



SZENT ISTVÁN EGYETEM

**A KALCIUMHIÁNY KIALAKULÁSÁNAK ÉS
HIÁNYTÜNETEINEK VIZSGÁLATA A
PAPRIKATERMESZTÉSben**

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

Lantos Ferenc

**GÖDÖLLŐ
2011**

A doktori iskola

megnevezése: Növénytudományi Doktori Iskola

tudományága: 4.1. Növénytermesztési és kertészeti tudományok,

vezetője: Dr. Heszky László,

egyetemi tanár, az MTA rendes tagja,

SZIE Genetika és Biotechnológiai Intézet.

Témavezető: Dr. Helyes Lajos,

egyetemi tanár, az MTA doktora,

SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,

Kertészeti Technológiai Intézet.

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1. TUDOMÁNYOS ELŐZMÉNYEK, KITŰZÖTT CÉLOK

Napjainkban intenzív körülmények között termesztjük a paprikát, amely többségében modern technológiákkal felszerelt hajtató-berendezésekben történik. A zöldségnövények közül az étkezési paprika (*Capsicum annuum L.*) intenzív termesztése a hazai zöldségajtatás mintegy 50%-át jelenti, melynek nagysága kb. 2000 ha. Erről a területről évente 150-175 ezer tonna termést takarítanak be. Az Európai Unió paprikatermesztéséhez és értékesítéséhez hazánk ennek ellenére is, csak kis mértékben tud hozzájárulni. A tagországok közül Hollandia, Olaszország és Spanyolország a három legnagyobb exportőr. Magyarországon évente, személyenként, mintegy 10-12 kg paprikát fogyasztunk el. Ez a mennyiség kevesebb, mint amennyit megtermelünk, ezért az ország exportra is képes termelni. A jelentős paprikatermesztő európai országok szinte mindegyike túlnyomórészt intenzív, ún. talaj nélküli növényházban végzi a paprikahajtatást. Hollandiában a 10-11 hónapig tartó ún. hosszúkultúrással hajtatással átlagosan 25-28 kg/m² termést takarítanak be. Ez lehetővé teszi az egész éven át folyamatosan működő exportot is. A hazai paprikatermesztés 2004 óta erősen ingadozik, az ország lényegesen több étkezési paprikát takarít be, mint amit az EU piacán elad. Biztató jelenség viszont az, hogy az elmúlt években Ázsiának több országában igen nagy érdeklődés jelentkezett a magyar tájjellegű paprikák iránt. Japánban a magyar paradicsomalakú zöldpaprika hajtatása elterjeszhető lehetne, illetve több ázsiai vállalat igényt tartana a vetőmag és a friss paprika megvásárlására, valamint feldolgozására. A közös paprikanemesítési együttműködés kiépítése kitérés pont is lehetne a jelenlegi magyar paprikatermesztés számára. A magyar étkezési paprikának több szempontból is ki kell emelkedni az európai piacon lévők közül annak érdekében, hogy az ázsiai piacokon is hosszútávon jelen tudjon lenni. A munkám során hibridnemesítéssel létrehozott pritamín típusú paprika tökéletesebb kalciumhasznosító tulajdonsága mellett fontos szempontnak tartottam még a hibrid koraiságát, a 100 g feletti bogyótömeget, a nagy fruktóz tartalmat, és az édes íz elérését. Javítani kívántam a fajta piacosságát, a bogyó élénk színét, könnyű szedhetőségét, és a jó bogyóállást.

1.1. Célkitűzéseim

- Ca²⁺ növényélettani szerepének, jelentőségének feltárása a paprikahajtatásban,
- a kalciumhiány következtében kialakuló, a bogyókon jelentkező szövethárosodás pontos meghatározása, vizsgálata;

- a csúcsrothadás kialakulásához vezető ökológiai, és termesztéstechnológiai tényezők komplex feltárása, elemzése;
- a paprika Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-képességét kialakító endogén növényi tényező feltárása, e tulajdonságnak az átörökíthetősége újabb paprika generációba;
- a Ca^{2+} felvétel és szállítás javítása, hibridek előállításával;
- az új generáció eltérő talajmész (CaCO_3) tartalommal rendelkező, ún. határtalajokon való biztonságos termesztetőségének megállapítása;
- az alanyhasználat hatásának vizsgálata a paprika Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-, valamint a maghozó képességének összefüggésében.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. A kísérletek és a vizsgálatok növényanyagai

A kalciumhiány kialakulásának okait a termesztéstechnológiai problémák és az eltérő termesztő-közegek összefüggésében az Emese F₁ és a Cecei fehér F₁ tölteni való, folytonos növekedésű, nyújtott kúp alakú, fehér termésszínű, hajtatási típusú paprika hibridekkel vizsgáltam.

A Tokyo hibridet két eltérő típusú paprika keresztezésével állítottam elő. Az anyavonal a szentesi paradicsomalakú zöldpaprika (PAZ) szabadelvirágzású fajta, a pollenadó pedig a Torkál F₁ kaliforniai típusú hibrid volt.

- A PAZ szabadföldi szelekcióból származó paradicsomalakú zöldpaprika. Termése zöldből mélyvörös színbe érő. Determinált növekedésű, viszonylag nagy lombozatú fajta. Virágai 83%-ban csüngő, 13%-ban oldalt álló, 4%-ban felfelé álló. A PAZ fajta termései a magházpenészedésre (*Botrytis cinerea*) hajlamosak. A kalciumhiány tüneteinek megjelenésére érzékeny.
- A Torkál F₁ hibridnemesítéssel létrehozott kaliforniai típusú, szabadföldi termesztésre javasolt hibrid. Termése csüngő, vastaghúsú, zöldből mélyvörös színbe érő. Virágai 100%-ban csüngő állásúak. Determinált növekedésű, erős gyökérzetű, viszonylag nagy lombozatú hibrid. Termései a magházpenészedésre (*Botrytis cinerea*), és a kalciumhiány tüneteinek megjelenésére nem hajlamosak.
- Az alanyhatás vizsgálatokor Tm0; HR= PVY 0,1,2,; Pc rezisztens Snooker-alanyt használtam.

