroerdészeti rendszer alkalmazása.

Az agroerdészeti rendszerekben alkalmazott árnyékolási technológia (például nyárfák közé telepített ültetvény létesítése) pozitív hatással lehet a málna beltartalmi értékeire és gyümölcsminőségére egyaránt. A csökkent fényintenzitás mérsékelheti a klimatikus stresszhatásokat (például extrém hőmérséklet, közvetlen napsugárzás) által okozott termés csökkenést. Az árnyékolt környezetben termesztett málna esetében kiegyensúlyozottabb és magasabb lehet a cukor- és sav, valamint az antioxidáns tartalom.

A közvetlen napsugárzás csökkentése minimalizálja a napégés kialakulásának kockázatát, ami kedvezően befolyásolja a gyümölcs megjelenését és fizikai minőségét. Előbbiek mellett a megváltozott mikroklimatikus viszonyok hozzájárulnak a növény vízigényének csökkentéséhez, ezáltal a termesztéshez szükséges vízfelhasználása is mérsékelhető.

1.1.Célkitűzés

A szakdolgozatom központi témája a málna (*Rubus idaeus* L.) beltartalmi értékeinek vizsgálata nemes nyárfák közé telepített, részlegesen árnyékolt termesztési körülmények között. A vizsgálatom hosszútávú célja annak megítélése, hogy az árnyékolási technológia alkalmazása, milyen mértékben járulhat hozzá a hazai málnatermesztés újraélesztéséhez az élvezeti értékek és az egészségvédő hatások megőrzése mellett.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A málna rendszertana és elterjedése

A világ legváltozatosabb csoportjai közé sorolhatók rendszertanilag a *Rubus* nemzetség tagjai, mintegy 740 leírt fajjal, mely további 12 vagy 15 alnemzetségre osztható.

Lombhullató vagy részben örökzöld, évelő gyógynövények vagy cserjék, amelyek gyakran tüskések, és jellemzően magvakkal teli bogyszerű terméseik vannak.

A Föld számos földrajzi területén fellelhetők, egészen a magashegységektől a tengerszint közeli, tengerparti területekig. A nemzetség tagjainak igen nagy része a Dél-Csendes-óceáni szigetvilág őslakója, a legismertebb fajok, mint a szeder (*Rubus fruticosus* L.) és a málna (*Rubus idaeus* L.) inkább a mérsékelt égöv északi féltekéjén fordulnak elő (Hummer, 2010; Toba és mtsai., 2011).

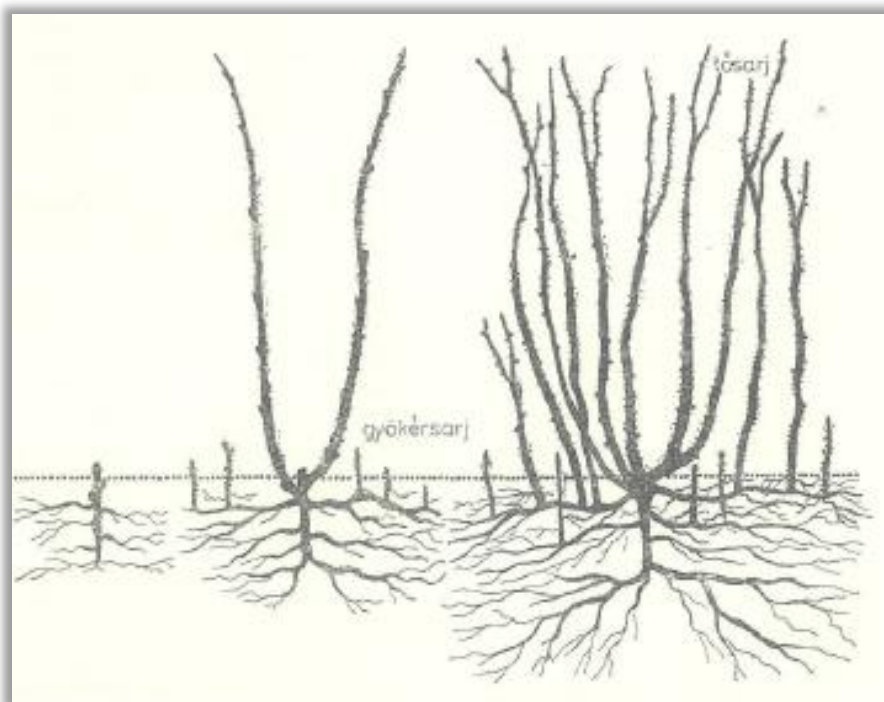
2.2. Rövid növényteni áttekintés

A *Rosaceae* családba tartozó málna morfológiáját és hajtásrendszerét tekintve eltér a többi gyümölcstermő növényünktől. Évelő félcserjeként tartjuk számon, azonban föld feletti hajtásrendszere kétéves - egyazon tövön belül a hajtásrendszer egyéves zöld hajtásokból és kétéves már megfásodott termővesszőkből épül fel, gyökérrendszere azonban évelő.

Sarjak fejlődése alapján megkülönböztetünk tősarjon, valamint gyökérsarjból kihajtó vesszőket. A tősarjon fejedő vesszők az anyanövény termővesszőinek alsóbb rügyeiből vagy a gyökértörzsön elhelyezkedő rügyekből hajtanak ki.

A gyökérsarjakon termő vesszők különálló gyökérrendszert fejlesztenek így bizonyos idő elteltével leválaszthatók lesznek az anyanövényről. Ezzel a módszerrel megfelelő módon szaporítható a növény. Az előbbieken ismertetett fejlődési karakterjegyek egy tövön belül is megtalálhatók, amely lehetővé teszi a sövényyszerű művelésmód alkalmazását.

Az 1. ábra szemlélteti (balról jobbra haladva) a sarjak és a gyökérzet fejlődési dinamikáját három eltérő vegetációs szakaszban: a telepítés évében, az első év őszen, végezetül pedig a második év őszen.



1. ábra: Sarjak fejlődése (balról 1. telepítéskor; 2. első év ősze; 3. második év ősze)
(Forrás: Harmat és mtsai.1973)

Viszonylag késői virágzású – május közepétől, június végéig- mely kedvezően hat a tavaszi fagyok okozta károk elkerülésére. Öntermékenyülő fajták jellemzik, ezért nem szükséges egy ültetvényen belül különböző fajták telepítése.

Gyümölcse a csonthéjas terméscsoportba tartozik, hisz külső fala elhúsosodik, belső csontkeménységű marad.

A málna különlegességei közé tartozik, hogy gyümölcse a vacokkúpról lehúzva üreges. Levelei morfológiai szempontból hármasan vagy szárnyasan összetettek, a levélkék alakja tojásdad vagy lándzsás, szélük fűrészkes, csúcsi részük kihegyesedő.

A letermett vesszők a termésérés befejeztével előregednek és elhalnak. Az elhalt termővesszők helyét a gyökérsarjkból fejlődő új, vegetatív hajtások veszik át, amelyek a következő vegetációs időszakban differenciálódnak termővesszőkké. (Harmat és mtsai, 1973; Kollányi 1990).

2.3.A málna kultúrtörténete és gyógyászati jelentősége

A fennmaradt ókori leírások alapján őseink gyógyászati célokra termesztették a bogyós termésű fajokat. Az ókori görög civilizáció, valamint az ázsiai gyógyászati hagyományok is – beleértve az indiai ajurvédikus és a hagyományos kínai orvoslást – széles körben alkalmazták a bogyós gyümölcsök különféle részeit (levelét, szárát, gyökerét) gyógyítási célra. Az adatok nem csupán

a növények létezését igazolják, hanem részletes információkat tartalmaznak azok felhasználásáról, gyógyhatásairól, továbbá a hagyományos módszerekről és ajánlott alkalmazási módokról egyaránt (Hummer, 2010).

A málna az erdei élőhelyéről feltehetően csak a késői középkorban került be a kolostorkertekbe, ahol gyümölcsét elsősorban gyógynövényként fogyasztották. A későbbiekben különféle készítmények ízesítésére is felhasználták a bogyóit.

A kolostorkertekből fokozatosan a főúri kastélyok kertjeibe is áttért a növény termesztése, ahol a nemesi étkezési kultúra részesévé vált, az előkelő ünnepi asztalok egyik legkedveltebb ételeként tartották számon.

Európában a XVI. század környékén kezdett elterjedni a házikerti termesztés. Elsőként Lippai János 1664-es Posoni kert című munkájában tesz említést arról, hogy a házikertben termesztett málna gyümölcsei nagyobb szeműek, mint a vadon termett őseié.

Hazánkban a XIX. században rohamos ütemben kezdett terjedni a málnatermesztés, ezzel párhuzamosan a nemesítési munkák is nagy fordulatot vettek. A század végére a málnafajták száma majd hússzorosára növekedett. A Londoni Kertészeti Társaság 1826-ban kiadott katalógusában 23 fajta málnáról tesz említést, a F.W. Card 1898-ban Bush fruits című könyvében már 443 fajtáról olvashatunk.

A kiváló fajták szelekciója mellett egyidejűleg a termesztéstechnológia is hatalmas előrehaladáson ment keresztül. Megjelentek az értékesebb fajták, mind e mellett a termesztési eljárások hatékonyabb alkalmazása is megvalósult, így az üzemszerű termesztés feltételei adottak voltak.

A magyarországi málnatermesztés kezdete az első világháborút követő időszakra tehető. Ekkor jelent meg a házikerti termesztés mellett az ipari felhasználásra szánt, üzemszerű ültetvények kialakítása egyaránt. A legjelentősebb termőterületek a Duna menti településeken alakultak ki, de Debrecen környékén és a Nyírségben szintén foglalkoztak málnával.

Elsőként termesztésbe vont málna fajták: a 'Fastolff', a 'Goliath', a 'Hornet', a 'Knewett-féle óriás', a 'Marlbor' és a 'Superlativ', kétszertermő fajtából pedig a 'Lloyd George' és 'Billard'.

1960-as évektől a 'Malling Exploit' vette át a hatalmat melynek oka, hogy bogyója rendkívül nagy méretű, valamint bőtermő fajta (Harmat és mtsai, 1973).

2.4. Málnaültetvény művelési rendszerei

A málna optimális tenyészterülete sor- és tőtávolság szempontjából általában 1,0–1,4 méter és 0,4-0,6 méter között alakul. Korábban a termesztők nagyobb sor- és tőtávolság alkalmazásával is kísérleteztek, azonban ezek a megoldások a megváltozott mikroklimatikus viszonyok következtében a termés mennyiségének csökkenéséhez vezettek. Napjainkban a termesztés során egyre nagyobb figyelmet fordítanak az ökológiai adottságokra, valamint a különböző fajták biológiai igényeire. Ennek megfelelően a málnacsemeteket átlagosan 1,80–2,00 méter sortávolságra ültetik egymástól, míg a töveket körülbelül 0,50 méteres tőtávolságra helyezik, biztosítva ezzel az optimális növekedési feltételeket és a magas terméshozamot.

A málna termesztésében két fő művelési módot különböztetünk meg: a sövényművelést és a töves művelést. Utóbbi hazánkban a legrégebben alkalmazott művelési módok egyike a málnatermesztés terén. A töves művelési rendszer esetében az anyanövény körül meghagyják a fejlődő sarjakat és a két anyanövény között feltörő vesszőket távolítják el. Ez a rendszer csak abban az esetben tartható fenn, amennyiben folyamatos a sarjak eltávolítása a két tő között. Sövényművelés alkalmazásakor a tövek között 0,30-0,40 méteres sávban előtörő gyökérsarjakat szabadon hagyják nőni, az említett sávon kívül fejlődő hajtásokat eltávolítják. A művelés során a támrendszer alapvető szerepet játszik. A támrendszer nélküli termesztés, úgynevezett gyalogművelés alkalmazása a korábbi évtizedekben elterjedt volt országszerte, ami csak a fásodó fajtáknál alkalmazható. A vesszőket rövidre szükséges visszametszeni, ennek azonban az a hátránya, hogy a gyümölcsözés időszakában a bogyók tömege lehúzza a vesszőket, ami terméshozam-csökkenéséhez vezetett. A probléma kiküszöbölése miatt terjedt el az úgynevezett „sátoros gyalogművelés”, melynek lényege, hogy a vesszőket összekötik és 80-100 cm magasságban visszametszik.

Használat módja lapján a málna termesztésében a támrendszereket két fő típusba sorolhatjuk: karós és kordonos rendszerekre.

A karós termesztés során ültetést megelőzően a málnatövek mellé körülbelül két méter hosszú karókat vernek le. Ezek a karók biztosítják a növény támasztékát, megakadályozzák az eldőlését, valamint segítik a hajtások egyenes növekedését. A növekvő hajtásokat lazán a karókhoz rögzítik, így a lombot jobban átjárja a levegő, és a betakarítás alkalmával a termések könnyebben hozzáférhetővé válnak.

