SZENT ISTVÁN EGYETEM

A KALCIUMHIÁNY KIALAKULÁSÁNAK ÉS HIÁNYTÜNETEINEK VIZSGÁLATA A PAPRIKATERMESZTÉSBEN

DOKTORI (Ph.D.) ÉRTEKEZÉS

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

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS 3
1.1. A paprikatermesztés- és hajtatás kialakulása és elterjedése Magyarországon. 3
1.2. A probléma felvetése 5
1.3. A munka célja 6
1.4. Célkitűzéseim 7
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS 8
2.1. A kalcium (Ca^{2+}) általános jellemzése 8
2.1.1. A kalcium előfordulása a talajban 8
2.1.2. A kalcium növényélettani szerepe 9
2.1.3. A kalciumhiány hatása a talajban és a paprikában 9
2.1.4. A kalcium többlet hatása 11
2.2. A paprika származása, rendszertani besorolása 11
2.2.1. A paprika botanikai és morfológiai jellemzői 12
2.2.2. A csíranövény felépítése 12
2.2.3. Gyökérzete 12
2.2.4. Hajtásrendszere 12
2.2.5. Levélzete 13
2.2.6. Virága 13
2.2.7. Termése 14
2.3. A paprika fontosabb ökológiai igényei 14
2.3.1. Talajigénye 14
2.3.2. Tápanyagigénye 15
2.3.3. Hőigénye 15
2.3.4. Vízigénye 16
2.3.5. Fényigénye 16
2.4. A paprikatermesztés és -hajtatás technológiai lehetőségei 16
2.4.1. Az étkezési paprika szabadföldi termesztése 17
2.4.2. Az étkezési paprika talaj nélküli hajtatása 18
2.4.3. A talaj nélküli zöldséghajtatás rövid technológiai ismertetése. 19
2.4.4. Az étkezési paprika perlitben, illetve konténeres technológiával történő hajtatása 21
2.4.5. Paprikahajtatás talajon 22
2.5. A vizuális növénydiagnózis szerepe és jelentősége a paprikatermesztésben 24
2.6. Az infravörös távhőmérő jelentősége a növény sugárzási lombfelszín és a léghőmérséklet kapcsolatában 24
2.7. Az alanyhasználat jelentősége a paprikahajtatásban 25
3. ANYAG ÉS MÓDSZER 26
3.1. A kísérletek és vizsgálatok növényanyagai 26
3.3. A kísérletekben végzett megfigyelések és mérések módszerei 27
3.4. A pollenadó szülői partner kiválasztásának kiindulási tényezői és módszere 28
3.4.1. A hibridnemesítés módszere és menete 30
3.5. A csúcsrothadást előidéző ökológiai és termesztéstechnológiai tényezők vizsgálatának módszerei 32
3.6. A transzspiráció mértékét meghatározása a növényfelszín sugárzási hőmérséklete alapján 33
3.7. A transzspiráció hatásának vizsgálati módszere a Ca^{2+}-ionok szállítása és a csúcsrothadás megjelenésének összefüggésében, a hibridnemesítésben alkalmazott szülői partnerek és a hibrid tulajdonságaiban 34
3.8. A hazai és a külföldi teszttermesztések körülményei és megfigyelései 35

3.9. Az alanyhasználat hatásának vizsgálati módszere az anyanövény PAZ, Torkal F_1 és a Tokyo hibrid összes kalciumtartalmának meghatározásában 36
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSEK 38
4.1. A csúcsrothadás szövettani vizsgálata 38
4.2. A csúcsrothadást előidéző ökológiai tényezők vizsgálatának eredményei 2007-ben 38
4.2.1. Kőzetgyapoton történő paprikahajtatás vizsgálatainak eredményei 2008-2009-es években 43
4.2.2. Talajon történő paprikahajtatás vizsgálatainak eredményei 2008-2009-ben. 48
4.2.3. Konténeres technológiával, perlitben történő paprikahajtatás vizsgálatainak eredményei 2009-ben 51
4.3. A növényállományok sugárzási felszínhőmérsékletének vizsgálati eredményei a Ca^{2+}- ionok szállítása és a csúcsrothadás megjelenésének összefüggésében 54
4.3.1. A csúcsrothadás és a „napseb” szimptómák kialakulásának diagnosztikai eredményei 57
4.4. A hibridnemesítés céljának, szükségességének háttere 58
4.4.1. A keresztezési partnerek és a hibrid értékmérő tulajdonságai a növény Ca^{2+} igénye, és a talajok $CaCO_3$ tartalmának összefüggésében 59
4.4.2. A Tokyo hibrid értékmérő tulajdonságai a növény Ca^{2+} igénye, és a talajok $CaCO_3$ tartalmának összefüggésében 62
4.4.3. A növények sugárzási felszínhőmérsékletének vizsgálati eredményei a Ca^{2+}-ionok szállítása és a csúcsrothadás megjelenésének összefüggésében, a szülői partnerek, valamint a Tokyo hibrid vizsgálatában. 66
4.4.4. Az oltás hatásának eredményei az anyanövény PAZ és a Tokyo hibrid összes kalciumtartalmára 69
4.5. Rövid ökonómiai értékelés 72
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK 73
5.1. Új és újszerű tudományos eredmények 76
6. ÖSSZEFOGLALÁS 78
SUMMARY 80
7. MELLÉKLETEK 82
M1. Irodalomjegyzék 82
M2. Táblázatjegyzék 89
M3. Ábrajegyzék 90
M4. A kísérletekben mért és számított alapadatok 92
KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS 100

1. BEVEZETÉS

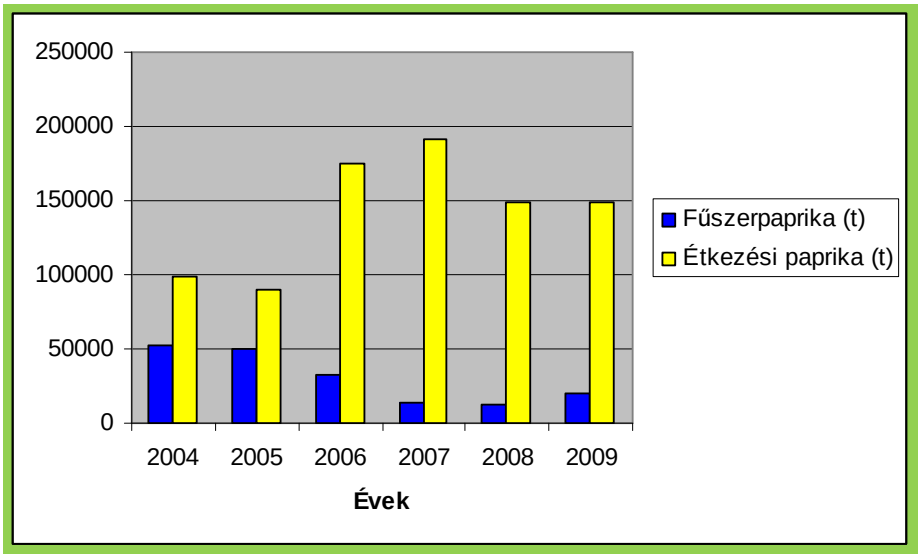
1.1. A paprikatermesztés- és hajtatás kialakulása és elterjedése Magyarországon.

Magyarországra a XVIII. században, a török hódoltság elől ide menekülő bolgár kertészek tevékenysége által honosodott meg a szabadföldi paprikatermesztés (Mód, 2004). A XIX. század közepétől a bolgár kertészet technológiája, a magyar kertészeti sajátságokkal kiegészítve hozta létre Magyarországon a zöldségtermesztési körzeteket. A termesztés mellett a zöldségnemesítés és a vetőmag-előállítás is erőteljes fejlődésnek indult. Ez indította el a hazai bolgárkertészeti rendszert, melyben létrejöttek az adott körzetre jellemző tájjellegű zöldségfajták is (Szalva, 1990, 1994). Hazánkban az étkezési paprika nemesítése 1920 körül kezdődött (Renczes, 1921; Obermayer, 1922, 1924). A világháborúk idején sajnos számos tájjellegű fajta elkallódott, mint például a „Fehér kalinkói", „Csabai fehér", és a „Jubileum" fajták. A vastaghúsú, csípősségmentes paprika nemesítése az ötvenes években kezdődött el újra (Angeli, 1954; Szalva, 1959), természetesen a külföldi nemesítői tapasztalatok figyelembevételével (Desphande, 1933; Alphat'ev, A. 1952). A 70-es évektől intenzíven elkezdődött a magyar paprikanemesítés, számos hazai kertészmérnök munkája európai szintre emelte a magyar paprikát. Somos András, Koródi László, Túri István, Hodossi Sándor, Filiusz István és még többek munkái az egyetemes magyar kertészeti oktatás részévé váltak. Szent-Györgyi Albert az étkezési paprikával történt kísérletei során fedezte fel a C-vitamint.

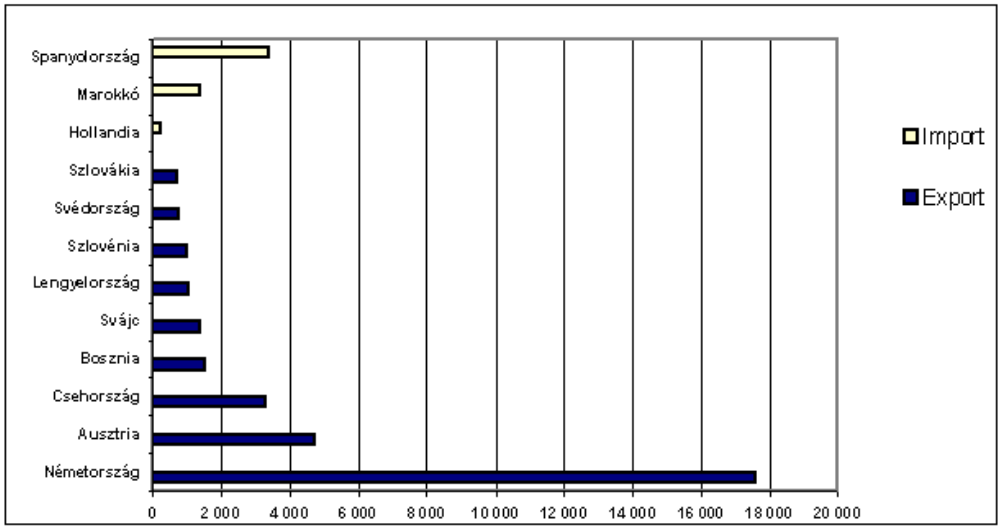
Napjainkban intenzív zöldségtermesztési rendszerben termesztjük a paprikát, amely többségében modern technológiákkal felszerelt hajtatóberendezésekben történik. A zöldségnövények közül az étkezési paprika *(Capsicum annuum L. var. grossum)* intenzív termesztése a hazai zöldséghajtatás mintegy 50%-át jelenti, melynek nagysága megközelíti a 2000 ha-t. Erről a területről évente 150-175 ezer tonna termést takarítanak be. Az Európai Unió paprikatermesztéséhez és értékesítéséhez hazánk csak kis mértékben tud hozzájárulni. A tagországok közül Hollandia, Olaszország és Spanyolország a három legnagyobb exportőr (Tompos, 2006; Tégla et al., 2006). Magyarországon évente, személyenként, mintegy 10-12 kg paprikát fogyasztunk el. Ez a mennyiség kevesebb, mint amennyit megtermelünk, ezért az ország exportra is képes termelni (Tégla et al., 2006). A jelentős paprikatermesztő európai országok szinte mindegyike túlnyomórészt intenzív, ún. talaj nélküli hajtatóberendezésekben végzi a paprikahajtatást. Hollandiában évente a 10-11 hónapig tartó hajtatási időszakban átlagosan 25-28 kg/m^2 termést takarítanak be, ez lehetővé teszi az egész éven át folyamatosan működő exportot is (Van Sickle et al., 2005). A magyar paprika termelése 2004 óta erősen ingadozó (1. ábra), az ország lényegesen több étkezési paprikát takarít be, mint amit az EU piacán elad (2. ábra). Az 1. számú táblázat az EU-hoz tartozó paprikaexportáló országokat mutatja be. Biztató jelenség viszont az,

hogy az elmúlt években Ázsiának több országában igen nagy érdeklődés jelentkezett a magyar tájjellegű paprikák iránt. A japán Nihonnouken Center kutatóintézet által végzett felmérések alapján, Japánban a magyar paradicsomalakú zöldpaprika hajtatása elterjeszthető lehetne a japán kertészek körében, illetve több ázsiai vállalat igényt tartana a vetőmag és a friss paprika megvásárlására, valamint feldolgozására (Wachi, 2009).

A közös paprikanemesítési együttműködés kiépítése, kitörési pont is lehetne a jelenlegi magyar paprikatermesztés számára. Olyan döntéseket kell tehát hoznunk, amely a termesztést hosszú évekre meghatározhatja (Z. Kiss et al., 2003).



1. ábra. Magyarország paprikatermelése (tonna/év) (KSH, 2009 alapján)



2. ábra. A hazai friss paprika export-import alakulása (tonna/év) (KSH, 2004 alapján)

1. táblázat. Az EU országok paprika exportjának alakulása (tonna/év).

	2005	2006	2007	2008	2009
Spanyolország	419 288	465 314	368 842	436 967	453 456
Hollandia	312 087	286 419	288 683	301 644	330 164
Franciaország	38 155	39 056	43 341	44 499	22 005
Magyarország	33 604	30 621	27 155	21 265	25 969
Belgium	21 564	16 391	21 330	19 370	22 669
Ausztria	15 477	13 496	13 937	16 587	17 440
Németország	13 475	13 374	13 608	18 761	20 127
Olaszország	8 990	11 066	15 526	11 664	27 295
Szlovénia	1 781	9 772	16 444	17 259	39 683
Lengyelország	4 737	8 753	10 882	11 281	10 455
Litvánia	352	3 134	7 883	10 561	9 405

(Fruitveb, 2010) alapján

1.2. A probléma felvetése

Magyarországon, a Dél-Alföldön a paprikahajtatásból, számos család tartja fenn magát. A magyar paprika hungarikum, amely Európában és Ázsiában egyaránt keresett termék, ezért arra kell törekednünk, hogy hosszútávon egészséges és piacos paprikát termeszthessünk. Termesztési tapasztalataim alapján a szabadföldi paprikatermesztés, illetve az intenzív hajtatás során fellépő tápanyag-hasznosítási zavarok megszüntetését nem a komplex műtrágyák alkalmazásában látom, hanem az adott paprikafajták eltérő „tápanyag értékesítési képességeinek” kihasználásában. Mengel (1973), Brown és munkatársai (in Mortvedt et, al., 1972*)* véleménye szerint, azon növények esetében, melyeknél öröklési anyaggal lehet számolni a tápanyagfelvétel és hasznosítás tekintetében, céltudatos nemesítéssel és szelekcióval lehetőségek rejlenek az adaptáció és a termőképesség növelésére. Alátámasztja ezt a gondolatot Rademacher (1937) által kidolgozott tézis, amely szerint a táptalajon a termesztés alatt fellépő tápanyag-ellátási zavarok kiküszöbölésére, megfelelően ellenálló fajtákat kell nemesíteni. Köztudott, hogy a növények megfelelő növekedése és terméshozama, így a paprikáé is, csak akkor biztosított, ha a növény fejlődésének kedvező és befolyásoló ökológiai, biológiai és edafikus tényezők (napsugárzás vagy mesterséges fényforrás, klíma, időjárás, víz, CO_2, tápanyag-ellátási viszonyok, energiahordozó tényezők, genotípusos potenciál) kedvezően alakulnak (Linser, 1972; Libbert, 1974). Ebből kiindulva fontosnak tartom a termesztő-berendezésekben biztosított ökológiai tényezők széleskörű vizsgálatát is. Feltételezhető, hogy ezek együttes hatása befolyással lehet a paprika tápanyagforgalmára és a tápanyagok felvételére.

A világon elsőként Griss (1844-47) hívta fel a figyelmet arra, hogy a növényeken jellegzetes elváltozások alakulnak ki, ha valamely tápanyaggal nincsenek megfelelően ellátva. A

tápanyaghiányok vizuális felismerése prevenció lehet az irreverzibilis sérülések kialakulásának megakadályozásában, ugyanakkor ez a diagnosztika a legtöbb gyakorlati ismeretet igényli (Wallace, 1961; Sprangue, 1964). Ezért a tápanyaghiány-tünetek leírását és elemzését növényfajonként és tápanyagok szerint is, csoportosítva kell elvégezni (McMurtrey, 1948; Magnitzkij, 1964). A talajok tápanyag-ellátottsága nem minden esetben biztosítja az adott növénykultúra termesztési igényeit, ezért ezeket a talajokat első lépésben az adott növénykultúra igényeihez igazítva fel kell javítani. A feljavítást azonban leginkább szervestrágyázással tudjuk elérni és amennyiben szükséges, megfelelő mértékű és összetételű műtrágya, kiegészítést is kell alkalmazni (Loch-Nosticzius, 2004). Azzal is számolnunk kell, hogy amennyiben a műtrágya mennyisége, koncentráltsága nem a növény igényeihez igazított, a talajban vagy a tápoldatban ionantagonizmus vagy ionszinergizmus léphet fel. Mindkettő a hiánytünetek kialakulását tápanyag-felvételi zavarokkal, az anyagcsere enzimreakciók elnyomásával, illetve felhígulási hatásokkal idézheti elő (Németh et al., 1974). Az ionantagonizmust a nem megfelelő koncentrációban feloldott törzsoldat vagy a rossz arányban összeállított tápoldat is előidézheti az intenzív hajtatás során (Ombódi, 2008). Az intenzív zöldségtermesztés területén az elmúlt néhány évben, a tökéletesebb tápanyag-hasznosítás és ellenállóképesség kialakításának érdekében egyre több országban alkalmaznak alanyt a termesztés során. A kompatibilis, nemesített vagy vadalany genetikai sajátságai a kambiális szövetek egyesülését követően elősegítik a nemes növényt a jobb tápanyag-hasznosítás, a terméskép zés és az ellenállóképesség elérésében (Ombódi, 2008).

1.3. A munka célja

Kísérleteimben elsősorban az volt a célom, hogy a szabadföldi paprikatermesztésben és az intenzív hajtatásban megállapítsam a kalcium növényélettani szerepét, jelentőségét. Feltárjam a paprikabogyókon a kalciumhiány következtében kialakuló irreverzibilis szövetkárosodás (csúcsrothadás) kialakulásában szerepet játszó fizikai tényezőket. Növénynemesítési eljárásokkal meghatározzam a paprika Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-képességének endogén tulajdonságait, és azok átörökíthetőségét. Kutatásaim során választ kívántam keresni arra, hogy a tökéletesebb kalciumhasznosításra irányuló növénynemesítés vagy az erre a célra irányuló fitotechnikai eljárások alkalmazásával biztonságosabbá válhat-e a paprikatermesztés. Jelentkeznek-e a bogyókon tápanyaghiányra utaló tünetek az ún. határtalajokon, ahol az adott tápelemnek az optimumtól eltérő hiánya vagy túlzott többlete található a talajban. Fel kívántam tárni a vizuális növénydiagnózis szerepét a növények tápanyaghiányának kialakulásában, illetve azok megelőzhetőségében.