2.2. A kísérletek és a vizsgálatok helyszíne és ideje

A kalciumhiány kialakulásának elemzése során a hibrid paprikákat közetgyapoton, talajon, valamint perlitben vizsgáltam. Kutatásaimat Szentesen a DABIC Kht. kertészeti telepén, valamint Kiskunmajsán a Kirshe Kft. zöldségkertészeti telephelyén végeztem 2007. és 2009. között, a nyári hajtatási időszakokban. A hibridnemesítést megelőző szelekciós munkát Szlovákiában Nagymegyeren az Agrohobby Kft. kísérleti telepén, valamint Szentesen a DABIC Kht. kertészeti telepén végeztem. A hibrid előállítás (keresztezés) izolált körülmények között, rashed-hálóból készült sátorban 2007. nyarán végeztem el Szentesen, a DABIC Kht. kertészeti telepén.

Az előállított Tokyo hibridet eltérő talajadottságú és CaCO_3 tartalmú magánkertészetekben a 2008-as év nyári hajtatási időszakában Szentesen, Ópusztaszeren, Magyarbánhegyesen és Mórahalmon állítottam kísérletekbe. Külföldön, két helyszínen végeztem teszttermesztéseket a 2009-es év nyarán. Japánban a Nihonnouken Center Mezőgazdasági Kutató Intézet hitachinakai kertészeti kísérleti telepén, valamint Kirgizisztánban az Osh Állami Egyetem Mezőgazdasági Kar Kertészeti Tangazdaságában.

A bogyókon jelentkező Ca^{2+} -hiány, valamint a napégés következtében létrejött szövetkárosodások mikroszkópos vizsgálatát Szegeden a Gabonakutató Kft. laboratóriumában végeztük el az intézet munkatársainak segítségével.

A vizsgált, biológiai érettség állapotban lévő termések összes kalciumtartalmának meghatározását 2006-tól folyamatosan, a Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Karának laboratóriumában végeztem el. A Tokyo hibrid és a szülői komponensek terméseinek beltartalmi értékét (C-vitamin, karotin, fruktóz, glükóz) 2009-ben az Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézet laboratóriumában határoztuk meg az OÉTI munkatársainak közreműködésével. A szénhidrát (cukor)- tartalmat rövid hidrolízis után, redukáló cukrok mérésével titrimetriásan (Schoorl módszer) határoztuk meg. A C-vitamin mérésére HPLC-s módszert alkalmaztunk. A karotinodok meghatározására a gyors spektrofotometriás eljárást használtuk.

A paprikák alanyváltását Felgyón a Grow-Group Palántanevelő Kft. palántanevelő üvegház csarnokában végeztem el.

A Tokyo hibrid és a szülői vonalak értékmérő tulajdonságait a bogyótömeg (g), az 1000 magtömeg (g), a termésfal vastagság (mm), a tenyészidő (nap), és a magházpenészedésre való (*Botrytis cinerea*) hajlamosság tekintetében vizsgáltam.

A paprika Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-képesség vizsgálatára irányuló alanyhatás esetében az alany és a nemes oltására az egyszerű párosítás módszerét alkalmaztam.

A csúcsrothadás kialakulásában szerepet játszó tényezők meghatározására Pearson féle korrelációs modellt állítottam fel. A további statisztikai elemzésekre lineáris modellvizsgálat módszerével egy,- illetve többtényezős varianciaanalízist alkalmaztunk a Szent István Egyetem Kertészeti Technológiai Intézet munkatársainak együttműködésével.

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSEK

3.1. A csúcsrothadás szövettani vizsgálata

A csúcsrothadástól sérült bogyók vizsgálatát a termesztő-berendezésekben többnyire vizuális növénydiagnózis alapján állítjuk fel. A nyári hajtatási időszakban azonban a csúcsrothadási tünetek gyakran eltérő színű foltokban jelennek meg. A fehérszínű csúcsrothadt paprikabogyók leginkább a fóliasátrak bordáinak alsó ívénél jelentkeztek, ahol a magas léghőmérséklet mellett, viszonylag alacsony, 70% alatti páratartalmat mértem. A barnaszínű csúcsrothadt bogyók ezzel ellentétben ott jelentkeztek, ahol a fóliasátorban a 35-40 °C belső hőmérséklet mellett magas, 90%-ot is gyakran meghaladó páratartalmat regisztráltam. A károsodások anatómiai elemzését azonban csak mikroszkópos vizsgálatok segítségével lehetett pontosan elkülöníteni és meghatározni.

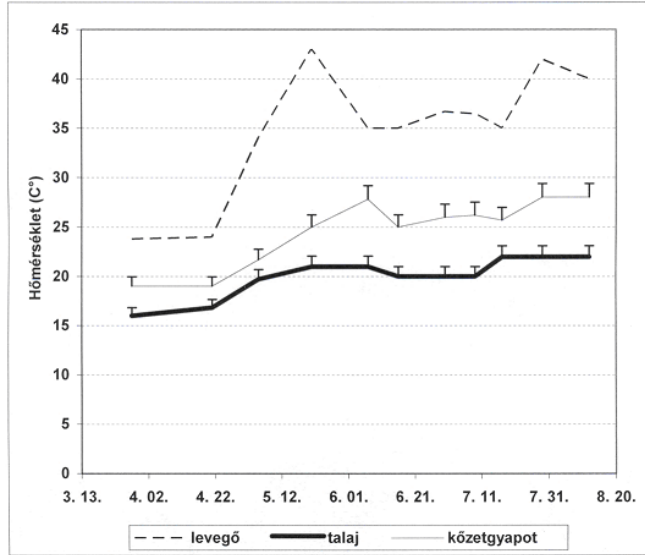
Az ép és a károsodott bogyókból készített 0,5 mm vastag keresztmetszet szeletek 20-szoros nagyításban, fénymikroszkóppal végzett összehasonlítása alapján megállapítható volt, hogy a paprikabogyó szöveteiben kialakuló Ca^{2+} hiánya irreverzibilis károsodást okoz, amely a terméshártya szöveteiben mély, kráterszerű, barnaszínű elhalásához vezet. Az ilyen paprikabogyók belsejében gyakran kialakul a magházpenészedés, melyet a nekrotikus szöveteken keresztül behatoló, majd pelyhes, szürkés színű növedéket, konidiumokat fejlesztő *Botrytis cinerea* gomba fertőzése okozza. A fehérszínű foltok a „napseb” csak az epidermisz irreverzibilis sérülését okozzák, amelyek a hirtelen bekövetkező időjárás változás, erős napsütésének hatására keletkeztek. A bőrszövet sérülése alatt a sejtek épek maradnak, nem vesznek el turgor állapotukat.