A kordonos művelési mód egy fejlettebb és hatékonyabb művelési rendszer. A sorok mentén egymástól meghatározott távolságra oszlopokat állítanak fel, majd ezek között több, egymás

felett vagy mellett kifeszített huzalt vezetnek. A málna sarjait a huzalok közé terelik, és műanyag klipszekkel vagy kötözőanyaggal a vesszőket lazán rögzítik a huzalokhoz. Ez a módszer rendezettebb növekedést biztosít, elősegíti a levegő és a fény jobb eloszlását a növényállományban, valamint megkönnyíti a növényápolási és szüretelési munkákat egyaránt.

Az elmúlt időszakban egyre elterjedtebb világszinten a sarjakon termő rendszer alkalmazása. Ennél a rendszernél nem a kétéves vesszőkön termett gyümölcsöket szüretelik, hanem az adott évben fejlődött sarjakon beérett gyümölcsöt szedik le a szüret során. Ősszel a lombhullást követően minden föld feletti részt eltávolítanak.

Ez az eljárás számos előnyt kínál a termesztők számára. Mivel a növény minden évben új hajtásokat hoz, nem kell számolni a téli fagykárokból eredő veszteségekkel, hiszen a vesszők a következő évben újra hajtanak. Előzőek mellett a rendszer könnyen gépesíthető, ami jelentősen csökkenti a kézi munkaerőigényt.

Növényvédelmi szempontból is előnyös, hiszen az évenkénti teljes visszavágásnak köszönhetően csökken a kórokozók és kártevők áttelelésének lehetősége, így a fertőzés is mérséklődik. Mindezek következtében a sarjakon termő rendszer költséghatékony, biztonságos és fenntarthatóbb termesztési módnak bizonyul (Porpáczy 2013).

2.5. Málna ökológiai igénye

A málna rendkívül érzékeny a megfelelő csapadék mennyiségére, ami azzal magyarázható, hogy gyökerei igen sekélyen helyezkednek el a talaj felszíne alatt, valamint növényfajaink közül a legvízigényesebb kategóriába sorolható. Optimális fejlődéséhez a levegő páratartalma is kulcsfontosságú tényező. Ebből az következik, hogy magyarországi viszonylatban legmeghatározóbb a növény számára a lehullott csapadék mennyisége.

Az ország teljes területe alkalmas málnatermesztésre, azonban a csapadékosabb vidékeken lehet a legnagyobb hozamokat elérni, ahol a klíma kiegyenlítettebb és az évi csapadékmennyiség meghaladja a 600 mm-t. Fontos azonban, hogy a csapadék eloszlása az aktív növekedési fázisban elérje a 350 mm-t, tekintettel arra, hogy a növény számára fontos a megfelelő vízmennyiség a termés érésekor. Csapadékmentes időszakban a gyümölcs kedvezőtlenül fejlődik, úgynevezett „kényszerérett” szakaszba lép, vagy előfordulhat olyan eset, hogy a bogyók rásülnek a vesszőkre. A málna fokozott párologtatását az alacsony páratartalmú területen még utóöntözéssel sem tudjuk kordában tartani, ezért fontos, hogy hűvösebb, nyirkosabb mikroklímájú régiókban létesítsünk ültetvényt. Kerülni kell a déli

fekvésű lejtős területeket, hisz a talaj felmelegedése és kiszáradása veszélyeztetheti a megfelelő fejlődést.

A málna eltérő talajszerkezetű területeken is eredményesen termeszthető, fontos azonban a termőréteg vastagsága, a talaj kémhatása, mésztartalma, valamint a vízmelegtartó és légáteresztő képessége. A magas mésztartalmú, levegőtlen, tömődött talajok a legalkalmatlanabban a termesztésre. Ezek a talajok jellemzően lúgos kémhatásúak, ahol olyan biológiai és kémiai folyamatok lehetnek meghatározóak, amik gátolják a növény számára fontos tápanyagok felvételét, melynek hatására klorózis alakulhat ki, ami sárgulást okoz. A nem megfelelő termőhelyi adottságok hatására a növény kondíciója leromlik, így fogékonyabbá válhat a betegségekre és a kártevők jelenléte is megnövekedhet (Harmat és mtsai, 1973).

2.6. Hazánk ökológiai adottsága

Magyarország a szoláris éghajlati osztályozás alapján a mérsékelt égövhez tartozik, fél úton elhelyezkedve az Északi-sark és az Egyenlítő között. Három fok földrajzi szélességi különbség van az ország északi és déli része között. Hazánk a Föld éghajlati felosztása alapján „nedves kontinentális éghajlat hosszabb melegebb évszakokkal” kategóriába sorolható.

Egy év leforgása alatt a csapadék eloszlása közel egyenletes, a nyári félévben azonban jellemzően több csapadék hullik. Éghajlatunk aszályosodásra hajlamos, bár száraz évszak nincs, de előfordulhat hosszabb csapadékmentes időszak.

Az ország területén nagy éghajlati különbségek nincsenek. A Kárpátok hegyvonulatának köszönhetően szélvédett és bőséges napsütés biztosított, valamint a csapadékot hozó légtömeg nagy részét is távol tartja.

A csapadék mennyisége általában kevés és bizonytalan, különösen az alföldi területeken kell nagyobb aszályokra számítani. Az éves csapadékos napok száma 120-160 nap (Anda és Kocsis, 2010).

Az alapközetek sokféleségének, valamint a talajképző üledékek eltérő eredete miatt országunk természeti adottságai rendkívül változatosak és sokfélék. A nyugati területeken az Alpok nyúlványainak geológiai hatásai érvényesülnek, míg az ország keleti régióiban egyre nagyobb arányban jellemző a szél és a víz által szállított üledékek.

A Dunántúli régió nyugati részére elsősorban agyagos vályogtalajok a jellemzőek, míg a Dunántúli-középhegység területén főként vulkáni eredetű kőzetek és mészkő fordul elő.

A Dunántúli régió peremvidéki területein domináns a Vág, Garam és Ipoly folyók által szállított hordalék, mely a Kárpátok eróziója következtében jött létre.

A Duna által lerakott üledék viszonylag egységes szerkezettel rendelkezik.

A Mezőföld területén elsősorban kevésbé kilúgozott lösz található, amely jó termékenységű talajt biztosít.

A Dél-Dunántúlon végig vonuló Mecsek–Villányi-hegység főként mészkőből épül fel, de kisebb arányban homokkő és vulkáni eredetű ösközeteket is magába foglal.

A Duna–Tisza köze földtani szempontból szintén heterogén terület, jelentős részét szél által lerakott homok és lösz, valamint folyóvizek üledéke borítja. A Börzsöny, Mátra, Tokaj–Eperjesi-hegység és a Cserhát nagy részét vulkáni eredetű kőzetek alkotják. A Bükk-Aggteleki-karsztvidék mészkőben és dolomitban gazdag vidék (Major, 1987).

2.7. Klímaváltozás és következményei

A Föld éghajlati rendszerét a természetben zajló komplex kölcsönhatások alakítják, amelyekben Földi és Földön kívüli tényezők egyaránt szerepet játszanak. A földtörténeti idők során az éghajlatban számos átalakulás zajlott, ezek a változások azonban eddig nem veszélyeztették a teljes bioszférát. Az elmúlt évszázadokban, különösen az ipari forradalom után, olyan mértékű robbanásszerű fejlődés ment végbe, hogy az emberi tevékenység nagyban befolyásolja a jelenlegi környezetünk alakulását.

A túlzott üvegházhatású gázok kibocsájtása miatt felerősödött az üvegházhatás, aminek következményeként a következő évszázadban a Föld hőmérsékletének példátlan emelkedése várható. Az ENSZ által létrehozott Éghajlat-változási Kormányközi Testület (IPCC) több olyan tézist is felállított, hogy milyen ütemben növekszik a szén-dioxid és más üvegházhatású gázok koncentrációja a levegőben. 2001-ben az IPCC 11 variációt dolgozott ki: a legkedvezőbb előrejelzés szerint 2100-ra a globális átlaghőmérséklet 1,1–2,9 °C-kal, míg a legkedvezőtlenebb becslések alapján akár 2,4–6,4 °C-kal is emelkedhet a hőmérséklet.

Lényeges megemlíteni, hogy a globális felemelegedés hatásai nem egyenlő mértékben érik a Föld különböző régióit. Az alábbiakban a jelenség néhány lehetséges következményét ismertetem:

- A tengerszint emelkedése veszélyezteti a part menti területeket, melyek akár víz alá is kerülhetnek. Az édesvízkészleteket károsíthatja a sós víz behatolása, mind e mellett az élő ökoszisztémákat és a mezőgazdasági területeket egyaránt fenyegeti.
- A növényföldrajzi övek eltolódásának hatására az éghajlatváltozás következményeként egyes fajok élőhelye megszűnhet, miközben más, ellenállóbb fajok elszaporodhatnak. A tenyészidőszak hossza és az évszakok ciklusa is módosulhat, ami hatással van az élőlények életfolyamataira, tovább gyorsítva a természetes ökoszisztémák átalakulását.
- Korábban nem ismert betegségek és kártevők felszaporodása várható, ami különös nehézséget jelent az ellenük való védekezés tekintetében. Ezeken túlmenően kiszoríthatják az őshonos, hasznos élőlényeket.
- Gyakoribbak lehetnek a szélsőséges időjárási jelenségek, mint például a viharos szellőkések, jégesők, valamint a forró napok számának növekedése és a fagyos napok számának csökkenése, főként a szárazföldi területeken.
- A globális vízkörforgás és a csapadékviszonyok megváltozhatnak, a mérsékelt és magas földrajzi szélességeken és az Antarktison a téli csapadék mennyisége megnövekedhet, a légköri páratartalom emelkedése mellett. Ezzel párhuzamosan a szubtrópusi területeken a csapadék mennyiségében csökkenés várható. Az északi féltekén a hósapkák és a tengeri jég kiterjedése jelentősen csökkenhet és folytatódhat a gleccserek folyamatos visszahúzódása.

A fent említett éghajlati változások jelentősen befolyásolják a mezőgazdaságot. A növényfajok ideális fejlődése szoros összefüggésben áll a hőmérsékleti viszonyokkal, amelyeknek az adott fajra jellemző optimális tartományon belül kell maradniuk. Ez a hőmérsékleti optimum eltérő lehet a növény fejlődésének különböző fenológiai fázisaiban, továbbá fajonként és fajtánként is eltérést mutathat. A hőmérséklet közvetlenül befolyásolja a növények biokémiai folyamatait, így hatást gyakorol az élettani működésükre és ebből kifolyólag a termés hozamra.

A Kárpát-medencére három különböző éghajlati régió jellemző: nedves óceáni, mediterrán és száraz kontinentális. Magyarország e három éghajlati régió határán helyezkedik el, ezért a klímaváltozás nagy hatással lehet az országra. Amennyiben a klímaváltozás következtében az éghajlati övek eltolódására kerül sor, bármelyik előzőekben felsorolt klimatikus hatás dominánssá válhat.

Az eddigiekben megfigyelhető éghajlati folyamatok azt mutatják, hogy Magyarország csapadékeloszlása az aszályosodás irányába tolódik, a klímája pedig fokozatosan melegebbé válik.

A téli időszakokban nagyobb csapadék mennyiségre kell számítani, ami növeli az árvizek kockázatát, a hőmérsékleti értékek pedig egyre melegebbet mutatnak. Ezzel ellentétben a nyári időszakok melegebbé és szárazabbá válnak. A nyári napsütéses órák számának növekedése és a hőmérséklet-emelkedés hozzájárul a talajnedvesség csökkenéséhez, ezáltal tovább rontva a mezőgazdasági termelés ökológiai feltételeit (Anda és Kocsis, 2010).

2.8. Málna jelentősége

Elsősorban az északi féltekén zajlik nagyobb területen málnatermesztés, mivel a faj ökológiai igénye a hűvösebb, csapadékosabb éghajlatot kedveli. A világon jelenleg mintegy 110 ezer hektáron termesztnek málnát, világviszonylatban a déli féltekén csupán 12%-os területen. A termesztés elsősorban a mérsékelt égövi régiókba koncentrálódik, ahol az európai országok a termelés 47%-át adják.

A málnatermesztés földrajzi eloszlása az utóbbi évtizedekben nagy változásokon ment keresztül. Magyarországon és Németországban a termőterület és hozam a korábbiak hatodára csökkent, miközben az Egyesült Királyságban és Lengyelországban megkétszereződött. Spanyolországban a területek a háromszorosára növekedtek a kedvező időjárási viszonyok miatt, hisz a szezonon kívüli termesztés itt valósítható meg. Szerbia tekintetében is meghatározó növekedés mutatkozik a termesztés területén.

