

DIPLOMADOLGOZAT

Zséli Bertold
Növénytermesztő
mérnök Msc.

Gödöllő
2023.



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Növénytermesztő mérnöki MSc

**'FEHÉRÖZÖN' PAPRIKA MIKROSZAPORÍTÁSI
KÍSÉRLETE**

Belső konzulens: Pápai Bánk
PhD hallgató

Belső konzulens: Dr. Veres Anikó
egyetemi docens

Készítette: Zséli Bertold
S3DNCY
levelező

Intézet/tanszék: Genetika és
Biotechnológia Intézet, Genetika és
Genomika Tanszékén

TARTALOM

TARTALOM	2
RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE	4
1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS	5
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
2.1. A PAPRIKATERMESZTÉS HELYZETÉRŐL	6
2.2. A MAGYARORSZÁGI PAPRIKANEMESÍTÉS ÖSSZEFOGLALÁSA	10
2.3. A MIKROSZAPORÍTÁSRÓL ÁLTALÁNOSAN	11
2.4. MIKROSZAPORÍTÁS LEHETŐSÉGEI, EREDMÉNYEI EGYÉB SOLANACEAE FAJOK ESETÉBEN	12
2.4.1. <i>Dohány növények mikroszaporítása</i>	12
2.4.2. <i>A padlizsán mikroszaporítása</i>	13
2.4.3. <i>Burgonya mikroszaporítása</i>	13
2.4.4. <i>Földicseresznye mikroszaporítási eredményei</i>	14
2.4.5. <i>Paradicsom mikroszaporítása</i>	15
2.5. A PAPRIKA SEJT – ÉS SZÖVETTENYÉSZTÉSÉNEK EREDMÉNYEI	16
2.5.1. <i>Felhasznált explantum</i>	16
2.5.2. <i>Növekedésszabályzó hormonok hatása a regenerációra</i>	17
2.5.3. <i>GA3 hatása a hajtásnövekedésre</i>	18
2.5.4. <i>Auxinok hatása az egyes paprika fajták/fajok gyökerezésére</i>	18
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	20
3.1. A KÍSÉRLET KÖRÜLMÉNYEI	20
3.2. FELHASZNÁLT NÖVÉNY	20
3.3. MS TÁPTALAJ ELKÉSZÍTÉSE	21
3.4. NÖVÉNYI EXPLANTUMOK ELŐKÉSZÍTÉSE	23
3.4. AZ ALKALMAZOTT KEZELÉSEK	24
3.5. STATISZTIKAI ÉRTÉKELÉS.....	25
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	26
4.1. A KÜLÖNBÖZŐ NÖVÉNYI ANYAGOK	26
4.1.1. <i>Cotyledon</i>	26
4.1.2. <i>Levelek</i>	27
4.1.3. <i>Hypokotyl</i>	29
4.2. HAJTÁS NÖVEKEDÉS	30
4.3. GYÖKÉRNÖVEKEDÉS INDUKÁLÁSA	31
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	34

6.	ÖSSZEFOGLALÁS	36
7.	KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS	38
8.	IRODALOMJEGYZÉK	39

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

MS: Murashige és Skoog (1962) táptalaj
BAP: 6-benzil-amino-purin
GA3: gibberelin sav
IAA: indol-3-ecetsav
CMV: uborka mozaik vírus
B5: táptalaj Gamborg és mtsi. (1968) nyomán
SH: Schenk és Hildebrand táptalaj
2ip: $\gamma\gamma$ -dimetil-amino-purin
IBA: indol-3-vaajsav
2,4-D: 2,4-Diklófenoxiecetsav
IVS: indol-3-vaajsav
IES: indol-3-ecetsav
NES: naftil-1-ecetsav
DCR: Douglas-fir cotyledon táptalaj
BTM: Broad Leaved Tree táptalaj
AM: arbuszkuláris mikorrhiza
3,4-DHB: 3,4-dihidroxibenzoessav
Kin: kinetin, 6-furfuril-amino-purin
PAC: paklobutrazol
TDZ: thidiazuron
NAA: naftalin-ecetsav
TIBA: 2,3,5- trijód-benzoessav
MSA: MS táptalaj aminosavval
ZT: zeatin
TM: timetin

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A mikroszaporítás egy már bevett szaporítási módszer, amely *in vitro*, steril környezetben történik. Előnye, hogy kis helyen, vírusmentesen, a genetikai tulajdonságokat megőrizve, nagy mennyiségben lehetséges a növényeket reprodukálni. Számos példa van rá, hogy faj- és fajtafenntartásra is alkalmazzák ezt a módszert, de a termelés is előszeretettel használja az így kapott palántákat. Feltétele, a már említett steril körülmény mellett, a megfelelő tápanyagellátás és a klíma beállítása a növény fenofázisaihoz igazítva. Előre készített un. táptalajokon történik a szaporítás, amelyek biztosítják a fejlődő növények harmonikus tápanyagellátását. Kísérletek során ehhez szoktak még különböző növekedés serkentő / gátló anyagokat adni, a vizsgálatától függően. Mindazonáltal a szaporítási ráta nem növelhető a végtelenségig. A különböző növekedésszabályzó anyagok felhasználhatósága korlátozott, vagyis egy ponton túl a nagyobb koncentrációba adagolt anyag nem fog előidézni nagyobb szaporulatot. Mellékhatásként jelennek meg, a leggyengült és torz növények (Mészáros 2006). A klimatikus körülmények biztosítása különböző klímaszekrényekben, fényszobákban történhet, majd a kondicionálás időszakában kerülnek ki növényházba.

Fontos azonban árnyalni a képet, hogy magas munkaerőigényt támaszt ez a módszer, valamint a túlélési rátája a fejlődő növényeknek nem kielégítő. A költségek csökkentése esetleg elmozdítaná pozitív irányba a felhasználását az *in vitro* mikroszaporításnak.

A beállított kísérletünk során a gazdaságilag nagyon jelentős paprika egyik fajtájával dolgoztunk, a 'Fehérözön'-nel. Nemesítése a 80-as években történ, az addigi piacuralkodó 'Soroksári hajtatót' kiszorítva terjedt el. Magyarországon a zöldségtermesztés zászlóshajója a paprika, mind hajtatásban, mind szabadföldi termesztésben jelen van, de jellemzőbb már a növényházi termesztés. A 'Fehérözön' mint mind a kettő technológiában jól felhasználható fajta, gyors elterjedést produkált.

A nagyfokú térhódítása a paprikának a magyar kertészeti kultúrák között megkívánja, hogy a különböző, ismertebb fajtaival kísérleti szinteken foglalkozzanak.

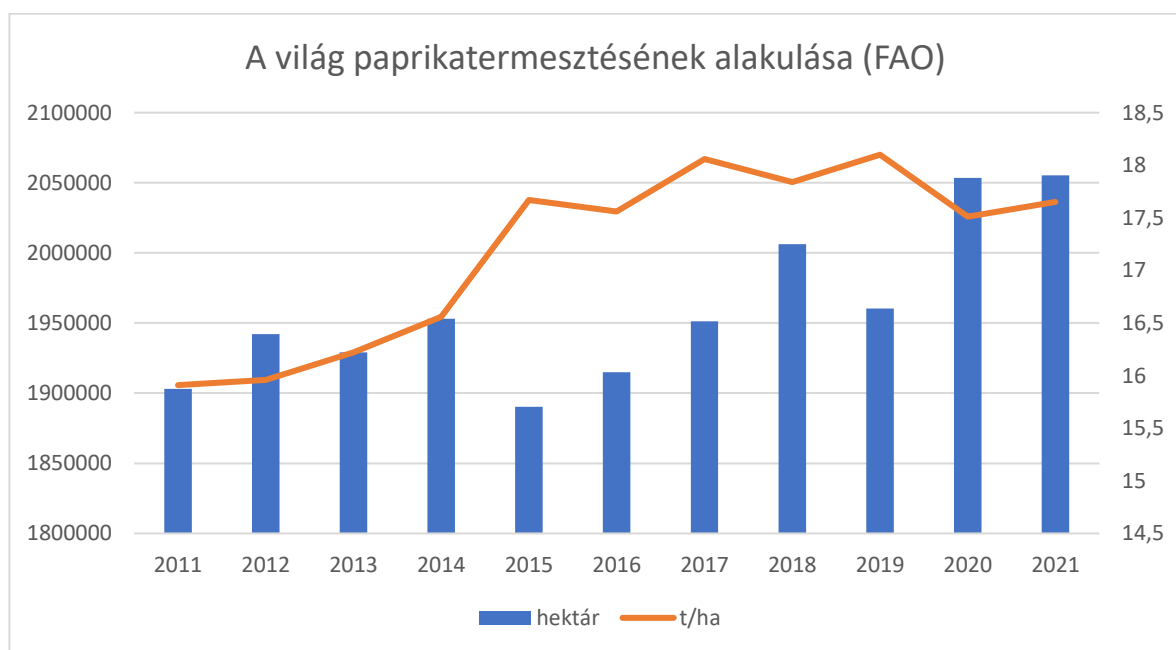
Korábbi paprikával végzett kísérletek azt mutatják, hogy a paprikára nincsen egy általánosságban alkalmazható mikroszaporítási protokoll, mivel a fajták között jelentős eltérések lehetnek. Ez indokolja, hogy a különböző, gazdaságilag jelentős fajtákra érdemes kidolgozni a rájuk optimalizált mikroszaporítási protokollt. Jelen kísérlet célkitűzése is az volt, hogy a 'Fehérözön' paprika fajtának, *in vitro* mikroszaporítási protokollt dolgozzunk ki.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A paprikatermesztés helyzetéről

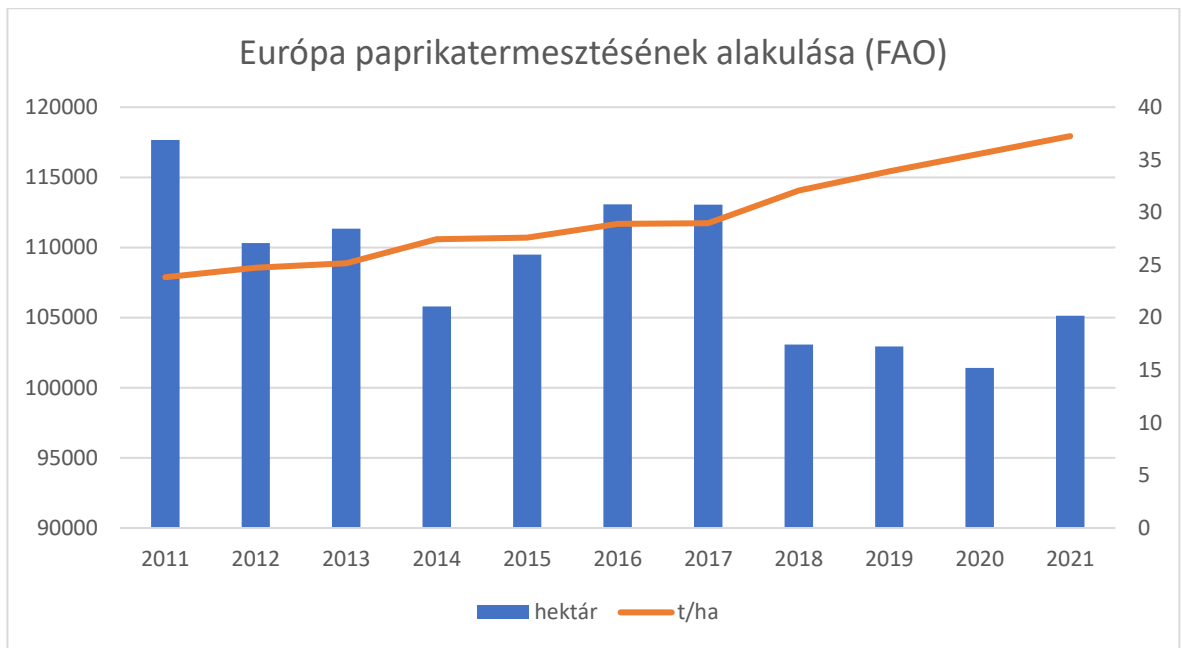
A paprika jelentőségét a világban mi sem jelzi jobban, hogy megannyi ország gasztronómiájának az alapját képezi valamelyik fajtája. Gondoljunk csak Mexikóra, mellette az Egyesült Államokra, ahol a chili szintén nagy területeket hódít meg. De ha szűkebben Európát vizsgáljuk, hazánkon kívül a szomszédos országokban is meg-meg jelenik ez a zöldség faj, mint fontos alapanyag.

A FAOStat adatai alapján, a világ paprika termőterülete 1,9 millió és 2 millió hektár között mozog. A 2011 és 2021-es időszakot vizsgálva erre a nagyságrendre állt be a termeszőfelület nagysága. Ebbe beleértendő a paprika és a chili egyaránt. Emellé párosul egy 17-18 t/ha-os átlagtermés, amely a 2010-es évek elején indult növekedésnek. Ez valószínűsíthető, hogy a termelés intenzitásának növekedésének köszönhető (1. ábra).