3.2. A csúcsrothadást előidéző ökológiai tényezők vizsgálatának eredményei

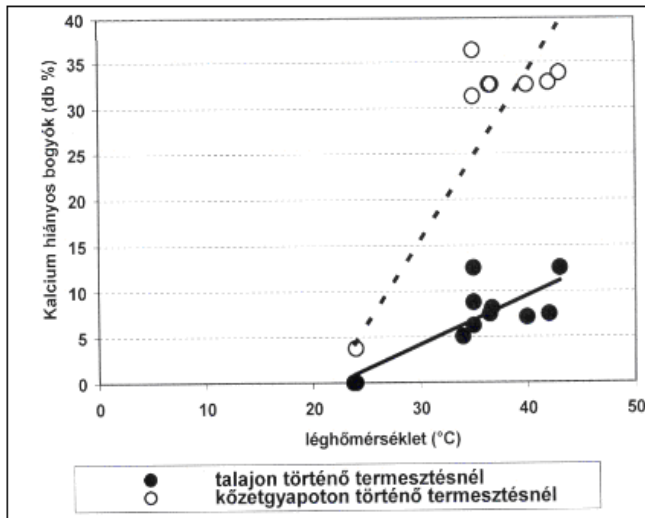
A 2007-es esztendő nyári hajtatási időszakában a bogyókon jelentkező csúcsrothadás tüneteinek mértékét a szedéseket követő válogatáskor határoztam meg vizuális növénydiagnózis alapján. Vizsgálataimat 2 db, egyenként 9 m széles és 100 m hosszú fóliasátorban végeztem. A termesztő-berendezésekben a hőmérsékletet és a páratartalmat a kritikus időszakban óránként mértem. A termesztő-berendezés belső légtérének, illetve a kőzetgyapot kocka, kőzetgyapot paplan és a talaj hőmérsékletének változásait az 1. ábra mutatja be a vizsgált szedési időszakban. A mérési eredmények alapján látható, hogy március végén és áprilisban a léghőmérséklet 25 °C alatt, míg kőzetgyapot paplan és a talaj hőmérséklete 15-20 °C között alakult. Ez a hőmérséklet közel optimális körülményeket biztosított az étkezési paprika fejlődéséhez. Ezt követően április végétől viszont intenzív felmelegedés következett be, amely lényegesen meghatározta az aktív gyökérszóna és a

fóliasátrak belső hőmérsékletét. A lineáris regresszió analízissel a csúcsrothadt bogyók megjelenésének mennyisége a természetközeg hőmérsékletének emelkedésének összefüggésében azt támasztották alá, hogy a kőzetgyapot kocka és a paplan megemelkedett hőmérséklete nagyobb hatással volt a csúcsrothadt bogyók kialakulására, mint a fóliasátor belső léghőmérsékletváltozása. Május első és második dekádjában kialakuló 35-40 °C, jelentős mértékben nehezítette a növényállomány fejlődését, valamint a gyökérzet Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-képességét. A negyedik szedést követően (május 25.-től) már rashel-hálóval fedtük be a természet-berendezéseket, hogy a túlzott felmelegedést csökkentjük, amely a talaj hő-háztartásán javított, de a kőzetgyapot paplanén nem. A kőzetgyapot paplanban mért legalacsonyabb hőmérséklete 25 °C, a legmagasabb pedig 30 °C volt. Mindkét érték szignifikáns eltérést (4-5 °C-os különbséget) mutatott a talajjal szemben.

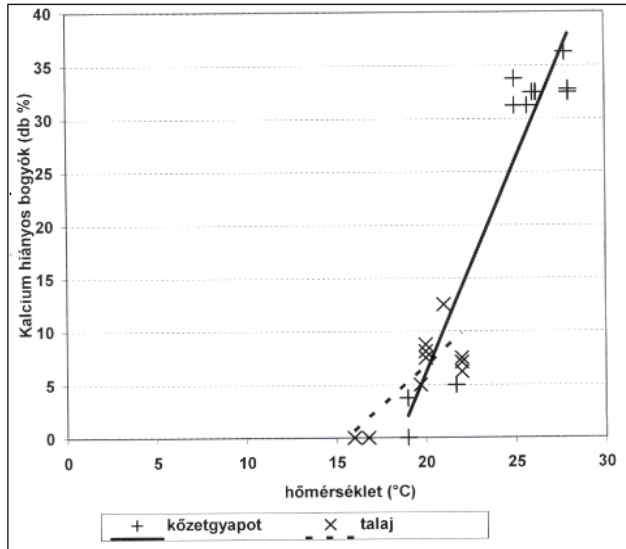
A természetközeg hőmérsékletének emelkedése és a csúcsrothadt bogyók mennyisége között a júniusi melegedést követően a vizsgálat idejéig pozitív korrelációt állapítottam meg. A nappali hőmérsékletemelkedés 20 °C fölé melegítette a kőzetgyapot paplan hőmérsékletét, amely gátolta a gyökérszőrök Ca^{2+} felvevő képességét. Ez is szerepet játszott a csúcsrothadt bogyók mennyiségének növekedésében. A hőmérséklet hatásának értékelésekor a szedést megelőző időszak középhőmérsékleteihez viszonyítottam a csúcsrothadt bogyók darabszámát, melyek maximum értéke a talajon történő hajtás esetében 12,5 db % volt, míg a kőzetgyapoton 36,3 db %. Ezt az értéket a május és a június hónapok termésadatai alapján kaptam (2.-3. ábra). A szedéseket követő termésválogatás során azt állapítottam meg, hogy a betakarított terméshez viszonyított csúcsrothadt paprikabogyók aránya a talajon történő hajtásában átlag 5-10% között maradt, a kőzetgyapoton viszont 31-34% volt, amely már igen komoly gazdasági veszteséget jelentett.