Az Egyesült Államokban nagy mértékű visszaesés tapasztalható, a termésmennyiség 39%-kal csökkent. Oroszországban a termelési szint érdemben nem változott. Kína ugyan egyre meghatározóbb szereplő a globális gyümölcsstermesztésben, a málnatermesztésből világviszonylati szinten jelenleg csupán 5%-os részesedéssel bír (Porpáczy, 2013).

Az alábbi táblázatok szemléltetik a málna világméretű termelésének alakulását 2010-ben (1. táblázat) és 2023-ban (2. táblázat), feltüntetve egyes országok által művelt területek nagyságát és a megtermelt mennyiséget.

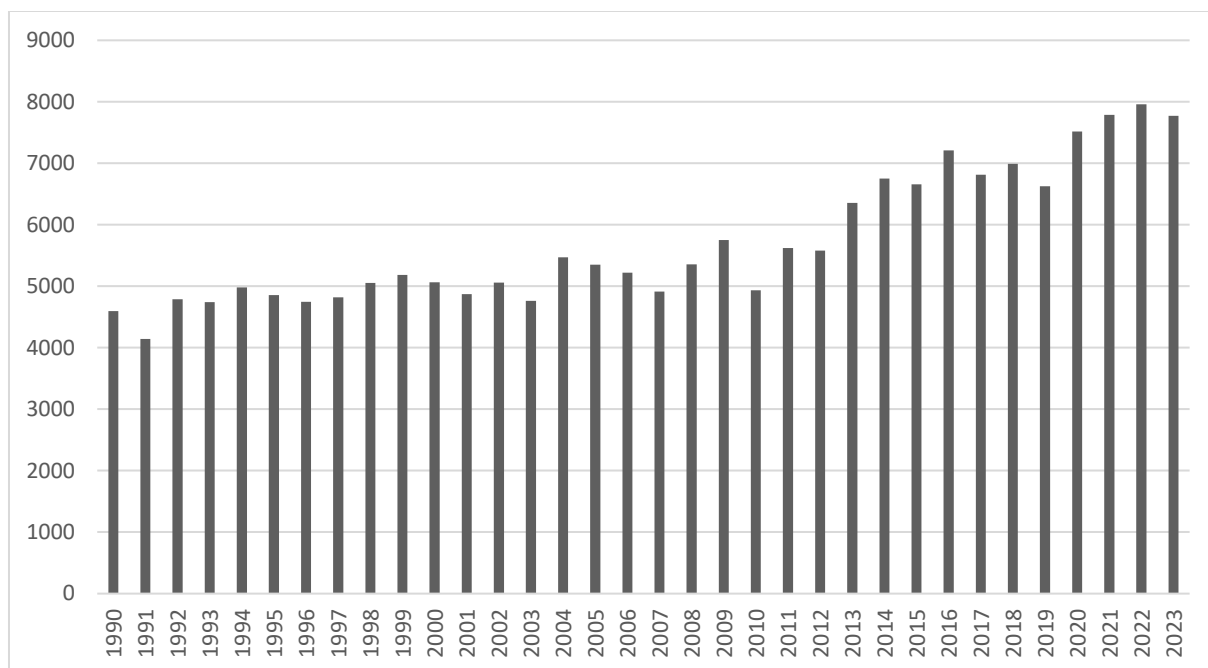
1. táblázat: A világ egyes országainak málna termésmennyisége, termőterülete és termés hozama 2010-ben (Forrás: Saját szerkesztés Porpáczy (2013) adatai alapján)

Rangsor	Ország	Termésmennyiség (t)	Termőterület (ha)	Átlagos terméshozam (t/ha)
1.	Oroszország	125 000	26 100	4,8
2.	Lengyelország	87 556	20 768	4,2
3.	Szerbia	83 870	15 171	5,5
4.	Chile (2009-es adat)	61 944	15 883	3,9
5.	USA	31 207	5 099	6,1
6.	Ukrajna	25 700	5 100	5,0
7.	Egyesült Királyság	17 000	1 770	9,6
8.	Kína	14 500	4 300	3,4
9.	Mexikó	14 343	894	16,0
10.	Kanada	11 864	2 392	5,0
11.	Azerbajdzsán	10 100	2 500	4,0
12.	Spanyolország	10 000	1 700	5,9
13.	Bosznia- Hercegovina	7 937	1 114	7,1
14.	Franciaország	6 406	1 191	5,4
15.	Bulgária	6 109	1 699	3,6
16.	Németország	5 212	1 127	4,6
17.	Magyarország	3 184	672	4,7
18.	Kirgizisztán	2 300	600	3,8
19.	Olaszország	1 990	287	6,9
20.	Norvégia	1 954	289	6,8

2. táblázat: A világ egyes országainak málna termésmennyisége, termőterülete és termés hozama 2023-ban (Forrás: Saját szerkesztés FAOSTAT (2025) adatok alapján)

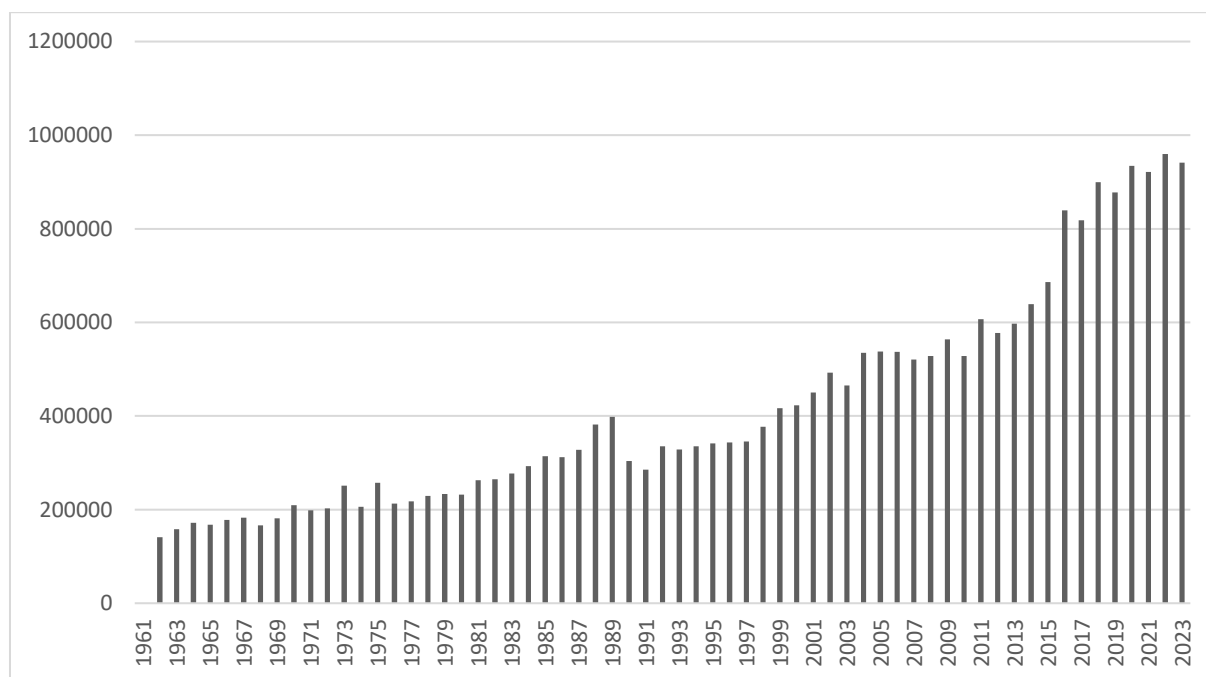
	Ország	Termésmennyiség (t)	Termőterület (ha)	Átlagos termés hozam (t/ha)
1.	Oroszország	219 338	31 006	7,1
2.	Mexikó	190 412	10 270	18,5
3.	Szerbia	98 674	19 016	5,2
4.	Lengyelország	96 100	21 400	4,5
5.	USA	62 640	5 989	10,5
6.	Ukrajna	33 540	4 500	7,5
7.	Spanyolország	33 070	2 090	15,8
8.	Egyesült Királyság	15 953	1 382	11,5
9.	Bosznia- Hercegovina	12 080	1 535	7,9
10.	Chile (2009-es adat)	11 835	2 815	4,2
11.	Azerbajdzsán	11 811	2 582	4,6
12.	Kanada	6 720	1 364	4,9
13.	Németország	6 670	870	7,7
14.	Franciaország	6 300	680	9,3
15.	Bulgária	5 660	1 570	3,6
16.	Olaszország	2 750	350	7,9
17.	Kirgizisztán	2 606	630	4,1
18.	Norvégia	2 035	274	7,4
19.	Magyarország	550	200	2,8

A 2. ábra a világon termelt málna hektáronkénti átlagos hozamának változását mutatja 1990 és 2023 között. Az ábra jól szemlélteti, hogy évről évre változatos mennyiségű hozam mutatkozik, összességében azonban 2013-tól növekedés látható.



2. ábra: A világon termelt málna hektáronkénti átlagos hozamának változása 1990 és 2023 között (Forrás: Saját szerkesztés FAOSTAT (2025) adatok alapján)

A 3. ábra a világ málnatermelésének alakulását szemlélteti 1961 és 2023 között. A grafikon segítségével átfogó képet kaphatunk a termelés volumenének időbeli változásairól, valamint arról, hogy a termelés mennyiségében emelkedés figyelhető meg az elmúlt több mint három évtized során.



3. ábra: A világ málna termésének alakulása 1961-2023 között (Forrás: Saját szerkesztés a FAOSTAT (2025) adatai alapján)

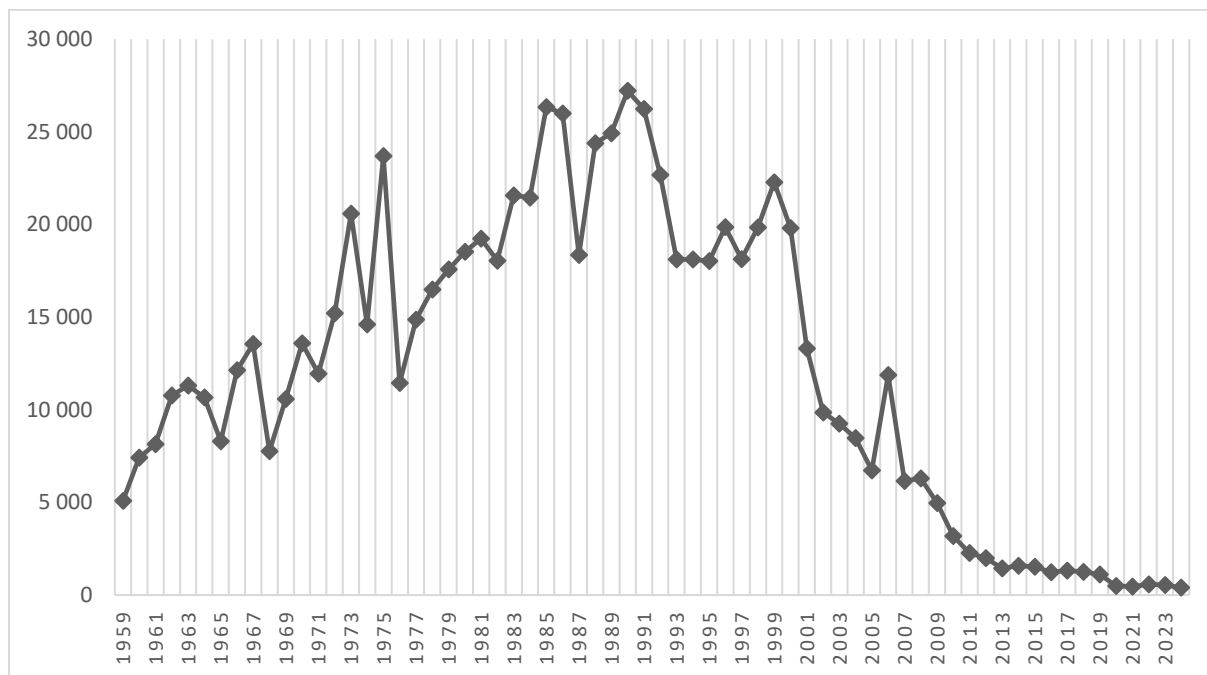
Magyarországon az első árutermelő málnaültetvény 1930-ban létesült, ekkor a termelés elérte a 3000 tonnát. Ezt követően a málna gyorsan az ország legsikeresebb bogyógyümölcsévé vált. A termesztés központi termőtája elsősorban az Ipoly mente, valamint a Börzsöny hegylábi térsége volt. Kiemelkedő szerepet játszott Nógrád település, ahonnan a termesztés az 1930-as és '40-es években fokozatosan áttért a környező településekre.