Munkám során arra törekedtem, hogy a kísérleti tapasztalataimat felhasználva elsősorban a dél-alföldi, ezen belül a szentesi termőterületen a paradicsom alakú zöldpaprikafajta termesztése esetében kiküszöböljem a csúcsrothadás kialakulását. A probléma megoldása lehetővé teheti, hogy

a nyári időszakban történő paprikahajtatás során gyakran fellépő kalcium anyagcserezavarból adódó terméskárosodást megszüntessük és ezáltal a szentesi tájjellegű, szabadelvirágzású paprikát egyéb termesztőterületeken is, eltérő $CaCO_3$ tartalmú talajokon, eltérő ökológiai viszonyok között biztonságosabban termeszthessük.

A magyar étkezési paprikának több szempontból is ki kell tűnnie az európai piacon lévők közül annak érdekében, hogy az ázsiai piacokon is hosszútávon jelen tudjon maradni. A munkám során hibridnemesítéssel létrehozott pritamin típusú paprika tökéletesebb kalciumhasznosító tulajdonsága mellett fontos szempontnak tartottam még a hibridfajta koraiságát, a 100g feletti bogyótömeg, valamint a nagy fruktóztartalom, így az édes íz elérését. Javítani kívántam a hibridfajta piacosságát, a bogyó élénk színét, könnyű szedhetőségét, és a kedvező bogyóállást.

1.4. Célkitűzéseim

- Ca^{2+} növényélettani szerepének, jelentőségének feltárása a paprikahajtatásban,
- a kalciumhiány következtében kialakuló, a bogyókon jelentkező szövetkárosodás 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 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 termeszthetőségének megállapítása,
- az alanyhasználat hatásának megállapítása a paprika Ca^{2+} felvevő és transzlokáló,- valamint a maghozó képességének összefüggésében.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A kalcium (Ca^{2+}) általános jellemzése

A kalcium a periódusos rendszer második főcsoportjában lévő elem. Protonszáma 20, moltömege 40,078 g/mol^{-1}. Puha, ezüstfehér színű, könnyű fém, amely az alkáli földfémek közé tartozik. Halmazállapota szilárd, hevesen reagál az oxigénnel és a vízzel, ezért a természetben csak vegyületei fordulnak elő. A vizet hidrogén fejlődése közben bontja (Berei et al., 1962; Higdon, 2003). Vízben nem oldódik, csak CO_2 jelenlétében (Stefanovits, 1999). A kalciumot, mint elemet Humphry Davy brit kémikus hidrolízissel állította elő 1808-ban (Havasi, 2008).

2.1.1. A kalcium előfordulása a talajban

A kalcium primer forrásai a kalcit, az aragonit ($CaCO_3$) és a gipsz ($CaSO_4$+2H_2O). A gipsz az üledékes kőzetek különleges ásványa, a mezőgazdaságban kalciumpótlásra használják (Wolf, 1872; Ábrahám, 1980; Buzás, 2007). A kalciumásványok gyorsabban mállanak, mint az átlagos talajásványok, ezért a kimosódás előrehaladtával csökken a talaj eredeti kalciumtartalma. Az átlagos kimosódási veszteség 387 kg Ca/ha-ban határozható meg. A talajok kalciumtartalma égövenként változó mennyiségű. A mérsékelt égöv humid területeinek talajában 1-2% kalcium található, ugyanakkor a trópusok humid területeinek talajaiban mindössze 0,01%. A talaj nagyobb kalcium mennyisége azzal magyarázható, hogy a kalcium-ionnak a 2^+ töltéshez képest viszonylag kicsi a hidratált-ion mérete, és ez a kalcium nagyobb fokú adszorpcióját idézi elő a talajoldatban. A talajoldatban a kalcium kétértékű, pozitív ionként (Ca^{2+}) van jelen. A talaj kémhatása és kalciumtartalma között is összefüggés található. Ha a talaj pH-értéke csökken, akkor a talajban lévő Ca^{2+}- ionok mennyisége is csökken. Amennyiben a talaj pH- értéke nő, akkor a kicserélhető Ca^{2+}-ionok mennyisége is növekszik (Loch-Nosticzius, 1992; Stefanovits, 1999; Kovács, 2009). Kalciumhiány telítetlen talajokon pH 3-5-nél lép fel (Loch-Nosticzius, 2004; Terbe et al., 2005). A legfontosabb ionok megoszlása tekintetében a talajkolloidokban akkor optimálisak a viszonyok, ha a Ca^{2+} 65% -ban, a Mg^{2+} 10% -ban, a K^+ 5% -ban, és a H^+ - ionok 20% -ban vannak jelen (Szalai, 1974). A K^+ a Ca^{2+} antagonistája (Marti-Mills, 1991), ezért kell kisebb százalékban jelen lennie a talajban vagy a tápoldatban. Az étkezési paprikával való kutatásaikban Sári és munkatársai 2003, és 2006-ban arra a következtetésre jutottak, hogy a káliumban dús komposztokon nevelt paprikák bogyóinak túlnyomó részén jelentkeztek a kalciumhiány tünetek. Sanchez és Conde (1970) kísérleteikben kimutatták, hogy a tápoldatban kijuttatott nyolcszoros káliumadag, mintegy egynegyedére csökkentette a bogyó Ca^{2+}-tartalmát. Schönhard (1969) megállapítása szerint a termésben lévő kalciumhiány a talajban lévő tápanyagok eltolódására vezethető vissza. A túlzott

NH_4^+-ionok jelenléte a talajban szintén gátolja a Ca^{2+}-ionok felszívódását (Wilcox et al., 1973; Ho-White, 2005).

2.1.2. A kalcium növényélettani szerepe

A kalcium a növényekben szervetlen és szerves savak sójaként, továbbá a plazmakolloidokhoz kötött ionok alakjában fordul elő. A Ca^{2+}-ionoknak a ß-indolecetsavval kölcsönhatásban a sejt megnyúlásában és a sejt differenciálódásban játszik szerepet. Jelentős alkotóeleme a primer sejtfalak középlemezének, amelyben stabilizáló szerepet lát el (Bergmann, 1960; Szalai, 1974). A kalcium a pektin (poligalakturonsav) negatív töltéshelyeit hídszerűen köti össze, ezzel jelentősen meghatározza a sejtfalak stabilizálódását. A hídképző tulajdonságából adódóan meghatározza a fehérjék és az enzimek szerkezetét (Lévai, 2008). A Ca^{2+}-ionok sejten belüli koncentrációja viszonylag alacsony, a környezet koncentrációjának mindössze 1/100-ad része. Azonban a sejten belüli magasabb koncentráció az enzimek térbeli szerkezetét megváltoztatná, amely irreverzibilis károsító folyamatokat indítana el (Takahashi et al., 1999). Mindezek ellenére a kalciumnak, a környezeti hatások változásának kiküszöbölésében igen jelentős szerepe van, mivel a környezeti hatásokat közvetítő hormonok az anyagcsere folyamatok zavartalan működését a kalcium segítségével érik el. A hormon ugyanis nem tud bejutni abba a sejtbe, amelyben az anyagcsereváltozást indukálja, mivel a sejthártya receptoraihoz kötődik. A kívánt hatást egy kalciumkötő fehérjével, a kalmodulin segítségével közvetíti. A hormonhatás mértéke attól függ, hogy van-e elegendő receptor hely a plazmalemmán (Silver, 1998; Mason, 1999; Lambert, 1999). A Ca^{2+} növényélettani jelentősége a plazmahártya kialakulásában is jelentős (Szalai, 1974). A Ca^{2+}-ionok a növényben a transzspirációs áramlással a xilémben viszonylag könnyen szállítódnak, a floémba általában nem jutnak át. Miután a Ca^{2+} a floémban rosszul transzportálódik, visszaszállítása a levelekből a szárba és a gyökérzetbe vagy az idősebb részekből a fiatal, fejlődő hajtásokba annyira csekély, hogy gyakorlatilag nincs jelentősége (Wiersum, 1966; Ho et al., 1993).

2.1.3. A kalciumhiány hatása a talajban és a paprikában

A kalciumhiány esetében különbséget kell tennünk a növények tényleges Ca^{2+} hiánya és a talaj kalcium-, vagyis pontosabban mészhiánya között. A talaj mészhiánya a talaj elsavanyodását vonhatja maga után, amely számos, a növények számára esszenciális ionok (P, K, Mo) felvételének gátlását okozza. Ezzel párhuzamosan fokozódhat a nem esszenciális fémionok (Al, Cr, Ni) hozzáférhetősége, s így ezek nagyobb mértékű felvétele, melynek a növényre nézve toxikus hatása is lehet (Bergmann, 1979). A talaj mészhiányát koncentrált trágyák kijuttatásával pótolhatjuk. A csontliszt, az égetett mész, a lápi mész, a gipsz, a szuperfoszfát vagy a kalcium-foszfát műtrágya fűrészporral való összekeverését követően, azt egyenletesen kijuttatva a hiányt pótolni tudjuk (Wolf, 1872; Buzás, 2007). A talaj kalciumellátottsága azonban nincs mindig egyenes arányban a

növény kalciumellátottságával. Shear és Faust (1971) megállapították, hogy kalciumhiány akkor is tapasztalható a gyümölcsökben, amikor a termőföld, a növény kalciumigényét fedezni tudná. A kalciumot a növény gyökérzete csak Ca^{2+}-ion formájában tudja a talajból felvenni, vagy lombtrágyából a levélen keresztül (Bangerth, 1979; Gazdagné, 2007). Amennyiben a Ca^{2+}-ionok nem elegendő mennyiségben kerülnek be a növény szervezetébe, hiánytünetek alakulnak ki (Oláh, 2001). A kalcium szoros összefüggésben van a Ca^{2+}-ionok növényélettani funkcióival, hiányának tünetei legelőször a fiatal differenciálódó szerveken jelentkeznek. A növény növekedése ezért gátolt, levelei kisebbek, deformáltak, széleik kanalasan felkunkorodnak. A levéllemezeken nekrózis alakul ki. Jellemző tünet, hogy a nekrotizált levélen az erek színe mindig sötétebb, mint az interkosztális mezőké. A normálisan fejlődő növényen hirtelen bekövetkezhet szárpuhulás vagy szártörés. Ilyenkor a szár szöveti szerkezete üvegessé válik. Szalai (1974) arról számol be, hogy a kalcium-mentes közegben nevelt palánták gyökerei rövidek maradtak, csúcsi részük elnyálkásodott és megbarnult. Ellenben a palánták azon gyökérrészein, melyek nem merültek a tápoldatba új gyökérrészek fejlődtek, de azok csúcsi része is elhalt, ha a kalcium-mentes tápoldatba mártotta.

A kalcium mennyiségi alakulására és eloszlására a paprika növényben tanulmányt folytatott Mix és Marschner (1976), valamint Kaufmann és Vorwerk (1971). Megállapították, hogy a Ca^{2+} mennyisége a levelekben lényegesen több mint a bogyókban. A kalciumhiány tünete akkor is fellép a bogyókban, ha a növény többi része elegendő Ca^{2+}-iont tartalmaz (2. táblázat). A kalciumhiányos paprikatermésen a csúcshoz közel, besüppedő, barna, nekrotikus folt ún. „csúcsrothadás” alakul ki (3. ábra). A folt azért van a bogyó csúcsi részén, mert a paprikabogyó osztódó szövetei a kocsánynál vannak, tehát a kocsány felé haladva egyre fiatalabb sejteket találunk. A fiatalabb sejteknek viszont fokozottabb a Ca^{2+} igényük. A csúcsrothadás irreverzibilis sérülés, amely az azonnal pótolt kalcium hatására sem regenerálódik. Ez a bogyó elégtelen Ca^{2+}-ion ellátottságának következménye (Bussler, 1963; Wojciechowski et al., 1969; Somos, 1981). A Ca^{2+}-tartalom a bogyók növekedése során csökken, a fiatal bogyókban lényegesen nagyobb Ca^{2+} rakódik le, mint a teljes fejlettségű termésben. A Ca^{2+}-tartalom mennyisége fordítottan arányos a szárazanyag mennyiségével (2. táblázat) (Mix-Marschner, 1976; Clarkson, 1984; Hanson, 1984).

2. táblázat. A gyökéren keresztül 8 órán át adagolt Ca^{45} felhalmozódása a különböző fejlettségű paprika bogyókban.

Bogyósúly (g/szárazanyag)	**Ca^{2+}- raktározás** (mg Ca / bogyó)
0,26	46,5 ± 13,5
0,67	18,8 ± 5,4
1,05	5,5 ± 1,4

(Mix-Marschner, 1976)

3. ábra. Csúcsrothadás tüneteinek megjelenése az Emese F1 paprika termésén.

(Forrás: saját felvétel)

2.1.4. A kalcium többlet hatása

A talaj és a növény túlzott kalcium-ellátottsága egyaránt mészklorózist idéz elő. A klorózis tünete feltűnően sárga színű, elhalt levelekben nyilvánul meg. A Ca^{2+}-ionok nem közvetlenül gátolják a klorofill molekulák kifejlődését, hanem az ahhoz szükséges vasat kicsapják. Ezért tapasztalható az, hogy az ilyen növények vastartalma nagyobb, mint az egészségeseké (Szalai, 1974).

2.2. A paprika származása, rendszertani besorolása

A paprika magyar és más nyelvű neve a borsot jelentő görög és latin peperi-piper szóból ered (Bálint, 1962). A paprika *(Capsicum annuum L.)* őshazájának De Candolle (1894) Dél-Amerikát tekinti. Jones-Rosa (1928), Filov (1956) és Szűcs, (1975) szerint már a perui indiánok jóval Amerika felfedezése előtt foglalkoztak paprikatermesztéssel. A paprika magyarországi megjelenéséről a legrégibb megbízható adat a XVI. század közepéről származik (Somos, 1981;

Tanács-Szabóné, 1990). A XVIII. század második felében a Szentes környéki házi kertekben is megkezdték a termesztését (Szalva, 1959).

A különféle csoportosítások alapján a paprika rendszertana többféleképpen jelent meg. Soó (1963) által kidolgozott növényrendszere alapján az étkezési paprika *(Capsicum annuum L.)* a következőképpen határozható meg:

Spermatophyta (magvas növény)
XIV. törzs: Angiospermae (zárvatermők)
A osztály: Dicotyledones (kétszikűek)
2. ágazat: Malvales-Tubiflorae
XXI. sorozat: Personatae
1. család: Solanaceae
Nemzetség: Capsicum

2.2.1. A paprika botanikai és morfológiai jellemzői

A termesztésbevont paprika növényi részeinek méretei napjainkra már fajtabélyegek. A növény botanikai tulajdonságait a nemesítési munkák mellett a külső környezeti tényezők is befolyásolhatják. Ebből kiindulva az általános adatokat tájékoztató jelleggel ismertetem.

2.2.2. A csíranövény felépítése

A paprikamag csírázóképességét 4-5 évig tartja meg (Balázs-Filiusz, 1977). A csírázás megindulásához nedves közegben, 28 °C hőmérsékleten 7 nap alatt megindul a kelés (Zatykó-Márkus, 2006). A csíranövényen jól elkülöníthető a főgyökér és a későbbi gyökérágak fiatal képletei. A paprika csíranövény két sziklevéllel fejlődik, ezek alakja fajtabélyeg (Mándy, 1944).

2.2.3. Gyökérzete

Erőteljes orsógyökeret fejleszt, melyből az oldalgyökerek egyenletesen elosztva, két szemközti sorban fejlődnek ki (diarch gyökérzet). A fejlett paprika gyökérzete sűrű bojthoz hasonlít. A gyökerek túlnyomó többsége a talajfelszínhez közel helyezkedik el. Vízszintes irányban 30-50 cm-es körben hálózza be a talajt. Függőleges irányban 30-60 cm mélyre hatol. Az étkezési paprika egészségesen fejlett gyökértömege a kifejlett növény 7-17%-a (Cselőtei, 1955).

2.2.4. Hajtásrendszere

A hajtásrendszer a kifejlett állapotban alul fürtös, felül bogas elágazású, amely a csúcsban többes vagy kettősbogban ágazik el (Obermayer et al., 1955). A termesztett fajták hajtásrendszerük

alapján két típusba sorolhatók, eszerint folytonos növekedésű és csokros (determinált) alakokat különböztetünk meg (Kormos, 1956; Terbe et al., 2005).

2.2.5. Levélzete

A levelek nagysága, alakja sokféle lehet, amely egyben fajtabélyeg is. A hajtásokon fejlődő levéltömeg mennyisége is eltérő a fajták és hibridek tekintetében. Általános alakja lehet tojás vagy lándzsa alakú. Felülete sima, ép szélű, levélnyéllel csatlakozik a szárhoz. A levelek egyesével (szórt állásban) vagy kettesével (átellenes állásban) fejlődnek (Angeli, 1964; Somos-Sovány, 1964). Az epidermisz nagyobb részét szorosan záródó sejtek alkotják, de találunk közöttük sajátos alakú (vese, bab alakú) sejtpárokat, sztómákat vagy levegő-, gázcserenyílásokat, amelyek a növények párologtatását és gázcseréjét szabályozzák. A sztómák protodermából keletkeztek és kloroplasztiszokat is tartalmaznak. Nagyobb számú sztómát a levél fonáki részén találunk, de a mindkét oldalon megvilágított levelek esetében a levél mindkét oldalán kifejlődnek. Számuk mm^2-ként változó, 50-700 is lehet. A sztómák zárósejtjei között légrés található, melynek záródását és nyitódását melléksejtek végzik. A sztómák működését a fényerősség, illetve a levegő páratartalma is befolyásolja (Haraszti, 1977; Helyes, 1999).

2.2.6. Virága

Virágai egyesével, mindig az ágvillákban fejlődnek. Színük általában fehér, de lehet sárga és lila is (4. ábra). A virágok rendszerint először a főhajtásokon (80%-os arányban), majd a „mellékágakon” fejlődnek. A paprika virágai egylakiak, váltivarúak, öntermékenyülők. A termékenyülés mindig a főhajtáson kezdődik, és csak ezt követően a mellékhajtásokon (Kato-Tanaka, 1971). A virág porzóinak száma 5-7, a portokban azonos méretű 11-18000 pollenszem fejlődik (Hirose, 1965).

(Gniffke et al., 2009) alapján

4. ábra. A paprikavirág nyílásának és a genitáliák fejlődésének szakaszai vizuális megfigyelés alapján.