1. ábra. A levegő- és a gyökérszónak hőmérsékletének alakulása a szedések során 2007-ben.



2. ábra. A léghőmérséklet hatása a csúcsrohadt bogyók mennyiségének arányára. Szentes, 2007



3. ábra. A gyökérszóna hőmérséklet hatása a csúcsrothadt bogyók mennyiségének arányára a két vizsgált termesztő-közegben. Szentes, 2007

Az egy hajtatási időszakban végzett kutatás és vizsgálat eredménye azonban nem tartalmazott minden tekintetben elegendő mérési adatot, ezért indokoltnak láttam a további esztendő nyári hajtatási időszakában egyéb termesztéstechnológiai tényezők figyelembevételével is tovább vizsgálni a problémát. A 2007-es esztendő eredményeit a 2008 és a 2009-es évek nyári hajtatási időszakában végzett megfigyeléseimet, 69 szedés során kapott eredményekkel kiegészítve, Pearson-féle korreláció analízis alapján modelleztem (1. táblázat). A három év vizsgálati eredményei azt igazolták, hogy a nyári hajtatási időszakban a csúcsrothadt bogyók megjelenésének mennyiségére, legnagyobb mértékben a gyökérszóna hőmérséklete, és a levegő páratartalma volt hatással. A termesztő-berendezés belső hőmérséklete, amely a külső besugárzás hatására melegeedett fel, kisebb mértékben, de befolyással volt a kalcium felvételére és szállítására.

1. táblázat. Pearson-féle korreláció analízis eredményei három év értékei alapján.
(n=69)

	Kalciumhiányos bogyók (%)	Gyökérszóna hőmérséklet (°C)	Belső hőmérséklet (°C)	Külső hőmérséklet (°C)	Páratartalom (%)
kalciumhiányos bogyók %	1	,675(**)	,504(**)	,451(**)	,608(**)
gyökérszóna hőmérséklete	0,675(**)	1	,849(**)	,789(**)	,432(**)
belső hőmérséklet	0,504(**)	,849(**)	1	,892(**)	,484(**)
külső hőmérséklet	0,451(**)	,789(**)	,892(**)	1	,282(*)
páratartalom	0,608(**)	,432(**)	,484(**)	,282(*)	1

** korreláció 0,01 szinten

* korreláció 0,05 szinten

3.3. A hibridnemesítés eredményei

A 2009. őszi összegzett eredmények alapján, a bogyókon kialakuló csúcsrothadási tünetek a vizsgált termőterületek egyikén sem jelentkezett a Tokyo hibrid bogyóin. Tehát, a vizsgált 12 növény termésén nem tapasztaltam, a csúcsrothadás tüneteit. Az anyanövény PAZ fajta termésén a hat különböző termőtájról betakarított termések diagnosztikai eredményei alapján összegezhető volt, hogy az első és második szedések idején nem volt még jellemző a bogyókon a csúcsrothadás. A termesztés további szakaszaiban azonban, főleg a júniusi és az augusztusi hónapokban, igaz eltérő mértékben, de a termőhelyek mindegyikén tapasztalható volt a PAZ termésén kialakult kalciumhiányos foltok. A PAZ paprikanövényről betakarított terméseken kialakuló csúcsrothadás tünetek gyakorisága tekintetében a különböző talajmész tartalommal rendelkező termőhelyek között $p=0,1\%$ -os szinten szignifikáns különbségeket tapasztaltunk. A csúcsrothadt termések előfordulásának legnagyobb gyakorisága %-os arányban ($68,8\% \pm 18,8$) Japánban volt. Ezt követte a szentesi ($54,2\% \pm 17,9$), a bánhegyesi ($46,4\% \pm 17,3$), az ópusztaszeri ($31,3\% \pm 11,3$), a mórahalmi ($27,1\% \pm 12,9$), és végül a kirgiz ($14,6\% \pm 16,7$) mintavétel eredményei. A legalacsonyabb CaCO_3 tartalommal rendelkező termőtájon Japánban termelt bogyók kalciumhiányának gyakorisága $p=0,1\%$ -os szinten szignifikánsan magasabb volt, mint Mórahalmán, Szentesen és Kirgizisztánban, amely $p=1\%$ -os szinten különbözött a bánhegyesi eredményektől. Japánban és Szentesen termesztett bogyók esetében nem volt szignifikáns eltérés. A legnagyobb CaCO_3 tartalommal rendelkező termőtájon Kirgizisztánban termesztett PAZ bogyók kalciumhiányának gyakorisága $p=0,1\%$ -os

szinten szignifikánsan alacsonyabb arányban jelentkezett, mint Japánban, Szentesen, illetve Bánhegyesen termesztett bogycók esetében. A kirgiz és a mórahalmai termőfajon tesztelt PAZ termékek adatai nem különböztek szignifikáns mértékben egymástól.

A hazai megfigyelések közül a Szentesen termesztett PAZ bogycóinak esetében kiemelkedően magas volt a kalciumhiány előfordulásának mértéke. A vizuális felmérés alapján kapott összesített eredmények azt mutatták, hogy a csúcsrothadt termékek előfordulása Szentesen $p=0,1\%$ -os szinten szignifikánsan magasabb volt, mint Kirgizisztánban, illetve Mórahalmon. Nem volt azonban kritikus különbség a Bánhegyesen, illetve a Japánban tesztelt termékekhez viszonyítva.

2. táblázat. A PAZ terméseinek kialakuló csúcsrothadás előfordulásának %-os aránya a termőhelyek CaCO_3 szintjének összefüggésében 2008 és 2009-ben.