A korai időszakban az egyetlen termesztett fajta a 'Nagymarosi' volt, amelyre kis bogyóméret volt jellemző és csak támrendszer mellett volt gazdaságosan művelhető. Az 1960-as évektől azonban fajta- és műveléstechnológiai váltás kezdődött, amely során terjedni kezdett a 'Malling Exploit' fajta is. A termesztés volumene ezt követően jelentős növekedésnek indult, és az 1970-es évek végére a málna hazai szinten a bogyós gyümölcsűek körében az első helyre került.

A termelés csúcspontját az 1990-es években érte el, Magyarország évi 27 ezer tonnás hozamával a világ hatodik, Európa negyedik legnagyobb málnatermelő országává vált, így nemzetközi viszonylatban is meghatározó szereplőként tartották számon. Azonban 2001-től

kezdődően a málnatermesztés folyamatos visszaesést mutat, mind a termőterület, mind a hozam tekintetében (Győr és Szabó, 2010).

A 4. ábra Magyarország málnatermelésének alakulását illusztrálja 1959–2023-ig. A diagramon jól látható, hogy sajnálatos módon a hazai málna termesmennyisége 2006-tól rohamosan csökken.



4. ábra: Magyarország málna termés mennyisége tonnában (Forrás: Saját szerkesztés KSH (2024) adatok alapján)

2.9. Málnatermesztés visszaszorulásának lehetséges okai

A hazai málnatermesztés rohamos visszaesése mögött több, egymással összefüggő tényező állhat. Hazánk éghajlata az elmúlt két évtizedben jelentősen változik, a nyarak szárazabbak és melegebbek lettek, az UV-sugárzás intenzitása nagy mértékben megnövekedett. A bogyós gyümölcsűek ezek között a klimatikus viszonyok között nem érzik jól magukat, így a málna sem, mivel a hűvösebb, páradúsabb klímát preferálja a megfelelő fejlődéshez.

A másik hatalmas probléma a humán erőforrás hiánya. A málna az egyik legmunkaigényesebb gyümölcsfaj, szinte minden munkamenetet kézi erővel tudnak csak végrehajtani. Éves szinten hektáronként 3-4 ezer munkaórát igényel, melynek 70%-a kézi betakarításból adódik. A növekvő bérigény és a szezonális munkaerő visszaesése miatt a nagy- és kisgazdaságok számára nagy kockázati tényezőt jelent (Kovács, 2023).

Az abiotikus stresszel szembeni ellenállóság alapvető a málna termesztésében, tekintettel arra, hogy meghatározza a növények alkalmazkodóképességét, terméshozamát és gyümölcsminőségét. A klímaváltozás jelentős kihívás elé állítja nemesítőket, mivel az új fajtáknak ellenállónak kell lenniük a hő- és hidegingadozással, a vízhiánnyal, a sófelhalmozódással és a nehézfémterheléssel szemben, emellett alkalmazkodniuk kell a mesterséges táptalajokhoz. A régi fajták fokozatosan új, termékenyebb és részben stressztűrőbb hibridekre cserélődnek, melyeknek öröklődési alapja szűk, és a biodiverzitás csökkenése korlátozza az alkalmazkodóképesség genetikai forrásait. Emiatt a hagyományos nemesítést modern genetikai és genomikai eszközökkel, jelölésasszisztált és genomasszisztált nemesítéssel, valamint biotechnológiai módszerekkel kell kiegészíteni. Ezek a módszerek lehetővé teszik a stressztűrő, minőségi bogyós fajták nemesítését, amelyek megfelelnek a fenntartható, gazdaságos és változó környezet követelményeinek (Rugienius és mtsai 2022).

2.10. Málna élettani hatási

A málna gyümölcsének kiemelkedően nagy az antioxidáns tartalma. Az nagy antioxidáns tartalom a magas C-vitamin (30 mg/100 g), antocianin és egyéb fenolos vegyületeinek köszönhető. Jelentős mennyiségben tartalmaz béta-karotint, valamint B₁- és B₂-vitamint, továbbá flavonoidokban, gyümölcssavakban, cserzőanyagokban és növényi rostokban is gazdag. Magas a pektintartalma, ami kedvezően hat az emésztőrendszer működésére.

Az ásványi anyagok közül nagy mennyiségben tartalmaz kalciumot, káliumot, magnéziumot és vasat, melyek fontos szerepet játszanak a szervezet elektrolit- és ásványianyag egyensúlyának fenntartásában.

A daganatos megbetegedések is megelőzhetők nagy mennyiségű fogyasztásával, hisz immunrendszererősítő hatása kiemelkedő, továbbá igen magas antioxidánstartalommal rendelkezik. Jótékonyan hat a vérszegénységre, valamint figyelemre méltó a vértisztító hatása. Nem elhanyagolható, hogy magas béta-karotin tartalma miatt az egészséges látás megőrzésében is nagy szerepet játszik.

Probiotikus hatása is ismert, antibiotikumkúra után segít helyreállítani az egészséges bélflóra egyensúlyt. További előnyös tulajdonságai közé tartozik a vérnyomás csökkentése, a vércukorszint szabályozása, antibakteriális és összehúzó hatása révén jótékonyan hat a szájnyálkahártya gyulladós folyamataira is.

A magas biotin tartalom a bőr egészségéért felelős, mindezek mellett fényesebbé és dúsabbá teszi a haját, ezért szépségápolási termékek összetevőjeként is szívesen alkalmazzák (Takácsné, 2021).

A málna (*Rubus idaeus*) nemcsak ízvilága miatt kedvelt gyümölcsfajta, hanem jelentős beltartalmi értékei révén is figyelmet érdemel. A 100 gramm ehető részre vonatkozó legfontosabb tápanyagtartalmi jellemzőit a 3. táblázat foglalja össze.

3. táblázat: Málna beltartalmi értékei (Forrás: Saját szerkesztés Souci és mtsai. (2008) adatai alapján)

Összetevők:	
Energia kJ (kcal)	
Víz	84,50 g
Fehérje	1,30 g
Zsír	0,30 g
Szénhidrát	4,81 g
Élelmi rost	4,68 g
Sav	2,12 g
Vitaminok:	
C-vitamin	25 mg
Karotinoidok	30 µg
E-vitamin	912 µg
K-vitamin	10 µg
B ₁ -vitamin	23 µg
B ₂ -vitamin	50 µg
B ₆ -vitamin	75 µg
Pantoténsav	300 µg
Folsav	30 µg
Ásványi anyagok:	
Nátrium	1,3 mg
Kálium	200 mg
Magnézium	30 mg
Kalcium	40 mg
Mangán	384 µg
Vas	1,0 mg
Kobalt	600 ng
Réz	89 µg
Cink	361 µg
Nikkel	19 µg
Króm	638 µg
Foszfor	44 mg
Jód	3,0 µg
Bróm	98 µg
Szelén	1,3 µg

2.11. Hazai nemesítés kialakulása

A magyarországi málna nemesítés kezdetei Lippay János nevéhez köthetők, azonban a külföldi eredetű fajták hazai termesztésbe vonásában Porpáczy Aladár játszott kulcsszerepet. A fajtaválogatás központjává Fertőd vált, ahol kiválasztásra kerültek azok az importált fajták, amelyek a hazai klimatikus és ökológiai viszonyokhoz a legjobban alkalmazkodtak. A honosított fajták közül kiemelkedő jelentőséggel bírt a 'Mallind Exploit', amely a korábban elterjedt 'Nagymarosi' fajtát kiszorítva vált a termesztés meghatározó fajtájává.

A Fertődi Kutatóintézetben a bogyós gyümölcsök, köztük a málna nemesítése az 1950-es években kezdődött. Az első jelentős, hazai nemesítésű málnafajta-hibrid a 'Rubus Mohácsynus Porpáczy' volt, amely 1962-ben kapta meg az állami elismerést 'Fertődi 1' néven. Ezt követte az 1957-ben elismert 'Fertődi 401', amely a 'Superlativ' és a 'Lloyd George' fajták keresztezéséből született. Kiváló eredményeket ért el a fajta-összehasonlító kísérletekben, és fontos mérföldkövet jelentett a hazai nemesítésben. A 'Fertődi 401'-et a 'Fertődi Hungária' követte 1965-ben, majd 1986-ban a 'Fertődi zamatos' fajta nyerte el az állami elismerést. Ez utóbbi azóta is a hazai termesztés fő fajtája.

A nemesítési munka kezdeti időszakában, 1953 és 1956 között, Tóth Elek is közreműködött a programban. 1957-től a munkálatok irányítását Kollányi László vette át, aki 2005-ben bekövetkezett haláláig kiemelkedő szakmai elhivatottsággal vezette a nemesítési programot, jelentős tudományos és szakmai elismeréseket szerezve.

Porpáczy Aladár érdemei közé tartozik a tudatos, szervezett fajtanemesítési program kidolgozása is, amely jelentős mértékben hozzájárult ahhoz, hogy a hazai bogyósgyümölcs-nemesítés nemzetközi szinten is elismertté váljon. A kutatóállomás munkatársai, köztük Porpáczy Aladár, Szilágyi Kálmán és Kollányi László, nemcsak a fajtanemesítés, hanem a termesztéstechnológia fejlesztése terén is úttörő tevékenységet végeztek.

A 'Fertődi zamatos' fajta megjelenése a hazai málnafajták nemesítésében az egyik legjelentősebb előrelépést jelentette. Ez a fajta elsősorban ipari feldolgozásra – különösen gyorsfagyasztásra – bizonyult kiválóan alkalmasnak, ami jól illeszkedett a folyamatosan fejlődő hazai hűtőipar igényeihez. Közepes bogyómérettel, kemény gyümölcs hússal, jó szállíthatósággal, valamint sötét, esztétikus gyümölcsszínnel rendelkezik – ezek a tulajdonságok mind hozzájárultak ipari és exportcélú népszerűségéhez.

Az intézmény, amely korábban a Fertődi Gyümölcsstermesztési Kutató Intézetként működött, az évek során több szervezeti átalakuláson ment keresztül, és ma a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE) Kertészettudományi Intézetének részeként működik tovább. A kutatóállomás évtizedek óta meghatározó szerepet tölt be a magyarországi bogyógyümölcs-nemesítés területén (Kollányi, 1990; Benécsné és mtsai, 2018).

Magyarországi nemesítésből létrejövő málna fajták:

- Fertődi aranyfürt (Kollányi, 1978, Fertőd)
- Fertődi kármin (Kollányi, 1987, Fertőd)
- Fertődi kétszer termő (Kollányi, Germánné, Kovácsné, 1988, Fertőd)
- Fertődi Vénusz (Kollányi és munkatársai, 1994, Fertőd)
- Fertődi zamatos (Kollányi, Germánné, Kovácsné, 1971, Fertőd)
- Fertődi zenit (Kollányi és munkatársai, 1993, Fertőd)
- Dorka (Dénes, 2000-2005 között, Fertőd)
- Eszterházi kétszertermő (Dénes, 2000-2005 között, Fertőd)
- Fertődi narancs (Dénes, Germánné, 2000, Fertőd)
- Julcsi (Dénes, Germánné, 2000, Fertőd)
- Nagymarosi (tájfajta)

(Soltész, 2014).

2.12. Agroforestri rendszer ismertetése

Világszerte gyakori volt a fafajok és mezőgazdasági növények együttes termesztése. Európában például tarvágás után először mezőgazdasági kultúrákat termesztettek, majd fákat telepítettek. A trópusi Amerikában a földművesek a trópusi erdők réteges, fajgazdag szerkezetét utánozva különféle növényeket ültettek együtt. Ázsiában, a Fülöp-szigeteki Hanunoo népcsoportnál, a vándorló földművelés során meghagyták az erdő egyes fáit, amelyek védelmet nyújtottak a rizsnek a napsütéssel szemben, és egyben élelmet, gyógyszert és építőanyagot biztosítottak.

A kertgazdaságok eredete az őskorig nyúlik vissza, amikor a vadászok és gyűjtögetők gyümölcsfa magvakat szórtak táborhelyeik köré. Már az i. e. harmadik évezredből is ismertek ilyen kertek, amelyek templomokhoz és lakóhelyekhez tartoztak. A kertgazdaságok jellegzetessége a fajgazdagság és a többszintes lombkorona, amely a talajon kúszó növényektől a magas fáig terjed. Hasonló szerkezetű rendszerek megtalálhatók Ázsiában, Afrikában, a Csendes-óceán térségében és Latin-Amerikában.