2.2.7. Termése

Termése változatos alakú, felfújt bogyó, rendszerint sárgás-fehér vagy zöld színű, éretten piros. A termés részei a termésfal, a központi oszlop a magokkal, rekeszfalak, csésze és a kocsány (Terbe, et al., 2005). A paprika termésének nagysága, alakja és tömege változó. Alakja lehet szarv -, keskeny háromszög-, háromszög-, trapéz-, téglalap-, négyzet-, lapított, vagy szív alakú, esetleg kerek (Cselőtei et al., 1993). A termés A-, B_1, B_2- és C-vitaminokat tartalmaz nagymértékben (Hermano, 1930; Szent-Györgyi, 1934; Cholnoky, 1937; Tanács, 2005). A paprika csípősségét a kapszaicin ($C_{18}H_{27}O_3N$) okozza, amely a csípősségmentes paprikából hiányzik (Micko, 1898; Inagaki-Uehara, 1958; Tyihák et al., 1966; Salzer, 1975). A termésben található festékanyagok összetételük alapján a karotinoidokhoz tartoznak. A karotinoidok jellemzően sárga, narancssárga, vörös színű színanyagok. A karotinoidok mennyisége a paprikabogyóban fontos értékmérő tényező (Lászlóné, 1975). Gomez (1962) a paprika színanyagait három csoportba sorolja:

- fő színanyagok (kapszantin $C_{40}H_{58}O_3$, kapszorubin $C_{40}H_{60}O_4$),
- provitaminhatású színanyagok (kriptoxantin $C_{40}H_{56}O$, ß- karotin $C_{40}H_{56}$),
- egyéb karotinoid színanyagok (zeaxantin $C_{40}H_{56}O_2$, lutein $C_{40}H_{56}O$).

A biológiailag érett bogyó értékmérő mutatói a vitaminok és a karotinoidok mellett a szénhidrátok, melyek túlnyomó része fruktóz. A paprika bogyók pektin tartalma 3-7% (Kardos, 1954). A friss étkezési paprika ízanyagának kialakulásában aromavegyületek (2-metoxi-3-izobutilpirazin), aminosavak, ásványi sók, illetve lipidek is szerepet játszanak (Horváth, 1930; Mótusz, 1932; Sarudi, 1939; Schuphan, 1948; Buttery et al., 1969; Biacs-Gruiz, 1977; Tanács, 2005).

2.3. A paprika fontosabb ökológiai igényei

2.3.1. Talajigénye

A paprika legjobban a könnyen melegedő, laza szerkezetű, tápanyagban gazdag csernozjom, barna erdőtalaj, vagy kötött réti talajokon fejlődik, de kielégítő a fejlődése a kötöttebb talajokon is, amennyiben a megfelelő talajlevegőzöttséget biztosítjuk (Tanács-Szabóné, 1990). A talaj kémhatását tekintve a paprika a gyengén savanyútól a közömbösig terjedő kémhatású talajokon fejlődik optimálisan (Zatykó-Márkus, 2006). A palánták talajigényét tápkockaföldek elégítik ki (3. táblázat), melyek legfőbb tulajdonsága a porozitás, amely a palánta gyökérzete számára a fejlődéshez megfelelő levegő: víz arányt biztosítja (Szalva, 1963). A talaj mésztartalmát tekintve a paprikatermesztéshez optimális talajok 1-5% közötti $CaCO_3$ szinttel rendelkeznek (Terbe et al., 2005).

3. táblázat. Kertészeti földek levegő- és vízkapacitása.

Kertészeti föld	Levegőkapacitás (%)	Vízkapacitás (%)
2-3éves darált tőzeg	12-14	30-35
fenyőlomb	25-45	30-40
erdei föld (1 éves)	25-45	30-40
tőzegkorpa	20	75
érett trágyaföld	11-25	35-40
gyepföld	14-25	32-45
felláptőzeg	30-50	45-60
síkláptőzeg	25-35	40-50
folyami homok	17-25	10-20
lápföld	12-18	40-50
mezőségi talaj	15-25	10-25
homoktalaj	15-25	25-28
vályogtalaj	8-16	25-28
agyag	4-9	38-55

(Terbe et al., 2005) alapján

2.3.2. Tápanyagigénye

Paprikának, a növekedése során a vegetatív és generatív részek fejlődéséhez különböző tápelemekre van szüksége. A paprika a legtöbb tápanyagot a termés növekedésére fordítja. A terméssel kivont tápanyagmennyiség a fajtától, a termés mennyiségétől és a termesztési körülményektől függően változik (Mécs, 1974; Geissler et al., 1985). A nitrogén (N) felvétel dinamikája legintenzívebb a lombnövekedés időszakában és a termésképzés kezdetén. A kálium (K_2O) felvételének üteme többnyire a nitrogénét követi, de már a paprika biológiai érettségének közeledtével, a kálium felvétele radikálisan csökken. A foszfor (P_2O_5) a csíraképzésében, a gyökértömeg kialakulásában és a virágzás intenzitásában játszik szerepet, de felvétele korántsem olyan egyenletes, mint a nitrogéné (Somos-Sovány, 1966). 1000 kg paprikabogyó kifejlesztéséhez a növénynek 2,4 kg nitrogénre, 0,9 kg foszforra és 3,4 kg káliumra van szüksége (Somos, 1964; Buzás, 2006). A makroelemek mellett a mikro- és mezoelemek, a vaskelát, a kalcium, és a magnézium is esszenciális a paprika tápanyag-ellátásában (Miller, 1961; Sanchez-Conde, 1970).

2.3.3. Hőigénye

A paprika kifejezetten melegigényes növény, hőigényének optimuma 25 ± 7 °C határértékek között mozog (Markov-Haev, 1953). A vegetatív fejlődési fázisaiban azonban eltérő hőmérsékleti igényeket figyelhetünk meg. Amennyiben a 25 °C-ot **t**-vel jelöljük, a mag nyugalmi szakaszában **t**-14 °C, a csírázási szakaszban **t**+7 °C, szikleveles állapotban **t**-7 °C, a szár- és levélképzés szakaszában, napos időben **t** hőmennyiséget igényel (Somos, 1981).

2.3.4. Vízigénye

A sok vizet igénylő növények közé sorolható. A vízigény mértékét számszerűen a transzspirációs és a vízfogyasztási együtthatóval tudjuk definiálni (Pochard-Serieys, 1974). A szabadföldi termesztés és hajtatás során is figyelembe kell venni a termesztő-közegek víztartalmát, vízfelvevő képességét és azt, hogy ez milyen mértékben van befolyással a termés mennyiségére és minőségére (Giardini-Pimpini, 1971). A paprika tenyészidőtől füügően átlagosan 450 mm vizet (csapadékot és öntözővizet) igényel (Helyes, 2003; Dimény et al., 2003). Baer és Smeets (1978) a termesztő-berendezés relatív páratartalmát vizsgálta, a paprika vegetatív és generatív fázisai során. Az 55 és 80% közötti relatív páratartalom vizsgálatának eredménye nem mutatott szignifikáns eltérést a bogyók növekedését és tömegét tekintve. A 95%-os relatív páratartalomnál azonban az első kötődések termései nagyobb átlagtömegűek voltak, mint az alacsonyabb légnedvesség esetén. Ezt követően azonban nagymértékű bimbóelrúgás következett be, amely kevesebb érett bogyószámot eredményezett. Megállapítható tehát, hogy ha a termesztőberendezések relatív páratartalma meghaladja a 80%-ot, a bogyó növekedésében és érésében is fiziológiai változást eredményez. A paprika a sóra érzékeny növény. A termesztő-közeg, a tápoldat vagy az öntözővíz magas sótartalma a gyökerek perzselését, tápanyaghiány tüneteket, stresszt, esetleg nekrózist okozhat (Terbe, 2000). A paprikatermesztésre a tápoldatok EC-értéke éppen ezért ne haladja meg 1,7-2 mS/cm értéket (Helyes, 1989; Slezák et al., 2003).

2.3.5. Fényigénye

A paprika fényigénye fajtánként változó. A terméskötéshez minimálisan 5000 lux fényerősség szükséges és 13-14 óra vagy a feletti megvilágítási időtartamban (Balázs, 1963). A paprika ún. hosszúnappalos növény. A káros fényerősség, az erős UV-B fényspektruma: 0-3: nincs veszély, 3-5: mérsékelt, 5-7: erős, 7-8: nagyon erős, 8- extrém ellen célszerű védekezni

- május 25-ig be kell fejezni a szabadföldi palánták kihelyezését;
- a hajtató-berendezéseket árnyékolni kell rashel-hálóval történő fedés vagy festés alkalmazásával (Zatykó-Márkus, 2006).

2.4. A paprikatermesztés és -hajtatás technológiai lehetőségei

A paprika optimális fejlődéséhez biztosítanunk kell mindazon sajátságos ökológiai, biológiai és fizikai igényeit, amelyek az egészséges, ép termés kifejlődését biztosítják. Általánosságban megállapíthatjuk, hogy több vonatkozásban is a legigényesebb zöldségnövényeink közé tartozik. Ahhoz, hogy egészséges bogyókat tudjunk termeszteni a technológiai lehetőségeket és az azokat befolyásoló fizikai tényezőket is meg kell vizsgálnunk. A termés gazdaságos előállításához azonban több technológiai lehetőség is rendelkezésünkre áll. Bármelyiketvonjuk is be a paprikatermesztés

technológiájába, legelső feladatunk, hogy minden esetben csak egészséges vetőmaggal vagy palántával szabad a munkát elkezdenünk (5. ábra).

2.4.1. Az étkezési paprika szabadföldi termesztése

A szabadföldi paprikatermesztés alapvető kritériumai a talaj fizikai állapotának vizsgálata, kémiai összetételének elemzése, valamint a termőtalaj vízgazdálkodási képességének feltárása (Somos, 1981). Figyelembe kell venni az öntözési lehetőségeknek a kiépítését is, hiszen a paprika vízigényét például az Alföld nyári csapadékmennyisége nem fedezi, ezért mesterséges vízpótlást kell alkalmaznunk (Somos-Turi, 1967). A talaj kémhatását illetően, a gyengén savanyú vagy a közömbös talajokat kell előnybe részesítenünk (6,4-7 pH). A talaj kalciumtartalma a paprikatermesztéshez 1-5% között optimalizálható (Terbe et al., 2005). A szabadföldi paprikatermesztésben jelentős szerepet tölt be a vetésváltás. A paprika jó elővetményei a kalászosok és a pillangósok. A biztonságos termesztést növeli, ha a paprika 4-5 évnél hamarabb nem kerül ugyanarra a területre vissza (Angeli et al., 1960; Andrasovszky et al., 1961; Somos, 1981). A szabadföldi paprikatermesztés során a talajba juttatott almos istállótrágya mennyisége egy tenyészidőszakra vonatkoztatva legalább 40-50 t/ha. A trágyázás hatékonyságát, a talajnedvességi állapot is meghatározza. A tápanyag-utánpótlásnak és az öntözésnek mindig összhangban kell történnie (Somos-Turi, 1962; Somos-Tarjányi, 1966). A szabadföldi étkezési paprika termesztését általában palántáról végezzük. A palántázás általános célja a növény terméshozásában a koraiság elérése, nevelési időszakának előbbre hozása (Szalva, 1963). A palántákat a megfelelő fejlettségi állapotban kézzel vagy géppel ültetjük el legkésőbb május 25-ig.

5. ábra. I. osztályú tápkockás paprikapalánta.

(Forrás: saját felvétel)

Az állománysűrűség meghatározásakor a növényápolás és növényvédelem gépeinek paramétereit, valamint a gazdaságossági tényezőket vesszük figyelembe. A szabadföldi paprikatermesztésben többnyire az ikersoros művelést alkalmazzuk, amelyben a szélesebb és a keskenyebb sorközök váltogatják egymást, így a szélesebb sorközben a művelő gépek a növényállomány károsítása nélkül mozoghatnak (Zatykó, 1979). A paprika vízigényét kielégíthetjük bolgárkertészeti, ún. árasztásos öntözéssel, amely a nagy vízfogyasztása miatt mára elavult. Az esőszerű öntözés hatékony, a növény levélfelületének hűtésében és a vízigény pótlásában, de nem sorolhatjuk a víztakarékos öntözések közé. A csepegtető öntözés, amely közvetlen a gyökérzónába juttatja a vizet és az oldott tápanyagot is, a legtakarékosabb és leghatékonyabb megoldások közé tartozik (Helyes, 2003). A terméshozás hatékonyságában az öntözővíz hőmérsékletének nagy jelentősége van. A legnagyobb és legegészségesebb termést a 25-27 °C-os öntözővízzel tudjuk elérni (Ugarcsinszki, 1967). A megfelelő tápanyag-hasznosítást, a kártevők és kórokozók távoltartását, a termőtalaj levegőzöttségét a folyamatos gyomtalanítással is szabályozni tudjuk (Zatykó, 1979; Balázs et al., 2000).

2.4.2. Az étkezési paprika talaj nélküli hajtatása

A XVII. században már számtalan értekezés látott napvilágot a növények talaj nélküli termesztésének lehetőségeiről. Az erre irányuló kutatómunka során megállapították, hogy a növények bármilyen talajt helyettesítő közegben termeszthetők, amennyiben optimális ökológiai körülményeket biztosítunk számukra, és megfelelő tápanyag-összetételű és pH-értékkel rendelkező tápoldattal öntözzük. A XX. században, Európában, Japánban és az USA-ban is megkezdődtek a talaj nélküli zöldséghajtatási kísérletek. A módszer nagyüzemi elterjedése 1972-ben kezdődött el Hollandiában. Magyarországon Somos András vezetésével indultak meg a kavicságyas kísérletek (Terbe et al., 2005). A talaj nélküli hajtatás legfontosabb sajátsága, hogy nem használunk termőtalajt a növény tápanyag-utánpótlására és rögzítésére, hanem, szerves vagy szervetlen eredetű, szintetikus anyagokat (Ombódi, 2008). A talaj nélküli termesztésnek többféle változata alakult ki, aszerint, hogy a gyökérzet milyen tápközegben helyezkedik el (4. táblázat). Magyarországon leginkább az ún. agregatponika terjedt el, melyben a tenyészidő alatt a növény gyökérzete szilárd közegben, legelterjedtebben kőzetgyapotban fejlődik (6. ábra).

4. táblázat. A talaj nélküli termesztés változatai.

HIDROPONIKA (vízkultúra)	**AGREGATPONIKA** (támasztóközeg kultúra)	**AEROPONIKA** (tápköd kultúra)
a gyökerek tápoldatba merülnek	a gyökerek zöme szilárd közegben van	a gyökerek tápködben vannak

(Terbe et al., 2005) alapján

2.4.3. A talaj nélküli zöldséghajtatás rövid technológiai ismertetése.

A talaj nélküli, tápoldatos termesztőrendszerek kizárólag hajtató üvegházakban vagy fóliasátrakban valósulhatnak meg. A rendszer kialakításához különböző berendezésekre van szükség, melyek a következő képpen rendszerezhetőek:

- gyökérrögzítő közeg (kőzetgyapot, kókuszrost, stb.), tartóedény,
- a tápoldatok és a sav keveréséhez, tárolásához szükséges tartályok,
- a tápoldat kijuttatására alkalmas, szűrőkkel ellátott csőrendszer,
- a tápoldat továbbításához szükséges szivattyú,
- vezérlő, automata berendezés.

A talaj nélküli hajtatás fontos tényezője a víz minősége (5. táblázat). A vízzel szemben támasztott követelményeket fizikai, kémiai és mikrobiológiai szempontok alapján is kell értékelni (Ombódi, 2008).

5. táblázat. A hajtatás szempontjából lényeges vízkémiai tulajdonságok.

Kémiai tulajdonságok	Tápionok	Kísérő ionok	Eltömődést okoznak	Átlagos érték az öntözővízben	Átlagos érték a tápoldatban
pH (kémhatás)				6,7-7,5	5,5-7,0
EC (sótartalom)				0,3- 1,0 mS/cm	2-6 mS/cm
nitrát	X			0-10 mg/l	200-350 mg/l
ammónium	X			0-2 mg/l	5-15 mg/l
foszfát	X			0-5 mg/l	30-100 mg/l
kálium	X			0-10 mg/l	250-450 mg/l
kalcium	X			20-70 mg/l	250-450 mg/l
magnézium	X			10-40 mg/l	60-120 mg/l
nátrium		X		10-80 mg/l	10-80 mg/l
klorid		X		5-50 mg/l	10-30 mg/l
hidrokarbonát		X		150-450 mg/l	70-200 mg/l
szulfát	X			0-30 mg/l	40-100 mg/l
vas	X		X	0-2,0 mg/l	0,3-1,0 mg/l
réz	X			0-0,1 mg/l	0,1-0,4 mg/l
cink	X			0-0,2 mg/l	0,2-0,6 mg/l
mangán	X		X	0-0,5 mg/l	0,2-0,8 mg/l
borát	X			0-0,2 mg/l	0,2-0,5 mg/l

(Ráczné, 2008) alapján

A növény számára kielégítő mennyiségben és koncentrációban meghatározott, könnyen oldódó ún. öntöző műtrágyákat juttatunk ki tápoldat formájában. A tápoldatot a törzsoldat megfelelő hígításával, vagy szilárd műtrágyák feloldásával állítják elő (6. táblázat). A tápoldatot tartályokban tárolják. A tápoldattároló lehet egytartályos **A** rendszerű, amelyben nem célszerű az összes tápanyagot feloldani a csapadékképződés veszélye miatt. Lehet kéttartályos **AB** rendszerű**,** amelyben a csapadékképződés elkerülése érdekében két különálló törzsoldatot oldanak fel. Lehet többtartályos rendszer is, amelyben műtrágyatípusonként alkalmaznak egy-egy tartályt.

A közeg kémhatását egy különálló tartályban tárolt salétromsavval állítják be. A tápoldatot előre meghatározott időközönként és mennyiségben egy automata rendszer juttatja ki a növény számára.

6. táblázat. Grodan cég által javasolttápoldatösszetétel a paprika kőzetgyapotos hajtatásában.

Paraméter	Palánta	Táblafeltöltés	Első 3-4 hét	Intenzív lombnövekedés	Termő időszak
EC mS/cm	2-2,5	2-2,4	2-2,5	2,2	1,8-2,4
pH	5,5	5,5	5,6	5,7	5,7
N (mg/l)	160-180	200-250	230-260	235-260	200-240
P (mg/l)	39-50	40-50	40-55	45-55	39-50
K (mg/l)	160-180	165-200	230-260	260-310	270-340
Mg (mg/l)	35-45	45-55	40-50	35-45	20-25
Ca (mg/l)	160-180	180-220	210-230	190-220	180-220
S (mg/l)	40-50	35-40	55-60	55-65	50-60
Fe (mg/l)	2	2-2,2	2-2,2	2-2,2	2-2,2
Mn (mg/l)	0,55	0,27	0,27	0,27	0,27
B (mg/l)	0,27	0,43	0,32	0,32	0,32
Zn (mg/l)	0,33	0,26	0,26	0,26	0,26
Cu (mg/l)	0,1	0,1	0,06	0,05	0,05
Mo (mg/l)	0,05	0,1	0,1	0,05	0,05

(Szőriné, 2005) alapján

A tápoldat párolgása (evaporáció) a termesztő-közegből a kőzetgyapotban is megtörténik bizonyosmértékben (7. táblázat). A párolgás sebességét az határozza meg, hogy 1 Joul besugárzásra egységnyi idő alatt, négyzetméterenként, hány ml tápoldatot kell kijuttatnia a rendszernek. A tápoldat kijuttatásának időzítése, a besugárzás mértéke alapján is történhet (Tóth, 2000; Ombódi, 2008).