	Átlagértékek	Szórás	Szignifikancia szintek		
			Termőhely	t-érték	Szignifikancia szint (P%)
JAPÁN	68,75	12,9	Szentes	1,96	ns
			Bánhegyes	3,01	1 %
			Ópusztaszer	5,05	0,1 %
			Mórahalom	5,61	0,1 %
			Kirgizisztán	7,30	0,1 %
SZENTES	54,17	17,9	Bánhegyes	1,04	ns
			Ópusztaszer	2,53	5 %
			Mórahalom	3,65	0,1 %
			Kirgizisztán	5,33	0,1 %
BÁNHEGYES	46,43	17,3	Ópusztaszer	2,04	5 %
			Mórahalom	2,61	5 %
			Kirgizisztán	4,29	0,1 %
ÓPUSZTASZER	31,25	11,3	Mórahalom	0,56	ns
			Kirgizisztán	2,25	5 %
MÓRAHALOM	27,8	12,9	Kirgizisztán	1,68	ns
KIRGIZISZTÁN	14,58	16,7			

ns = nem szignifikáns

kritikus t-érték: $p 0,1\% = 3,43$; $p 1\% = 2,65$; $p 5\% = 1,99$

3.4. Az alanyhasználat hatásának eredményei az anyanövény PAZ és a Tokyo hibrid összes kalciumtartalmára

Az alanyhasználatot követően a négy különböző időben és a teljes biológiai érettség állapotában betakarított Tokyo hibrid terméseinek kalciumtartalma javult. Összevetve a két fajta terméseinek összes kalciumtartalmát, lényeges eltérést kaptam. A két növény 48-48 db

termésében mért összes kalciumtartalom értéke közel 60%-kal tért el egymástól (3. táblázat), azaz a Tokyo hibrid ennyivel kevesebb kalciumtartalom mellett is egészséges, ép bogyókat termelt. A betakarított termékek közül azonban egyik fajta esetében sem volt tapasztalható a csúcsrothadás kialakulása. A PAZ terméseinek értékmerő tulajdonságai az alany hatására sem haladták meg a Tokyo hibrid terméseinek értékeit, de jobb eredményt mutattak a saját gyökerén nevelt PAZ terméseinek tulajdonságainál. Az alany nem befolyásolta a tenyészidő hosszát. Valószínűleg a jobb kalciumhasznosítás miatt a bogyók maghozó képessége is javult. Az alanyhasználatot megelőző időszakban a teszttermesztések során átlag 70 db egészséges magot termelt a PAZ fajta, míg az alany használata után vizsgált termékekben ez a mennyiség 90-re emelkedett. Mindkét magvizsgálat során átlag 5% léha magokat is tapasztaltam.

3. táblázat. A Snooker-alanyon nevelt PAZ és a Tokyo hibrid terméseinek összes kalciumtartalma (mg/100g).

A paprikák összes kalciumtartalma	
Tokyo	PAZ
67,8	91
68,9	128,9
63,8	108,9
62,8	120,7
átlag: 65,8	átlag: 112,3
szórás:2,9	szórás: 16,4

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A paprikabogyó kalciumhiányának kialakulásához vezető tényezők pontos feltárásában a folyamat komplex vizsgálatára volt szükség. Kísérleteim során a csúcsrothadás kialakulásához vezető okok megfigyeléséhez, definiálásához és matematikai értékeléséhez elsősorban a növényekre ható:

- ökológiai tényezők mértékét és hatását,
- a termesztő-közegek fizikai jellegét, valamint CaCO_3 ellátottságának szintjét,
- a gyökérzet kialakultságát, fejlettségét és helyzetét a termesztő-közegekben, valamint jelentőségét a csúcsrothadás kialakulásában,
- a növények hordozott és öröklött genetikai tulajdonságait a Ca^{2+} felvívő- és transzlokáló-képesség vonatkozásában,
- a növény vízforgalmának mértékét, s annak a Ca^{2+} -ionok szállításában és beépülésében betöltött szerepét vizsgáltam.

A kalciumhiány szövettani elemzésében a paprika keresztmetszetének mikroszkópos vizsgálati eredményei azt igazolták, hogy a paprikabogyó csúcsi részén kialakult rothadás, a Ca^{2+} hiánya által okozott mélyreható károsodás következménye. A kalciumhiány okozta csúcsrothadás egy irreverzibilis folyamat, melyben az azonnali kalcium tartalmú tápanyag-utánpótlással sem érhető el a sérült sejtek regenerálódása. Ugyanakkor a talaj, vagy a tápoldat CaCO_3 tartalmának növelése sem akadályozza meg a hiánytünetek kialakulását, amennyiben a termesztéshez nem biztosítjuk a paprika számára az optimális hőmérsékleti (lég- és gyökérszóna hőmérsékletet egyaránt) feltételeket.

A kőzetgyapoton, illetve a talajon történő hajtás kalcium-utánpótlás vizsgálatában eltérőek voltak a tapasztalataim. Megállapítottam, hogy a talaj nélküli hajtásban az automatikusan beállított, a besugárzás mértékének impulzusai alapján történő tápanyag kijuttatáshoz, a kemény vízben is 100%-ban oldódó kalcium tartalmú műtrágyát kell alkalmazni, egyébként a rendszer a dugulások következtében működésképtelenné válhat. A tápoldat CaCO_3 koncentrációjának szinten tartására a pétisó műtrágyában lévő dolomitliszt alkalmatlannak bizonyult. Így az kalcium-nitrát műtrágya lényegesen jobban megfelelt az elvárásoknak. A talajon történő hajtás esetében a dolomitliszt a talaj CO_2 tartalma miatt könnyebben oldódott, így a pétisó műtrágya a paprika fejtrágyázására és a talaj CaCO_3 ellátására tökéletesen alkalmasnak bizonyult, de ennek kijuttatása nem befolyásolta a termékekben kialakuló

csúcsrohadás előfordulását. A kőzetgyapoton történő hajtás esetében viszont a tápoldat hígítására használt víz a C tartályban lévő salétomsav oldó hatásának ellenére is lassította a CaCO_3 oldódását, ezért a pétisó műtrágya alkalmazása a tápoldat kalcium koncentrációjának beállítására nem bizonyult alkalmasnak az intenzív paprikahajtásra. Az A és B tartályban a feloldatlan, nagyméretű mészzemcsék a tápanyagellátó csövek duguláshoz vezettek.