Az agroerdészeti rendszerek széles földrajzi elterjedtsége és korai eredete azt mutatja, hogy az első gazdálkodók számára a legfontosabb élelmiszer biztosítása volt. A fákat nem önálló céllal ültették, hanem a mezőgazdaság támogatására tartották meg, így a faanyag-termelés háttérbe szorult (Howard és Ramachandran, 1987).

Magyarországon még nem olyan elterjedt termesztési technika az agroerdészet azonban világszerte, különösen a szárazabb éghajlatú országokban ismét előtérbe kerül ez a gazdálkodási forma. Ez a komplex rendszer hosszú távon lehetővé teszi az erőforrások hosszú távú megőrzését, javítva az ökológiai stabilitást, és pozitívan hathat a klímaváltozás hatásainak mérséklésére, biológiai sokféleség megőrzésére, a kártevők elleni védekezésre, a beporzók támogatására, a tápanyag- és vízkörforgások fenntartására, valamint a szén megkötésére.

Ezzel a technológiával nemcsak egy-egy fajt hasznosítható, hanem különböző módon társíthatók például a mezővédő erdősávok, fás legelők, konyhakertek, és a folyóparti védősávok egymással. Az agroerdészetet világszerte évszázadok óta alkalmazzák, azonban sajnálatos módon az iparosodott mezőgazdaság hatására sok helyen visszaszorult.

A hagyományos rendszerek eltűnése környezeti károkat okozott, mint például talajpusztulást, vízszennyezést és a biológiai sokféleség csökkenését. Az agroerdészet lehet a megoldás ezeknek a problémáknak a visszaszorítására. Az előzőekben felsorolt pozitív hatások mellett biztos jövedelmet biztosíthat a gazdálkodóknak.

Az agroerdészet támogatását Magyarország az Európai Unió országai közül elsőként indította el melynek célja a fás legelők létrehozása, mozaikos tájszerkezet kialakítása, hátrányos helyzetű és Natura 2000 területek fenntartható hasznosítása és megóvása.

A támogatást az Európai Mezőgazdasági Vidékfejlesztési Alap (EMVA) biztosítja, a szabályozást pedig a 46/2009. (IV.16.) FVM-rendelet tartalmazza.

Ennek a rendszernek a megújítására, valamint fellendítésére hazánkban a NAIK Erdészeti Tudományos Intézet számos kutatás folytat. A cél, olyan hazai termesztési technológiák kidolgozása, amelyekben fás növények, mint például akác, dió, nyár és köztes mezőgazdasági kultúrák többek között például gabona, burgonya, aromanövények együtt termeszthetők (Keserű, 2014).

Fenti kultúrák mellett a gyümölcsök és zöldségek termesztését is kombinálják fás szárú növényekkel. Hazánkban a klimatikus viszonyok változása miatt a boglyós gyümölcsűek termesztését feltehetően csak árnyékolt körülmények között lesz lehetőség termeszteni. A

legkeresettebb málnafajtáink érési ideje arra az időszakra esik, amikor a kevés csapadék mellé magas, akár 35-40 °C körüli hőmérséklet is lehet. A nemesítőknek köszönhetően léteznek már olyan *Rubus* fajták, amelyek jól viselik az előbb említett szélsőségesebb körülményeket, de a legtöbb termesztett fajtára nem ez a jellemző (Internet 1).

2.13. Árnyékolás hatása a málnatermesztésre

Az árnyékolás alkalmazása a málnatermesztésben egy innovatív és környezeti szempontból fenntartható technológiai beavatkozás, amely potenciálisan megoldást kínál a klímaváltozás okozta termesztési problémákra Magyarországon. A málna (*Rubus idaeus* L.) termesztése hazánkban az elmúlt évtizedekben jelentősen visszaesett, elsősorban a nyári hőmérsékleti szélsőségek gyakoribbá válása, az egyenletlen csapadékeloszlás változása, valamint az UV-sugárzás és a sugárzás intenzitásának növekedése miatt. Ezek a tényezők kedvezőtlen mikroklímát biztosítanak a málna számára, különösen a vegetációs időszak csúcsán, amely következtében a növény fokozott stressznek van kitéve.

A termesztési körülmények mikroklimatikus adottságait szabályozni lehet az árnyékolás alkalmazásával, különös tekintettel a túlzott napsugárzás és a hőmérséklet mérséklésére, valamint növelni lehet a relatív páratartalmat. Ezek a paraméterek már kedvezően befolyásolhatják a málna fiziológiai folyamatait. Ezeknek a hatásmechanizmusoknak köszönhetően intenzívebbé válik a fotoszintézis és a transzspiráció, amely hatására a növény stressztűrése és a vízhasznosítása kedvezőbb lesz.

A fentiekén túl jelentősen csökkenti a napégés kockázatát a generatív és vegetatív növényi részekben, ami különösen fontos a gyümölcsminőség megőrzése és a piaci érték megtartása szempontjából. Árnyékolt környezetben egyenletesebb bogyóméret és szín érhető el, a termés kevésbé hajlamos mechanikai sérülésekre, így mind a frisspiaci, mind az ipari feldolgozásra szánt málna előállítására gazdaságosabbá válhat.

A rendszeres és kiegyensúlyozott fényviszonyok hatására a bogyók lassabban és elnyújtottabban érnek be, ami lehetővé teszi a hosszabb szedési időszakot és a termés mennyiségének és minőségének szétosztását. Ezek a szempontok különösen előnyösek lehetnek a folyamatos piaci ellátás és az export lehetőségek kihasználása szempontjából.

A fentiekben leírtakat összegezve az árnyékolás, mint agrotechnikai beavatkozás növelheti a fenntarthatóbb hazai málnatermesztés újraindítását, hisz ez a módszer csökkenti a környezeti stresszhatások okozta károkat. Ennek a módszernek az alkalmazása a gyümölcsstermesztésben

lehetőséget teremt arra, hogy a hazai termelők alkalmazkodjanak a változó klimatikus feltételekhez, miközben magas minőségű és piacképes terméket állítanak elő.

Az árnyékolási technológia alkalmazása több szempontból is kedvező lehet a növény élettani folyamataira és a termés minőségére. Az árnyékolással korlátozni lehet a közvetlen sugárzást, ezáltal mérsékli a növényi szöveteket érő hő sokkot, valamint a napégés kockázatát, továbbá csökkentheti a talajfelszín párolgását, melynek következményeként a mesterséges öntözés gyakoriságát csökkenteni lehet. A növények transpirációjának intenzitása visszaesik, ami különösen fontos szempont a szárazabb, aszályosabb időszakokban.

Az árnyékolással a gyümölcsök minőségét is befolyásolni lehet. A kiegyensúlyozott hő- és fényviszonyok elősegíthetik az egyenletesebb bogyó méret és szín kialakulását, csökkenthetik a mechanikai sérülések előfordulását, valamint lassíthatják az érési folyamatot. Ez lehetővé teszi a szüret időszakának meghosszabbítását, ami segíti a termés eloszlását, valamint lehetővé teszi a friss piaci árusítás időszakának kitolását. Mindezekon kívül a gyümölcs beltartalmi értékeinek alakulásában is változások lehetnek az árnyékolás hatására, úgy, mint cukor-, sav- és antioxidáns tartalom.

Pozitív hatásokhoz sorolható a növények védelme az erős szél és jégverés ellen, amelyek jelentős károkat okozhatnának a kultúrában.

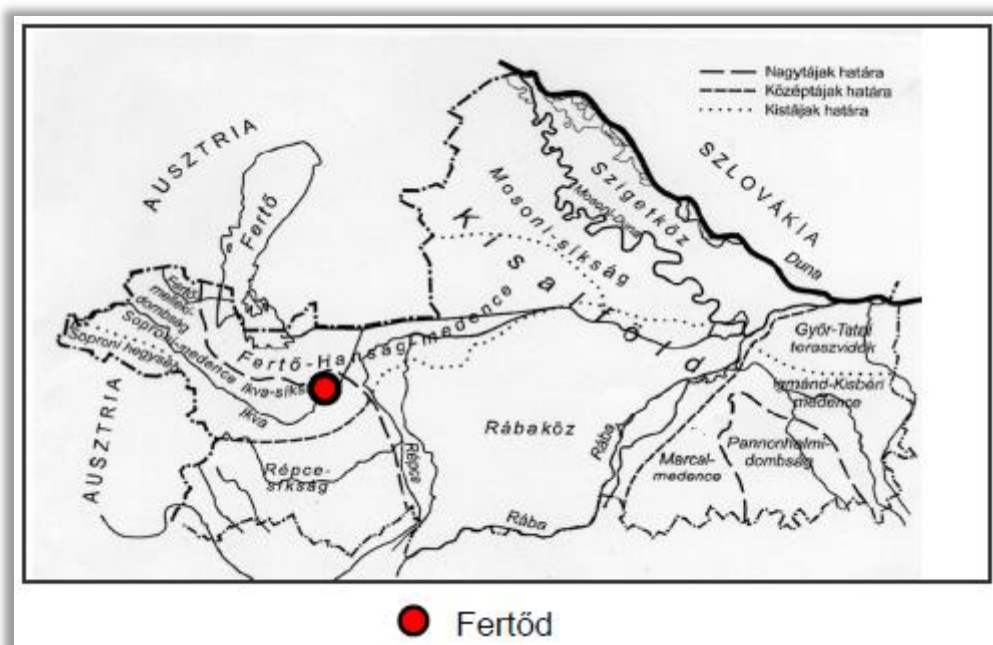
Fontos azonban megemlíteni az árnyékolás alkalmazásának esetleges negatív következményeit is. Az árnyékoló rendszerek telepítése jelentős beruházási költséggel járhat, különösen intenzív termesztés esetén. A nem megfelelően megválasztott árnyékolási szint (pl. túl sötét háló alkalmazása, túl zárt lombkorona) gátolhatja a fotoszintézist, ami a hozam csökkenését eredményezheti. Emellett az árnyékolás korlátozhatja a légmozgást, amely kedvez a kórokozók, különösen gombabetegségek felszaporodásának, ezért a mikroklíma szabályozása és a megfelelő szellőzés biztosítása kiemelt fontosságú.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Kutatási anyag származási helye

A MATE Kertészettudományi Intézet Fertődi Kutatóállomásának használatában álló mezőgazdasági parcella Fertődön, a 0217/1 helyrajzi számon található, mely 2 darab 2000 m²-es területet foglal magában. Az ültetvényt a Fertődi Kutatóintézet 2022-ben telepítette.

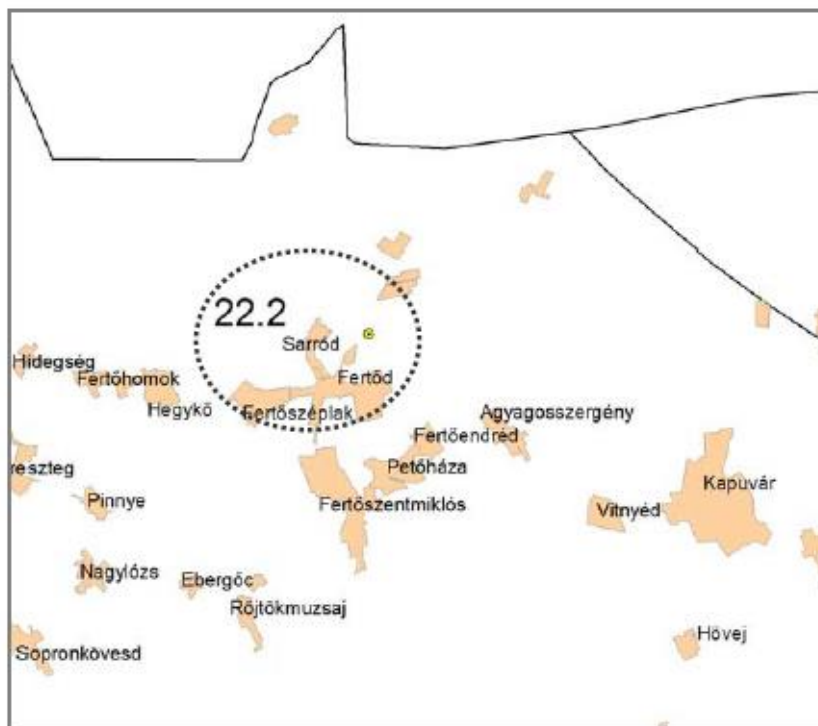
A Fertőd város közigazgatási területéhez tartozó külterület, amelyet málna telepítésére jelöltek ki, Magyarország tájföldrajzi beosztása szerint a Nyugat-magyarországi-peremvidék nagytájon, azon belül az Alpokalja középtáján és a Soproni-medence Ikva-sík kistájon helyezkedik el, melyet az 5. ábra szemléltet (Pécsi, 1975).