7. táblázat. Párolgási tényező alakulása havonta a kőzetgyapotos paprikahajtatásban.

(ml/J/m^2).

HÓNAPOK	Paprika *(Capsicum annuum L.)*
Január	3,5
Február	2,1
Március	3,1
Április	2,5
Május	2,3
Június	2,7
Július	2,6
Augusztus	2,7
Szeptember	2,4
Október	2,3
Novenber	2,3
December	2,3

(Szőri és Szőriné, 2008) alapján

A talaj nélküli hajtatás (6. ábra) lehetővé teszi az intenzív monokultúrában történő paprikahajtatást is. Mivel nincs termőtalaj, ezért sem a talajuntság kialakulásától, sem a terrikol kártevők, kórokozók

elszaporodásától nem kell tartanunk. Így lehetővé válhat a hosszabb tenyészidő tervezése is (8. táblázat).

6. ábra. Paprikahajtatás kőzetgyapoton.

(Forrás: saját felvétel)

8. táblázat. A kőzetgyapotos paprikahajtatás fontosabb időszakai.

Időszak	Vetés	Ültetési időszak	Szedés kezdete	Befejezés
Hosszú kultúrás korai	IX. 15.- X.15	IX.30.-XI.30.	XII.15.-I.15.	VIII.15.-IX.30.
Hosszú kultúrás hagyományos	X. 15.-XI.30	I.1.-II. 15.	II.15.-III. 15.	X.15.-XI.30.
Kétszeri ültetés - első - második	 X.15.-XI.15. VII.1.-VII.15.	 I. 1.-I. 30. VIII. 1.-VIII.15.	 II. 15.-III.1. IX.30.-X.30.	 VII. 30. XII.30.- I. 15.

(Terbe et al., 2005) alapján

2.4.4. Az étkezési paprika perlitben, illetve konténeres technológiával történő hajtatása

A perlit viszonylag magas víztartalmú, természetes körülmények között is előforduló vulkanikus kőzet. Kimagasló tulajdonsága, hogy a nedvességet magába szívja és csak kifejezetten száraz körülmények hatására adja le magából. A nedvesség hatására megduzzad. A duzzasztott perlit fehér színű, nagy porozitású, szemcsés struktúrájú, környezetbarát, természetes kőzet, melynek hőszigetelő képessége magas (λ = 0.045-0.070 W/mK). A perlit átlagos összetétele: 70-75% szilícium-dioxid (SiO_2), 12-15% alumínium-oxid (Al_2O_3), 3-4%, nátrium-oxid (Na_2O), 3-5%

kálium-oxid (K_2O), 0,5-2% vas-oxid (Fe_2O_3), 0,2-0,7% magnézium-oxid (MgO), 0,5-1,5% kalcium-oxid (CaO). Vízzel telített állapotában a gyökér köré szórják, így a gyökerekre tapad, és nagy meleg idején a nedvességet a gyökereknek leadja. Szabályozza a növény vízforgalmát és javítja a talajklíma állapotát (Bolen, 2006).

A 8-12 liter űrtartalmú konténerben elhelyezett közeg lényegesen kedvezőbb a paprikahajtatás szempontjából, mint a termőtalaj vagy a kőzetgyapot. Kellőképpen biztosítja a paprikanövény fejlődéséhez szükséges vizet, tápanyagot és levegőt (7. ábra). A konténerben történő hajtatás esetében a tápanyag kijuttatása hasonló a talaj nélküli hajtatásban tárgyaltakhoz. A tápanyag-utánpótláshoz komplex, vízben jól oldódó műtrágyákat használnak fel pl.: Ferticare S, I, II, vagy Poly-feed komplex. A tenyészidő végén ammónium-nitrát és kalcium-nitrát tartalmú tápoldatot is ki kell juttatni (Kovács, 2000; Zatykó-Márkus, 2006).

7. ábra. Paprikahajtatás konténerben, perlit közegben.

(Forrás: saját felvétel)

2.4.5. Paprikahajtatás talajon

A paprika ökológiai igényeinek kielégítése mellett, a termőtalaj helyes előkészítését követően, a paprikahajtatás talajon is megvalósulhat (8. ábra). A hajtatásra szánt talaj tápanyagtartalma szerves eredetű anyagokkal és műtrágyák hozzáadásával a növény szükségleteihez mérten feljavítható. A megfelelő morzsalékos talajszerkezet kerti kisgépekkel való megmunkálással fenntartható. A növény táplálására, víztakarékos csepegtető öntözőrendszert építenek ki, amely közvetlen a növény gyökérzónájában lévő tápanyagokat feloldja, így a tápanyag könnyen felvehetővé válik a növény számára. A fejlett növény számára a lombtrágyázás a legbiztonságosabb

tápanyag-utánpótlás, amelynek hatása leginkább a termésnövekedésben mérhető le (Lazic et al., 1976). A talajon történő paprikahajtatás több időszakokban is időzíthető. A paprikát Magyarországon július, augusztus hónapok kivételével minden időszakban lehet vetni, valamilyen hajtatási időszak számára indított palántaneveléshez. Időben jól elkülöníthető 6 paprikahajtatási időszakról beszélhetünk (9. táblázat).

8. ábra. Paprikahajtatás talajon.

(Forrás: saját felvétel)

9. táblázat. Paprikahajtatás főbb szaporítási adatai.

Időszak	Vetési idő	Palántanevelés időtartama (hét)	Ültetési idő	Szedés kezdete
Igen korai	szept. vége	10-14-12	nov. közepe-jan. közepe	január-
Korai	okt. közepe	12-11	jan. közepe-márc. közepe	március-
Enyhén fűtött	jan. eleje	11-10	márc. közepe-ápr. közepe	május-
Hideghajtatás	febr. eleje	10-9	ápr. közepe-május vége	június-
Nyári fóliás termesztés	április	8	jún. - júl.	aug.-szept.
Őszi hajtatás	jún. közepe	8	augusztus közepe	október

(Zatykó- Márkus, 2006) alapján

2.5. A vizuális növénydiagnózis szerepe és jelentősége a paprikatermesztésben

Tudományos vonatkozásban az anyagcsere és a táplálkozási kérdésekre vonatkozó növénykísérletekben jelentős szerepet tölt be a laboratóriumi növényanalízis mellet a lokális, tüneti, vizuális növénydiagnosztika (Bergmann, 1959). A világon elsőként Griss (1844-47) hívta fel a figyelmet arra, hogy a növényeken jellegzetes elváltozások keletkeznek, ha valamely tápelemmel nincs kellően ellátva. Köztudott, hogy a növény normális növekedése és megfelelő minőségű, optimális méretű termése csak akkor biztosított, ha az összes, akár a növényegyed, akár a növény-állomány, növekedését és fejlődését befolyásoló tényezők kedvezően alakulnak (Linser, 1972; Libbert, 1974). A növény fejlődését befolyásoló, egymást gyakran átfedő tényezők miatt, a hiánytünetek vizuális diagnózisán alapuló, helyes diagnózis felállítása nem egyszerű feladat, alapos gyakorlati ismereteket igényel. Éppen ezért a vizuális növénydiagnózist minden esetben levélanalízissel kell kiegészíteni, hogy további tájékoztató adatokhoz jussunk a végső következtetések levonására (Bergmann-Neubert, 1976).

2.6. Az infravörös távhőmérő jelentősége a növény sugárzási lombfelszín és a léghőmérséklet kapcsolatában

Az infravörös távhőmérők alkalmazhatóságát a 80-as években Tanner vetette föl először. Napjainkban több infravörös távhőmérő típust forgalmaznak. A levélfelszín hőmérsékletének mérésére azonban csak olyan típusok alkalmasak, amelyek gyorsan, másodpercenként többszöri felvételre képesek, nagy felületet mérnek, és a mért adatok átlagolására is képesek.

A RAYGNER II. típusú infravörös kézi távhőmérő 9V-os elemmel működik, és érintkezés nélkül méri az anyagok, tárgyak hőmérsékletét (9. ábra). A hőmérséklet mérhetősége és a mérés pontossága független a távolságtól. A távhőmérő mérési sebessége rendkívül nagy, egy másodperc alatt négy adatot rögzít. A mérés alatt rögzített adatokat átlagolja, és digitálisan kijelzi. A mérés előtt az emisszió szintet be kell állítani. Zöld növények esetében az emisszió 95-97%.

Amennyiben a növényállomány lombhőmérsékletét a napálláshoz képest háttal mérjük, fontos, hogy a mérés pontossága érdekében a hőmérő szögállása azonos legyen a napállás szögével (Helyes, 1990 és 1999).

9. ábra. RAYNGER II. típusú infravörös távhőmérő.

(Forrás: saját felvétel)

2.7. Az alanyhasználat jelentősége a paprikahajtatásban

A zöldségnövények esetében az alanyok alkalmazása a hazai zöldséghajtatási gyakorlatban az elmúlt tíz évben igen elterjedt technológiai elem. A fás szárú növények példáját követve a zöldségnövények oltását a szaporításhoz sorolják a magyar szakkönyvek, s mind szabadföldi termesztésben, mind hajtatásban használják e termesztéstechnológiai elemet. Az oltást szinte kizárólag kabakosok és burgonyafélék esetében alkalmazzák. Szabadföldön a görögdinnye, míg hajtatásban a paradicsom oltásának van a legnagyobb jelentősége (Ombódi, 2008). A paprika alanyváltása még hazánkban sem olyan mértékű, mint a paradicsom esetében. Az oltott palánták a paprikatermesztés csekély hányadát teszik ki. Ombódi (2008) által közölt adatok szerint Ázsiában sem elterjedt kertészeti technológia a paprika alanyhasználatata (10. táblázat).

10. táblázat. A kabakosok és burgonyafélék esetében az alanyhasználat aránya Japánban.

	JAPÁN	
Zöldségnövények	**Szabadföldi termesztés**	**Hajtatás**
görögdinnye *(Citrillus lanatus Thumb.)*	92%	98%
sárgadinnye *(Cucumis melo L.)*	0	42%
uborka *(Cucumis sativus L.)*	55%	96%
tojásgyümölcs *(Solanum melongena L.)*	43%	94%
paradicsom *(Lycopersicon esculentum Mill.)*	8%	48%
paprika *(Capsicum annuum L.)*	nincs adat	

(Ombódi, 2008) alapján

Az alanyok alkalmazásának jelentőségét Ombódi (2008) megfogalmazásában a jobb tápanyag-hasznosítás, a fejlettebb gyökérzet, a jobb stressztűrő képesség, az ellenálló képesség javulása, a nagyobb termésátlag és a jobb termésminőség foglalja magába.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kísérletek és vizsgálatok növényanyagai

A kalciumhiány kialakulásának tényezőit a termesztéstechnológiai problémák és az eltérő termesztő-közegek összefüggésében az Emese F_1 és a Cecei fehér F_1 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 F_1 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 (37. ábra). A PAZ fajta termései a magházpenészedésre (*Botrytis cinerea*) hajlamosak. A kalciumhiánytüneteinek megjelenésére érzékeny (Szalva, 1975).
- A Torkál F_1 hibridnemesítéssel létrehozott kaliforniai típusú, szabadföldi hibrid. Termése vastaghúsú, zöldből mélyvörös színbe érő. Virágai 100%-ban csüngő állásúak (37. ábra). Determinált növekedésű, erős gyökérzetű, viszonylag nagy lombozatú hibrid. Termései a magházpenészedésre (*Botrytis cinerea*), és a kalciumhiány tüneteinek megjelenésére nem hajlamosak (De Ruiter Kft., 2006).
- Az alanyhatás vizsgálatakor Tm0; HR= PVY 0,1,2,; Pc rezisztens Snooker-alanyt használtam fel (26. táblázat).

3.2. A kísérletek és vizsgálatok helyszíne és ideje

A kalciumhiány tanulmányozásában hibrid paprikákat kőzetgyapoton, talajon, valamint perlitben történő hajtatások során vizsgáltam Szentesen a DABIC Kht. kertészeti telepén, valamint Kiskunmajsán a Kirshe Kft. zöldségkertészeti telephelyén 2007. és 2009. között, a nyári hajtatási időszakokban. A hibridnemesítést megelőző szelekciós munkát Szlovákiában Nagymegyeren az Agrohobby Kft. kísérleti kertjében, valamint Szentesen a DABIC Kht. kertészeti telepén végeztem. A hibridelőállítást (keresztezést) izolált körülmények között, rashel-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 teljesítményvizsgálati 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 Karának Kertészeti Tangazdaságában.

A bogyókon jelentkező Ca^{2+}-hiányt, valamint a napégés következtében létrejött szövetkárosodások mikroszkópos vizsgálatát Szegeden a Gabonakutató Kft. laboratóriumában végeztük el a Kft. 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 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 paprikaoltást Felgyőn a Grow-Group Kft. palántanevelő üvegház csarnokában végeztem el.

3.3. A kísérletekben végzett megfigyelések és mérések módszerei

A kísérletek helyszínéről 30 cm mélységből vett 1kg mennyiségű talajmintákat a DABIC Kht. Szentesi Minőségvizsgáló Laboratóriuma elemezte. A 11. táblázatban bemutatott eredményeket laboratóriumi szűkített talajvizsgálatok MSz-20135:1999 alapján értékeltük.

11. táblázat. A hibridnemesítés és a teszttermesztések talajai az eredeti tápanyagtartalommal.

Termőhely	pH	Só (m/m%)	K_A	$CaCO_3$ (m/m%)	Humusz (m/m%)	P_2O_5 (mg/kg)	K_2O (mg/kg)	NO_3-NO_2-N (mg/kg)
Nagymegyer	7,23	<0,02	36	5	0,58	1324	648	33,3
Szentes	7,6	<0,02	48	1,0	2,9	300	550	10
Ópusztaszer	6,98	<0,02	60	2,32	2,34	287,6	313	65,4
Bánhegyes	7,6	<0,02	48	1,0	2,9	300	550	10
Mórahalom	7,4	<0,02	26	8,57	-	170	260	1,6
Japán	4,98	<0,02	60	0,5	5,70	514	763	31,4
Kirgizisztán	7,93	<0,02	35	12,9	2,56	301	392	36,7

A teszttermesztések során a Ca^{2+}-hiány következtében a bogyókon jelentkező „csúcsrothadás” tünetek mértékét rendszerint a betakarítást követően vizuális növénydiagnózis alapján mértem fel.

A hibridnemesítésben pollenadó szülői partner kiválasztása és értékelése során pozitív szelekciót végeztem a „csúcsrothadás” tünet megjelenésének elmaradása tekintetében.

A Ca^{2+}-hiány és a napégés okozta szövettani elváltozásokat OLYMPUS BX50 típusú fénymikroszkóppal, 0,5 mm vastag keresztmetszet szeleteken, 3-3 db sérült növény átlagából, 20-szoros nagyításban végzett vizsgálatok alapján analizáltuk Szegeden a Gabonakutató Kft. munkatársaival.

A növények transzspirációját a termesztőberendezésekben meghatározó ökológiai tényezők összefüggésében a gyökérzónában mért hőmérséklet, külső-belső hőmérséklet (ºC), relatív

páratartalom (RH%), RAYNGER II. típusú infravörös távhőmérővel mért lombhőmérsékleti értékek alapján határoztam meg.

A gyökérzóna hőmérsékletét PKT-1 típusú digitális hőmérővel, a léghőmérsékletet ABAKO 105061, valamint SKYE DATAHOGE típusú hőmérővel mértem. A növények termései összes kalciumtartalmának meghatározására MSz 6830/15-87; ISO 6490-:1985 titrimetriás módszert (Barócsai et al., 1990) alkalmaztam, mely során kapott eredményeket biometriai számítások segítségével értékeltem.

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 *(Botrytis cinerea)* való hajlamosság, értékmérő tulajdonságokban vizsgáltam.

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

A csúcsrothadás kialakulásában szerepet játszó tényezők meghatározására Pearson féle korrelációs modellt alkalmaztam. A további statisztikai elemzésekre lineáris modellvizsgálat módszerével (Jánosa, 2005; Sajtos-Mitev, 2007) egy,- illetve többtényezős varianciaanalízist alkalmaztunk a Szent István Egyetem Kertészeti Technológiai Intézet munkatársainak együttműködésével.

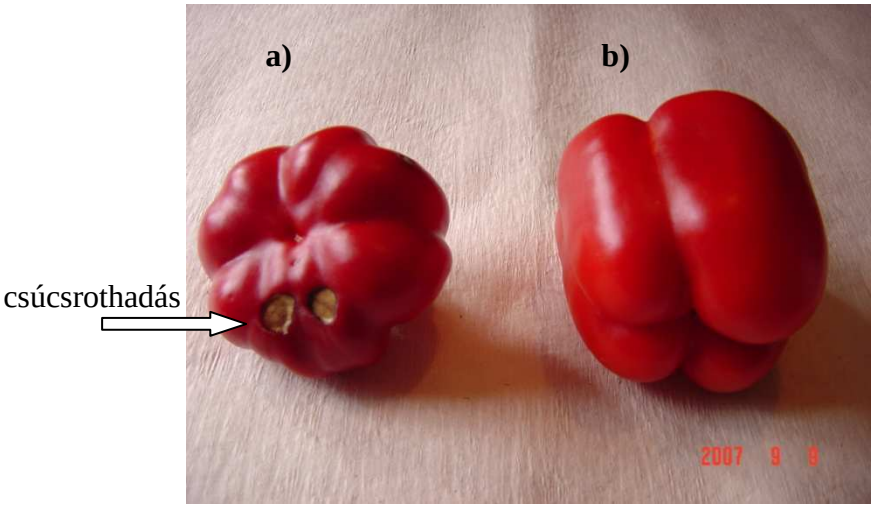
3.4. A pollenadó szülői partner kiválasztásának kiindulási tényezői és módszere

A PAZ fajta hazai és külföldi - főként a szlovákiai és a japán - termesztése során gyakran jelentkező probléma volt a terméseken kialakuló csúcsrothadás, amely a korábbi szakirodalmak által közölt (Terbe et al,. 2005), a termésben tapasztalható kalciumhiány kialakulásában elsődleges szerepet játszó tényezőként a talaj alacsony $CaCO_3$ tartalmát jelölte meg. Napjainkban azonban számos tanulmány a paprika csúcsrothadásának kialakulásában a talaj vagy a tápoldat alacsony pH-értékét, magas sótartalmát (EC-értékét), az esetleges termesztéstechnológiai hibákat, illetve a helytelen kalcium tápanyag-utánpótlást nevezi meg (Bergmann, 1979; Dodd, 2000; Terbe et al., 2003). Vannak olyan tanulmányok is, melyek a fajta Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló tulajdonságát külön határozza meg a csúcsrothadás kialakulásának kiváltó tényezőiként. Adams és Greenleaf (1969) megállapítják, hogy a paradicsomban *(Lycopersicon esculentum Mill.)* kialakuló csúcsrothadás genetikailag is irányított, a növény Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló képességétől függő fajtatulajdonság, amely szoros összefüggésben van a növény ellenálló képességével is. Az elmélet

alapján tehát, amennyiben azonos mésztartalommal rendelkező talajokon, azonos mértékű ökológiai hatások mellett, a *Solanaceae* családba tartozó növényeket termesztünk, a növények az azonos körülmények ellenére is, egymástól eltérő Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-képességgel rendelkezhetnek.