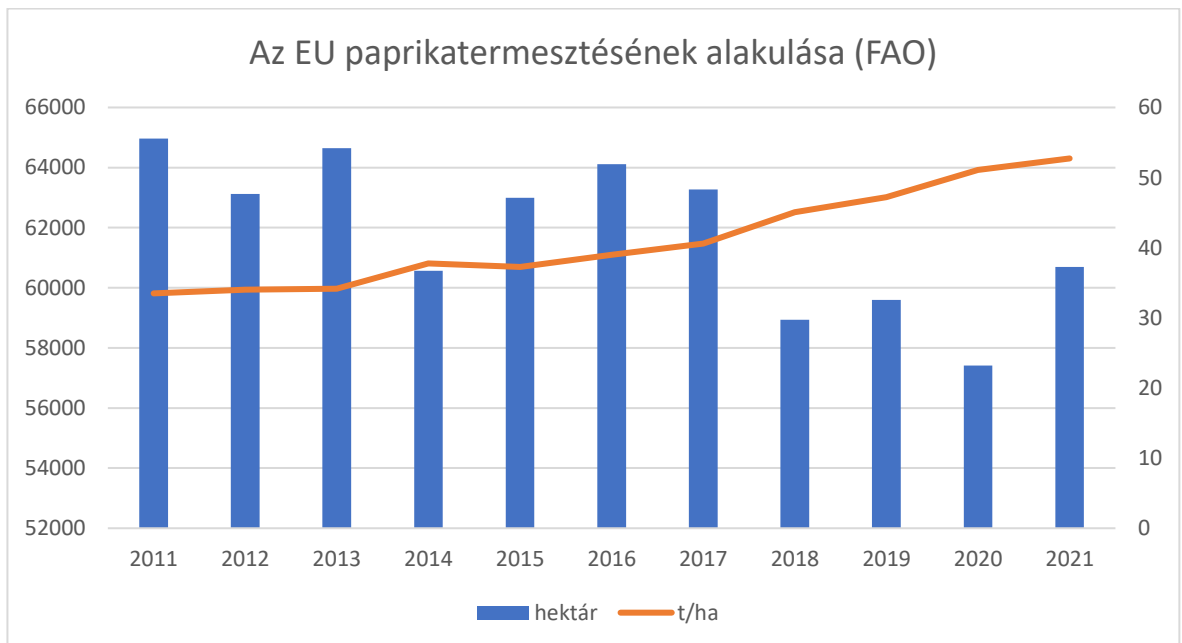
1. ábra A világ paprikatermesztésének alakulása területileg (ha) és termésmennyiségileg (t/ha)

Ha szűkítjük a vizsgálandó területet és megnézzük Európa szintjén a paprikatermesztést a 2. ábrán megfigyelhetjük, hogy 2017-es évet követően egy drasztikusabb terület csökkenés következett be, ami azóta 100 ezer hektár körül mozog. Ha hozzátesszük a termésátlagokat, szintén a 2017-es évtől történt egy felfele ívelő elmozdulás, ami 2021-ben meghaladta a 37 t/ha-os átlagot.



2. ábra Európa paprikatermesztésének alakulása területileg (ha) és termésmennyiségileg (t/ha)

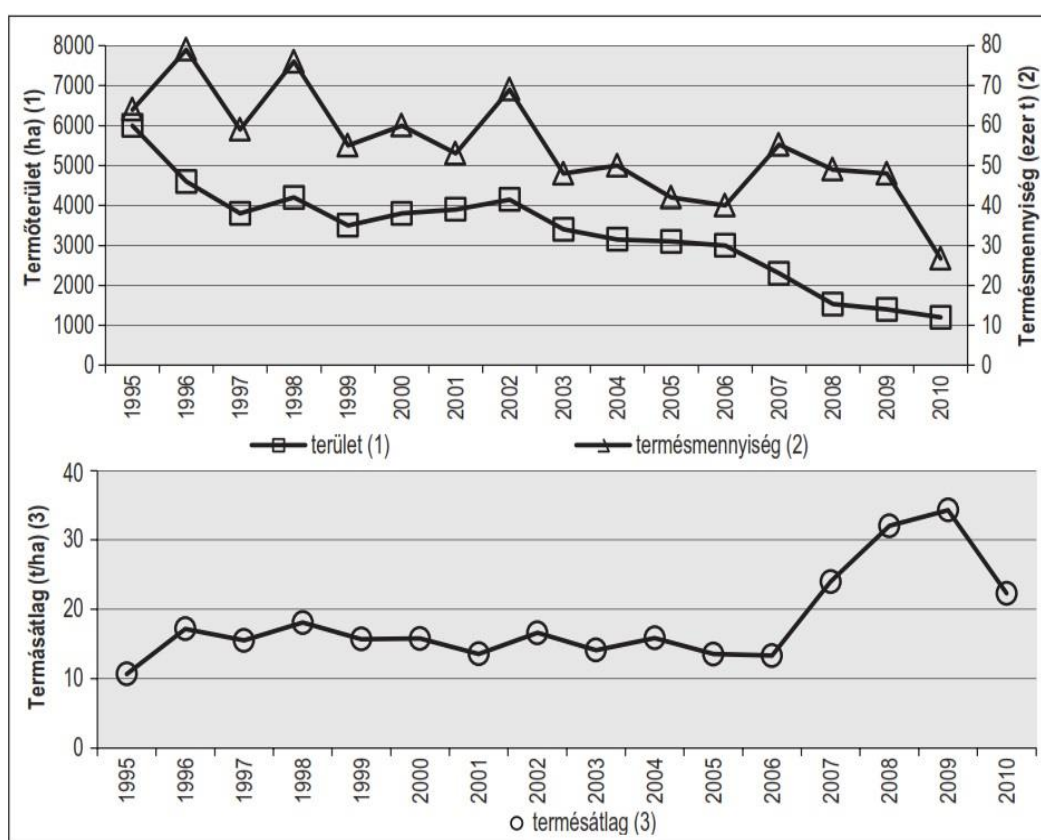
Az Európai Unió tendenciái lekövetik az egész Európára jellemző változásokat (3. ábra) A legnagyobb terület 2011-ben volt a vizsgált időszakon belül, a legalacsonyabb 2020-ban. Összességében 10 év alatt 11,6 %-os terület csökkenés következett be az Unió területén, 2011. és 2021. között.



3. ábra Az Európai Unió paprikatermesztésének alakulása területileg (ha) és termésmennyiségileg (t/ha)

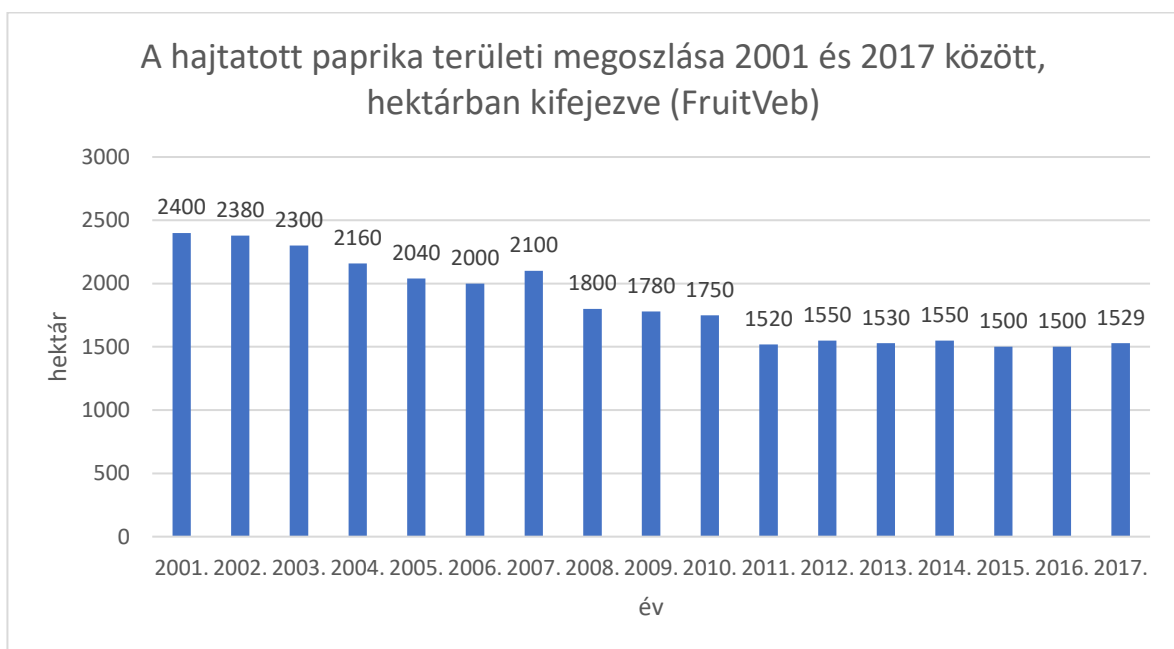
A termésmennyiség alakulását vizsgálva 52 t/ha-t meghaladó értéken volt a legmagasabb a jelzett időszak alatt, 2021-ben. Ez annak köszönhető, hogy nagy számban terjednek el a korszerű, magas belmagasságú, szabályozott növényházak, ahol hajtatasos paprikatermesztés folyik.

A 4. ábra jól mutatja, hogy Magyarországon a szabadföldi paprikatermesztés erős visszaesést mutat a '90-es évektől kezdődően. A bizonytalan termesztési körülmények miatt odáig jutott el, hogy az 1000 hektárt sem éri el. Emellett a termésátlagok is alulmaradnak (Terbe 2022; Terbe 2021; Kicska 2019; Kaciu és Ombódi 2011). Szabadföldi termesztés során három fő fajtakört említhetünk meg, a fehéret, a paradicsom alakút és a kápiát (Terbe 2022).



4. ábra Magyarország szabadföldi paprikatermesztésének alakulása 1995 -2010. (Forrás: FRUITVEB)

Az első hajtatasos megoldások az 1960-as, 1970-es években kezdtek el megjelenni az országban. Javult a paprikatermesztés mennyisége és minősége, valamint a hazai igény kiszolgálása biztosítva lett (Pénzes 2015). Az ezredforduló utáni terület alakulást megvizsgálva, azt látjuk, hogy 2000-es évek elején 2400 hektárt elérő felületen történt paprikahajtatas, ez a nagyság egészen 2008-ig nem csökkent drasztikusan, amikor is elkezdődött az 1500 hektár nagyságrendre történő beállítás (5. ábra).

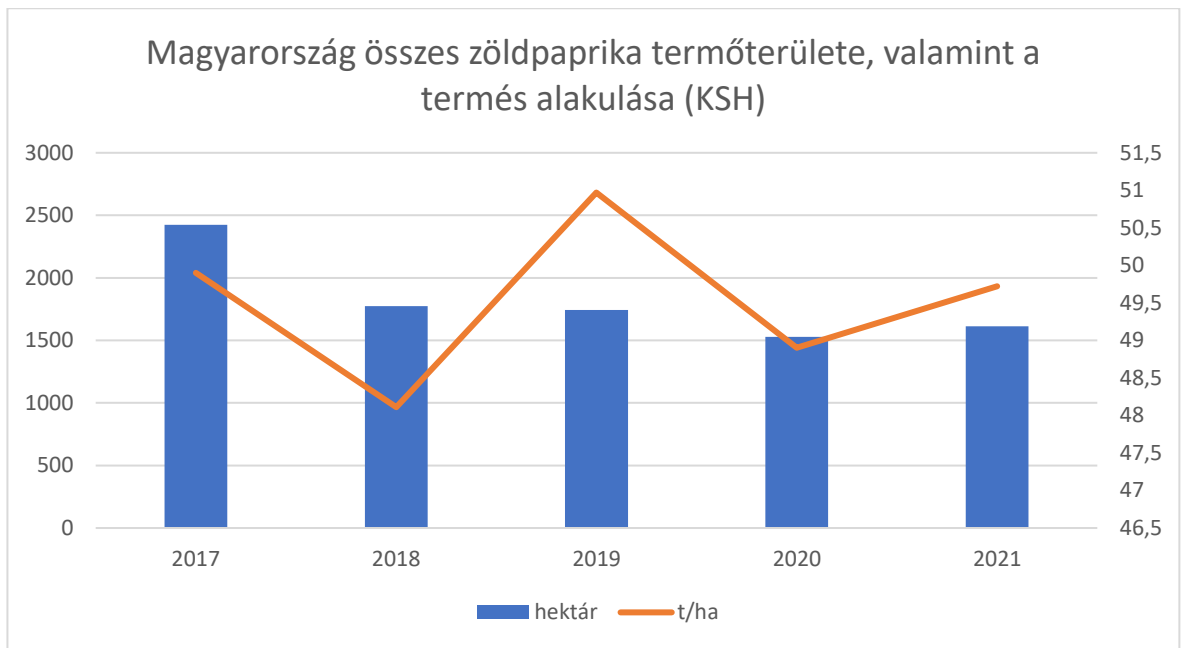


5. ábra A paprikahajtás területi megoszlása Magyarországon 2001. és 2010. között

A hajtás 95%-ban fóliaházakban történik, azok közül is a régi sátor típusúakban. Azonban érzékelhető, hogy a modernebbnek számító fóliablokkok elterjedőben vannak. Az üvegházak alkalmazásáról elmondható, hogy 10 évvel vagy akár 30 évvel ezelőtt épült, kevésbé korszerű alacsony légtérrel rendelkező házak még jelen vannak hazánkban (Ledó *et al* 2018).

A hajtásban használt fajtatípusok a tölteni való, a kápia, hegyes erős, valamint a pritamin paprika, ami azonban eltűnőfélben van. Ezek közül a tölteni való típust hajtadják a legnagyobb felületen, az összterület kb. 70%-án. Ezt követi a kápia, ami folyamatos növekedést mutat, 17-18%-ot tesz ki. A hegyes erős nagyjából 7-8 %-os, ami főleg hazai piacon kerül eladásra. Végül, a pritamin paprika 4-5%-ot foglal el, ennek oka a viszonylag nehézkes hajtása (Rimóczi 2016).