5. ábra: Győr - Moson - Sopron vármegye tájai (Forrás: Térkép kivágat)

A vizsgált terület mérsékelten hűvös, mérsékelten nedves, viszonylag hidegtelű éghajlati jellemzőkkel bír, az 50 éves agrometeorológiai átlagadatok alapján. A táj közepes felhőzetű, az éves napsütéses órák száma 1900–1950 óra között alakul. Az uralkodó észak-nyugati szél miatt a terület hazánk legszelesebb vidékei közé tartozik. Az éves csapadékmennyiség 550–600 mm, mely leginkább májusban hullik, míg a legszárazabb hónap január. Télen átlagosan 35–40 napig fedi hó a talajt. Az őszi időszakban a középhőmérséklet csak október közepén süllyed 10 °C alá, az első fagyok pedig október 20. és 25. között várhatók.

A Szász- féle agrometeorológiai körzetbeosztás szerint a vizsgált terület a 22.2-es körzet/alkörzetbe tartozik, amit az alábbi térkép kivágat (6. ábra) ábrázol.



6. ábra: Agrometeorológiai körzetbeosztás (Forrás: Térkép kivágat)

A vizsgált terület talajára a karbonátos humuszos homoktalaj jellemző. A telepítés előtt a talajt szervesstrágyával töltötték fel, majd szántást és elmunkálást végeztek. A málnaültetvényt kézi módszerrel telepítették, ezt követően visszametszést végeztek, valamint kialakították a támrendszert és az öntözőrendszert. Az első évben az új sarjakat nem metszték vissza; a sarjak visszametszése csak ősszel történt, 1,7 méteres magasságban, amennyiben a növekedés ezt elérte. A második évben eltávolították a letermett hajtásokat, leválogatták a sarjakat, és ismét visszametszést végeztek az említett magasságban. A növényvédelmi munkálatok során kizárólag lemosó permetezést alkalmaztak Vegasol eReS készítménnyel.

Az ültetvény kelet–nyugati irányban tájolt, művelési rendszere sövényművelés, amelyet fém támrendszer és csepegtető öntözőrendszer támogat.

3.2. Az ültetvény adatai

A Kutatóintézet kísérleti telepén található málnaültetvény 88 méter hosszú, három sorban telepítve, a sorok között 2 méter, a tövek között pedig 0,5 méter a tőtávolság. Az ültetvény művelési rendszerét sövényművelés jellemzi, amely lehetővé teszi a növények optimális növekedését és a könnyebb kezelhetőséget. A málna hajtásait fém támrendszer biztosítja, amely

a megfelelő támaszt nyújt a növényeknek, míg a csepegtető öntözőrendszer egyenletes és célzott vízellátást garantál, elősegítve a gyümölcs minőségének és hozamának optimalizálását. Az öntözőrendszer csövei a dróthuzalokhoz vannak erősítve (7. ábra).



7. ábra: Öntözőrendszer a huzalokon (Forrás: Saját fotó)



8. ábra: Támrendszer (Forrás: Saját fotó)

3.3. Vizsgálatba vont fajta jellemzése

A 'Fertődi zamatos' fajta (9. ábra) 1971-ben jött létre a 'Fertődi Hungária' és a 'Candy' keresztezésével, melyet Kollányi, Germánné és Kovácsné nemesített. Az állami elismerést 1986-ban kapta meg, azonban már ezt megelőzően jelentős szerepet töltött be a hazai málnatermesztésben, mivel az akkori ültetvények mintegy 95%-ában alkalmazták.

A fajta bokra erőteljes növekedési eréllyel és intenzív sarjadzással rendelkezik. A korai sarjritkítás ellenére képes megfelelő mennyiségű és jó minőségű áttelelő vesszők fejlesztésére, ami kedvezően befolyásolja a következő évi terméshozamot. A gyümölcs közepes méretű, gömbölyded formájú, élénkvrös színű. Ízvilága zamatos, enyhén savanykás, ugyanakkor a cukor-sav arány kiegyensúlyozott, amely kellemes ízelményt nyújt. A gyümölcshús kemény szerkezetű, ezáltal jól tűri a szedést és a szállítást. Az érési folyamat során, valamint a szedést követően is hosszú ideig megőrzi élénk színét és állagát, ami különösen előnyös a frisspiaci és ipari felhasználás szempontjából (Soltész, 2014).



9. ábra: 'Fertődi zamatos' fajta (Forrás: Saját fotó)

2018. júliusában a Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézete 132 darab nyárfát telepített 9 x 6 méteres hálózatban, a 10. ábrán látható „890 sz. klón” fajták alkalmazásával. A kísérleti telepítés 11 sorban, soronként 12 fa ültetésével valósult meg.



10. ábra: Nyárfa '890 sz. klónok' (Forrás: Saját fotó)

3.4. Mintagyűjtés

Kézi módszerrel végeztem a málnaminták begyűjtését 2024. június 21-én Fertődön.

3.5. Mintaelőkészítés

A kutatásba vont málnafajták fizikai paramétereit (tömeg és méretparaméterek: magasság, vastagság, szélesség) a szedést követően azonnal meghatároztam a friss gyümölcsből. A vizsgált málnafajták pépesítve (háztartási turmixgéppel – Silver Crest) kerültek be a MATE KERTI, Gyümölcsstermesztési Tanszék Gyümölcsanalitikai Laboratóriumába, ahol a mintákat a mérésekig -28 °C -on fagyasztva tároltuk.

A fagyasztott mintákból felengedtetést követően meghatároztuk a minták refrakció értékét (Brix%), titrálható savtartalmát (sav%), polifenoltartalmát és vízoldható antioxidáns tartalmát (FRAP), valamint a színkoordinátáit (L^* , a , b) három ismétlésben.

o **Vízoldható szárazanyagtartalom meghatározása**

A minták vízoldható szárazanyagtartalmát (refrakció) a málnapüréből, a Codex Alimentarius 3-1-558/93 előírás szerint Brix%-ban (g/100 g) határoztam meg ATAGO Palette PR-101 típusú digitális refraktométerrel.

o **Titrálható savtartalom meghatározása**

Az összes titrálható savtartalmat az MSZ EN 12147:1998 magyar szabvány alapján, tízszeres hígítású málnapüréből 0,1N NaOH oldattal történő titrálással, brómtimolkék indikátor jelenlétében határoztam meg (színátcsapás: zöldeskék). Az összes savtartalmat (m/m%) citromsav egyenértékben adtuk meg az alábbi képlet alapján:

$$\text{Titrálható sav (\%)} = \frac{\text{NaOHfogyás}(cm^3) \times \text{NaOHfaktor} \times \text{egyenérték} \times \text{hígítás} \times 100}{\text{bemért mennyiség}(cm^3)} \quad (1)$$

Ahol: 0,1 n NaOH faktor = 0,879

o **Cukor-sav arány**

A cukor-sav arány a vízdoldható szárazanyag tartalom és a titrálható savtartalom hányadosából számított érték, mely jól jellemzi a gyümölcs ízét, valamint az adott fajta érettségi állapotának is jó indikátora.

o **Összes fenoltartalom meghatározás**

A málna minták polifenoltartalmát a KERTI, Gyümölcstermesztési Tanszék gyümölcsanalitikai laboratóriumában Singleton és Rossi (1965) módszere szerint határoztuk meg spektrofotometriás úton Hitachi U-2800A Spektrofotométerrel.

A mérés előtt galluszsavra kalibrációs görbét készítettünk.

A fagyasztott gyümölcspépet felengedtetés után Hettich EBA 21 laboratóriumi centrifugával 6000 fordulatszámon 10 percig centrifugáltuk, majd a szükség szerint hígított felülúszóból határoztuk meg a polifenoltartalmat. A málnapürében lévő antioxidáns vegyületek a Folin-Ciocalteu reagenssel reakcióba lépnek és kék színű vegyület képződik, mely abszorbanciája 760 nm-es hullámhosszon spektrofotometriásan detektálható.

A méréshez szükséges reagensek a következők voltak:

- Folin-Ciocalteu reagens: 1:10 (Folin-Ciocalteu: desztillált víz)
- MeOH:DV : 80:20
- Na₂CO₃: 31,1 g/500 ml desztillált víz
- Galluszsav: 3 mM-os gallussavból (5,1 mg/10 ml (MeOH:DV = 80:20) 0,3 mM-os oldatot készítettem (900 µl MeOH: DV + 100 µl 3 mM-os galluszsav).

A mérés megkezdése előtt felvettem a kalibrációs egyenest, majd mintánként három párhuzamos mérést végeztem. Kémcsövekbe bemértem Folin-Ciocalteu 1250 µl reagenst, 200 µl MeOH:DV és 50-50 µl málnamintát, majd 1 perc leteltével 1000 µl Na₂CO₃ -ot, majd a kémcsöveket 5 percre 50 °C-os vízfürdőbe tettem. Ezt követően megmértem a minták abszorbanciáját 760 nm-en Hitachi U-2800A Spektrofotométerrel.

A kalibrációs pontokra illesztett egyenes egyenlete a következő volt: $y = 0,0856x - 0,0055$. A málna minták összes fenoltartalmát a galluszsavra (GS) felvett kalibrációs görbe alapján galluszsav egyenértékben (GSE), mg GSE/l mértékegységre vonatkoztatva adtam meg, melyet az alábbi képlet alapján számoltam ki.

$$TPC = \frac{A}{tg\alpha} \cdot \frac{V_{\text{összes}}}{V_{\text{minta}}} * H \quad (2)$$

Ahol,

- TPC: a minta összes polifenol-tartalma ($\mu\text{g/ml}$)
- A: abszorbancia 760 nm-en
- $tg\alpha$: kalibrációs egyenes meredeksége
- $V_{\text{összes}}$: oldat végtérfogata (μl)
- V_{minta} : bemért minta térfogata (μl)
- H: mérés során alkalmazott hígítás

o **Vízoldható antioxidáns kapacitás (FRAP) meghatározása**

A vizsgált minták összes antioxidáns-kapacitását Benzie és Strain (1996) módosított módszerével határoztuk meg, amely módszert eredetileg a vérplazma antioxidáns kapacitásának meghatározására dolgoztak ki (FRAP: Ferric Reducing Ability of Plasma). A FRAP lényege, hogy a ferri-(Fe^{3+}) - ionok az antioxidáns hatású vegyületek jelenlétében ferro-(Fe^{2+}) - ionokká redukálódnak, amelyek alacsony pH-n a tripiridil-triazinnal (TPTZ: 2,4,6 tripiridil-S-triazin) komplexet képezve színes terméket adnak (ferro-tripiridil-triazin). Ennek a terméknek a spektrofotometriásan, 593 nanométeren mért abszorbanciájából, aszkorbinsavval készített kalibrációs görbe segítségével, mmol aszkorbinsav/liter (mmol AS/L) dimenzióban meghatározható a minta összes antioxidáns-kapacitása.

o Színmérés

A gyümölcsök színét (L^* , a^* , b^* koordinátáit) Konca Minolta CR-400 (Konica Minolta, Tokió, Japán) típusú kézi digitális színmérő műszerrel határoztam meg, melyet a gyártó által előállított fehér csempe etalonra kalibráltam. A málnapürét üveg küvettába töltöttem, majd minden minta esetében három párhuzamos mérést végeztem.

A CIE (Comission Internationale de la Éclargie) rendszerben az L^* a világossági tényező, az a^* a vörös-zöld, b^* a kék-sárga színezet.

A CIELAB színtérben a színtelítettséget, vagyis a Chroma értéket az a^* és b^* koordináták alapján határozzák meg.

$$C^*_{ab} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (3)$$

A színárnyalatot a h° szög vagy színeszeti szög jellemzi, amely azt mutatja meg, milyen irányban áll a színvektor az a^* tengelyhez képest. Ez az arctangens (b/a) függvényével számítható, és értéke 0° és 360° között mozog.

$$h^\circ_{ab} = \arctg b^* / a^* \quad (4)$$

A színezeti szög különböző értékei különböző színeket jelentenek:

- 0° : vöröses-lilás árnyalat
- 90° : sárga
- 180° : kékeszöld
- 270° : kék

(McGuire, 1992 alapján)

A kapott L^* , a^* , b^* értékek alapján a minták közötti teljes színingerkülönbség (ΔE^*) a következő képlet alapján számítható ki (McGuire, 1992):

$$\Delta E^* = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2} \quad (5)$$

A számított színingerkülönbségek és az emberi szemmel is érzékelhető színeltérés között kapcsolatot a 4. táblázat mutatja a Lukács (1982) által felállított tolerancia határokat alapján.