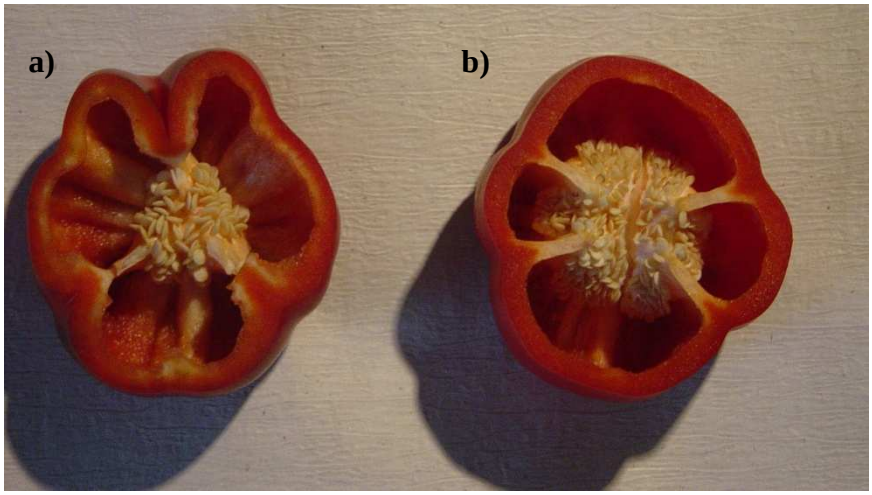
Szelekciós munkám módszerének lényege az volt, hogy a kalciumhiánytünetek kialakulására érzékenyen reagáló PAZ fajta kalciumhasznosításának feljavítására olyan keresztezési partnert válasszak, amely a paprikatermesztéshez az optimálistól eltérő mésztartalommal rendelkező talajokon is megfelelő minőségű termést érlel.

A kiindulási PAZ fajtát és a kiválasztott pollenadó Torkál F_1 hibridet kisparcellás kísérleti telepeken Nagymegyeren és Szentesen teszteltem, egymástól jelentősen eltérő talajmész tartalomú talajokon (12. táblázat). A pollenadót a csúcsrothadási tünetek kialakulásának elmaradására, a nagyobb termésfal vastagságra, és a jobb maghozásra irányuló pozitív szelekcióval választottam ki. Szelekció során a paprikákat 12-12 növény 4-4 db biológiai érettségben lévő terméseinek vizsgálatát követően választottam ki (10-11. ábra). A termések felmérése alapján a Torkál F_1 paprikát megfelelőnek találtam a keresztezési munkára (Eredmények 18.-19. táblázat).



10. ábra. Azonos körülmények között nevelt fajták termései PAZ (a) és a Torkál F_1 (b). (Forrás: saját felvétel)

A talajt, Szentesen 18 °C-os, EC 2, pH 5,8, Nagymegyeren 18 °C-os, EC 1,8, pH 6,2 értékű tápoldattal öntöztük. A termesztőberendezésekben a nappal mért léghőmérséklet nem haladta meg a 30 °C-ot, a páratartalom szintjét folyamatos szelőztetéssel tartottuk 80% alatt. A csúcsrothadás megjelenését, kialakulását vizuális növénydiagnózis alapján mértem fel (Eredmények18.-19. táblázat). Értékeléseimben a bogyók fizikai és beltartalmi értékeit négy egymást követő időben beérett, a teljes biológiai érettség állapotában lévő bogyók átlagértékéből határoztam meg (Eredmények 20. táblázat).



11. ábra. A PAZ (a) és a Torkál F1 (b) termésének keresztmetszete.

(Forrás: saját felvétel)

12. táblázat. A PAZ és a Torkál F1 szülők főbb termesztéstechnológiai adatai Nagymegyeren és Szentesen.

Műveletek	Szelekció helye	
	Nagymegyer	**Szentes**
vetés	2006. március 28.	2006. március 23.
tűzdelés	2006. április 15.	2006. április 22.
kiültetés	2006. május 10.	2006. május 17.
tenyészterület	85 + 40 x 40 cm	
állománysűrűség	4 db/m^2	
metszés	metszés nélküli bokor habitus	

3.4.1. A hibridnemesítés módszere és menete

A kiválasztott szülői partnereket Szentesen 2006. május 10.-én ültettem ki egy rashel-hálóból készült izolációs sátorba. A palántákat 30 x 30 cm-es tenyészterületre, egymástól 50 cm-es művelő-úttal elválasztva ültettem ki. Az egyenlő arányban lévő 12-12 db palántát, azonos ökológiai körülmények között, azonos talajon neveltem (12. ábra). Tápanyag-utánpótlásként kalcium tartalom nélküli Poly-feed műtrágya vizes oldatát alkalmaztam. Július első hetétől folyamatosan a PAZ fajta virágait, a kasztrálást (porzók eltávolítását) követően az érett pollennel rendelkező Torkál F1 hibrid virágaival termékenyítettem meg. A pollenátvitelt kézzel végeztem a virágok nyíló állapotától függően (lásd 4. ábra), reggel 7 és 8 óra között. A keresztezésre csak a csüngő állású virágokat használtam fel. A termékenyülő virágokat vattával fedtem be a nem kívánt idegen pollenek rákerülésének megakadályozása érdekében (Gniffke et al., 2009). A keresztezett virágokat jelzéssel

láttam el (12/b. ábra). A biológiailag érett termésekből októberben vetőmagot nyertem. A további években az ezekből nevelt növények terméseit vizsgáltam.

(a) **(b)**

12. ábra. A szülői partnerek növényei (a) és a keresztezett bogyók (b).

A hibridnemesítés eredményeként létrejött Tokyo hibrid terméseinek fizikai és beltartalmi értékeit négy, egymástól teljesen eltérő, de a paprikatermesztéshez optimális talajmésztartalommal rendelkező, hazai termőtájakon termesztett növények terméseinek alapján határoztam meg. Kontrollméréseimet azokon a külföldi területeken végeztem, melyeken a termőtalaj $CaCO_3$ szintje lényegesen eltért az optimálistól. Japánban, a Nihonnouken Kutató Intézet szabadföldi kísérleti parcellákban elhelyezett növényeket a Terbe et al., (2005) által meghatározott, a paprikatermesztéshez szükséges legalacsonyabb talajmész tartalom alatti 0,5%-os $CaCO_3$ értéken teszteltem. Kirgizisztánban, az Osh Állami Egyetem kísérleti telepén viszont a megállapított legmagasabb 5% talajmész tartalom feletti, kimagaslóan magas 12,9% $CaCO_3$ szint volt a talajban (10. táblázat). Az ilyen magas, szélsőséges $CaCO_3$ értéket, valószínűleg a talajban lévő nagy mennyiségű gipsz okozhatja (Stefanovics, 1996). Ezekben a talajokban, az említett területeken, a kísérleteimet megelőzően még sohasem termesztettek paprikát, a két ország mezőgazdaságára egyébként sem volt jellemző a szabadföldi paprikatermesztés. Ebben az értelemben tehát, a két talajtípust marginális ún. határtalajoknak tekintettem. A kísérleti termesztések során Japánban feketeszínű fólia talajtakarással, valamint csepegtető öntözés kiépítésével, Kirgizisztánban bakhátak és árasztásos vízpótlás segítségével tartottuk a gyökérzóna hőmérsékletét az optimális 20-22 ºC-os szinten (lásd 36. ábra). A növények tenyészideje alatt semmilyen kalciumtartalmú tápanyag-utánpótlást nem alkalmaztunk. Megfigyeléseinket a terméskötéstől a bogyók teljes, biológiai érés állapotáig végeztük. Eredményeinket fajtánként 12 növény 4-4 legelső, biológiai érettségben lévő termésének átlagértékéből határoztuk meg. Méréseinket mindig 4 ismétlésben végeztük el. A Tokyo

hibridet minden kísérletben az anyanövény PAZ paprikafajta mellett elhelyezett parcellákban vizsgáltuk. Munkánkat különösen a kalciumhiány okozta csúcsrothadás megjelenésére irányítottuk, melyet vizuális értékelés alapján határoztunk meg.

3.5. A csúcsrothadást előidéző ökológiai és termesztéstechnológiai tényezők vizsgálatának módszerei

A Ca^{2+}-hiány okozta csúcsrothadás kialakulását előidéző, a növényekre ható környezeti tényezők megfigyelését és méréseit három év (2007-2008-2009) nyári hajtatási időszakában végeztem Szentesen a DABIC Kht. kertészetében (13. táblázat). A hajtatóberendezések két egymás mellett lévő, 100 m hosszú, 9 m széles fóliasátrak voltak, 900 m^2 alapterülettel. A sátrakat két, az északi és déli fekvésű végén elhelyezett, illetve 3 oldalsó szellőző ablak felnyitásával lehetett szellőztetni. A termesztőberendezésekben egyforma mennyiségben 3700 db. Emese F_1 paprikapalánta hajtatása történt. A vizsgálatokat az egyik sátorban talajon végeztem, amit a tavaszi betelepítést megelőzően 2008-ban almos pulykatrágyával javítottunk fel. A másik termesztőberendezésben 100 x 150 x 65 cm-es kőzetgyapoton hajtatott paprikákkal végeztem el a kísérleteimet. A 2009-es évben az előző évek eredményeit figyelembe véve, kontroll megfigyeléseket hajtottam végre Kiskunmajsán a Kirsche Kft. kertészeti telepén, ahol perlitben, konténeres technológiában hajtatott Cecei F_1 paprikát vizsgáltam. A termesztőberendezés 3000 m^2 hajtatási alapterülettel, dupla fóliaborítással rendelkezett, melyek között számítógépes program segítségével hideg levegőt cirkuláltattunk. A szellőző szárnyak felülről nyíltak, amelyeket ugyancsak automatikus rendszer szabályozott. A konténerek 12 l űrtartalmú műanyagfalú edények voltak (7. ábra). A konténerben történő hajtatás során tápanyag-utánpótlásként egytartályos rendszerben a paprikahajtatáshoz ajánlott Ferticale műtrágyát használtunk.

A kiültetéstől az első kötődésig átlagban 1,8 EC, ezt követően az augusztusi szedési időszakig átlagban 2,0 EC-értékű tápoldatot juttattunk ki. A víz- és tápanyagellátás fúrt kútból, csepegtető rendszeren keresztül történt. A Grodan kőzetgyapot kockában hajtatott paprikák esetében a Grodan cég által javasolt tápoldatreceptet alkalmaztam.

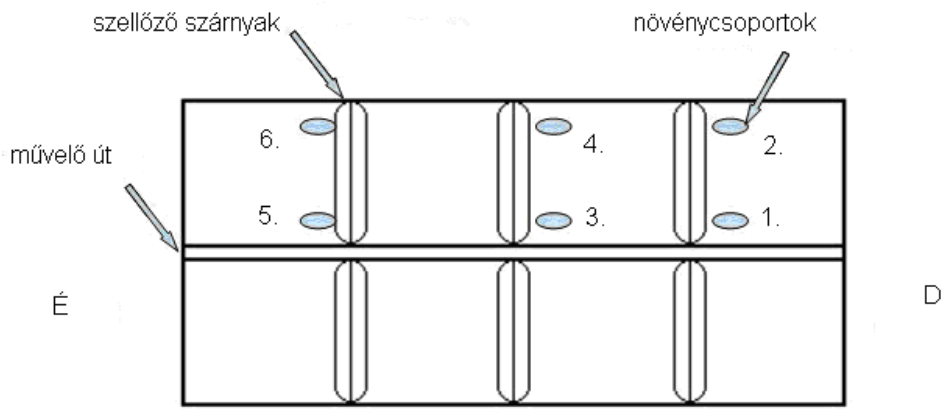
A vizsgálat során folyamatosan mértem a külső és a fóliasátrak alatti belső léghőmérsékletet, a levegő relatív páratartalmának, valamint a vizsgált termesztő-közegekben (talaj, kőzetgyapot, perlit) a paprika gyökérzóna hőmérsékletének alakulását. Az automatikus rendszert az előző kísérletek alapján kapott hő, illetve páratartalom értékekre állítottam be. Minden szedés alkalmával vizuális diagnózissal határoztam meg, a csúcsrothadt termések arányát. A hajtatások során 10 különböző szedési időpontot vizsgáltam és értékeltem.

13. táblázat. A hajtatási kísérlet beállításának fontosabb munkafázisai.

Műveletek	Termesztő-közeg	
	Kőzetgyapot	**Talaj**
vetés	2006. december 28.	2006. december 23.
tűzdelés	2007. január 25.	2007. január 22.
kiültetés	2007. február 20.	2007. február 27.
tenyészterület	85 + 40 x 40 cm	
állománysűrűség	4 db/m^2	
metszés	egy szálasra	

3.6. A transzspiráció mértékét meghatározása a növényfelszín sugárzási hőmérséklete alapján

A növények lombfelszín-hőmérsékletének változását egylégterű, észak-déli fekvésű, 100 m hosszú, 9 m széles, fóliaborítású termesztőberendezésben mértem. A kísérletet a 2010-es év nyári hajtatási időszakában állítottam be. Ennek során 10-es növénycsoportokat jelöltem ki a középső művelő út mellett, valamint a sátorborda alsó ívénél (13. ábra). A csoportok kialakításánál a szegélyhatás minimalizálására törekedtem. Kísérletemet talajon történő hajtatásban Emese F1 tölteni való paprikával végeztem. A növénycsoportok lombhőmérsékletének méréseit 20 napon keresztül, június 09.-től július 30.-ig, naponta 13 órakor végeztem RAYNGER II. típusú infravörös távhőmérő alkalmazásával. A termesztőberendezést május 25.-től szakaszonként, rashel hálóval árnyékoltuk.



13. ábra. A kísérlet beállítása felülnézetben.

A termesztőberendezés északi és déli ajtaját éjszakára sem csuktam be, így a légmozgás a fóliasátorban a nap bármely időpontjában hűtő hatást válthatott ki, illetve csökkenthette a sátorban lévő páratartalmat. A kísérlet ideje alatt folyamatosan mértem a nappali külső hőmérsékletet, a kijelölt növénycsoportok felett a légtér belső, illetve a gyökérzóna hőmérsékletét, valamint a nappali páratartalmat. Ezek mértékét nem tudtam állandó értéken tartani, a termesztőberendezésben

a légcserét mindig a természetes légmozgás (szélerő) áthaladó, illetve a sátor feletti légmozgás szívóereje határozta meg. Ezért kísérletem során a termesztőberendezésben három helyen mért értékek átlagával számoltam.

3.7. A transzspiráció hatásának vizsgálati módszere a Ca^{2+}-ionok szállítása és a csúcsrothadás megjelenésének összefüggésében, a hibridnemesítésben alkalmazott szülői partnerek és a hibrid tulajdonságaiban

A szülői partnerek kiválasztásakor tapasztaltam, hogy a paprikák terméseinek fajtánként eltérő kalciummennyiségre van szükségük az egészséges termés érleléséhez. Ebből kiindulva indokoltnak láttam a szülői partnerek és a hibrid növényállományának sugárzási felszínhőmérsékletét, valamint az ezzel szoros összefüggésben lévő tápanyagáramlás hatékonyságát is megvizsgálni. Megfigyelésemben az anyanövény PAZ, a pollenadó Torkál F_1 paprikát, valamint a Tokyo hibrid 12-es növénycsoportjait hasonlítottam össze a növényekre ható ökológiai tényezők és a lombhőmérséklet változásának mértékét vizsgálva. A kísérletben résztvevő növényanyagok megfigyelését Magyarbánhegyesen végeztem, talajon történő hajtatásban (14. táblázat), a paprikatermesztéshez optimális talajmésztartalommal rendelkező talajon. A termesztőberendezés 9 m széles, 50 m hosszú fóliaborítású növényház volt. A szellőztetést a növényház két végén, illetve az oldalán nyitható 3 szellőző szárny igénybevételével végeztem. A növényeket típusonként a középső művelő út mellett 85 + 40 x 40 cm távolságra ültettem ki 2008. május 10.-én (14. ábra). A növényállomány lombhőmérsékletét a terméskötéstől a biológiai érés állapotáig vizsgáltam. A méréseket minden alkalommal, naponta $12^{\underline{30}}$ órakor, négy ismétlésben végeztem el. Regisztráltam a gyökérzóna, illetve a termesztőberendezés belső hőmérsékletét, valamint a belső légtér páratartalmát. A kapott eredményeket a lomb- és a léghőmérséklet összefüggésében értékeltük a Szent István Egyetem Kertészeti Technológia Intézetének munkatársaival.

14. ábra. A Torkál F1 (a), a PAZ (b), és a Tokyo hibrid (c) vízfelhasználás és a Ca^{2+} hasznosítás hatékonyságának kísérleti beállítása. (Forrás: saját felvétel)

14. táblázat. A kísérlet beállításának fontosabb munkafázisai.

Műveletek	Műveletek elvégzésének ideje
vetés	2008. március 15.
tűzdelés	2008. április 20.
kiültetés	2008. május 09.
tenyészterület	85 + 40 x 40cm
állománysűrűség	4 db/m^2
metszés	metszés nélküli bokor habitus

3.8. A hazai és a külföldi teszttermesztések körülményei és megfigyelései

Termőterületeink jelentős részén a talaj tápanyagkészlete bizonyos elem, vagy elemek tekintetében nem volt képes fedezni a növény tápanyagigényét a kívánt termésátlag, illetve a minőség eléréséhez. A megfelelő termésátlag és minőség eléréséhez több célravezető megoldást is találhatunk a rendelkezésre álló szakirodalmakban (Bangerth, 1979). Elengedhetetlen módszer a kultúra termesztése előtt a talaj szervestrágyával való feljavítása, valamint a tápanyag-utánpótlás műtrágya komplexek formájában. A növények kellő vagy elégtelen ellátottsága ásványi anyagokkal azonban nem egyedül a talaj tápanyag-szolgáltató képességétől függ. Figyelembe kell venni a növények genetikai tulajdonságaikat is, melyek befolyással lehetnek a megfelelő tápanyagfelvételre és annak beépítésére. Ezek endogén, genetikailag determinált és rögzített tápanyagfelvevő és

értékesítő képességek, melyek a megfelelő növénynemesítési eljárásokkal örökíthetőek (Bergmann-Neubert, 1976; Lantos et al., 2010).