Magyarországon megvizsgálva összesítve a zöldpaprika termőterületét, vagyis beleértve a szabadföldi és növényházi termesztést egyaránt, elmondható, hogy 1500-2000 hektár között mozog. Erre rávetítve a termésmennyiség alakulását 50 t/ha körül mozog az értéke (6. ábra)



6. ábra Magyarország zöldpaprika termőterülete (ha) és összes termésmennyiségének alakulása (t/ha)

2.2. A magyarországi paprikanemesítés összefoglalása

Magyarországi viszonylatban a 19. századig ismeretlen volt a paprika, mint fogyasztási cikk (Zatykó 2021; Bela 2018). A paprikatermesztés elterjedése a bolgárkertészeknek volt köszönhető, akik az ország számos területén, kezdetben Szentesen, majd az alföldi régió több részén, de Heves megyében, Cecén és még Keszthely környékén is termesztették és tudatosan szelektálták a helyi igényeknek legjobban passzoló fajtákat (Zatykó 2021). Ezek a szelekciók helyi jellegűek voltak, tájfajták kialakulását eredményezte, ekkoriban az intézményesített nemesítés még nem jelent meg a paprikát illetően. Az 1920-as évekre Cecén elérték, hogy kialakult a ma már széles körben elismert, fehér színű, Cecei típus, ami kezdetben csípős volt (Zatykó 2021).

Az szervezett paprikanemesítés is a Cecei típushoz köthető, ugyanis 1953-ban a mai Zöldségkutató Intézet jogelőd intézményében Angeli Lambert munkájának köszönhetően kialakították a 'Cecei édes 3' fajtát.

Angeli halálát követően, munkásságát tovább fejlesztve a determinált vonalak irányába, munkatársai kialakították a '80-as évekre a 'Fehérözön' fajtát. De az Ő nevéhez fűződnek az első magyar paprika hibridek is 'H-2' és 'H-1'. Az 1960-as, majd 1970-es években eluralkodó CMV fertőzésnek köszönhető paprikapusztulás arra világította rá a nemesítőket, hogy a

rezisztencianemesítés irányába kell lépni. Turi István első jelentős fajtája a 'Soroksári hajtató' lépésről-lépésre kiszorította a termelésből az addigi uralkodó fajtákat (Zatykó 2021).

Ezt követő években a paprikanemesítés több irányzatot is vett és a szereplők száma is megnövekedett.

A már említett vírusos fertőzések a paprikatermesztésben jelentős károkat okoznak a mai napig és legfőbb megoldás a kémiai védelem fenntartásai végett, a rezisztencia nemesítés, keresztezés útján, hibridek előállításával (Mitykó 2015).

Napjainkban hazai nemesítés egyik fontos része a paprika fajnál a TSWV rezisztenciát áttörő törzs elleni nemesítési források kutatása. A könnyen keresztezhető fajok esetében még nem jártak sikerrel, míg más fajok esetében a keresztezési folyamatnak vannak gátjai (Tóbiás *et al* 2014).

2.3. A mikroszaporításról általánosan

A mikroszaporítás során *in vitro*, steril körülmények között végzett, a növény különböző vegetatív, vagy generatív részeiből, szöveteiből, sejtjeiből történő tenyésztést hajtának végre. Célja, hogy az említett növényi szervekből a szaporítás során minél több regeneráns növényt kapjunk. Többféle módszerét különböztetjük meg a mikroszaporításnak (Dudits és Heszky 2014).

A hajtástenyésztés esetében olyan hajtások növekedését és fejlődését értjük táptalajon, amelyek nem rendelkeznek gyökérrzel. Indítása merisztémát tartalmazó explantátumokból történik, A kifejlődött hajtásokat elvágják általában a hipokotilnál vagy az epokotilnál, majd táptalajra helyezik. Ezeket a hajtásokat gyökereztetni szükséges kiültetés előtt. Ez történhet hormonelvonással vagy esetenként gyökereztető anyagokkal. Előnye a módszernek, hogy egyszerű és a módszerek körül a legstabilabbnak mondható a végeredmény genetikailag (Dudits és Heszky 2014).

Következő módszer a járulékos hajtástenyésztés. A hajtásregenerálódás ebben az esetben kalluszból történik, a hajtások organogenezissel alakulnak ki. A leggyakoribb felhasznált izolátumok a levél-, szár- vagy gyökérsz. A sterilitás itt is meghatározó tényező, hogy a regenerálódás sikeres legyen. Táptalajtekintetében a White-1943 (White 1943), Heller-1953 (Heller 1953), megnövelt sókoncentrációjú MS, a B5 és az SH jellemző. Ilyenkor a genetikai változás nagyobb mértékű, ami az organogenezissel hozható összefüggésbe. Ugyanis ez sejtszinten redifferenciálódással jár, amihez differenciálatlan sejtek szükségesek (Dudits és Heszky 2014).

Végül a járulékos szervtenyészetekről röviden. Ez a módszer a hajtástenyészet alapszanak, ebből is következik, hogy másodlagos tenyészetek. Szaporítás során *in vitro* szaporított szervekkel történik, ami lehet gumó, hagyma stb. Egyik módszere a protokorm tenyészet, aminek alapja a protokorm, ami egy sokrúgyes, több rügykezdeményt tartalmazó aggregátum. Emellett lehet még említeni a mikrohagymát és mikrogumó előállítását. A mikrohagyma és gumó nagy előnye, hogy vírusmentes anyagra tehetünk szert nagy tételben (Dudits és Heszky 2014).

2.4. Mikroszaporítás lehetőségei, eredményei egyéb Solanaceae fajok esetében

A paprika, mint a Solanaceae család tagja, fontosnak tartom, hogy a hozzá közeli rokon fajok eredményeit is megvizsgáljuk mikroszaporítás tekintetében.

2.4.1. Dohány növények mikroszaporítása

Dohány esetében egy benzolsav származék használata, auxinhoz hasonlóan sejt dedifferenciálódást, kalluszindukciót és gyökerezést eredményezett levéltenyészetekből (Mucciarelli és mtsi. 2000). Kísérletük során a felhasznált benzolsav származék a 3,4-DHB-volt. Kalluszindukálás és növekedés szakasz során az MSA táptalajba a kontroll kezelésen felül 0,1, 10 és 1000 μM mennyiségbe keverték 3,4-DHB-t. Minden esetben a táptalajból volt növekedésszabályzót tartalmazó és azt nélkülöző táptalaj. A kalluszosodás abban az esetben volt szignifikánsan magasabb, amikor hormonmentes táptalajon és 0,1 μM 3,4-BHD-t alkalmaztak. Ekkor a gyökeresedés is szignifikánsan nagyobb volt a kontrollhoz képest. Kallusznövekedés szakaszban a hormonmentes táptalajon 0,1 μM és 1000 μM koncentráció esetében volt szignifikáns különbség. A két jelzett érték mellett, csökkent a kalluszok nyers súlya. Hormont tartalmazó táptalaj esetén a nyers súlyban szignifikáns különbség nem volt tapasztalható a 3,4-BHD kezelés hatására. Szárított súlyt vizsgálva szintén nem találtak szignifikáns különbség egy esetben sem. Kalluszregenerálódásnál a hormonmentes és hormonnal dúsított táptalajon a 3,4-BHD arány növelése szignifikánsan csökkentette a regenerációs rátát a kontrollhoz képest. Szintén csökkentette az átlagos hajtásszámot minden esetben a savszármazék. A hajtásnövekedésre nem volt hatással, míg a gyökértömeg esetében az 1000 μM -os kezelés szignifikánsan csökkentette a gyökértömeget.

2.4.2. A padlizsán mikroszaporítása

George és mtsi. (1981) padlizsán sejtsuszpenzióból kiindulva vizsgálta az ásványi só, szacharóz és 2,4-D hatását az aggregátum formákon. Nagy aggregátumot 5,7 μM IAA és 4,5 μM 2,4-D és kinetin adagolásával érték el. CaCl_2 a sztenderd 3,4 mM mennyiségben kevesebb aggregátumot eredményezett, mint a többi koncentráció, ami vizsgálva lett. A szacharóz arányának változtatása nem volt hatással a kinyerhető aggregátumokra. A sejtsuszpenzióból kinyert aggregátumok MS táptalajra letéve, amibe különböző koncentrációval lett bekeverve IAA és 2iP, zöld csomóvá differenciálódtak és nem tudtak rendes hajtássá fejlődni. Amint ezeket a csomókat ismét visszatették táptalajra, amihez 0,1 μM aszkorbinsavat adtak magában, vagy 49 μM 2iP kombinációjával, leveles hajtások fejlődtek. Ebből arra következtettek, hogy az aszkorbin sav bomlási termékei felelősek lehetnek a leveles hajtások kialakulásáért.

2.4.3. Burgonya mikroszaporítása

Burgonya fajnál vizsgálták, hogy jázmonsav (JA) miként hat a mikroszaporításra. 'Kennebec' fajtát használtak, burgonya szemeket raktak le MS táptalajra, 1 mg/l JA belekeverésével vagy anélkül, különböző fotoperiodusok alatt. A regenerációs ráta szignifikánsan nem változott a fotoperiódustól vagy a JA bekeveréstől függően. A legnagyobb értéket a folyamatos megvilágítás során érték el, függetlenül a JA alkalmazásától. A jázmonsav hozzájárult a fejlődéshez és növekedéshez minden tesztelt megvilágított óra mellett és gyarapodott mind az átlag száraz súlya az explantumoknak, mind a gyökérzet súlya is. A súlynövekedés a vegetatív részek gyarapodásával hozható összefüggébe. JA-kezelt növényeknek nagyobb levélfelülete, vastagabb szára és nagyobb gyökértömege volt. A jázmonsav alkalmazása ezen kísérlet alapján előnyére válhat a burgonya mikroszaporítási folyamatának, jobb minőséget eredményezve (Martín-Closas és Pelacho 2000).

'Desirée' fajtaival a következő protokollt alakították ki burgonya mikroszaporításra. 40-80 cm-es hajtásokat vágtek, majd sterilizálást követően MS táptalajra tették. A kihajtott növénykékről hajtásokat válogattak és ismét letették MS táptalajra, kiegészítve azt 30 g/l szacharózzal, 100 mg/l myo-inozitollal, 0,5 ml/l ezüst-tioszulfáttal. A hajtásokat ugyanezen a táptalajon gyökerezettették. Mikrogumók stimulálva lettek 80 g/l szacharóz, 100 mg/l myo-inozitol és 5 ml/l BAP adagolásával. Hajtásregeneráció gumó lemezekből, internódiumokból és levélmintákból történt, 6 különböző táptalajon. A legnagyobb hajtásproduktum a gumó lemezekből lett. Az internódiumokból nem hajtott ki semmi. Mind levélből, mind gumóból

regenerálódott növénykékből mintát gyűjtöttek, hogy megvizsgálják a szomaklonális variabilitás mértékét. Minden morfológiailag eltérő egyed ki lett zárva. Egy levélmintából regenerált növényke esetében fajtára jellemző eredményeket hozott a vizsgálat. (Saker *et al* 2012).

Burgonya mikroszaporítása alatt vizsgálták különböző fajták sótűrését. Beállítottak egy kontroll csoportot, 40, 80 és 120 Mm dózissal párhuzamosan MS táptalajba. A vizsgálatok kétszer ismételték minden sókoncentráció esetében. 6 vizsgálati szempont alapján értékelték, amelyek a következők voltak:

- hajtás hossz
- hajtás nyers súly
- hajtás szárított súly
- gyökér hossz
- gyökér nyers súly
- gyökér szárított súly

A hajtás nyers súlya és hossza csökkent a sókoncentráció növelésével. Az összes kezelés drasztikus hatással volt a gyökértömegére és méretére. A 'Bartina' fajtának volt a legnagyobb sótűrése a vizsgált fajok közül (Khenifi és mtsi. 2011).

2.4.4. Földicseresznye mikroszaporítási eredményei

A földicseresznye, mint Mexikóban igen kedvelt élelmiszer és mind táplálkozási, mind gyógyhatás szempontjából fontos növény. Ezért is foglalkoznak ennek a növénynek a mikroszaporításával. MS táptalajt használtak ebben az esetben is, három különböző koncentrációban adagoltak hozzá BA-t és KIN-t (2,22; 4,43; 6,65 μM és 2,32; 4,64; 6,96 μM). A gyökereztetés auxin táptalajba történt, NAA adagolásával (1,07; 2,68; 5,37; 8,05 μM) vagy IAA adagolásával (1,41; 2,85; 5,7; 8,55 μM). Az akklimatizálás után - üvegházba ültették. Sikeres sejtburjánzás, 6,57-es hajtás átlagszámmal 4,43 μM BA + 2,32 μM Kin mellett volt. A gyökeresedés legjobban 1,07 μM NAA adagolásával volt átlagos 30,51 gyökérrel (Romo-Paz *et al* 2020).

Egy másik kísérlet során, levélmintákat használtak a földicseresznye mikroszaporításához. MS táptalajon, 0,25-0,30 mg/l BAP hozzáadásával elsősleges hajtásnövekedéshez. IAA és GA₃ hozzáadásával a BAP-on felül nagyobb hajtásnövekedést produkált. A maximuma akkor volt, amikor MS + BAP (1,0 mg/l) + IAA (0,5 mg/l) + GA₃ (0,20 mg/l) kombinációt alkalmazták a harmadik hajtatási fázisban. A gyökereztetéshez MS

táptalajt használtak különböző koncentrációval kevert IBA adagolásával. A legintenzívebb gyökeresedés 1,0 mg/l IBA adagolásával volt. Sikeresen talajba lettek átültetve, a túlélési arány 85 %-os volt (Kumar és mtsi 2016).