A fóliaborítású termesztő-berendezésekben a nyári zöldség-hajtás időszakában a hőmérséklet gyakran a paprika ökológiai igényének optimális mértéke fölé emelkedett. A belső léghőmérséklet emelkedésének hatására a termesztő-közeg is könnyen felmelegedett arra a hőmérsékletre, amely a gyökérzet számára megnehezítette, vagy meggátolta a Ca^{2+} -ionok felvételét. A 32 °C-nál nagyobb lég-, illetve a 22 °C-nál magasabb gyökérzóna hőmérséklet, a termesztő-közegtől függetlenül, jelentős tényezőnek bizonyult a paprikabogyók csúcsrohadásának kialakulásában. Főként a fóliaborítású termesztő-berendezésekben volt tapasztalható, hogy a nyári hajtási időszakban (június-augusztus) a levegő páratartalma a külső 30-32 °C, és a belső 40-42 °C hőmérséklet hatására is gyakran a 90%-fölé emelkedett, amely növelte a paprika sugárzási lombhőmérsékletének mértékét, ezzel az adott ökológiai feltételekhez képest csökkentette a paprika vízforgalmát, és nehezítette a tápanyagáramlást. A gátolt tápanyagáramlás viszont a kötött bogyók sejtjeinek változó mértékű Ca^{2+} -igényét sok esetben nem tudta biztosítani. Az eltérő termesztő-közegekben tesztelt paprikák vizsgálataiban során az eredmények azt igazolták, hogy a bogyók elégtelen kalcium-ellátottsága nemcsak a növényekre ható ökológiai tényezők hatására alakul ki, hanem a gyökérzet térbeli elhelyezkedésének kialakulatlanságával és fejletlenségével is szoros összefüggést mutatott. Ca^{2+} a növények számára a legnehezebben szállítható tápelem, ezért amennyiben a transzspiráció bármely mozgatója akadályoztatott, a tápanyagáramlásban, a növényben, vagy a termésben diagnosztizálható lesz az elem hiánytünete. A termések igényeit kielégítő zavartalan kalcium-ellátottság eléréséhez a termesztő-berendezésben a legmagasabb páratartalom a kritikus időszakban sem haladhatja meg a 80-85%-ot. Az ennél nagyobb relatív páratartalom már hátráltatja a növény Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-képességét függetlenül a növény termesztő-berendezésbeli elhelyezésétől. A páratartalom csökkentését a folyamatos szellőztetéssel tudjuk elérni. A szellőztetés hatásának másik fontos szerepe a termesztő-berendezés belső hőmérsékletének csökkentése is. Kísérleti megfigyeléseim során gyakran volt tapasztalható, hogy a kőzetgyapoton történő hajtásnál, a termesztő-berendezésekben a nyári, nappali felmelegedés mértéke olyan magas volt, hogy a növényállomány még az esti időszakban sem volt képes lehűlni, elegendő hőt leadni. Ebben szerepet játszott természetesen a növények sztomáinak az esti időszakban való zárt állapota is. Amikor a termesztő-berendezés

belső hőmérséklete több napon keresztül a déli ún. kritikus időszakban közel 40 °C-ra melegedett fel, a termesztő-közeg (kőzetgyapot kocka és paplan) gyökérszónában mért hőmérséklete is az optimális 22 °C fölé emelkedett, amely hőmérséklet a gyökérzet tápanyagfelvevő képességét gátolta. A kőzetgyapotban történő hajtatus során többször lehetett tapasztalni, hogy a paplan, illetve a kocka hőmérséklete a kritikus érték fölé emelkedett. A kőzetgyapot megemelkedett hőmérsékletét a szellőztetés csak kis mértékben képes csökkenteni, főleg a kockát és a paplant körbeölelő fóliaborítás miatt, amely megakadályozza a termesztő-közeg levegőellátottságát és a hő leadását is. A hajtatus során a kőzetgyapot kockák tetején gyakran alakulnak ki alga telepek, melyek ugyancsak hátráltatják a közeg levegő- és CO₂ ellátottságát. Legtöbb hazai fóliaborítású termesztő-berendezésben a galvanizált fém tápanyag- és a víztartályok a belső légtérben vannak elhelyezve. Az anyag hővezető képessége miatt a bennük feloldott tápoldat együtt melegszik a belső léghőmérséklettel. A kísérleteim során azt tapasztaltam, hogy a 20-22 °C-os tápoldat nem volt képes a rendszert hűteni, sőt párolgása is intenzívebb volt. A nyári kritikus időszakban, a kőzetgyapot paplanokban a besugárzás alapján beállított tápoldat kijuttatás mennyisége elérte a 10 l/m² napi átlagot.

A talajon történő hajtatus esetében megfigyelhető volt, hogy a megfelelő szellőztetés mellett az intenzív talajlazítás, villázás, esetleg bakházzás, illetve a 18 °C-os öntözővíz kora reggeli kijuttatása megfelelő hőmérsékleti szinten tudta tartani a növény gyökérszónájának hőmérsékletét. Ezáltal a gyökérzet a növényre jellemző fejlettséggel rendelkezett, amely elősegítette a gyökérzet körbeölelő mikorrhiza gombák, illetve a gyökérszőrk tevékenységét, a Ca²⁺, illetve más tápanyagok felvételét.

Lényegesen előnyösebb gyökértömeg fejlettséget és tápanyag-hasznosulást tapasztaltam a perlitben, a konténeres technológiával hajtatus paprika esetében, ahol a tápanyag-utánpótlás, hasonló rendszerben történt, mint a kőzetgyapoton történő hajtatus esetében, de a törzsoldat a megfelelő hőmérsékletű vízben csak egy hőszigetelt tartályban volt feloldva. A műanyag konténer terjedelme biztosította a gyökérzet kialakulásához szükséges teret. A perlit vízmegkötő és tápanyag-szolgáltató képessége, a megfelelő klímazabályozás mellett kiválóan biztosította a paprikahajtatus feltételeit. Természetesen ez nem jelenti azt, hogy a kőzetgyapoton való hajtatus biztonsága háttérbe szorul más technológiákkal szemben, és nem mond ellent annak, hogy a hajtatus folyamata jól szabályozható, irányítható.