A Tokyo hibrid termelői, fogyasztói és piaci szempontból is fontos tulajdonságait, a PAZ paprikával összehasonlító teszttermesztéseket végeztem hazai és külföldi körülmények között, olyan területeken, ahol már több éves tradíciója van a paprikatermesztésnek, és olyan ún. határ-talajokon is, ahol eddig még sohasem termesztettek étkezési paprikát. A kísérleteket eltérő $CaCO_3$ tartalmú talajtípusokon teszteltük (11. táblázat). A teszttermesztésekben Magyarországon, Japánban és Kirgizisztánban, szabadföldi 100 m^2 nagyságú parcellákba kiültetve, típusonként 12-12 növényt neveltünk. Szelekciós munkákat elsősorban a csúcsrothadás megjelenésére irányítottuk. Megfigyeléseinket az első bogyó bekötésétől az utolsó bogyó biológiai érésének bekövetkeztéig végeztük el. A termések fizikai értékmérő, valamint fogyasztói és piaci tulajdonságainak meghatározását, termőterületenként és országonként négy eltérő időben leszedett, növényenként 4 termés (típusonként 48 db bogyó) átlagából határoztuk meg.

3.9. Az alanyhasználat hatásának vizsgálati módszere az anyanövény PAZ, Torkal F1 és a Tokyo hibrid összes kalciumtartalmának meghatározásában

Az oltást egyszerű párosítási módszerrel végeztem el (15. táblázat). Alanyként, a hazánkban már a köztermesztésben is alkalmazott Snooker-t alkalmaztam. Módszerem célja az alanyhatásra irányult a növények Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-képességének vizsgálatában. Méréseimet Szentesen a DABIC Kht. kísérleti telepén végeztem, a paprikatermesztéshez optimális talajmész tartalommal rendelkező talajtípuson. Az oltott és saját gyökéren nevelt palántákat 25 m^2-es kísérleti üvegházba ültettem ki 2009. május 15.-én. A növényeket a palánták kiültetésétől az első bogyó biológiai érettség állapotáig neveltem. Az anyanövény PAZ és a Tokyo hibrid termésein kialakuló csúcsrothadás tünet előfordulását vizuális diagnózis alapján bokronként határoztam meg. Ezt követően a termések összes kalciumtartalmának meghatározását a Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Karának laboratóriumban végeztük el. Vizsgálataimat fajtánként 12 növény terméséből, négy ismétlésben végeztem el. Az eredményeket egytényezős varianciaanalízis alkalmazásával értékeltem.

15. táblázat. A paprika oltásának főbb munkafázisai.

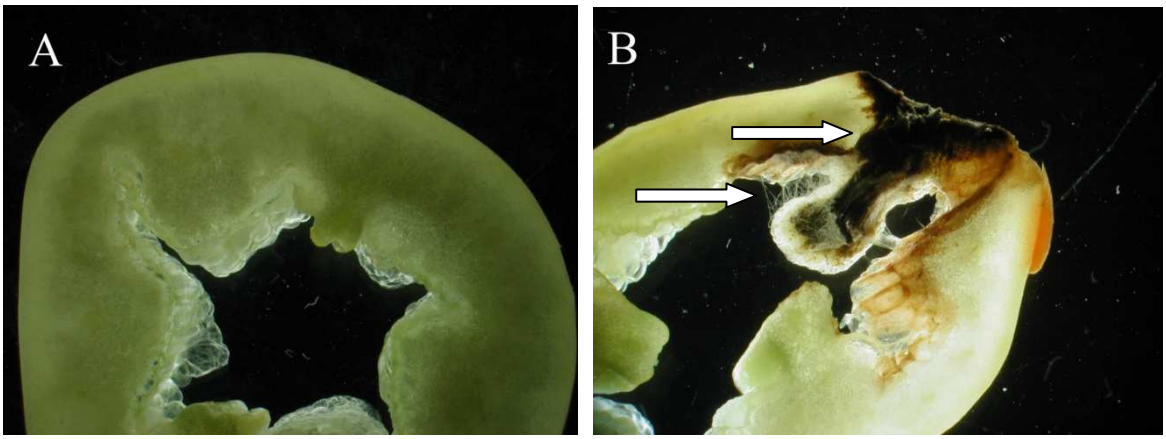
Műveletek	Az oltásban résztvevő növények		
	PAZ	**Tokyo hibrid**	**Snooker-alany**
vetés	2010. március 10.	2010. március 10.	2010. március 02.
tűzdelés	2010. április 12.	2010. április 12.	2010. április 05.
párosítás	2010. április 26.	2010. április 26.	2010. április 26.
kiültetés	2010. május 15.		
tenyészterület	85 + 40 x 40 cm		
állománysűrűség	4 db/m^2		
metszés	metszés nélküli bokor habitus		

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSEK

4.1. A csúcsrothadás szövettani vizsgálata

A kalciumhiány okozta csúcsrothadástól sérült bogyók vizsgálatát, a termesztőberendezésekben többnyire vizuális növénydiagnosztika alapján állítjuk fel. A károsodás anatómiai mértékét azonban csak mikroszkópos vizsgálatok segítségével lehetett pontosan meghatározni. A hajtatás során arra is kerestem a választ, hogy a csúcsrothadás kialakulását követően a Ca^{2+} pótlásával visszafordítható-e a folyamat, regenerálódhatnak-e a károsult szövetek.

Az ép (A) és a károsodott (B) bogyókból készített 0,5 mm vastag keresztmetszet szelvények 20-szoros nagyításban fénymikroszkóppal végzett összehasonlítása alapján megállapítható volt, hogy a paprikabogyó szöveteiben kialakuló Ca^{2+}-ionok hiánya irreverzibilis károsodást okoz, amely a termésfal szöveteiben mély, kráterszerű, barnaszínű elhalásához vezet (15. ábra). Az ilyen paprikabogyók belsejében gyakran kialakul a magházpenészedés (Horváth Gy, 1988; Lantos et al., 2010), melyet a nekrotikus szöveteken keresztül behatoló, majd pelyhes, szürkés színű növedéket, konidiumokat fejlesztő *Botrytis cinerea* gomba fertőzése okoz (Fassitova, 1984).



Egészséges paprikabogyó keresztmetszeti képe | **Ca^{2+}-hiány okozta szövetnekrózis és a *Botrytis cinerea* konidiumok**

15. ábra. Az ép bogyó (A), a Ca^{2+}-hiány által létrejött szövetnekrózis, valamint a *Botrytis cinerea*- val felülfertőzött bogyó mikroszkópos képe (B).
(GKI Laboratórium, Szeged)

4.2. A csúcsrothadást előidéző ökológiai tényezők vizsgálatának eredményei 2007-ben

A paprikabogyókon jelentkező csúcsrothadás tünet kialakulásának tényezőit két eltérő termesztőközegben, kőzetgyapoton és talajon történő hajtatásban, az Emese F_1 paprika hibriden vizsgáltam a 2007-es esztendő nyári hajtatási időszakában. A bogyókon jelentkező csúcsrothadás

tüneteinek mértékét, a szedéseket követő válogatáskor határoztam meg vizuális növénydiagnosztika alapján. Vizsgálataimat 2 db, egyenként 9 m széles és 100 m hosszú fóliasátorban végeztem. A kőzetgyapoton történő hajtatásban a tápanyag-utánpótlást a Grodan cég által javasolt recept alapján állították össze (lásd 6. táblázat). A talajon nevelt kultúrát kiültetéstől az első kötődések bekövetkeztéig 1,8-as EC értéket, ezt követően május 25-ig 2,3-as, majd az utolsó szedésig 2,0-es EC-értékű Poly-feed komplex N 16%; P_2O_5 9%; K_2O 26%; Mg + mikroelem tartalmú tápoldatot alkalmaztunk. A komplex műtrágya nem tartalmazott kalciumot, az elemet Kwizda kalcium-nitrát N 11%; 23,4% CaO tartalmú műtrágyával pótoltuk. A termesztőberendezésekben a hőmérsékletet és a páratartalmat, a kritikus időszakban óránként mértem.

A termesztőberendezés belső légterének, illetve a kőzetgyapot kocka, paplan és a talaj hőmérsékletének változásait a 16. ábra mutatja be a vizsgált szedési időszakokban.

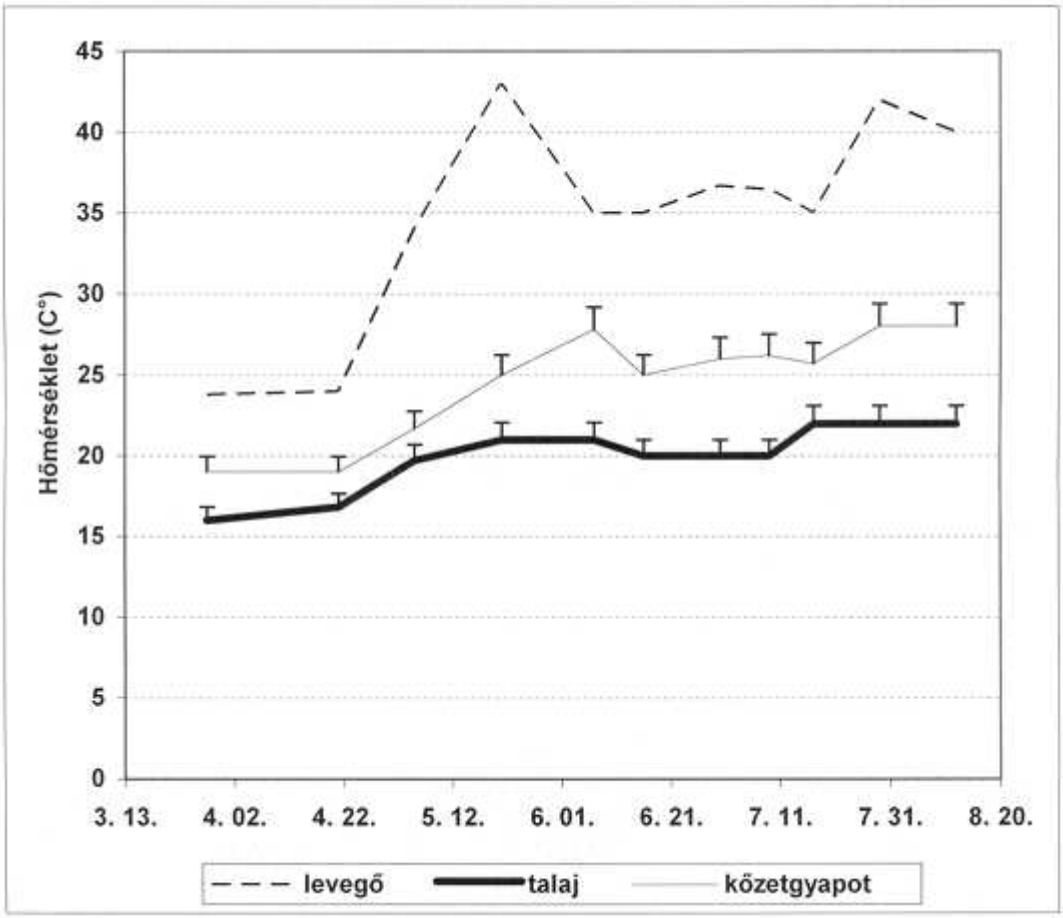
A mérési eredmények alapján látható, hogy március végén és áprilisban a léghőmérséklet 25 ºC alatt, míg kőzetgyapot paplan és a talaj hőmérséklete 15-20 ºC között alakult. Ez a hőmérséklet közel optimális körülményeket biztosított az étkezési paprika fejlődéséhez. Ezt követően április végétől viszont intenzív felmelegedés következett be, amely lényegesen meghatározta a gyökérzóna és a fóliasátrak belső hőmérsékletét. A lineáris regresszió analízissel a csúcsrothadt bogyók megjelenésének mennyisége a termesztő-közeg 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 légterének hőmérsékletváltozása (16. táblázat).

A május első és második dekádjában kialakuló 35-40 ºC-os hőmérséklet 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 termesztőberendezéseket, hogy a túlzott felmelegedést csökkentsük, amely a talaj hő-háztartásán javított, de a kőzetgyapot paplanon nem. A kőzetgyapot paplanban mért legalacsonyabb hőmérséklet 25 ºC, a legmagasabb, pedig 30 ºC volt. Mindkét érték szignifikáns eltérést (4-5 ºC-os különbség) mutatott a talajjal szemben (19.-20. ábra).

A termesztő-közeg hőmérsékletének emelkedése és a csúcsrothadt bogyók mennyisége között a júniusi melegedést követően a vizsgálat idejéig egyenes korrelációt állapítottam meg. A nappali hőmérséklet emelkedés 20 ºC fölé melegítette a kőzetgyapot paplan hőmérsékletét, amely gátolta a gyökérszőrök Ca^{2+} felvevő képességét. Ez is szerepet játszott a csúcsrothadt bogyók mennyiségének növekedésében (17. ábra). A hőmérséklet hatásának értékelésekor a szedést megelőző időszak középhőmérsékleteihez viszonyítottam a csúcsrothadt bogyók darabszámát, melyek maximum értéke a talajon történő hajtatás esetében 12,5 db % volt, míg a kőzetgyapoton 36,3 db %. Ezt az értéket a május és június hónapok termésadatai alapján kaptam (18. ábra). A szedéseket követő

termésválogatás során azt állapítottam meg, hogy a betakarított terméshez viszonyított csúcsrothadt paprika bogyók aránya a talajon történő hajtatatásban átlag 5-10% között maradt, a kőzetgyapoton viszont 31-34% volt, amely már igen komoly gazdasági veszteséget jelentett.

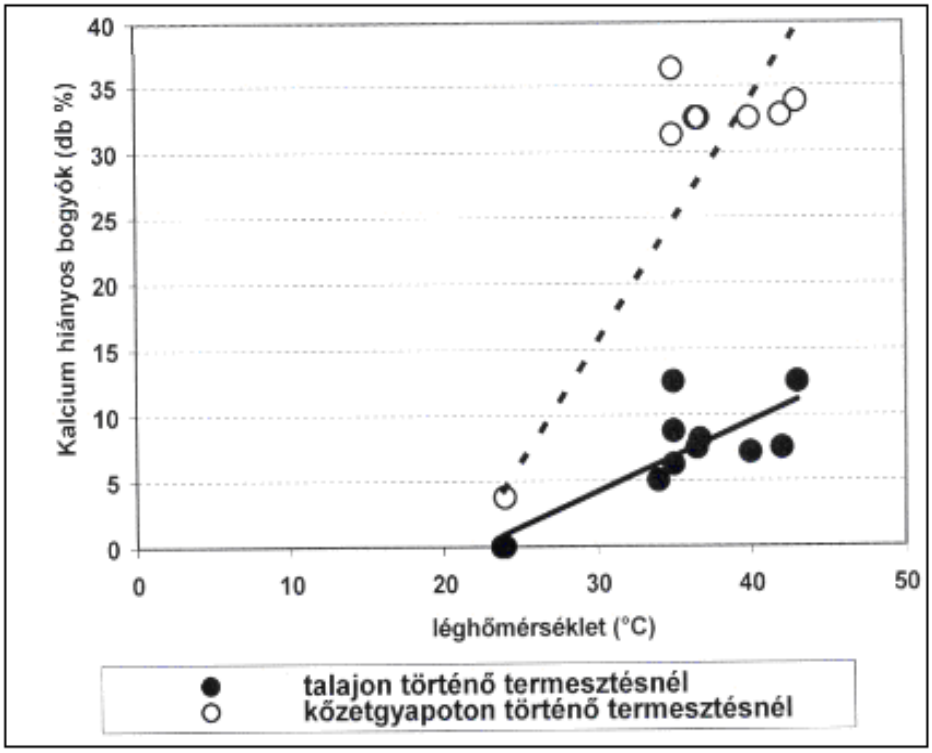
Az egy hajtatási időszakban végzett kutatás és vizsgálat eredménye azonban nem tartalmazott minden tekintetben elegendő mérési adatot, ezért indokoltnak láttam a további esztendők nyári hajtatási időszakában is tovább vizsgálni a problémát egyéb termesztéstechnológiai tényezők figyelembevételével.



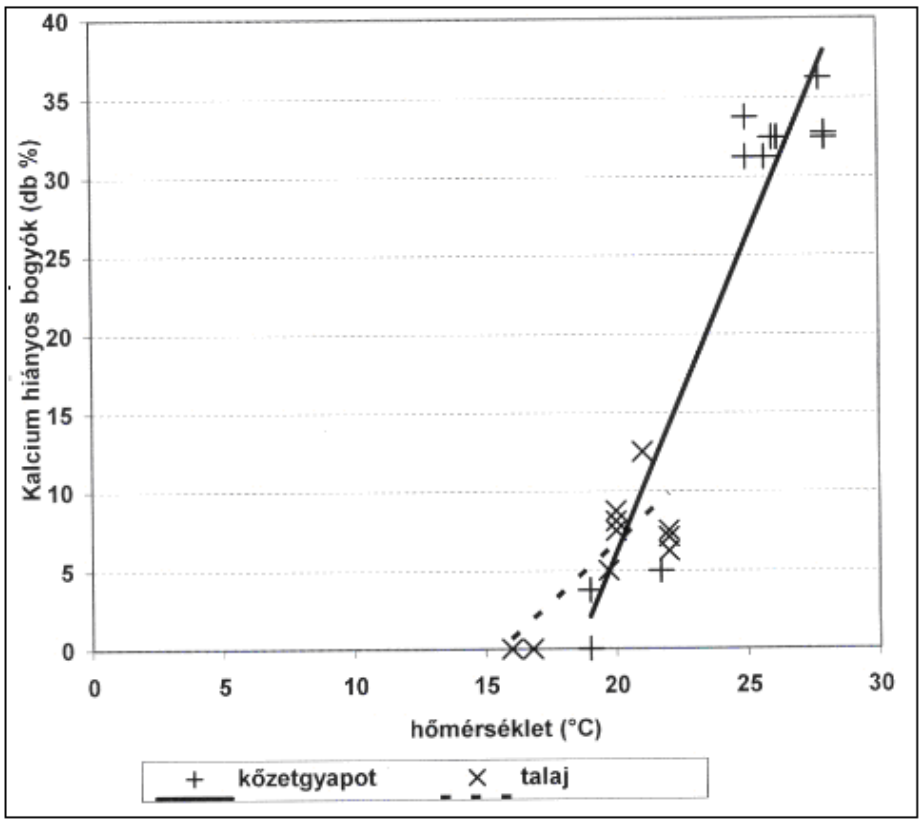
16. ábra. A levegő és a gyökérzónák hőmérsékletének alakulása a szedések során 2007-ben.

16. táblázat. A gyökér- és a léghőmérséklet, lineáris regresszióval számított összefüggéseinek jellemzői (fajta: Emese F_1, n = 11).