2.4.5. Paradicsom mikroszaporítása

A paradicsom növényre, mint gazdaságilag jelentős szereplőre a zöldségtermesztésben már számos mikroszaporítási kísérletet végeztek, szaporítása történhet direkt és indirekt módon (Dwivedi *et al* 1990). Ezek eredményeit érdemes számításba vennünk, mivel a paradicsom kö *Arulananthu* és munkatársai nagy sikereket értek el kallusz indukálásban, amihez explantumként cotyledonokat használtak. Legnagyobb mennyiségű kalluszt, valamint a legnagyobb tömegűt is 8.88 μ M BAP és 1.14 μ M IAA kombinált használatával érték el MS táptalajon. Hajtásindukcióhoz, valamint a hajtások megnyúlásához is ez volt az optimális koncentráció, ám gyökereztetéshez teljesen hormonmentes MS táptalajt alkalmaztak.

Afroz és munkatársai úgy mikroszaporítottak paradicsom növényeket, hogy IAA és Kinetin kombinációkat teszteltek különböző explantumokon, de ezek mellett kókuszvizet is alkalmaztak. A kókuszvizet gyakran használják mikroszaporítási kísérletek során, valamint az iparban is növekedést serkentő hatásmechanizmusa, valamint citokinin hatásmechanizmusa miatt, ami elősegíti a sejtosztódást, valamint ezáltal a növekedést (Prando *et al* 2014). Kísérleteik során 0,5 mg/l IAA koncentrációval dolgoztak különböző mennyiségű (0,5-2,5 mg/l) Kinetin kiegészítéssel, valamint 12% kókuszvíz hozzáadásával. Megállapították, hogy a fajták számára optimális hormonszint között eltérések vannak, ezért érdemes a fajtákra optimalizálni 1-1 protokollt. Ennél kiemelkedőbb eredmény, hogy a kókuszvíz hozzáadása minden esetben pozitív eredményt hozott, viszont a kereskedelmi forgalomban kapható kókuszvizek beltartalmi értékei nagy eltéréseket mutathatnak, érdemes ezeket előzetesen vizsgálni.

Cruz-Mendívil és munkatársai paradicsomnövények transzformációja céljából dolgoztak ki egy regenerációs protokollt 'Micro-Tom' fajtára, ők is MS táptalajjal dolgoztak BAP, ZT, TM kombinációival, valamint levélkorongokat használtak explantumként. Legnagyobb mennyiségű kalluszindukciót 2 mg/l ZT és 300 mg/l TM hozzáadásával érték el. Hajtásnövekedéshez és gyökereztetéshez az MS táptalajhoz nem adtak hormonokat, kizárólag a cukor mennyiségét, valamint a táptalaj erősségét változtatták. Legjobb gyökeresedési rátát, valamint hajtásnövekedést 30 g cukor hozzáadásával 1x-es MS táptalajon sikerült produkálni.

A megfelelő koncentrációk segítségével sikerült a protokolt optimalizálniuk, valamint transzformáns növényeket létrehozni.

Stavridou és munkatársai szintén transzformánsokat terveztek létrehozni paradicsom hibridekből, amelyhez optimalizáltak egy mikroszaporítási protokollt. Mindegyik hibrid mikroszaporításához cotyledont használtak explantumként, Felina esetén 1.0 mg/l ZT és 0.1 mg/l IAA eredményezte a legnagyobb mennyiségű hajtásképződést (94.4%). Don Jose (92.5%) and Siena (83.3%) is elég nagy százalékban produkáltak hajtásokat, ám számukra az optimális hormonkombináció 0.5 mg/l ZT és 0.1 mg/l IAA volt. Az így indukált hajtások gyökeresítéséhez minden hibrid esetében MS táptalaj 0.1 mg/l IAA hozzáadásval érte el az optimális gyökeresedési rátát.

Ahogy a korábban felsorolt eredményeket összegezzük, megfigyelhető, hogy a paradicsomra nem lehet egyetlen optimális protokollt kialakítani, hiszen a különböző fajták között is nagy eltérések tapasztalhatók. Mivel a paradicsom közeli rokonsági kapcsolatban áll a paprikával, így az itt összegzett eredmények segítségével szolgálhatnak az optimális hormonkoncentrációk kiválasztásában, az akklimatizációs folyamat elősegítésében.

2.5. A paprika sejt – és szövettenyésztésének eredményei

2.5.1. Felhasznált explantum

Ahogy az előzőekben is láthattuk, számos kiindulási anyagot használnak a különböző növényfajok mikroszaporításhoz, ám köztük jelentős különbségek is lehetnek. Paprika esetében portok kultúrát használtak DH-R1 fejlesztésére, F1 hibrid regenerálásával. A regenerálódott növénykéek üvegházban lettek nevelve, maghozás céljából, amiből felnevelték a DH-R2 vonalat, de előtte bevizsgálták áramlásos citometriával, hogy melyik DH-R1 növénykéek voltak haploidok, dihaploidok, tetraploidok és aneuploidok. 47 DH-R2 mintát 9 csoportba rendezték és PCR analízissel becsülték meg a homogenitását vagy heterogenitását az F1 (DH-R0) hibrid portok kultúra csoportjához képest (Gyulai *et al* 1999).

Egy másik kísérlet során 15 év alatt, több mint 2000 genotípust vizsgáltak, amihez *in vitro* portok kultúrát használtak. A vizsgálatok során arra jutottak, hogy 3 % maltóz használata az indukálás folyamatán növelte a felhasználható portokok arányát és a növény regenerálódást. A kísérletsorozat folyamán mikrospóra kultúrákat is felhasználtak édes és csípős paprika esetében. A mikrosópra akkor van megfelelő fejlettségi állapotban - hogy izolálják a mikrospóra kultúrát - amikor a portok 50-90 % mononukleáris és 20-50 % binukleáris mikrospórát tartalmaz a donor rügyekben. Az előhőkezelés és mannitolos előkezelés fontos

hatással voltak a mikroszporák fejlődésére, abból a szempontból, hogy fejlődésük szinkronizálva lett. Búza ovárium co-kultúráként történő felhasználása elősegítette az embrionális fejlődést. Végül a zöld növények mikroszpora eredetű embriókból lettek regenerálva (Gémes Juhász és mtsi. 2009).

Ezek mellett számos kísérletben használnak levelet (Sanatombi és Sharma 2008) (Gayathri és mtsi 2015), hajtáscsúcsot (Christopher és Rajam 1994), cotyledont (Hu és mtsi. 2012) (Mezghani *et al* 2007) és hypokotylt (Kumar *et al* 2012). Szász és mtsi (1995) cotyledont és gyökeres hypokotilt használt fel explantumként.

Nodális explantum felhasználásával sikeresen mikroszaporítottak 'Pusa Jwala' pirospaprikát (Ahmad és mtsi. 2006).

Hu és mtsi. (2012) levél és rügy renegerálódásról számolnak be hypocotyl felhasználása mellett, míg cotyledonnál nem értek el ilyen eredményt, chili esetében.

A felhasznált donornövény kor - amiből az explantumot megszedik- befolyásolhatja a hajtásregenerálódás mértékét. Minél idősebb, annál alacsonyabb a regenerálódási ráta (Jericó *et al* 2010) (Hu és mtsi. 2012).

Cotyledon és fiatal levelek felhasználása explantumként lett vizsgálva különbözőn chili paprikák mikroszaporításánál. A fiatal levelekből sikerült nagyobb arányú regenerálódást elérni a cotyledonnal szemben (Golegaonkar és Kantharajah 2006).

Mivel a paprika fajon belül a fajták között is ekkora eltérések tapasztalhatóak, ez indokolja kísérletünket, hogy bizonyos, gazdaságilag jelentős fajták egyéni igényeire szabva indokolt kialakítani egy optimalizált mikroszaporítási protokollt.

2.5.2. Növekedésszabályzó hormonok hatása a regenerációra

A regenerációs folyamat során felhasznált növekedés-szabályzó hormonok felhasználása változó a paprika faj mikroszaporítása esetén.

Piros paprikákkal beállított kísérlet folyamán BAP-ot használtak 1,0 mg/l – 5,0 mg/l magában az MS táptalajon vagy IAA kombinációjával 0,1 mg/l – 1,0 mg/l koncentrációban. A 'Kashi Anmol' és 'LCA-235' fajták a 4,0 mg/l BAP koncentráció mellett érték el a legmagasabb hajtás regenerálódási rátát. Ezt chili esetében 2,0 mg/l BAP koncentrációval a 'Pusa Jwala' és 'PBC-535' fajtákkal érték el. Míg 1,0 mg/l koncentráció mellett 80 %-os regenerálódást értek el 'Supper' fajtával (Kumar *et al* 2012).

Hu és mtsi. (2012) kettő *Capsicum annum* fajtával és egy *Capsicum frutescens* fajtával végzett kísérletet. Ebben a tanulmányban a három különböző növény esetében a regenerálódás

rátája akkor volt a legnagyobb, amikor IAA (2,85 μM) + AgNO_3 (26,51 μM) + BA (19,98 μM) kombinációt használták. Mindhárom fajtánál 90 % feletti arányt sikerül elérni.

Legnagyobb számú hajtásregenerálódást *Capscum chinense Jacq cv. Umorok* esetében a következő táptalajba történő növekedésszabályzó anyagok bekeverése esetében érték el (Sanatombi és Sharma 2008):

- 91,2 μM zeatin vagy
- 31,1 μM BAP + 4,7 μM Kin

Ezekből levonható az a következtetés, miszerint paprika fajok esetében a növekedést szabályozó anyagok hatása és koncentrációja fajtánként és fajonként eltérő.

Jericó és mtsi. (2010) 'Habanero' paprika mikroszaporítási kísérlete folyamán a növények regenerálódásához 3,4 μM PAC +3,4 μM TDZ felhasználásával érték el a legnagyobb regenerálódási százalékot, szignifikánsan a többi kezeléshez viszonyítva.

2.5.3. GA₃ hatása a hajtásnövekedésre

Számos eredmény bizonyítja, hogy GA₃ alkalmazása pozitív hatással van a regenerálódási szakaszt követően a növény hajtásnövekedésére (Mezghani *et al* 2007) (Hu *et al* 2012) (Peddaboina *et al* 2005). Kumar és mtsi (2012) szintén alkalmaztak GA₃-t és már 0,5 mg/l koncentrációban pozitív hatás érték el a hajtások megnyúlását tekintve, azonban a koncentráció növelésével, 1,0-2,0 mg/l koncentrációk esetében már nem számolhattak be erről az előnyről, tehát elmondható, hogy a magasabb koncentráció nem vezetett a hajtásnövekedés további elősegítéséhez. Golegaonkar és Kantharajah (2006) GA₃ (2,2 μM) alkalmazását BA (4,4 μM) kombinációval találta kellően hatásosnak a hajtásnövekedés szempontjából.

2.5.4. Auxinok hatása az egyes paprika fajták/fajok gyökerezésére

A gyökereztetés folyamán az auxinok adagolásával elősegíthető a nagyobb gyökértömeg elérése, azonban egy bizonyos mennyiségen felül ez a folyamat visszafordul és túlzott mennyiség felhasználása mellett az auxin inhibitoroként viselkedik (Muday és Haworth 1994).

Az *in vitro* regenerálódott paprika fajok esetében különböző mértékű gyökerezést értek el, más-más auxin hatására.

Sanatombi és Sharma (2008) *Capscum chinense Jacq cv. Umorok* paprikánál 2,7 μM és 4,9 μM IBA kezelés mellett tapasztalták a leghosszabb gyökérnövekedést.

Capsicum Chinense Jacq. (*Naga King Chili*) mikroszaporítása során a regenerálódást követően a gyökeresedés 8,87 μ M BAP + 7,36 μ M IBA kombinációja mellett volt a legnagyobb mértékű, mint gyökérszámban, mind gyökérhosszban és a gyökeresedési ráta tekintetében is.

Christopher és Rajam (1994) paprika esetében a regenerálódott hajtások gyökereztetését követően arról számoltak be, hogy 1 μ M TIBA + 69,7 μ M kinetin táptalajba való keverése mellett érték el a legnagyobb arányú gyökeresedést.

Hu és mtsi. (2012) három különböző chilit vizsgálva a mikroszaporítás gyökereztető fázisában arra jutottak, hogy 0,57 μ M IAA + 0,69 μ M NAA kombinációjával érhető el a legnagyobb gyökeresedés *Capsicum annuum* var. *annuum* cv. *Xinsu*, *C. annuum* var. *Annuum* cv. *Neimengchifeng* és *C. frutescens* cv. *Xingfu* eseteiben. A jelzett koncentrációk mellett a gyökeresedési ráta 95 % felett volt.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kísérlet körülményei

A beállított kísérletet a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetemen, a Genetika és Biotechnológia Intézet, Genetika és Genomika Tanszékén, a sejt és szövettenyésztő laboratóriumban került beállításra.

3.2. Felhasznált növény

A felhasznált paprika fajta, amellyel a kísérlet során dolgoztunk a „Fehérözön”. Jellemzője, hogy determinált, fehér bogyójú, édes, kúpalakú, tölteni való. Tobamo vírus közönséges törzseivel szemben rezisztenciával rendelkezik, míg toleránsnak mondható a takácsatkákkal szemben. Ajánlott mind hajtásra, mind szabadföldi termesztésre ([http 1](http://1)) (7.ábra).



7. ábra A fehérözön paprikanövény (forrás: borhykert.hu)

3.3. MS táptalaj elkészítése

Kísérletünkhöz MS táptalajt használtunk (8. ábra). Táptalaj készítése során a makro-, mezo- és mikroelemeket törzsoldat formájában összemértük egy lombikba. Hozzáamértük a szilárd összetevőket, a szacharózt, valamint a myo-inozitolt. Az összetevők elkeverése az oldatot egy mérőhengerbe töltöttük, majd feltöltöttük desztillált vízzel addig, amíg a végtérfogatot elértük, majd visszatöltöttük a lombikba. A táptalaj pH-ját 5,6-5,8 közé állítottuk be automata Ph-mérő segítségével. Utolsó lépésként az agar port mértük hozzá. A lombikot alumínium fólia segítségével szorosan lezártuk, majd autoklávoztuk 121 °C-on, 15 psi-n, 20 percen keresztül. A kész táptalajt lamináris boxban előzetesen hőlégsterilizálóval (200°C-on 120 percig) sterilizált üveg edényekbe töltjük, majd miután lehültek, megszilárdultak, őket alaposan lefedjük.