4. táblázat: A színekülönbség és a szín vizuális érzékelés kapcsolata (Forrás: Saját szerkesztés)

ΔE_{ab}^*	Vizuális színészlelés
$\Delta E_{ab}^* < 1,5$	nem érzékelhető
$1,5 < \Delta E_{ab}^* < 3$	érzékelhető
$3 < \Delta E_{ab}^* < 6$	jól érzékelhető
$6 < \Delta E_{ab}^*$	nagy színekülönbség

4. EREDMÉNYEK

4.1. Málna fizikai paramétere

Az árnyékolt körülmények között termesztett 'Fertődi zamatos' málnafajta gyümölcs paramétereinek megfigyelése során minimális tömeg és méretbeli különbségeket lehet észlelni, melyek szabad szemmel nem láthatók (5. táblázat).

A mérési eredmények elemzése alapján megállapítható, hogy az árnyékolás nem gyakorolt szignifikáns hatást a 'Fertődi zamatos' málnafajta gyümölcs méretét és tömegét illetően.

5. táblázat: Málna fizikai paramétere (Forrás: Saját szerkesztés)

	Árnyékolt		Kontroll	
	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás
Tömeg (g)	3,03	0,48	2,86	0,53
Hosszúság (mm)	18,47	1,55	16,78	1,48
Szélesség (mm)	19,00	1,27	19,07	1,47
Vastagság (mm)	5,47	0,63	5,40	0,72

4.2. Vízoldható szárazanyag tartalom, titrálható savtartalom és a cukor-sav arány meghatározása

Vízoldható szárazanyag tartalom:

Eredményeink alapján az árnyékolt 'Fertődi zamatos' málnafajta gyümölcsének átlagos vízoldható szárazanyag-tartalma 10,13 Brix%, míg a kontroll málna gyümölcs esetében 11,87 Brix %, vagyis -1,74 Brix% különbség mutatkozott az árnyékolás hatására. Tehát a kontroll minta 14,64% -kal mutatott magasabb értéket.

A szórás értékek között kisebb eltérés figyelhető meg (0,23–0,06), ugyanakkor az árnyékolt minták esetében a szórás magasabbnak bizonyult. Ez arra utal, hogy a vízoldható szárazanyag-tartalom az árnyékolt körülmények között kissé nagyobb ingadozást mutatott a 'Fertődi zamatos' málnafajta gyümölcsében.

Megállapíthatjuk, hogy az árnyékolt körülmények között termesztett málna minták vízoldható szárazanyag-tartalma csekély mértékben elmaradt a kontrollhoz képest. A mérések alapján a

napfény hatására az oldott cukor komponensek koncentrációja kismértékben nagyobbnak bizonyult.

Titrló savtartalom:

Az árnyékolt körülmények között fejlődő 'Fertődi zamatos' málnafajta gyümölcseinek titrálható savtartalma 3,06%, ezzel szemben a kontroll gyümölcs savtartalma csupán 2,55%. A differencia különbség 0,51%, ami azt mutatja, hogy az árnyékolásban termesztett málna savtartalma magasabb a napfényen érett gyümölcseéhez képest. (6. táblázat).

A szórás értékei közti eltérés elenyésző (0,02-0,05), azonban a vízdoldható szárazanyag tartalommal eltérően a savtartalomnál a kontroll málna gyümölcseinek savtartalma magasabb.

Az árnyékolás hatására a gyümölcs érési folyamatai lassulnak, ami következtében a szerves savak (elsősorban a citromsav és almasav) magasabb arányban maradnak meg a 'Fertődi zamatos' termésben. Emellett a fotoszintézis során a savak lebomlása is mérséklődik, ami hozzájárul a gyümölcs savtartalmának megőrzéséhez.

Cukor-sav arány:

Eredményeink alapján megállapíthatjuk, hogy az árnyékolásban termesztett 'Fertődi zamatos' gyümölcse savanykásabb ízű (cukor-sav arány 3,31), ami friss fogyasztásnál hátrány lehet.

Ezzel szemben az árnyékolás nélküli termesztésbe vont gyümölcsből kinyert minta cukor-sav aránya 4,65%, ami édeskésebb karaktert mutat.

A két minta közti különbség – 1,34%, amely friss fogyasztás során érzékszervileg tapasztalható különbséget jelent. Az árnyékolt minta savasabb ízvilággal rendelkezett.

Ennek fő oka, hogy a fotoszintézis kis mértékben gátolt az árnyékolás miatt, így a gyümölcsben lévő fruktóz és glükóz felhalmozódása lassabb, ugyanakkor a savtartalom is magasabban marad. Ennek következtében a cukor-sav arány csökkenő tendenciát mutat. (6. táblázat)

6. táblázat: Árnyékolt és kontroll málna cukor és savtartalmának meghatározása (Forrás: Saját szerkesztés)

	Árnyékolt		Kontroll	
	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás
Vízoldható szárazanyag tartalom	10,13	0,23	11,87	0,06
Titráló savtartalom	3,06	0,02	2,55	0,05
Cukor-sav arány	3,31	0,55	4,65	1,26

4.3. Vízoldható antioxidáns kapacitás és összes fenoltartalom meghatározás

Polifenoltartalom:

A nyárfák alatt termelt 'Fertődi zamatos' gyümölcsének polifenoltartalma 1000,00 mg/L GE volt. A kontroll málna gyümölcse magasabb, 1035,97 mg/L GE értéket mutatott. A két gyümölcs közti eltérés 35,97 mg/L GE, ami azt mutatja, hogy az árnyékolt mintában 3,47%-os polifenoltartalom csökkenés látható. (7. táblázat).

A szórás mindkét esetben alacsony (3–3,3%), az árnyékolt minták esetében azonban kissé nagyobb, ami arra utal, hogy a polifenoltartalom mérsékelt mértékben változó az árnyékolt körülmények között. Általánosságban megállapíthatjuk, hogy az árnyékolás kis mértékben minimalizálta a málna polifenoltartalmát, mivel az árnyékolás csökkentheti a növény fényintenzitás által kiváltott stresszválaszát, ami a fenolos vegyületek szintézisének mérséklődéséhez vezethet; e vegyületek számos esetben antioxidáns és védelmi funkciót látnak el a növényben.

Az árnyékolt 'Fertődi zamatos' gyümölcsében a polifenoltartalom átlagosan 3,5%-kal alacsonyabb volt a kontrollhoz képest; a különbség azonban nem jelentős, ugyanakkor tendencia szintjén észlelhető.

A hatás pontosabb megítéléséhez további mérésekre lenne szükség nagyobb mintaszámmal.

FRAP elemzése:

A megfigyelt eltérés lényegesen nagyobb mértékű, mint a polifenoltartalom esetében (~3,5%). Az árnyékolás következtében a mérések alapján megállapítható, hogy a 'Fertődi zamatos' gyümölcsének vízoldható antioxidáns tartalma jelentős mértékben csökkent (FRAP-érték).

A napfénynek kitett gyümölcsök vízoldható antioxidáns tartalma 66,02 mM/L, az árnyékolt gyümölcsöké (53,01 mM/L), vagyis a napfénynek kitett gyümölcsök FRAP-értéke 19,7%-kal magasabb. (7. táblázat)

A különbség számottevő, így megállapítható, hogy az árnyékolás negatívan hat a 'Fertődi zamatos' gyümölcsének antioxidáns kapacitására.

7. táblázat: Árnyékolt és kontroll málna polifenol és FRAPP tartalma (Forrás: Saját szerkesztés)

	POLIFENOL			FRAPP		
	Átlag (mg/GE)	Szórás	SD%	Átlag (mM/l)	Szórás	SD%
Árnyékolt	1000,00	32,87	3,29	53,01	3,26	6,14
Kontroll	1035,97	31,40	3,03	66,02	2,77	4,20

Vizsgálatom célja az volt, hogy a málna összes polifenol- és antioxidáns-tartalmát milyen mértékben befolyásolja az árnyékolás.

Az eredményekből azt a következtetést vonom le, hogy a 'Fertődi zamatos' gyümölcsökben árnyékolás hatására mind a polifenol, mind a vízoldható antioxidáns kapacitás értékében csökkenés mutatkozik, a csökkenések mértéke azonban eltérő.

A polifenol-tartalom tekintetében az árnyékolt minta kezelése során átlagosan 3,5%-kal volt alacsonyabb a napfénynek kitett mintához viszonyítva.

Ez arra utal, hogy a csökkentett fényintenzitás csupán mérsékelten befolyásolja a fenolos vegyületek szintézisét.

Ezzel szemben a FRAP-értékek tekintetében a két kezelés között jelentős eltérés mutatkozik, az árnyékolt minták antioxidáns kapacitása csaknem 20% -al alacsonyabbnak bizonyulnak.

A mérési eredmények összhangban vannak a korábbi szakirodalmi eredményekkel, melyek szerint a fényintenzitás csökkenése mérsékli a növények másodlagos anyagcseréjének, mint a fenolos útvonalnak az aktivitását.

Összességében az eredmények arra utalnak, hogy 'Fertődi zamatos' gyümölcsökben az árnyékolás csökkenti az antioxidáns kapacitást, ami részben a polifenolos vegyületek mennyiségének visszaesésével magyarázható.

Az árnyékolt kezelések során mind a teljes polifenoltartalom, mind az antioxidáns kapacitás alacsonyabb értékeket mutatott a kontrollhoz képest.

Érdekes azonban, hogy az antioxidáns kapacitás csökkenése arányaiban nagyobb, mint a polifenol csökkenése, ami arra utalhat, hogy az árnyékolás nem csak a polifenol mennyiségét, hanem azok aktivitását vagy összetételét is befolyásolja, valamint feltehetően a vízoldható antioxidáns kapacitás kialakításában szerepet játszó egyéb vegyületek képződésére is hatással van pl. C-vitamin. Ezen összefüggések feltárására további kutatások szükségesek.

4.4. Színmérés

Meghatároztuk az árnyékolt és a kontroll 'Fertődi zamatos' gyümölcsök színkoordinátáit (8. táblázat). Az árnyékolt minta világosabb ($L^* = 29,34$), míg a kontroll kissé sötétebb ($L^* = 28,94$). A $+0,40$ különbség enyhe, de érzékelhető lehet, főleg, ha a minták egymás mellett vannak. Ez utalhat arra, hogy az árnyékolás csökkentette a pigmentációt, vagy a fényvisszaverő képességet növelte.

Az árnyékolt minta kevésbé vöröses ($a = 22,23$), míg a kontroll élénkebb vörös ($a = 22,75$).

A $-0,52$ különbség itt színintenzitásbeli eltérést jelez, ami a chroma értékben is megmutatkozik.

Ez arra utalhat, hogy az árnyékolás csökkentette a vörös pigmentek kifejeződését.

Mindkét minta hasonlóan sárgás tónusú, de az árnyékolt minta enyhén kevésbé sárga ($b = 8,49$ vs. $8,59$), azonban ez nem jelent jelentős különbséget.

8. táblázat: Árnyékolt és kontroll málna gyümölcsök színkoordinátái (Forrás: Saját szerkesztés)

Szín koordináták	Árnyékolt	Kontroll	Különbség
L	29,34	28,94	0,4
a	22,23	22,75	-0,52
b	8,49	8,59	-0,10

A kontroll minta kissé élénkebb színű (magasabb chroma), de a színárnyalatuk szinte azonos (9. táblázat).

A Hue szög alapján mindkét minta vöröses árnyalatú, enyhe narancsos beütéssel. Az árnyékolt minta világosabb, kevésbé vöröses és enyhén kevésbé sárgás, mint a kontroll. A színintenzitás (chroma) és a telítettség kissé csökkent az árnyékolás hatására. A $\Delta E \approx 0.66$ alapján a két minta közötti színkülönbség nagyon elenyésző, és szabad szemmel nem vagy alig észlelhető.

Ez az eredmény arra utal, hogy az árnyékolás enyhén befolyásolja a 'Fertődi zamatos' gyümölcsök színét, de nem drasztikusan.

9. táblázat: Árnyékolt és kontroll málna gyümölcsök Chroma, Hue szög és ΔE értéke (Forrás: Saját szerkesztés)

	Chroma (C* ab)	Hue szög (H°)	ΔE
Árnyékolt	23,80	20,91	0,66
Kontroll	24,32	20,68	

5. ÖSSZEFOGLALÓ A KÍSÉRLET HATÁSAIRÓL

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy az árnyékolt körülmények között termesztett 'Fertődi zamatos' málnafajta gyümölcsei a méret és tömeg szempontjából nem mutattak nagy eltérést a kontroll mintához képest.