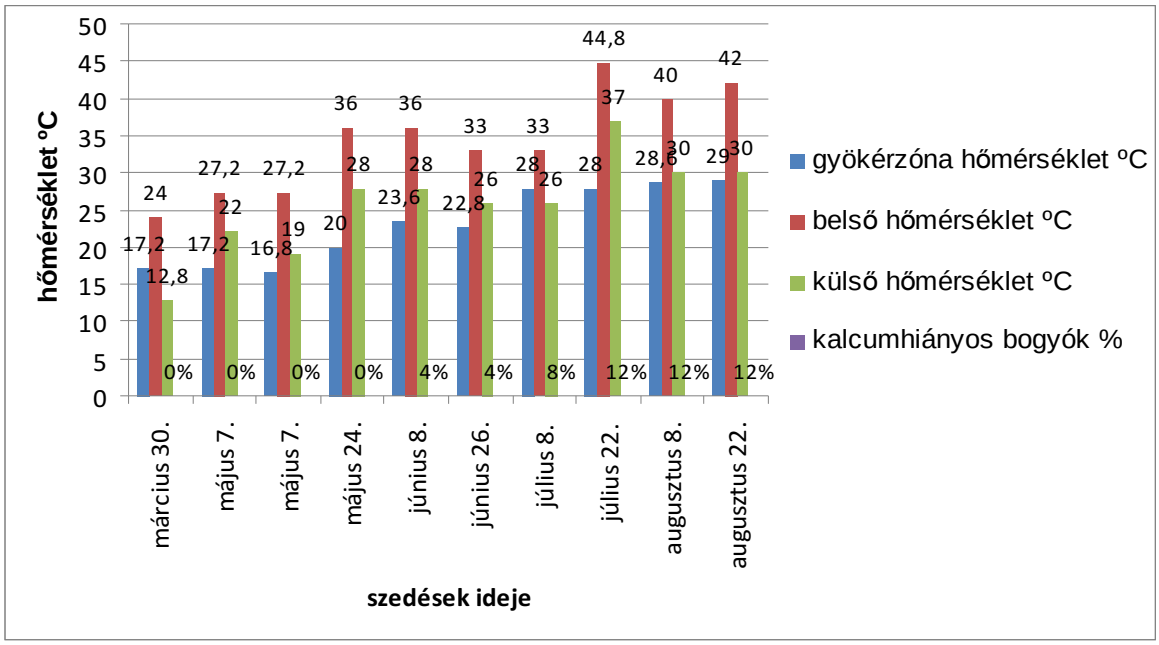
Tényezők	Függvény	r	Regresszió hiba
léghőmérséklet (kőzetgyapoton történő termesztés)	y = 1,82x – 39,793	0,818	8,56
léghőmérséklet (talajon történő termesztés)	y = 0,533x – 11,815	0,812	2,50
kőzetgyapot paplan hőmérséklete	y = 3,987x – 73,686	0,94	0,89
talaj hőmérséklete	y = 1,534x – 23,908	0,75	0,57



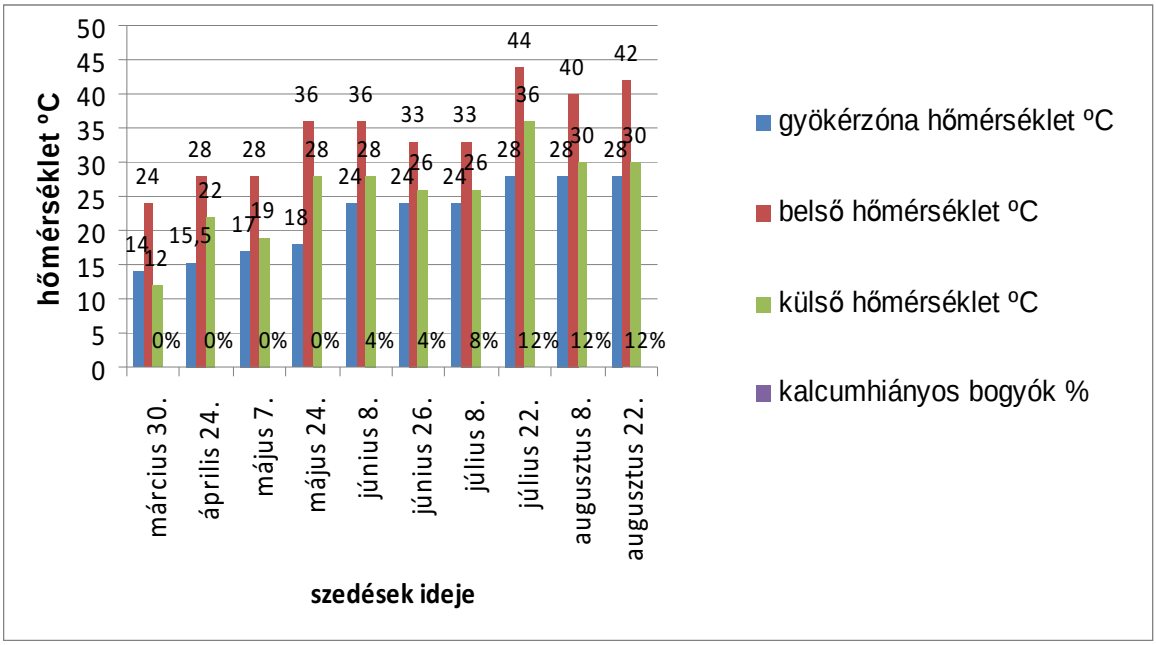
17. ábra. A léghőmérséklet hatása a csúcsrothadt bogyók mennyiségének arányára, Szentes, 2007.



18. ábra. **A gyökérzóna hőmérséklet hatása a csúcsrothadt bogyók mennyiségének arányára a két vizsgált termesztő-közegben, Szentes, 2007.**



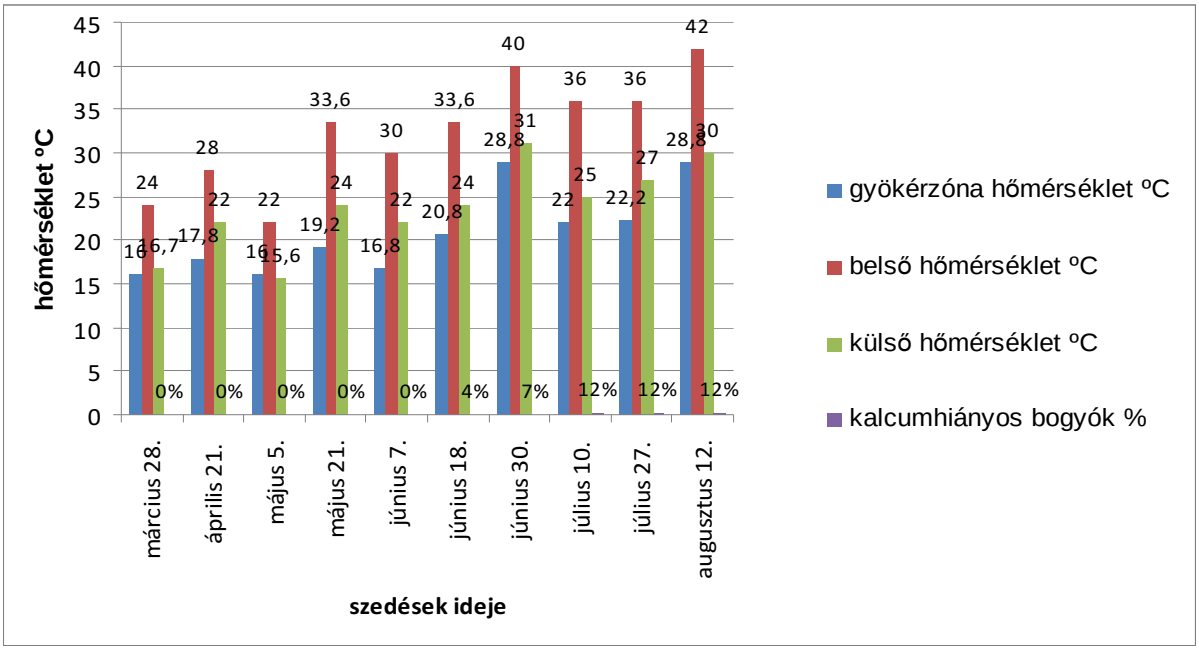
19. ábra. Kalciumhiány hatása a termésre, a termesztőberendezés fizikai tényezőinek figyelembevételével kőzetgyapoton történő paprikahajtatásban, Szentes 2007.



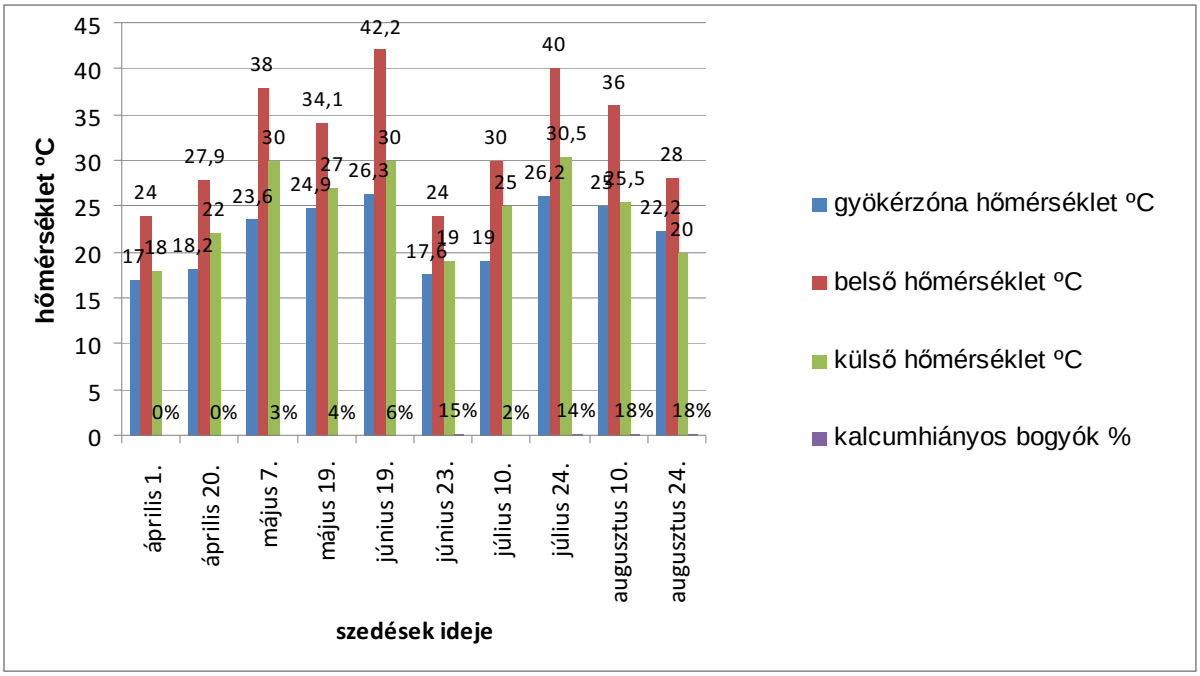
20. ábra. Kalciumhiány hatása a termésre, a termesztőberendezés fizikai tényezőinek figyelembevételével talajon történő paprikahajtatáskor, Szentes 2007.

4.2.1. Kőzetgyapoton történő paprikahajtatás vizsgálatainak eredményei 2008-2009-es években

A vizsgált kritikus időszakban 2008. június 18. - augusztus 22., és 2009. május 07. - augusztus 24. között, a mért legalacsonyabb páratartalom átlagosan 86%, míg a legmagasabb 92% volt. A tápoldat 20- 22 ºC között alakult. Az árnyékolás, rashel-hálóval történt 2008-ban május 20.-tól, majd 2009-ben május 5.-től a tenyészidő végéig. A tápanyag-utánpótlást a Grodan cég által javasolt recept alapján állították össze.



21. ábra Kalciumhiány hatása a termésre, a termesztőberendezés fizikai tényezőinek figyelembevételével kőzetgyapotban történő paprikahajtatásban, Szentes 2008.



22. ábra. Kalciumhiány hatása a termésre, a termesztőberendezés fizikai tényezőinek figyelembevételével kőzetgyapoton történő paprikahajtatásban, Szentes 2009.

A termesztés során a szedések alkalmával folyamatosan regisztráltam a külső, belső, illetve a gyökérzóna hőmérsékletét (lásd 21. és 22. ábra). A 2009. június 23.-i szedést megelőző napokban a tápanyagkijuttató csővekben dugulás lépett fel, melyet megállapításom szerint a pétisó (ammóniumnitrát NH_4NO_3+kalcium és magnézium-karbonát ($CaCO_3$+$MgCO_3$) tartalmú műtrágya okozott. A kalcium-utánpótlására a dolomitliszt ($CaCO_3$+$MgCO_3$) alkalmazása hátrányosan befolyásolta a tápanyag-ellátó rendszer működőképességét, mivel a benne lévő kalcium, kemény vízben történő oldódása lényegesen lassúbb, mint például desztillált vízben, vagy a CO_2-ban dús talajban. A dolomitlisztnek a tápanyag-ellátó rendszerben való oldódását azonban elősegíthette, a harmadik tartályban alkalmazott salétromsav, de a tápoldatban lévő víz nagyobb mértékű jelenléte ezt gátolja, lassítja. A továbbiakban a növények optimális kalciumellátására, a kőzetgyapotban történő hajtatás esetén a kalcium-nitrát ($Ca(NO_3)_2$ x $4H_2O$) műtrágya alkalmazása jobbnak bizonyult. A műtrágya hatóanyaga a 20 ºC-os vízben 100%-ban oldódott.

A dugulás elhárítása alatt az állomány kissé legyengült és jelentős lisztharmat *(Leveillula taurica Arn.)* fertőzöttség alakult ki. Július végére az állomány egészségi állapota helyreállt, de a megemelkedett mértékű környezeti tényezők (hőmérséklet, páratartalom) jelentős mennyiségű csúcsrothadt bogyót eredményeztek.

A 2007-es és a 2008-as években a tenyészidő előrehaladtával a Ca^{2+} -hiányos bogyók aránya folyamatosan, szedésről, szedésre nőtt. Ez a jelenség a gyökérzóna-hőmérséklet változásának megfigyelését és regisztrálását tette indokolttá. Megfigyeléseim alapján, valamint a

kőzetgyapotkocka hosszmetszeti képén is jól megfigyelhető (23. ábra), hogy a 100 x 150 x 65 mm kőzetgyapot kockában, illetve a kőzetgyapot paplanban a megfelelő formájú gyökértömeg nem tudott a magas hőmérsékleten kialakulni. A kisebb, egyenes oldalgyökereket fejlesztő paprika a felmelegedett közegben valószínűleg képtelen volt felszívni a megfelelő mennyiségű Ca^{2+}-iont. A mértanilag meghatározott alakú és méretű kőzetgyapot-kockában a gyökérzet csak lefelé tudott növekedni, az oldal irányú gyökérfejlődés gátolt volt, azaz a mellék- és a hajszálgyökerek a paprika gyökérzetére jellemző görbüléseket (geotropikus határszöget) nem tudták kialakítani (23. ábra), amelynek hatása alapvető (Sach, 1860).

23. ábra. A gyökértömeg fejlettségének alakulása talajon (a) és kőzetgyapoton (b) történő hajtatás során. (Forrás: saját felvétel)

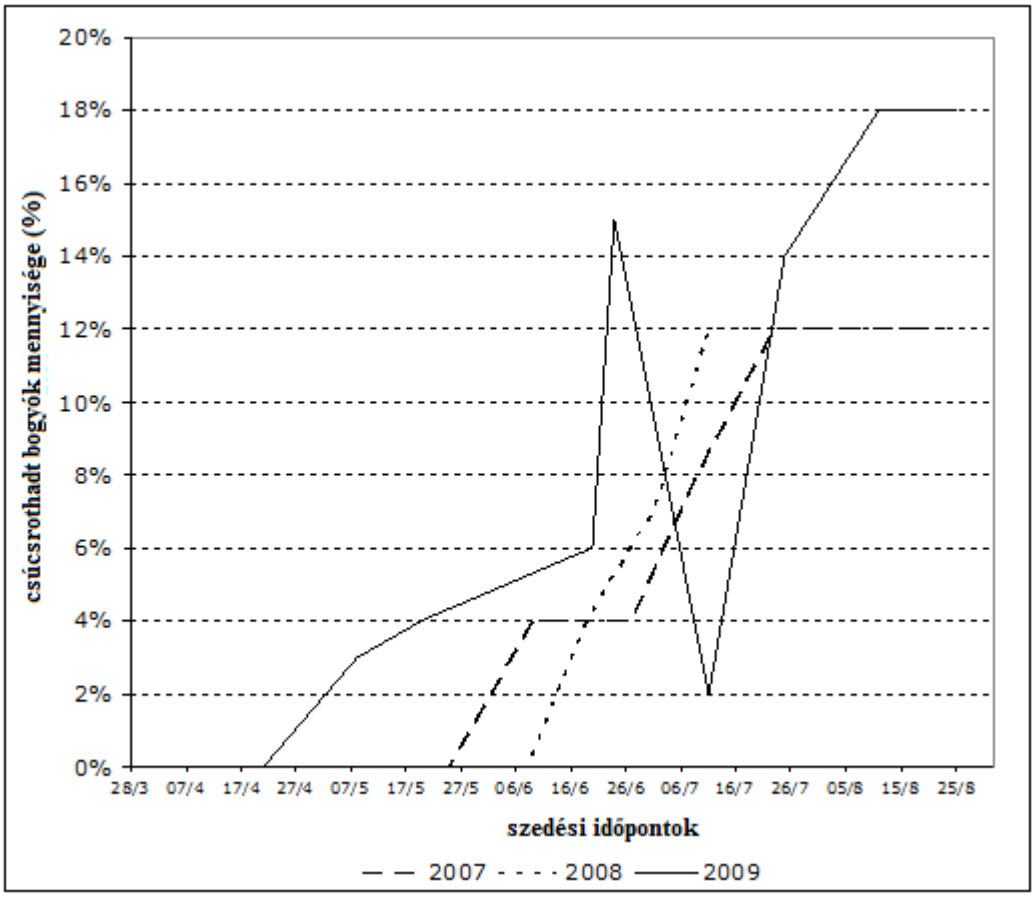
Az egy- és kétszikű növényekben a gyökérgörbületek felső ívén a Ca^{2+}-ionok halmozódnak fel, amely a gyökér stabilizálódását biztosítja (Arslan et al., 1960; Szalai, 1974). Ennek hiánya a paprikára jellemző bojtos alakú, természetes gyökérnövekedés kialakulásában, és a gyökérszőrök működésében is zavart okozhat. A gyökérszövetekben felhalmozódott Ca^{2+}-ionok a hajtatás során a transzspirációs áramlással a növény számára felvehetővé válhat (Sach, 1860; Lantos et al., 2010). Terbe (2010) megállapítása szerint, minél nagyobb, dúsan elágazó gyökérrendszerrel rendelkezik a növény, annál jobban viseli el a kedvezőtlen környezeti feltételeket.