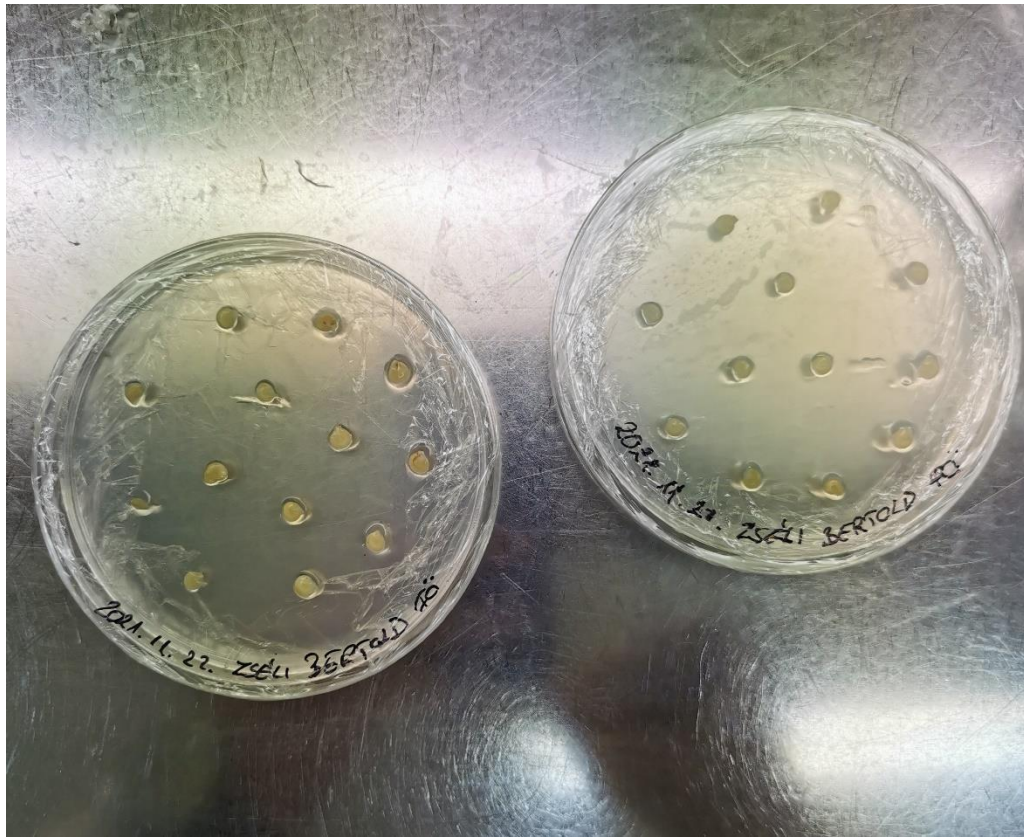
8. ábra A használt MS táptalaj összetevői

Összetevő megnevezése	Mennyiség
makroelemek	mg/l
KNO ₃	1900
NH ₄ NO ₃	1650
CaCl ₂ x 2H ₂ O	440
MgSO ₄	370
KH ₂ PO ₄	170
mezoelemek	mg/l
FeSO ₄ x 7H ₂ O	27,80
Na - EDTA	37,30
mikroelemek	mg/l
MnSO ₄ x 4H ₂ O	22,30
ZnSO ₄ x 7H ₂ O	8,60
H ₃ BO ₃	6,20
KJ	0,83
Ma ₂ MoO ₄ x 2H ₂ O	0,25
CuSO ₄ x 5H ₂ O	0,025
CoCL ₂ x 6 H ₂ O	0,025
vitaminok	mg/l
inozitol, B8	100,00
tiamin, B1	0,10
nikotinsav, B3	0,50
piridoxin, B6	0,10
glicin	2,00
egyéb	g/l
agar	8,00
szacharóz	30,00

3.4. Növényi explantumok előkészítése

Az előkészítés során steril körülmények között dolgoztunk lamináris boxban. A vetőmagok első lépésként kaptak egy felületi fertőtlenítést 45 másodpercen keresztül, amelyhez 70%-os etanolt használtunk folyamatos keveréssel. Ezt követően 20 perces, 1 %-os hipoklorit (Hussain *et al* 2021) oldatban történt áztatás, folyamatos rázatás mellett. Amint ez befejeződött, steril desztillált vízzel lemostuk a magokat háromszor egymás után, hogy minden maradék hipot eltávolítsunk róluk. Steril szűrőpapíron megszáritottuk őket, majd steril petricsészébe tettük, amibe előkészítettünk MS táptalajt, amely összetevőit a 8. *ábra* tartalmazza.

Az ilyen módon előkészített vetőmagok (9. *ábra*) bekerültek csíráztató szekrénybe, ahol 25 °C-on, 16 óra megvilágítás és 8 óra sötétség mellett, 5000 lux fényintenzitással. BINDER Model KBWF 240 típusú csíráztató kamrával (BINDER GmbH, Tuttlingen, Germany) és Osram BIOLUX T8 L 18W/965 G13 típusú fénycsövekkel (amsOSRAM AG, Premstaetten, Austria).



9. ábra Az előkészített steril vetőmagok MS oldaton
Forrás: saját fotó

3.4. Az alkalmazott kezelések

4 hét után a növényekről levágtuk a hypokotilt, cotyledont és a leveleket, majd táptalajra helyeztük őket. A kísérlet beállításához a táptalajhoz adtunk többféle növénynövekedést serkentő hormont a fejlődés különböző stádiumába. Többek között BAP, IAA, GA₃ más-más koncentrációkban. Csíráztatáshoz nem adagoltunk növekedés serkentő anyagot a táptalajba. Hajtásrügy növekedés indukálásához a BAP-ot használtuk 0-4 mg/l koncentrációkban. A növényi explantátumokból 2 hetet követően tapasztaltunk hajtásnövekedést. Azokban az esetekben, ahol hajtáskezdeményt lehetett megfigyelni a hajtás erősödését indukáltuk GA₃ hozzáadásával a táptalajba (0,5-1 mg/l), emellett kontrollként hormonmentes táptalajt is használtunk. Az így megerősödött hajtásokat levágtuk az explantumról és gyökernövekedést segítettük elő azzal, hogy 0,5-1 mg/l IAA-t adtunk a táptalajhoz, ezen felül hormonmentes oldatot is használtunk. Összefoglalva BAP-ot és GA₃-t használtunk a hajtásregenerálásához és erősödéséhez, utána a gyökereztetéshez IAA-t kevertünk a táptalajba. Minden hormonos kezelés mellé beállítottunk kontrollként, szimpla MS táptalajt is. A meggyökeresedett növénykéket áthelyeztük hormonmentes táptalajra.

3.5. Statisztikai értékelés

A kísérlet kiértékeléséhez kiszámoltuk a regenerációs arány százalékban kifejezve. Ehhez a regenerálódott növények számát osztottuk el az összes felhasznált explantátummal, majd megszoroztuk 100-zal. Az eredményeket grafikonokon ábrázoltuk, amelyekhez MS Excel 365-tel készítettük.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1. A különböző növényi anyagok

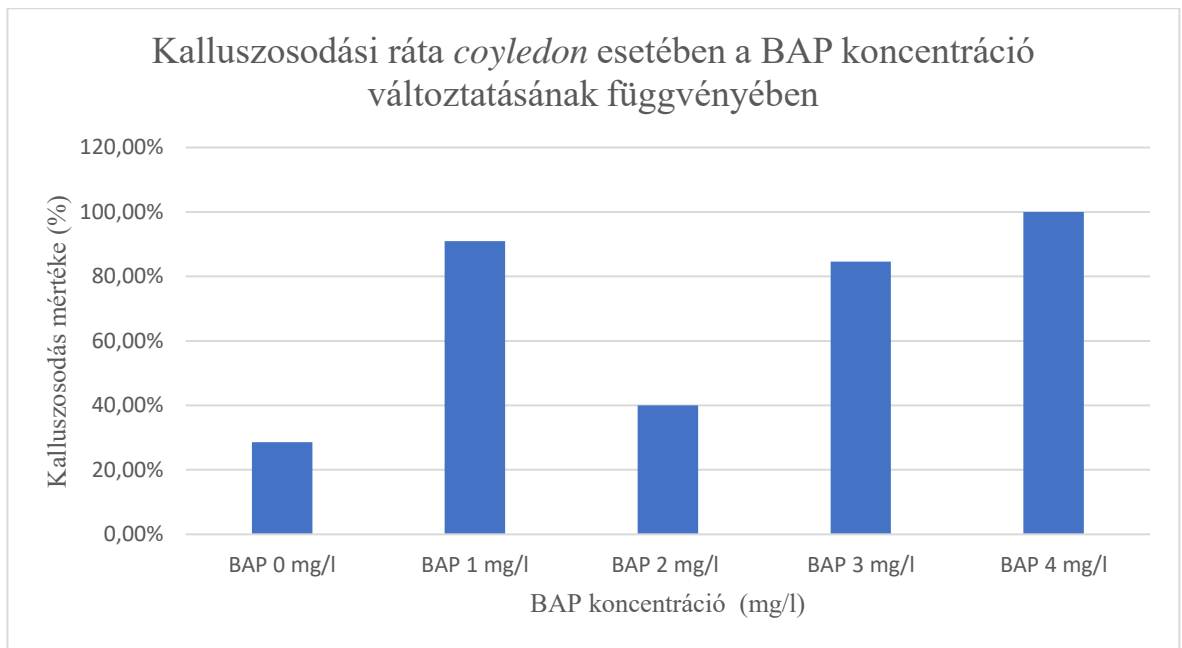
A kísérlet során a magból kifejlődött növényeket, feldaraboltuk és levéldarabot, hypokotilt és cotyledont használtunk fel explantumként a regeneráláshoz.

4.1.1. Cotyledon

A felhasznált növényi explantumok közül ez az egyik, ahol kalluszosodáson túl további eredményt nem értünk el, növényregenerációt nem tudtunk indukálni. Ezzel szemben számos jelentés készült, hogy cotyledon felhasználással regeneráltak növényeket (Szász *et al* 1995) (Gatz és Rogozinska 1994). A cotyledon esetében a BAP koncentrációjától függően 28,57 – 100,00 %-os volt a kalluszosodási arány. A kontroll (MS+0 mg/l BAP) csoportban a kalluszosodás mértéke 28,57 % volt a tapasztalataink alapján. Ezt követte 40,00 % -kal a +2 mg/l BAP + MS, 84,62 %-kal a + 3 mg/l BAP + MS. 90,91 %-os volt a ráta az + 1 mg/l koncentráció esetén, míg 100 %-os kalluszosodás volt megfigyelhető a legmagasabb koncentráció (+4 mg/l BAP) mellett (10. ábra) (11. ábra).



10. ábra Bal oldalon cotyledon explantumok +4 mg/l BAP koncentrációjú táptalajra letéve és jobb oldalon: 2 hét később

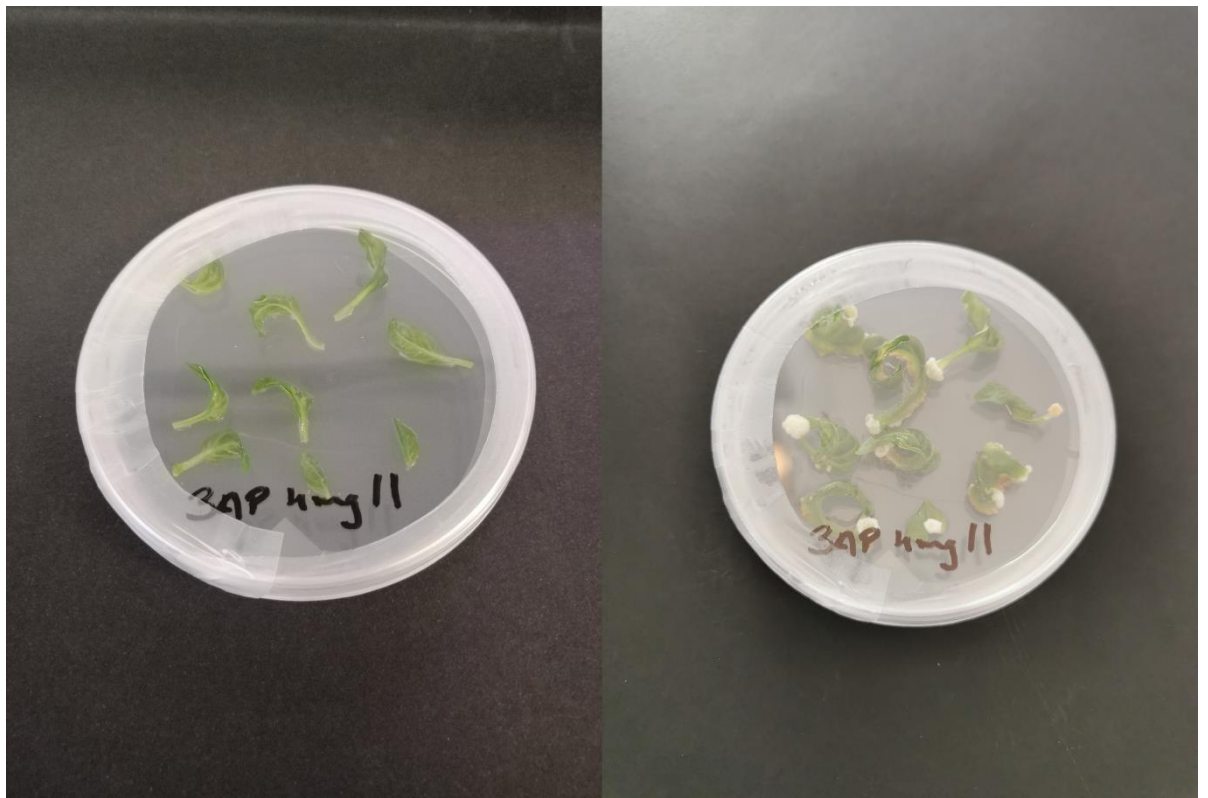


11. ábra Kalluszosodási ráta 'Fehérözön' paprika *cotyledon in vitro* mikroszaporítása során