A vízdoldható szárazanyag-tartalom enyhén ingadozóbb volt az árnyékolt mintákban, míg a savtartalom jelentősen, magasabbnak bizonyult, ami a gyümölcs érési folyamatainak lassulásával és a szerves savak lebomlásának mérséklődésével magyarázható. Ennek következtében a cukor-sav arány csökkent, és az árnyékolt gyümölcs savanykásabb ízűvé vált. A polifenoltartalom kisebb mértékben csökkent az árnyékolt mintákban, míg az antioxidáns kapacitás (FRAP-érték) jelentősen, közel 20%-kal alacsonyabb volt, ami arra utal, hogy a fényintenzitás csökkenése nemcsak a polifenol mennyiségét, hanem azok aktivitását és összetételét, vagy egyéb vízdoldható antioxidáns kapacitásban szerepet játszó vegyületek képződését is befolyásolja.

A 'Fertődi zamatos' gyümölcsének színparaméterei alapján megállapíthatjuk, hogy az árnyékolt minták világosabbak, kevésbé vörösek és enyhén kevésbé sárgák voltak, ami a pigmentáció mérsékelt csökkenésére utal.

Összességében az eredmények azt mutatják, hogy a 'Fertődi zamatos' gyümölcseiben az árnyékolás mérsékelt hatással van a szárazanyag- és polifenol-tartalomra, ugyanakkor jelentősebben csökkenti az antioxidáns potenciált és befolyásolja a gyümölcs színét, miközben növeli a savtartalmat.

A kapott eredmények alapot szolgáltathatnak a málna termesztési technológiáinak optimalizálásához, különösen a fényviszonyok szabályozása tekintetében a gyümölcs minőségi paramétereinek javítása érdekében. A nyárfák lombkoronái túlságosan elzárták a fény útját, így figyelmet kell fordítani a jövőben arra, hogy időszakos metszéseket kell végezni a nyárfákon. Kutatásaim egy éves kísérleten alapulnak és csak a hazánkban legjelentősebb 'Fertődi zamatos' málnafajtára korlátozódtak, ezért messzemenő következtetések levonására további kutatások szükségesek, további fajták bevonásával.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Anda A., Kocsis T. (2010): *Agrometeorológiai és klimatológiai alapismeretek*. Budapest. Mezőgazda Kiadó. 51-64; 194-202. p.
2. Bencsné B.G., Dénes F., Gilts M., Kállay T., Kollányi G., Lakatos T., Lauschmann Á., Péntes B., Porpáczy A., Varga J., Zatykó J. (2018): *A bogyósok termesztése*. Gödöllő. NAIK könyvek. 23-32.p.
3. Benzie I. I. F., Strain J. J. (1996): *The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a measure of „antioxidant power”*: The FRAP assay. *Annal. Biochem.*, 239:70–76.p.
4. CODEX ALIMENTARIUS (1995): *Élelmiszerek vízoldható szárazanyag tartalmának meghatározása*. (Determination of water-soluble dry matter in food). No. 3-1-558/93
5. FAOSTAT (2023) *Production, Crops and livestock products*, (Word + (Total), Yield, Raspberry, 1990 - 2023)
URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
6. FAOSTAT (2025): *Production, Crops and livestock products*, (Word > (List), Area harvest, Yield, Production Quality, Raspberry, 2023)
URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
7. G. Toby, A. Denham, M. Whitelegg (2011): *Medical Herbs*. 271-282. p.
8. Győr D., Szabó Sz. (2010): *Fejezetek Nógrád Megye Gyümölcstermesztéséből*. Földrajzi Közlemények. 134. 1. 75–88.p.
9. Harmat L, Porpáczy A., Kollányi L., Szilágyi K. (1973): *Bogyós gyümölcsűek termesztése*. Mezőgazda Kiadó. 57-60.p.
10. H. A. Stepler, P.K. Ramachandran Nair (1987): *Agroforestry a decade of development. Kenya*. International Council for Research in Agroforestry Nairobi. 3-7. p.; 157-159.p.
11. Í. Oğuz, H. Í. Oğuz, Ş. H. Attar, D. A. Sönmez, H. Çelik, N. E. Y. Kafkas (2023): *Preferable Berry Fruits for Tolerance to Global Climate Change and Dry ^{Co}nditions*.
URL: <https://www.intechopen.com/chapters/1131337>
12. Internet 1: Magyar mezőgazdaság (2025.07.23. 14:02.): *Agrárerdészet lehet a megoldás a málna megmentésére*. Forrás: Nemzeti Agrárgazdasági Kamara
13. K. E. Hummer (2010): *Rubus Pharmacology: Antiquity to the Present*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, National Clonal Germplasm Repository. HORTSCIENCE VOL. 45 évf. 11.sz. 1587-1591. p. Letöltés dátuma: 2025. 07. 28.
URL: https://www.researchgate.net/publication/50993884_Rubus_Pharmacology_Antiquity_to_the_Present

14. Keserű Zs. (2014. február) NAIK, Erdészeti Tudományos Intézet. Erdészeti Lapok. CXLIX. évf. 2. szám
15. Kollányi L. (1990): *Málna*. Budapest. Mezőgazda Kiadó. 8-13. p.
16. Kovács N. (2023. július 20. 06:01.): *Kész, vége ennek a magyar gyümölcsnek: már csak import van a hazai boltokban*. Agrárszektor.
URL: <https://www.agrarszektor.hu/noveny/20230720/kesz-vege-ennek-a-magyar-gyumolcsnek-mar-csak-import-van-a-hazai-boltokban-44290#>
17. KSH (2025) *Fontosabb gyümölcsfélék és a szőlő termésmennyisége* [tonna]
URL: <https://www.ksh.hu/stadat?q=m%C3%A1lna&lang=hu>
18. Lukács Gy. (1982): *Színmérés*. Műszaki Kiadó, Budapest, 125–166 p., 341 p.
19. Magyar Szabvány (1998): MSZ EN 12147:1998. *Gyümölcs- és zöldséglevék. A titrálható savasság meghatározása*.
20. Majr I. (1987): *Mindennapi termőföldünk*. Budapest. Mezőgazda Kiadó. 102-103.p.
21. McGuire R.G. (1992): *Reporting of objective color measurements*. Hort. Science, 27:1254–1255 p.
22. Marosi S., Ádám L., Loksa I., Lovász Gy., Pécsi M., Péczely Gy., Radó D. K., Rónai A., Simon T., Somogyi S., Stefanovits P., Csete L., Erdélyi M., Góczán L., Göcsei I., Katona S., Károlyi Z., Kárpáti L., Molnár K., Pócs T., Varga I., (1975): *Magyarország tájféldrajza 6/3*. Budapest: Akadémiai Kiadó. 74-214. p.
23. Porpáczy A. (2013): *Málnatermesztés*. Mezőgazda Kiadó. 9-12. p.; 79-87 p.
24. Rugienius, R., Vinskienė, J., Andriūnaitė, E., Morkūnaitė-Haimi, Š., Juhani-Haimi, P., Graham, J. (2022): *Genomic Design of Abiotic Stress-Resistant Berries*. In: Kole, C. (eds) *Genomic Designing for Abiotic Stress Resistant Fruit Crops*. Springer, Cham.197–249 p.
URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-09875-8_7
25. Singleton, V., & Rossi, J. (1965): *Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic - Phosphotungstic Acid Reagents*. American Journal of Ecology and Viticulture, 16: 144-158 p.
26. Soltész M.: (2014): *Magyar gyümölcsfajták*, Mezőgazda Kiadó. 457-468; 463. p.
27. Souci Fachman, Kraut (2008): *Food composition and Nutrition Tables, Medpharm*
28. Takácsné H. M. (2021.): *Zöldségek és gyümölcsök szerepe a táplálkozásban*, Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó 177-178. p.

ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. ábra: <i>Sarjak fejlődése (balról 1. telepítéskor; 2. első év ősze; 3. második év ősze)</i> (Forrás: Harmat és mtsai.1973)	5. oldal
1. táblázat: <i>A világ egyes országainak málna termésmennyisége, termőterülete és terméshozama 2010-ben (Forrás: Saját szerkesztés Porpáczy (2013) adatai alapján)</i>	13. oldal
2. táblázat: <i>A világ egyes országainak málna termésmennyisége, termőterülete és terméshozama 2023-ban (Forrás: Saját szerkesztés FAOSTAT (2025) adatok alapján)</i>	14. oldal
2. ábra: <i>A világon termelt málna hektáronkénti átlagos hozamának változása 1990 és 2023 között (Forrás: Saját szerkesztés FAOSTAT (2025) adatok alapján)</i>	15. oldal
3. ábra: <i>A világ málna termésének alakulása 1961-2023 között (Forrás: Saját szerkesztés a FAOSTAT (2025) adatai alapján)</i>	16. oldal
4. ábra: <i>Magyarország málna termés mennyisége tonnában (Forrás: Saját szerkesztés KSH (2024) adatok alapján)</i>	17. oldal
3. táblázat: <i>Málna beltartalmi értékei (Forrás: Saját szerkesztés Souci és mtsai. (2008) adatai alapján)</i>	19. oldal
5. ábra: <i>Győr - Moson - Sopron vármegye tájai (Forrás: Térkép kivágat)</i>	25. oldal
6. ábra: <i>Agrometeorológiai körzetbeosztás (Forrás: Térkép kivágat)</i>	26. oldal
7. ábra: <i>Öntözőrendszer a huzalokon (Forrás: Saját fotó)</i>	27. oldal
8. ábra: <i>Támrendszer (Forrás: Saját fotó)</i>	28. oldal
9. ábra: <i>'Fertődi zamatos' fajta (Forrás: Saját fotó)</i>	29. oldal
10. ábra: <i>Nyárfa '890 sz. klónok' (Forrás: Saját fotó)</i>	29. oldal
4. táblázat: <i>A színkülönbség és a szín vizuális érzéklet kapcsolata (Forrás: Saját szerkesztés)</i>	34. oldal
5. táblázat: <i>Málna fizikai paraméterei (Forrás: Saját szerkesztés)</i>	35. oldal
6. táblázat: <i>Árnyékolt és kontroll málna cukor és savtartalmának meghatározása (Forrás: Saját szerkesztés)</i>	37. oldal
7. táblázat: <i>Árnyékolt és kontroll málna polifenol és FRAPP tartalma (Forrás: Saját szerkesztés)</i>	38. oldal
8. táblázat: <i>Árnyékolt és kontroll málna gyümölcsök szíenkoordinátái (Forrás: Saját szerkesztés)</i>	39. oldal
10. táblázat: <i>Árnyékolt és kontroll málna gyümölcsök Chroma, Hue szög és ΔE értéke (Forrás: Saját szerkesztés)</i>	40. oldal

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Elsősorban szeretném kifejezni hálámat és köszönetemet Dr. Ficzek Gittának a szakdolgozatom elkészítése során nyújtott sokoldalú, értékes támogatásáért, útmutatásáért.

Szeretnék köszönetet mondani Dr. Varga Jenőnek, aki többek között biztosította a kísérletemhez a gyümölcsöket, melyekből a méréseket készítettem.

Köszönettel tartozom Dr. Keserű Zsoltnak és Dr. Szabó Orsolyának, akik az agroerdészeti rendszerben való jártasságukkal és erdészeti szaktudásukkal hozzájárultak szakdolgozatom elkészítéséhez.

Köszönet illeti csoporttársaimat is, akiknek köszönhetően egy támogató, inspiráló és eredményes csapat tagja lehettem az egyetemi éveim során.

Hálás köszönettel tartozom családomnak, akik az egyetemi éveim során végig mellettem álltak, biztatásukkal és támogatásukkal erőt adtak a nehéz időszakok átvészeléséhez.

NYILATKOZATOK

NYILATKOZAT

Dr. Ficsek Gitta (név) (hallgató Neptun azonosítója: E410T9) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: 2025. november 2.



belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Rózsahegyi Dorina
Neptun-kódja:	E410T9
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	X <u>BSc/BA</u> <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat készítés
A munka címe:	Málna beltartalmi értékeinek vizsgálata árnyékolás hatására

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrekció, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
fordítás	ChatGPT, Copilot	külföldi szakirodalom esetén
átfogalmazásban ötlet, szóismétlés elkerülése, szinonim szavak keresése	ChatGPT, Copilot	

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz verziója, elérhetősége	MI-neve,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Budapest, 2025. november 2.

.....

Hallgató aláírása

.....

Konzulens/Témavezető aláírása

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

**6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója**

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)

NYILATKOZAT

**a szakdolgozat¹ nyilvános hozzáféréséről és
eredetiségéről**

A hallgató neve:	Rózsahegyi Dorina
A Hallgató Neptun kódja:	E4I0T9
A dolgozat címe:	Málna beltartalmi értékeinek vizsgálata árnyékolás hatására
A megjelenés éve:	2025.
A konzulens intézetének neve:	Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
A konzulens tanszékének a neve:	Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2025. év október hó 31. nap

Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.