Figyelemmel kell azonban arra is lenni, hogy a termesztő-berendezésben vagy a szabadföldi termesztés során nem csökkenhet a páratartalom 70% alá, mert ekkor a napégés okozhat sérülést („napseb”) a termésen, főként azon a területen, ahol a termesztő-berendezés árnyékolása hiányos, vagy a lombfelület nem védi a termést a túlzott besugárzástól. A

„napseb” kialakulásának megakadályozására külföldön már alkalmazott egyik eljárás a kaolinpor tartalmú permetező szerrel történő kezelés. A kezelés hatására nemcsak a napsugárzás növényre gyakorolt erőssége csökkenthető, de a termés- és a lomb hőmérséklete is 3-4 °C-kal mérsékelhető.

Tapasztalataim szerint a szabadföldi paprikatermesztés során a bakhátak kialakítása a barázdás öntözés módszerével, illetve a talajtakaró fólia, a csepegtető öntözőrendszer alkalmazásával, még a kritikus nyári felmelegedés időszaka alatt is alkalmas a gyökérszónát a megfelelő hőmérsékleti értéken tartani, melynek jelentőségét a vizuális növénydiagnosztikai eredmények is alátámasztották.

A tápanyagok felvétele nemcsak a gyökérszőrök és a mikorrhiza gombák tevékenysége által lehetséges. Számos tanulmány bizonyítja, hogy a kalcium diffúzió segítségével is bejuthat a gyökérzet szöveti szerkezetébe, amennyiben a talajban, vagy a tápoldatban nagyobb a Ca^{2+} -ionok koncentrációja. A terméshez való szállítását azonban több tényező is befolyásolta. Kísérleteim során megfigyeltem, hogy a tápelem zavartalan szállítása a gyökérzet fejlettsége mellett a növény vízhasznosításával és a transzspiráció mértékével, folyamatosságával is összefüggésben volt, amely tulajdonság fajtajelleg is, tehát minden paprikafajta eltérő kalcium mennyiséget épít be a szövetekbe az egészséges bogoly létrehozásához. A hibrid ezt a tulajdonságot minden esetben a szülőktől öröklí. A tápanyagszállítás biológiai mechanizmusának folyamata a növényre ható ökológiai (lég hőmérséklet, gyökérszóna hőmérséklet, relatív páratartalom), kémiai (talaj vagy tápoldat pH-értéke, EC-értéke), meteorológiai (besugárzás mértéke, szél erősség, csapadékmennyiség), illetve termesztéstechnológiai (termesztő-közeg, szellőztetés- és árnyékolástechnológia, alanyhasználat) tényezők hatásának függvénye. Ezért a paprikatermesztés és a hajtás során a kalciumhiány okozta csúcsrothadás kialakulását minden esetben a növényekre ható tényezők komplex vizsgálatával lehet meghatározni.

A kísérletek eredményei alapján felállított képlet segítségével matematikai sorrendbe lehet állítani a növények Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-képességének mértékét. A kapott érték alapján a teszttermesztések során megállapított ökológiai tényezők figyelembevételével, összefüggés-vizsgálatot végezhetünk a paprikák kalciumigénye és hasznosítása tekintetében. Az eredmények értékelése alapul szolgálhat a pollenadó fajta kiválasztásában, amely a termések genetikai hátterét javítja fel, megváltoztatva a termés fizikai értékeit is. Amennyiben nem szeretnénk, hogy a termés eltérjen a kiindulási anyag habitusát és terméshabóját illetően, az egyenlet alkalmazása a Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-képesség javítására irányuló alanyok nemesítésében és kiválasztásában is alkalmazható.

Az alanyok alkalmazása, lehetőséget nyújthat a természetett fajta tökéletesebb Ca^{2+} és egyéb tápanyagok felvételére és felhasználására. Hasonlóan kimagasló eredményeket lehet elérni a módszer alkalmazásával, mint az erre irányuló szelekciós munkán alapuló növénynemesítéssel. A kísérletek befejező szakaszában azonban választ kaptam arra, hogy az intenzív természetnek számító hajtatásban, valamint a határtalajokon végzett paprikatermesztés során a tökéletesebb kalciumhasznosítás elérésének érdekében a gyakorlati kertészeti munka során legcélravezetőbb, ha mindkét lehetőséget együtt alkalmazzuk.

5. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Az általam végzett kutatómunka eredményei alapján a nyári hajtási időszakban, illetve a határtalajokon végzett paprikatermesztés során, az ismertetett kísérleti körülmények között a paprika Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-képességének vizsgálatában a következő összefüggéseket sikerült kimutatnom.

1. A paprikahajtás során a növényre ható ökológiai tényezők közül, ha a gyökérszóna-hőmérséklete elér egy kritikus értéket, akkor a termesztő-közegektől függetlenül ez gátolja a paprika Ca^{2+} -ion felvételét, szállítását, valamint beépülését.
2. A Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-képesség komplex, fajtától is függő tulajdonság, amely keresztezéssel átvihető és jó kalciumfelvevő képességű, egészséges bogyót fejlesztő növények szelektálhatóak az utódnemzedékből.
3. A hibrid Ca^{2+} -ion felvétele, szállítása és ökológiai alkalmazkodóképessége lényegesen jobb, mint a szabadelvirágzású fajtáé. A szabadelvirágzású fajta érzékenyebben reagál a táj ökológiai, tápanyag, víz, illetve meteorológiai viszonyainak változására.
4. A *Capsicum annuum* var. *california* és a *Capsicum annuum* var. *lycopersiciforme* paprikák keresztezése után a hibrid nemzedék maghozó képessége javult, valószínűleg a tökéletesebb kalciumhasznosítás miatt.
5. A vizuális növénydiagnózis alapján megállapított **csúcsrothadás** és **napseb** külső megjelenési formája minden esetben a paprikabogyó csúcsi részén észlelhető, amely a fiatal sejtek kalcium ellátottságának alacsony szintjével, vagy hiányával magyarázható. Az ilyen sejteket könnyebben pusztítja el az intenzív napsugárzás.
6. A Ca^{2+} -ionok felvételének és szállításának tekintetében, a magas EC-értékkel szemben toleráns gyökértulajdonsággal rendelkező paprika, lényegesen jobban hasznosítja a rendelkezésére álló kalciumot. Erre nincs hatással a termesztő-közeg tényleges CaCO_3 tartalma.