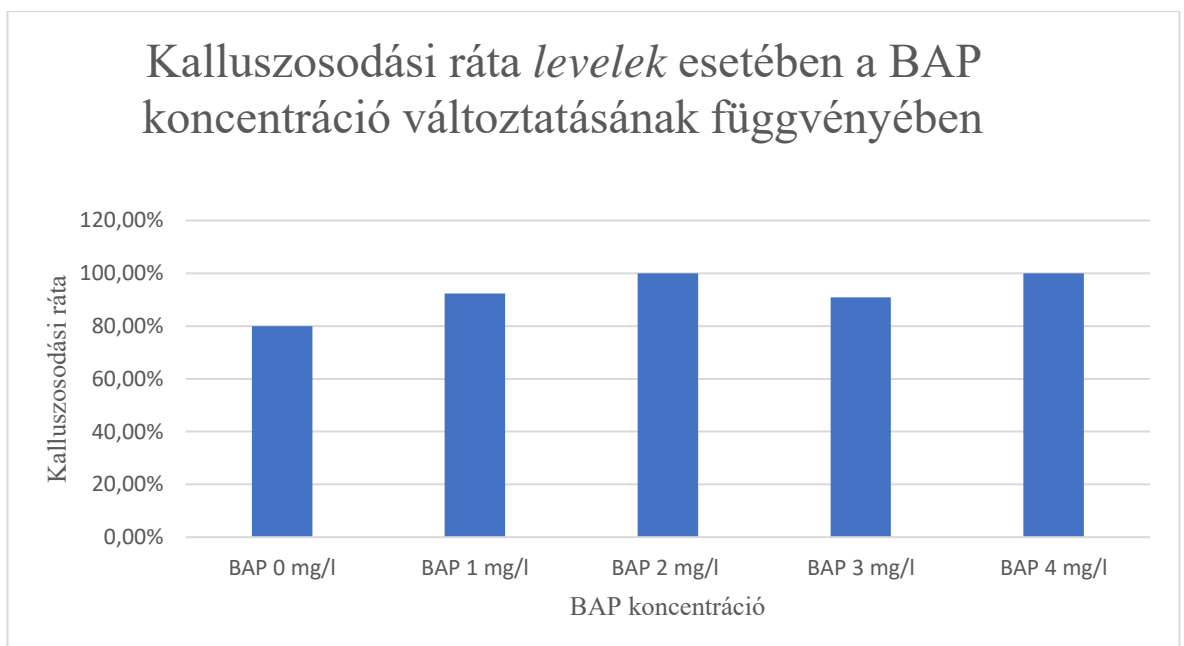
Ha megvizsgáljuk, ($p < 0,05$) egytényezős varianciával a kapott eredményeket, azt láthatjuk, hogy a kontrollhoz képest szignifikánsan nagyobb kalluszosodási értéket kaptunk + 1 mg/l, +3 mg/l és +4 mg/l BAP hozzáadásával az MS táptalajba. Az előbbi három koncentráció esetében, szignifikáns különbség nincsen, de legmagasabb végeredményt a + 4 mg/l BAP esetén kaptunk.

4.1.2. Levelek

A levelek esetében 80 % feletti kalluszosodási arányt tapasztaltunk. Az MS + 2 mg/l BAP és MS + 4mg/l BAP esetében 100 %-os volt a kalluszosodás levél explantumok felhasználásával (12.ábra) MS +1 mg/l BAP-nál 92,31 % és MS +3 mg/l BAP esetén 90,91 %-os eredményt regisztráltunk (13.ábra). A kontroll csoport esetében 80,00 % volt az arány. Ahogy előzőekben már említettem, levél esetén sem sikerült regeneráns növényeket elérni. Hasonlóan nem értek el regenerálódást levél korongok felhasználásával Kumar és mtsi. (2012). Ezzel szemben Gatz és Rogozniska (1994), Golegaonkar és Kantharajah (2006) arról számoltak be, hogy fiatal leveleket felhasználva regeneráltak növényeket.



12. ábra Kalluszosodás levél explantumok felhasználása során. Bal: BAP kezelés előtt Jobb: BAP kezelés után.



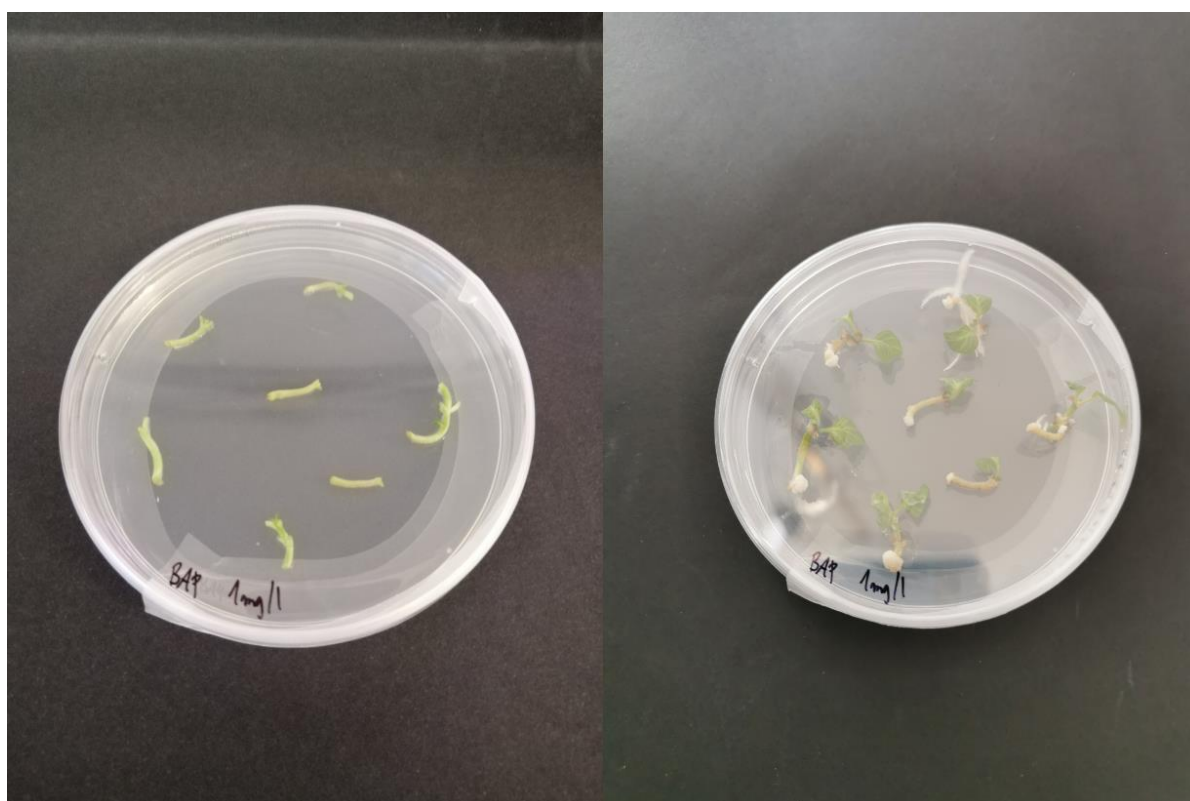
13. ábra Kalluszosodási ráta 'Fehérözön' paprika levelek *in vitro* mikroszaporítása során

A kontrollhoz képest minden kezeléssel szignifikánsan nagyobb kalluszosodást lehetett elérni fiatal levelek explantumként történő felhasználása során ($p < 0,05$). Az MS +1 mg/l és MS

+ 3 mg/l között a szignifikancia nem volt kimutatható, míg MS +2 mg/l és MS + 4 mg/l BAP koncentráció között sem.

4.1.3. Hypokotyl

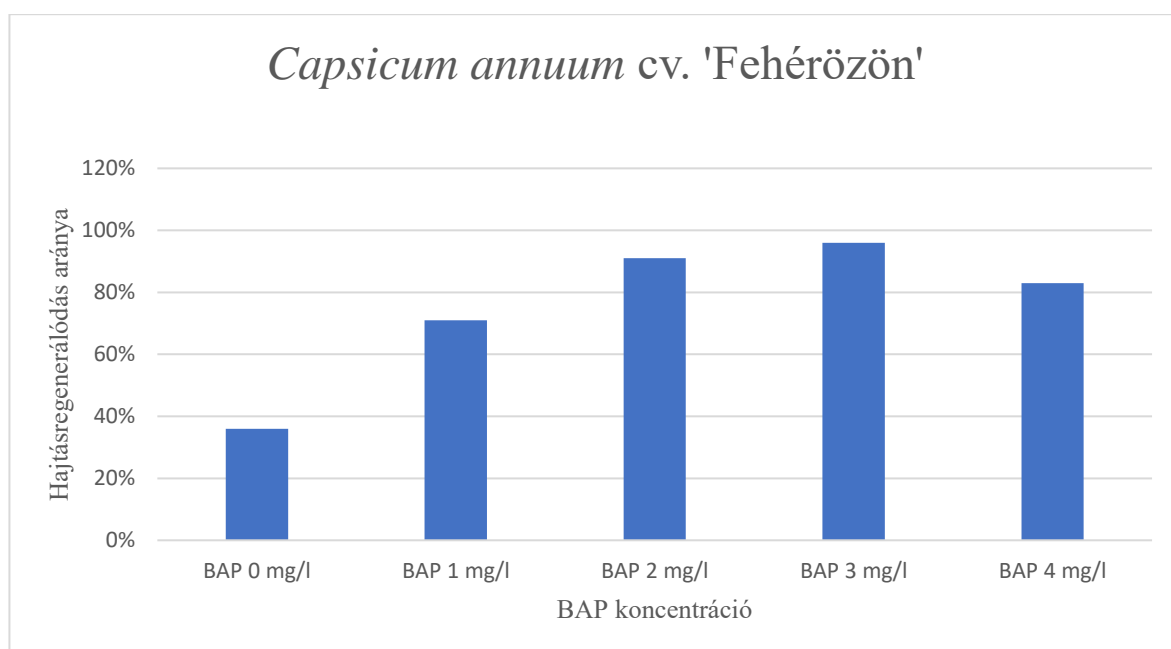
Előzőkben leírt kísérletünk során a teljes növényi regenerálódást *hypokotyl* explantumok felhasználásával tudtuk elérni. Az explantumokat hormonmentes kontroll MS táptalajra tettük, valamint +1 mg/l, +2mg/l, +3 mg/l és +4 mg/l BAP hozzáadásával MS táptalajra helyeztük (14. ábra). Szász és mtsi. (1995) gyökeres hypokotylt használtak fel explantumként, amelyhez BAP + IAA hormont adagoltak különböző kombinációkban. Kísérletük során az így felhasznált explantumokból nem tudtak sikeresen hajtást regenerálni. Ezzel szemben Kumar *et al* 2012 hypokotylt felhasználva, MS + BAP (1-4 mg/l) táptalajt használva érték el hajtásregenerációt. Kísérletük során, fajtától függően a 4 mg/l és 2 mg/l BAP koncentráció mellett érték el a legnagyobb mérekkü regenerációs rátát a kontroll csoporthoz képest. Szintén sikeresen regeneráltak növényeket Rafael és Neftali (1996) hypokotylból. Tehát jól látható, hogy hypokotyl, mint explantum általánosan jól hasznosítható növényi regenerációhoz (Arous *et al* 2001).