7. A paprika Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-képessége ionantagonizmus kizárásával, optimális EC-érték esetében a következő többtényezős, lineáris összefüggéssel jellemezhető:

$$Y_{\text{Ca}^{2+}} = x_1 + x_2 + x_3 + x_4$$

ahol:

$Y_{\text{Ca}^{2+}}$: a paprika Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-képessége

x_1 : gyökérszóna hőmérséklete ($^{\circ}\text{C}$)

x_2 : belső léghőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$)

x_3 : külső léghőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$)

x_4 : levegő relatív páratartalma (%)

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓK

Nemzetközi tudományos lapokban megjelent publikáció

Lantos, F.- Wachi, Y.- Helyes, L.- Pék, Z.- Tajimamat, E.- Orozaliev, N. (2009): Effect of root zone on blossom-end rot of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) fruits. VESTNIK No. 5. Osh University Kirgyszstan. pp. 272-277 ISBN 9967-03-030-5.

F. Lantos - K. Mike- T. Monostori- L. Helyes (2010): Evaluation of Calcium Deficiency Symptoms in Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.) Fruits via Visual Plant Diagnosis and Microscopic Examination. Acta Horticulturae **in PRESS**.

Hazai tudományos lapokban megjelent publikációk

Lantos, F.- Pék, Z.- Monostori, T.- Helyes, L. (2010):_Studies on the effects of growing substrates and physical factors in sweet pepper forcing in context with the generation of calcium deficiency symptoms. International Journal of Horticultural Science. 16 (2): pp. 61-65. ISSN: 1585-0404.

Magyar nyelvű tudományos folyóiratok

Lantos F. (2007): A kalcium növényélettani szerepének, jelentőségének vizsgálata a paprikatermesztésben. A hiánytünetek visszaszorítása növénynemesítési eljárásokkal. Agrár- és Vidékfejlesztési Szemle. 2. (2). pp. 125-129. SZTE MGK Tudományos Folyóirata. ISSN: 1788-5345.

Lantos F.-Pék Z.-Helyes L. (2009): A hajatott paprika gyökérzóna hőmérsékletének hatása a kalciumhiányos termékek megjelenésére. Kertgazdaság (Horticulture) 41. évf. 2. sz. pp. 9-13.

Lantos F.- Pék Z.-Tanács L.-Helyes L. (2009): Hőmérsékletváltozás hatása a növény levélfelületére paprikahajtatásban. Agrár- és Vidékfejlesztési Szemle. 4. (2). pp. 139-143. SZTE MGK Tudományos Folyóirata. ISSN: 1788-5345.

Angol nyelvű konferencia kiadvány (proceeding)

Lantos, F. -Hódiné.M.T.-Monostori, T.-Helyes, L: (2010): Effects of climate change on vegetables growing in South Hungary. Analyse of development of sunburn symptom. World Universities Congress. Canakkale, Turkey. 20-24. oct.

Magyar nyelvű konferencia kiadványok

Lantos, F.-Wachi, Y.-Tajimamat, E. (2010): Endogén növényi tényezők vizsgálata az étkezési paprika (*Capsicum annuum* L.) Ca²⁺-felvétel és transzlokáló-képesség vonatkozásában határtalajokon. XVI. Növénynemesítési Tudományos Napok. MTA Budapest. 11. 92 p.

Lantos F.-Pék Z.-Tanács L.-Helyes L. (2009): Hőmérsékletváltozás hatása a növény szerkezetére a paprikahajtatásban. XV. Növénynemesítési Tudományos Napok. Hagyomány és haladás a növénynemesítésben. MTA Budapest pp. 287-291

Lantos F.,-Havasi A, (2008): A kalcium növényélettani szerepének, jelentőségének vizsgálata a paprikatermesztésben; humánélettani szerepe az emberi test fejlődésének szakaszaiban. „Multifunkcionális Mezőgazdaság” nemzetközi tudományos konferencia kiadvány. 29.o. Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar Hódmezővásárhely.

Poszterek

Lantos, F. Pék, Z. Monostori, T. Helyes, L. (2010): Evaluation of Calcium Deficiency in Sweet Pepper (*Capsicum annuum L.*) Fruits Via Visual Plant Diagnosis, 28th International Horticultural Congress, Lisbon-Portugal, Aug.22-27.

Lantos, F.-Wachi. Y,-Tajimamat, E. (2010): Endogén növényi tényezők vizsgálata az étkezési paprika (*Capsicum annuum L.*) Ca²⁺ felvétel és transzlokáló-képesség vonatkozásában határtalajokon. XVI. Növénynevelési Tudományos Napok. MTA Székháza Budapest.

Lantos, F. Pék, Z. Tanács, L. Helyes, L. (2009): Hőmérsékletváltozás hatása a növény szerkezetére a paprikahajtásban. XV. Növénynevelési Tudományos Napok. Hagyomány és haladás a növénynevelésben. MTA Székháza Budapest.

Ismeretterjesztő kiadványok

Lantos F. (2007): A paprika és a kalcium. Kertészet és Szőlészet. 56. évf. 17. 9.

Lantos F. (2010): Paprikanemesítés Szentesen. Őstermelő Gazdálkodók lapja. 6. 63-65.

Lantos F. (2011): Oltott palánták alkalmazása a paprikatermesztésben. Őstermelő Gazdálkodók lapja. 1. 56-57.