14. ábra Bal oldalon: hypokotyl MAS +1 mg/l BAP lehejezőszoz és jobb oldalon: két hét elteltével

Sikeres hajtáregenerációt, legnagyobb mértékben MS + 3 mg/l BAP kezelés során értük el. Hajtásregenerációt összességében következő arányokban értük el, amelyet a 15. ábrán is összegzünk:

- kontroll csoport: 36%
- BAP 1 mg/l: 71%
- BAP 2 mg/l: 91%
- BAP 3 mg/l: 96%
- BAP 4 mg/l: 83%

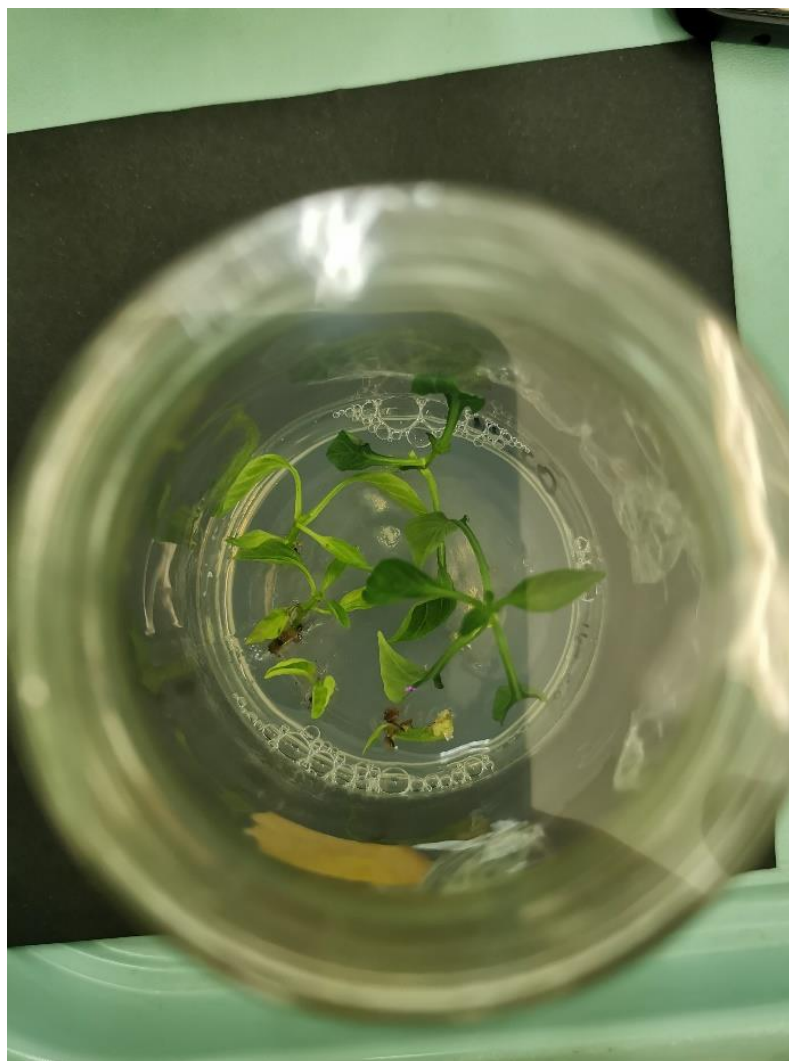


15. ábra Hajtásregenerálódás aránya a BAP koncentráció változtatásának függvényében *Capsicum annuum* cv. 'Fehérözön' paprika esetében

4.2. Hajtás növekedés

A felhasznált explantumok közül sem levél, sem cotyledon esetében nem értünk el növény regenerációt. Ezért a továbbiakban kirázólag a hypokotylot használtunk a kísérlet folytatásához. Miután hypokotylból hajtásnövekedést indukáltunk, a növényanyagot, áthelyeztük MS táptalajra, GA₃ hormon hozzáadásával különböző koncentrációkban (0,5-1 mg/l). Azt tapasztaltuk, hogy 0,5 mg/l GA₃ adagolásával sikeresen elősegítettük a hajtások növekedését, azonban nagyobb mértékű koncentráció más kutatások eredményeihez hasonlóan nem hozott eredményt (16. ábra). Mezghani és mtsi. (2007) szintén GA₃ hormont használtak hajtásnövekedés elősegítése, a hajtás megnyúlásának indukálása érdekében. A

kísérletük során 2,8 mg/l koncentrációban bekeverve MS táptalajba elegendőnek bizonyult a kellő növekedés eléréséhez. Golegaonkar és Kantharajah (2006) levél explantumból regenerált növényeket MS + BAP + GA₃ kombinációs táptalajra helyezte és arra a következtetésre jutottak, hogy a legmegfelelőbb arány az MS + 4,4 mg/l BAP + 2,9 mg/l GA₃.



16. ábra cv. 'Fehérözön' paprika hypokotylból regenerálódott hajtások GA₃ kezelést követően

4.3. Gyökérnövekedés indukálása

A gyökereztető hormon kezelések közül 0,5 mg/l IAA bizonyult elegendőnek a növények gyökérnövekedésének indulásához (17. ábra). A kontroll csoport hormonmentes MS táptalajon nem mutatott gyökeresedést a vizsgálat során. Emellett a magasabb koncentráció az IAA kezelés esetében inhibitorként hatott a növények gyökeresedésére és növekedésére is. Ebida és Hu (1993) 0,5 mg/l és 0,4 mg/l IAA használatával értek el szintén gyökeresedést a növényeken 1 hónapot követően. Sanatombi és Sharma (2006) IAA és IBA hormont is

használtak a gyökereztetés során és arra jutottak, hogy mind a kettő hormonnal sikeres a gyökereztetés. IAA esetén 2,85 μM elegendő volt a 70 %-os arányhoz, míg IBA esetén a koncentráció 2,46 μM volt és 80 %-os gyökeresedési rátát tapasztaltak. Miután meggyökeresedtek a növények, hormonmentes MS táptalajra tettük és miután kellőképpen megerősödtek, megnőttek, megkezdtük az akklimatizációjukat. (18. ábra).



17. ábra Regenerálódott cv. 'Fehérözön' paprika növény

Akklimatizációjuk során a növényeket óvatosan ki kellett szedni a táptalajról, majd gyökereikről óvatosan lemosni a táptalajt. A növényeket virágföldet tartalmazó apró cserepekbe kell helyezni, majd őket az üvegedényekkel lefedni, hogy biztosítva legyen számukra az optimális páratartalom. A folyamat során a növényeket fokozatosan, óvatosan kell szoktatni a klímához.



18. ábra Akklimatizálás folyamata, talajban, cv. 'Fehérozön' paprika regenerált növény

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Számos szaporítási módszer közül a mikroszaporítás egy fontos módszer, amely kutatása folyamatos és elkerülhetetlen.

Jelen kísérletünk során, Magyarország termesztés szempontjából legkedveltebb paprika fajtájára, a 'Fehérözön'-re igyekeztük megtalálni az ideális módszert, hogy mikroszaporítással növényt regeneráljunk. A *Solanaceae* család növényfajai köztük a paprika esetében is már számos esetben sikeresen regeneráltak növényeket.

Mint láhattuk számos tényező közrejátszik ennek sikerességében. Az alkalmazott kezeléseket MS táptalajon állítottunk be, különböző növényi explantumok felhasználásával.

Levelekből és cotyledonból felhasznált explantumból a 'Fehérözön' paprika esetében csak kalluszosodást lehet elérni BAP hormon hozzáadagolásával az MS táptalajba. A különbség szignifikánsan nagyobb volt minden kezelés esetében a kontroll csoportokhoz képest. Kalluszosodást legnagyobb arányba, levelek esetében MS + 4 mg/l BAP kezelésénél értünk el, míg cotyledonnál a legnagyobb értéket, MS + 1 mg/l BAP esetében tapasztaltuk. Ezzel szemben Berljak (1999) sikeresen regenerált 'Soroksári' paprikát cotyledon felhasználásával. Arroy és Revilla (1991) szintén felhasznált cotyledont, tudtak is regenerálni belőle hajtásokat, azonban gyökeresedés szórványos volt.

A mi kísérletünk az bizonyítja, hogy 'Fehérözön' regenerálására legalkalmasabb explantum a hypokotyl. Legsikeresebb regenerációt MS + 3 mg/l BAP kezelés mellett értük el. Hasonlóan ezzel a kezeléssel érte el a legmagasabb regenerációs rátát Hossain *et al* (2018).

A regenerálódott növényeket GA₃ hormonnal kezelt táptalajra tettük és 0,5 mg/l elegendőnek bizonyult a MS táptalajba, hogy sikeresen hajtásnövekedést indukáljunk. IAA hormont használtunk, hogy gyökereztessek a növényeinket. Ezzel a kezeléssel (MS + 0,5 mg/l IAA) 100 %-os gyökeresedést értünk el. Magasabb koncentráció nem mutatott sikeres gyökeresedést, ellenkezőleg inhibitor hatással volt a növényekre. Golegaonkar és Kantharajah (2006) szintén IAA-t használt a gyökereztetéshez és sikerrel jártak Az MS táptalajhoz 2,9 µM koncentrációban tapasztalták az optimális mennyiséget. Szintén magas gyökeresedési arányt ért el Dabauza és Pena (2001), Marta és Nowaczyk (2015).

A megerősödött, gyökeresedett növényeket, hormonmentes MS táptalajra helyeztük és hagytuk növekedni őket. Az így fejlődött növények azután kikerültek a steril környezetből és sterilizált talajba tettük, majd befedtük üveggel, hogy nagyobb hőmérsékletet és páratartalmat biztosítsunk. Két hetet követően többször is eltávolítottuk az üveget a növényekről, hogy szoktassuk őket növényházi kondíciókhoz. A növényeket ezután kihelyeztük normál termesztési körülmények közé, növényházba.

Kísérletünket tervezzük folytatni további hormonkoncentrációk kombinációjának kipróbálásával a korábban említett explantum típusokon, valamint több ismétlésben elvégezni a kísérleteket. A továbbiakban jó lenne egy kallusz-növény regenerációs rendszert kidolgozni és optimalizálni a gazdaságilag jelentős 'Fehérözön' fajtára, amely növénytranszformációs kísérletekhez elengedhetetlen. Érdemes lenne a kísérletet kiterjeszteni más, gazdaságilag jelentős fajtákra is.

Összességében kísérletünk során meghatároztuk a 'Fehérözön' paprika sikeres mikroszaporításához az optimális explantumot, hormonkoncentrációt a regeneráláshoz, hajtásnövekedéshez, majd a gyökereztetéshez is.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarországon jelentős kertészeti kultúra a paprika, mind hajtásban, mind szabadföldi termesztésben. A termesztett fajták közül az egyik legkedveltebb a 'Fehérözön', amellyel a kísérletünket végeztük.

A szakirodalomból kiderül, hogy már számos növény fajra, fajtára sikeresen kidolgoztak mikroszaporítási protokollt. Elmondható, hogy mind dísnövények, gyümölcstermőnövények és számos zöldségnövényre meghatározták az optimális eljárást. Az irodalmi áttekintésből előre megállapítható volt, hogy számos tényező befolyásolja a mikroszaporítás sikerességét, a regenerációt. Ilyen a fajta, a növény kora, a felhasznált explantum, a táptalaj és hozzá adott hormonok, illetve azok koncentrációja. *Capsicum annuum* L. több fajtájára sikerrel fejlesztettek ki megoldást a mikroszaporításhoz. A 'Fehérözön' fajta esetében nem találtam olyan publikációt, amely arról számolna be, hogy sikerrel jártak, így ezt a fajtát választottuk kísérletünk alanyául.

A kísérletünk elsődleges célja az volt, hogy 'Fehérözön' paprika eredményes mikroszaporítási eljárást kifejlesszünk.

A felhasznált explantumok a cotyledon, hypokotyl és levelek voltak. Míg az alkalmazott táptalaj az MS és a kezelések a különböző fejlődési szakaszokban más és más volt, több koncentrációban. Első közben regenerálni igyekeztünk a növényt, ehhez használtunk BAP-ot, majd miután láttuk, hogy sikeresen csak hypokotylból tudtunk regenerálni növényt, azzal folytattuk a kísérletet. Ezt követte a növényi hajtásnövelés, aminek indukálásához GA₃ hormont alkalmaztunk. Az így kapott növénykéket IAA hormonnal kevert MS táptalajra helyeztük, hogy a gyökeresedést beindítsuk. A meggyökeresedett növények ezután, tiszta MS táptalajra kerültek, majd következett az akklimatizációs szakasz.

Ezt követően kiértékeljük a kapott eredményeket, olyan módon, hogy megnéztük, milyen arányban reagáltak az explantumok a kezelésekre.

Cotyledon és levél esetében csak kalluszosodást értünk el. Legnagyobb arányban cotyledon esetében 4 mg/l + MS kezeléssel értük el. Emellett levélmintáknál 2 mg/l és 4 mg/l + MS kezeléseknél volt 100 %-os a kalluszosodási arány. A kontroll csoporthoz képest minden kezelés szignifikánsan nagyobb értéket mutatott, mind cotyledon, mind levelek esetében. Az eredmények alapján elmondható, hogy a hypokotyl, mint explantum egy sikeresen alkalmazható növényi rész a regenerációhoz, MS + 3 mg/l kezeléssel. A növényi hajtás megerősödését előidézendő GA₃ hormon 0,5 mg/l koncentrációban elegendő, nagyobb mennyiségben inhibítorként viselkedik. A gyökérvégződés elősegítéséhez használt IAA hormon szintén 0,5 mg/l mennyiségben megfelelő.

Legvégül steril talajba kerültek kiültetésre a növények és megkezdjük a folyamatos akklimatizációjukat.

7. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Ezúton meg szeretném köszönni konzulensemnek, Pápai Bánknak, hogy részt vehettem a kísérletbe és folyamatosan segített a dolgozat elkészítésében. Valamint meg szeretném köszönni Dr. Veres Anikónak, hogy társtémavezetőként segédkezett a dolgozat elkészítésében. Emellett köszönöm családomnak és barátaimnak a türelmet, amit kértem tőlük a szakdolgozat elkészítése közben, külön köszönet Menyasszonyomnak Szentgyörgyi Flórának és nevelt kisfiamnak, Korpádi Mórnak.

Szeretném megköszönni a MATE Biotechnológia Intézet, Genetika és Genomika Tanszékének, hogy biztosították a lehetőséget, hogy jelen diplomamunka elkészülhessen.

8. IRODALOMJEGYZÉK

1. Afroz, A., Chaudhry, Z., Rashid, U., Khan, M. R., & Ali, G. M. (2010). Enhanced regeneration in explants of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) with the treatment of coconut water. *African Journal of Biotechnology*, 9(24), 3634-3644.
2. Ahmad, N., Siddique, I. & Anis, M. (2006): Improved Plant Regeneration in *Capsicum Annuum* L. from Nodal Segments. *Biologia Plantarum* 50 (4): 701–4. <https://doi.org/10.1007/s10535-006-0110-5>.
3. Arous, S., Boussaid, M. & Marrakchi, M. (2001): Plant Regeneration from Zygotic Embryo Hypocotyls of Tunisian Chili (*Capsicum Annuum* L.). *Journal of Applied Horticulture* 03 (01): 17–22. <https://doi.org/10.37855/jah.2001.v03i01.03>.
4. Arulananthu, G., Bhat, S. G., & Ramesh, N. (2019). Callus induction and in-vitro regeneration of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences*, 5(3), 491-503.
5. Arroyo, R. & Revilla, A., M. (1991): *In vitro* plant regeneration from cotyledon and hypocotyl segments in two bell pepper cultivars. *Plant Cell Reports* 10:414-416.
6. Bela Huba: Nemesítés paprikás hangulatban. <https://magyarmezogazdasag.hu/2018/12/03/nemesites-paprikas-hangulatban> (2018. december).
7. Berljak, J. (1999): *In vitro* Plant Regeneration from Pepper (*Capsicum annuum* L. cv. 'Soroksari') Seedling Explants. *Phyton (Austria) Special issue: 'Plant Physiology* 39(3): 289-292.
8. Christopher, T. & Rajam, M., V. (1994): *In vitro* clonal propagation of *Capsicum spp.* *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 38: 25-29.
9. Cruz-Mendivil, A., Rivera-López, J., Germán-Báez, L. J., López-Meyer, M., Hernández-Verdugo, S., López-Valenzuela, J. A., ... & Valdez-Ortiz, A. (2011). A simple and efficient protocol for plant regeneration and genetic transformation of tomato cv. Micro-Tom from leaf explants. *HortScience*, 46(12), 1655-1660.
10. Dabauza, M. & Pena, L. (2001): High efficiency organogenesis in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) tissue from different seedling explants. *Plant Growth Regulation* 33.3: 221-229. <https://doi.org/10.1023/A:1017585407870>
11. Dwivedi K, Srivastava P, Verma HN, Chaturvedi HC. Direct regeneration of shoots from leaf segments of tomato (*Lycopersicon esculentum*) cultured in-vitro and production of plants. *Ind. J. Exp. Biol.* 1990; 28:32-35.
12. Dudits, Dénes & Heszky, László (2014): *Növényi biotechnológia és géntechnológia*, Agroinform Kiadó, Budapest, 312 p.
13. Ebida, A., I. A. & Hu, Ching-ye. (1993): *In vitro* morphogenetic responses and plant regeneration from pepper (*Capsicum annuum* L. cv. Early California Wonder) seedling explants. *Plant Cell Reports* 13:107-110. <https://doi.org/10.1007/BF00235301>
14. Gatz, A. & Rogozińska, J. (2014): *In vitro* organogenetic potential of cotyledon and leaf explants of *Capsicum annuum* L., CV. Bryza. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 63 (február): 255–58. <https://doi.org/10.5586/asbp.1994.033>.
15. Gayathri, N, Gopalakrishnan, M. & Sekar, T. (2015): *In Vitro* Micropropagation of *Capsicum Chinense* Jacq. (Naga King Chili). *Asian J. Plant Sci. Res.* 5(12): 13-18.
16. George, F., Barbara, V., N. & Daksha, P. B. (1981): Organogenesis in tissue culture of *Solanum Melongena* Cv. Florida Market. *Plant Science Letters* 22 (1981) 119-125.
17. Gémes Juhász, A., Kristóf, Z., Vági, P., Lantos, C. & Pauk, J. (2009): *IN VITRO* ANTHER AND ISOLATED MICROSPORE CULTURE AS TOOLS IN SWEET AND SPICE PEPPER BREEDING. *Acta Horticulturae*, sz. 829 (június): 61–64. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.829.7>.
18. Golegaonkar, P. G. & Kantharajah, A., S. (2006): High-Frequency Adventitious Shoot Bud Induction and Shoot Elongation of Chile Pepper (*Capsicum Annuum* L.). *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant* 42 (4): 341–44. <https://doi.org/10.1079/IVP2006785>.
19. Gyulai, G., Gémesné, J., A., Sági Zs., Venczel, G., Pintér, P., Kritóf, Z., Törjék, O., Heszky, L., Botka, S., Kiss, J. & Zatykó, L. (1999): Doubled Haploid Development and PCR-analysis of F1 Hybrid Derived DH-R2 Paprika (*Capsicum annuum* L.) Lines. *J. Plant Physiol.* Vol. 156: 168-174.
20. Hossain, MD, Monuar (2018): *In vitro* regeneration of pepper (*Capsicum annuum* L.). Diss Department of biotechnology, Sher-E-Bangla Agricultural University, Dhaka-1207,
21. Hu, T., Hua Z., Zaigang C., Xiaoyun H., Yongwei Y. & Guixue W. (2012): The Optimization of Regeneration Tissue Culture System of Three Chilli Peppers Cultivars Based on the Uniform Design and the Mathematical Model Equation. *Acta Biologica Hungarica* 63 (3): 372–88. <https://doi.org/10.1556/ABiol.63.2012.3.7>.

22. Hussain, S. M., Hussain, K., Malik, A. A., Hussaini, A. M., Farwah, S., Rashid, M., & Ahmad, R. (2021). Development of a novel in-vitro protocol for micro propagation of tomato male sterile line (Shalimar FMS-1) of Kashmir Valley India. *Acta Scientific Agriculture*, 5(4).
23. Jericó J., B-B., Adriana C-F, Eduardo B-U, Eunice G-U, Manuel L., R., Lourdes G., I-A. & Nancy S-B. (2010): Improvement of *In Vitro* Proliferation and Elongation of Habanero Pepper Shoots (*Capsicum Chinense* Jacq.) by Temporary Immersion. *HortScience* 45 (7): 1093–98. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.7.1093>.
24. Romo-Paz, F. de, J., Folgado, R., Delgado-Aceves, L., Zamora-Natera, F., R. & Portillo, L. (2021): Tissue Culture of *Physalis Angulata* L. (Solanaceae): Techniques for Micropropagation and Germplasm Long-Term Preservation. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)* 144 (1): 73–78. <https://doi.org/10.1007/s11240-020-01970-8>.
25. Kaciu., S. & Ombódi, A. (2011): Az intenzív szabadföldi paprikatermesztés helyzete és lehetőségei Kelet-Európába, Koszovó és Magyarország példáján keresztül. *Kertgazdaság*43 (1): 68-73.
26. Khenifi, M., L., Boudjeniba, M. & Kameli, A. (2011): Effects of Salt Stress on Micropropagation of Potato (*Solanum Tuberosum* L.). *African Journal of Biotechnology* 10 (40): 7840–45. <https://doi.org/10.5897/AJB10.982>.
27. Kicska, T.: A hidegfóliás és a szabadföldi paprikatermesztés gazdaságossága. <https://magazin.fruitveb.hu/a-hidegfolias-es-a-szabadfoldi-paprikatermesztes-gazdasagossaga/> 2019.09.
28. Kumar, A., O., Ramesh, S. & Tata, S., S. (2016): *In Vitro* Micropropagation of the Medicinal Plant *Physalis Angulata* L. *Notulae Scientia Biologicae* 8 (2): 161–63. <https://doi.org/10.15835/nsb.8.2.9817>.
29. Kumar, R. V., Sharma, K., V., Chattopadhyay, B., & Chakraborty, S. (2012): An Improved Plant Regeneration and Agrobacterium - Mediated Transformation of Red Pepper (*Capsicum Annum* L.). *Physiology and Molecular Biology of Plants* 18 (4): 357–64. <https://doi.org/10.1007/s12298-012-0132-8>.
30. Ledó F., Apáti F., Kicska T. & Dorogi D. (2018): A hajtított zöldségtermesztés helyzete és fejlődési tendenciái. *Zöldség-Gyümölcs Piac és Technológia*, 22(1): 25-26.
31. Martín-Closas, Ll., Sol, S. & Pelacho, A., M. (2000): POTENTIAL APPLICATION OF JASMONIC ACID FOR SOLANUM TUBEROSUM MICROPROPAGATION. *Acta Horticulturae*, sz. 520 (január): 127–34. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.520.13>.
32. Mészáros A. (2006): Az *in vitro* szaporítás hatékonyságának fokozását célzó eljárások alkalmazása kertészeti növényeken. Phd, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, 94 p. <http://phd.lib.uni-corvinus.hu/37/>.
33. Mezghani, N, Jemmal, A., Elloumi, N., Gargouri-Bouزيد, R. & Kintzios R. (2007) Morpho-Histological Study on Shoot Bud Regeneration in Cotyledon Cultures of Pepper (*Capsicum Annum*). *Biologia* 62 (6): 704–10. <https://doi.org/10.2478/s11756-007-0146-9>.
34. Mucciarelli, M., Gallino, M., Maffei, M. & Scannerini, S. (2000): Effects of 3,4-Dihydroxybenzoic Acid on Tobacco (*Nicotiana Tabacum* L.) Cultured *in Vitro*. Growth Regulation in Callus and Organ Cultures. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology* 134 (2): 185–92. <https://doi.org/10.1080/11263500012331358454>.
35. Muday, G., K. & Haworth, P. (1994): Tomato root growth, gravitropism, and lateral development: correlation with auxin transport. *Plant Physiol Biochem* 32(2): 193-203.
36. Marta, O. & Nowaczyk, P. (2015): *In vitro* plant regeneration of 4 *Capsicum spp.* genotypes using different explants types. *Turkish Journal of Biology* 39(1): 60-68.
37. Peddaboina, V., Thamidala, C. & Karampuri, S. (2006): *In Vitro* Shoot Multiplication and Plant Regeneration in Four *Capsicum* Species Using Thidiazuron. *Scientia Horticulturae* 107 (2): 117–22. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2005.06.010>.
38. Péntes B. (2015): A Technológia és a károsítók. *Kertészet és szőlészet*, 65(39): 6-8.
39. Prando, M. S., Chiavazza, P., Faggio, A., & Contessa, C. (2014). Effect of coconut water and growth regulator supplements on *in vitro* propagation of *Corylus avellana* L. *Scientia horticulturae*, 171, 91-94.
40. Rafael, R-M. & Neftalí, O-A. (1996): An Improved and Reliable Chili Pepper (*Capsicum Annum* L.) Plant Regeneration Method. *Plant Cell Reports* 16: 226-231.
41. Rimóczy I. (2016): Igények, támogatási lehetőségek. *Kertészet és szőlészet*, 66(3): 8-9.
42. Saker, M., M., Moussa, A., A., T., Heikal, Z., N., Ellil, A., A., H., A. & Abdel-Rahman, H., M., R. (2012): Selection of an Efficient *in Vitro* Micropropagation and Regeneration System for Potato (*Solanum Tuberosum* L.) Cultivar Désirée. *African Journal of Biotechnology* Vol. 11(98): 16388-16404 p. DOI: 10.5897/AJB12.2313
43. Sanatombi, K. & Sharma, J., G. (2006): *In vitro* regeneration and mass multiplication of *Capsicum annum* L. *Journal of Food Agriculture and Environment* 4(1): 205-208.
44. Stavridou, E., Tzioutziou, N. A., Madesis, P., Labrou, N. E., & Nianiou-Obeidat, I. (2019). Effect of different factors on regeneration and transformation efficiency of tomato (*Lycopersicon esculentum*) hybrids. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 55(3), 120-127.
45. Szász, O., Nervo, G. & Fári, M. (1995): Screening for *in Vitro* Shoot-Forming Capacity of Seedling

- Explants in Bell Pepper (*Capsicum Annuum* L.) Genotypes and Efficient Plant Regeneration Using Thidiazuron”. *Plant Cell Reports* 14 (10): 666–69. <https://doi.org/10.1007/BF00232735>.
46. Terbe, I.: Mérleg szerinti tápanyagellátás a szabadföldi paprikatermesztésben I. <https://agroforum.hu/szakkikkek/zoldseg/merleg-szerinti-tapananyagellatas-a-szabadfoldi-paprikatermesztesben-i/> (2021 szeptember)
 47. Terbe, I.: Mit kell tudni a paprikáról, mielőtt belevágnánk a termesztésébe? https://www.agroinform.hu/kerteszeti-szoleszet/intenziv-termesztesu-szabadfoldi-paprikafajtak-tapananyagellatas-54891-001_2022 (2022. március)
 48. Tóbiás I., Salánki K., Almási A., Timár Z., Palkovics L. & Csilléry G. (2014): Rezisztencia források keresése a paprika TSWV rezisztenciát áttörő törzsével szemben. In, 449–53. Budapest: MTA Agrártudományok Osztályának Növénynevelési Tudományos Bizottsága. <http://real.mtak.hu/20148/>.
 49. Zatykó, L. (2021): Szóbeli közlés. Orosháza. „A paprika nevelés történeti áttekintése.”
 50. [http](http://www.profigazda.hu/redei_kertimag_paprika_feherozon_05_g_11511?keyword=feh%C3%A9r%C3%B6z%C3%B6n) 1 Kertimág paprika Fehérözön. https://www.profigazda.hu/redei_kertimag_paprika_feherozon_05_g_11511?keyword=feh%C3%A9r%C3%B6z%C3%B6n

NYILATKOZAT

Diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Zséli Bertold
A Hallgató Neptun kódja: S3DNCY
A dolgozat címe: 'Fehérözön' paprika mikroszaporítási kísérlete *in vitro* körülmények között
A megjelenés éve: 2023.
A konzulens tanszék neve: Genetika és Genomika Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant 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-mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

Kelt: Szekszárd, 2023. év 04. hó 29. nap



Hallgató aláírása


KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

Zséli Bertold (hallgató Neptun azonosítója: S3DNCY) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekinttem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem²

Kelt: Gödöllő év 2023 hó 05 nap 02.


Belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendő.

² A megfelelő aláhúzendő.