A gyökérszőrök tápanyagfelvételének mechanizmusát kritikus mértékben befolyásolta a gyökérzónában mért nappali időszakban huzamos ideig tartó 22 °C-nál magasabb hőmérséklet is. A kőzetgyapot kocka szellőzését nagyban megakadályozza a köré ragasztott nylon csomagolás és a felületén létrejött alga telepek. A kőzetgyapotban hajtatott paprikáknál megfigyeltem, hogy amikor a gyökérzónában mért hőmérséklet 22 ºC fölé emelkedett, a páratartalom meghaladta a 86%-ot, a

csúcsrothadt bogyók mennyisége is jelentősen megnőtt. A tápoldat hőmérséklete a nyári időszakban átlag 20-22 ºC-ot mutatott, tehát a gyökérzónába juttatott tápoldat sem volt képes hűteni a növényt. Ennek egyik alapvető oka, hogy az A és a B tápanyagtartályok, valamint a víztartály a termesztő-berendezésben voltak elhelyezve. A megnövekedett belső hőmérséklet hatására a tápoldattartály fala is felmelegedett.

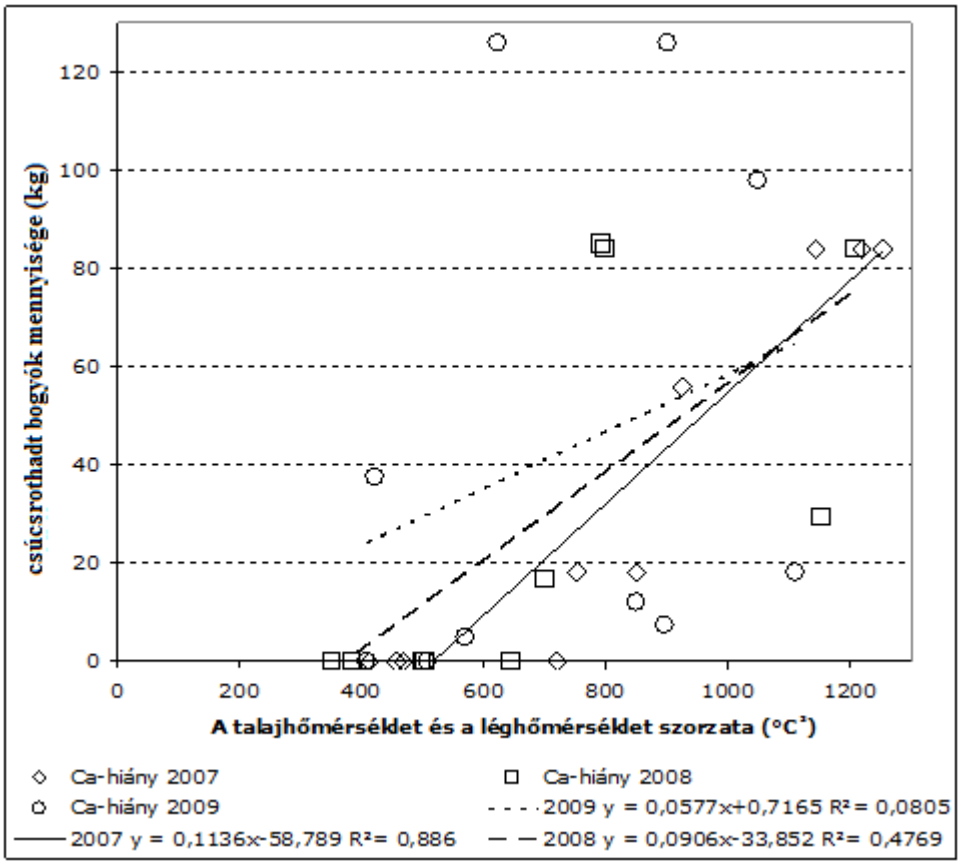
A hazai termesztőberendezésekben, fóliasátrakban a szellőztetést zömében mechanikus úton tudják megoldani a szellőzőszárnyak fel,- illetve a sátorajtók és a felettük lévő félhold alakú szellőzők lenyitásával. A levegő áramlását a szellőző szárnyak nyitásával létrejövő ún. „kéményhatás” váltja ki, melynek intenzitását nem tudják pontosan szabályozni, ezért a gyengébb légmozgás nem volt kihatással a kőzetgyapot kockák és paplanok hűtésére. A termesztőberendezés belső légterét a nappali erős inszoláció könnyen felmelegítette akár 40 ºC-ra is (lásd 21.-22. ábra), de ez a hő egyáltalán nem tudott abszorbeálódni a sorok közötti felületen, mivel azt fehérszínű nylonnal fedték le (lásd 6. ábra), melyről a hő a növény felé vetődött vissza. Ez a plusz hőmennyiség is még inkább növelte a termesztő-közeg, és a belső légtér hőmérsékletét.

A 24. ábra a kőzetgyapoton történő hajtatások során megjelenő csúcsrothadt termések %-os arányát évekre lebontva mutatja be, a szedések időpontjainak összefüggésében. A 2007-es évben május és június hónapokban, a kőzetgyapotban mért gyökérzóna hőmérséklet 15 -20 °C között alakult, ami a paprika számára közel optimálisnak mondható. Ezzel szemben - mivel a fóliasátorban a klímaszabályozás nem volt megoldható - július és augusztus során a gyökérzóna hőmérséklete 28-29 °C- ra melegedett, amely már az optimális tápanyag- és vízfelvételt feltehetően gátolta (Dodd, 2000). A 2009-es hajtatási időszakban mért fizikai tényezők értékei kismértékben tértek csak el az előző két év eredményeitől, csupán azzal, hogy a 10 szedés alkalmával a Ca^{2+}- hiányos termések aránya lényegesen lecsökkent 15%-ról 2%-ra (24. ábra).



24. ábra. Kalciumhiányos termések mennyisége (%-ban) a szedési időpontok összefüggésében kőzetgyapoton történő hajtatások során.

A 25. ábra a talaj- és a léghőmérséklet szorzatának kapcsolatát mutatja be a kőzetgyapoton történő hajtatási időszakok alatt. Az ábra adatai jól mutatják, hogy szoros kapcsolatot találtunk 2007-ben és 2008-ban a Ca^{2+}-hiányos termések mennyiségének alakulása, és a két hőmérséklet szorzata között.



25. ábra. A termesztő-közeg és levegőhőmérséklet szorzatának összefüggése a Ca^{2+}-hiányos termések mennyiségére kőzetgyapoton, a lineáris regressziós számítások egyenleteivel, a vizsgált három évben (n=10).

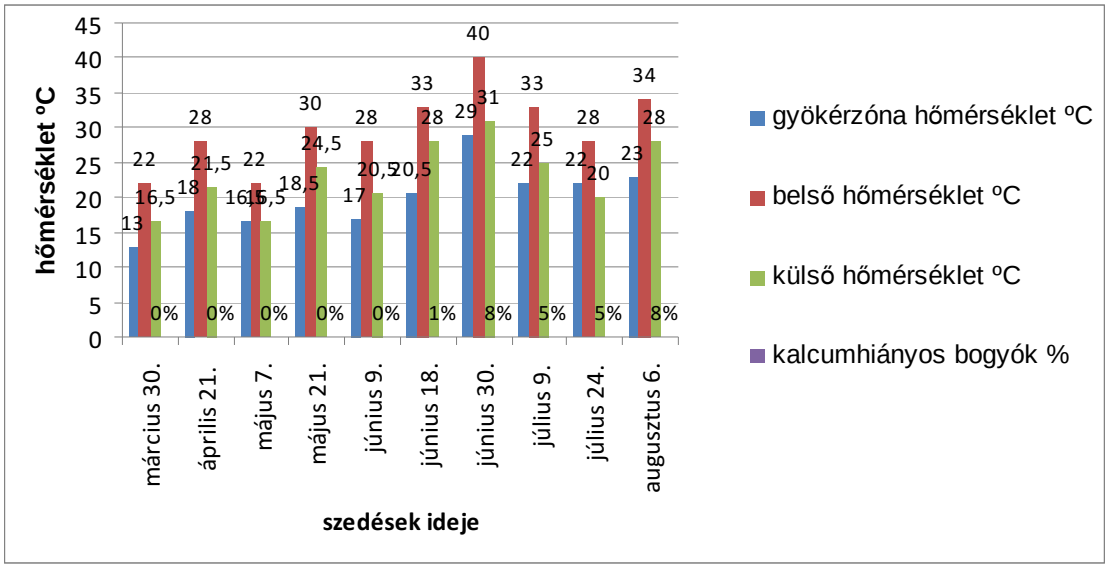
4.2.2. Talajon történő paprikahajtatás vizsgálatainak eredményei 2008-2009-ben.

2008-ban az ültetést megelőzően 7-es pH értékű, semleges kémhatású tőzeg, valamint almos baromfi trágya bedolgozásával javítottam fel a termesztő-berendezés talaját. Ezáltal lazább szerkezetűvé, morzsalékosabbá vált a termesztő-közeg. Az előző év termesztési tapasztalatai azt mutatták, hogy a tömörödött talaj is befolyásoló tényező lehet a csúcsrothadás kialakulásában, ezért 2008-ban rendszeres talajlazítás is végeztünk. Ezt követően 16 ºC-os vízzel, csepegtető öntözőrendszer segítségével öntöztünk, így hűtöttük a gyökérzónát. A nappali erős inszoláció azonban a paprika hajtatásához optimális hőmérsékleti értékek, fölé melegítette a termesztő-berendezés belső légterét. A nedves, öntözött talajon a hőreflexió lényegesen kisebb volt, mint a másik sátorban, ahol a kőzetgyapot paplanok alatt fehérszínű fóliával volt bevonva a termesztő-berendezés talaja.

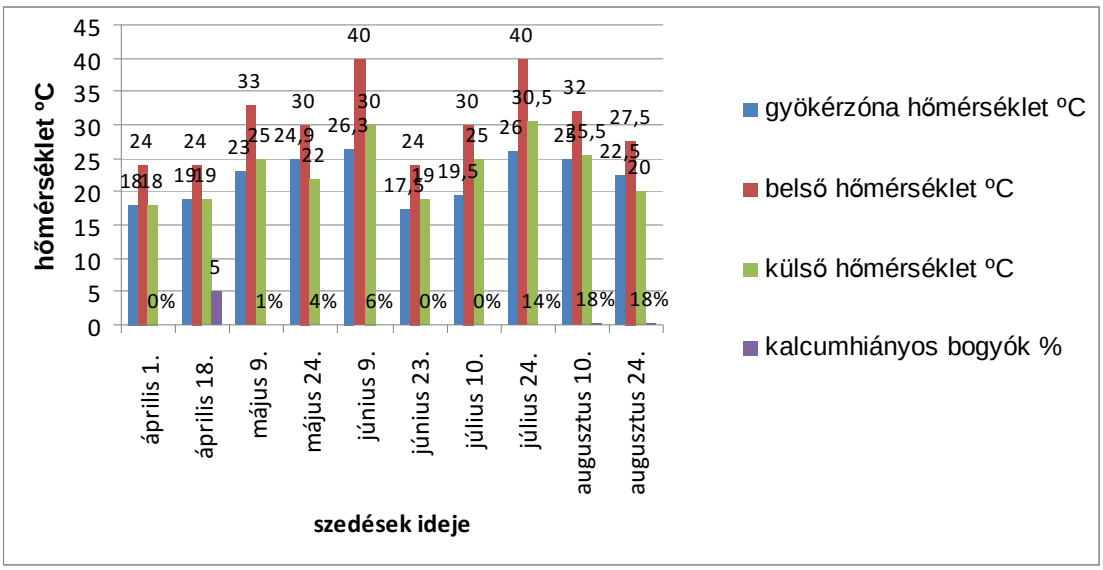
A szedések és a talajlazítások összefüggését vizsgálva arra a következtetésre jutottam, hogy az öntözővíz a laza szerkezetű termesztő-közegben lehűtötte a gyökérzónát 20 ºC alá, amely a gyökérzet számára a Ca^{2+}-ionok felvételét elősegítette. Szalai (1974) munkájában megállapította,

hogy a levegővel kevésbé jól ellátott, vagy oxigén hiányos talajokban igen hamar felszaporodnak a ferrosók, melyek a gyökérre toxikusan hatnak. A sók felvételét és akkumulálódását a növényi sejtekben a transzlokáció első fázisában semmi sem gátolja (Arisz, 1958), a sók magas koncentrációja, pedig a paprika bogyókon a csúcsrothadás kialakulásában játszhat igen jelentős szerepet (Terbe et al., 2005).

A talajlazítás és öntözés hatására a következő szedések alkalmával a Ca^{2+}-hiányos bogyók száma lecsökkent. Abban az időszakban viszont, amikor ezt nem végeztük el, a talaj kötöttebbé vált, ezáltal a talaj levegőellátottsága, szellőzöttsége nem volt akadálymentes. 2008. július-augusztus hónapokban, illetve 2009. május, június és az augusztusi hónapok a nappali időszakban a gyökérzóna hőmérséklete a belső tér hőmérsékletemelkedésének hatására könnyen 22 °C fölé emelkedett (26.-27. ábra), ezáltal a paprika gyökérzetének Ca^{2+}-ion felvevő képessége lényegesen lecsökkent. Ez is indokolhatta azt, hogy állományszinten megnőtt a kalciumhiányos, csúcsrothadt bogyók száma.

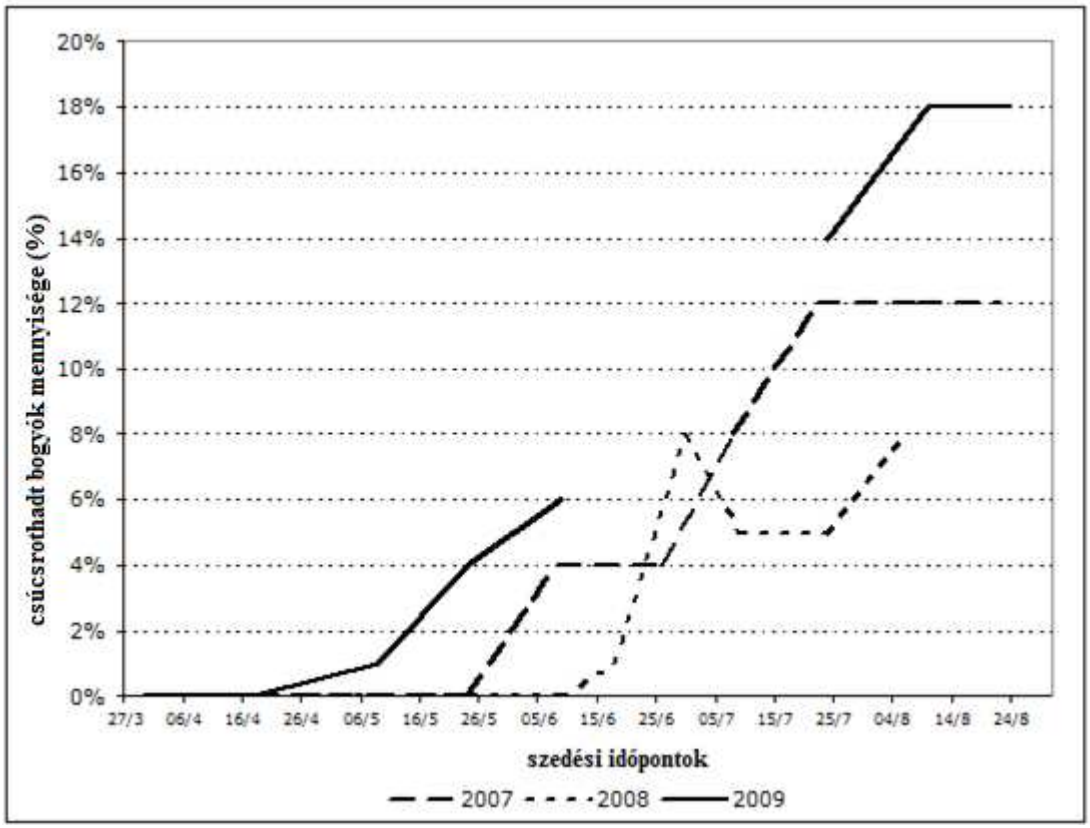


26. ábra. Kalciumhiány hatása a termésre a termesztőberendezés fizikai tényezőinek figyelembevételével talajon történő paprikahajtatásban, Szentes 2008.



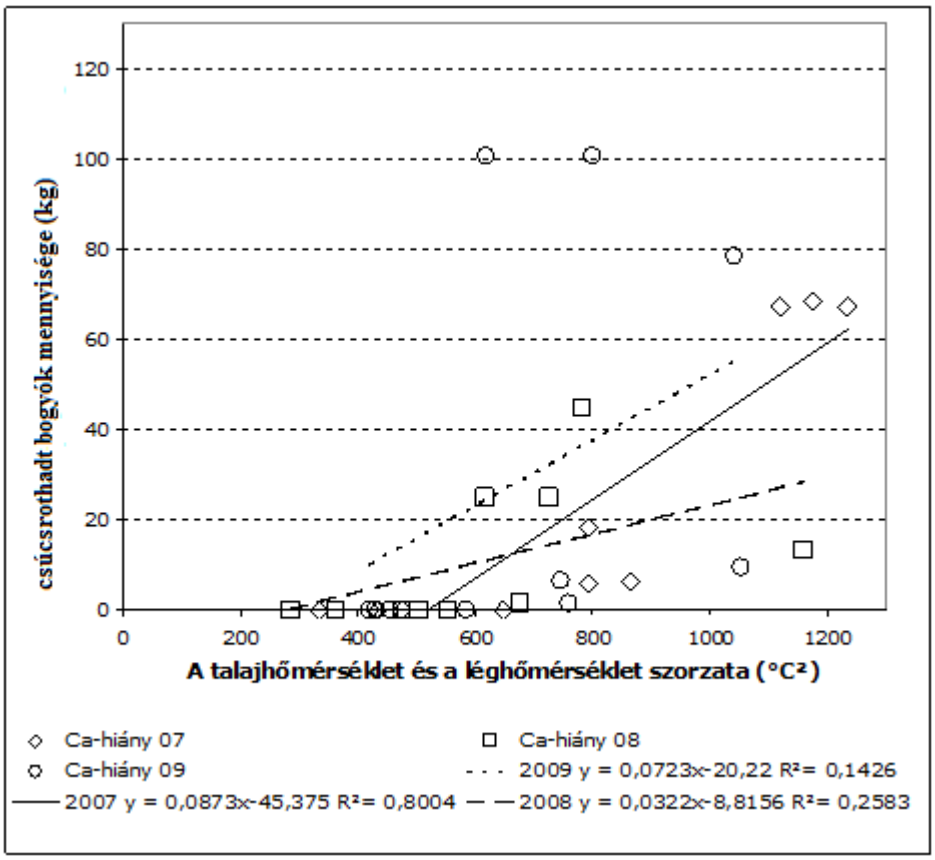
27. ábra. **Kalciumhiány hatása a termésre a termesztőberendezés fizikai tényezőinek figyelembevételével talajon történő paprikahajtatásban, Szentes 2009.**

A 28. ábra a talajon történő hajtatások során megjelenő csúcsrothadt termések %-os arányát évekre lebontva mutatja be, a szedések időpontjainak összefüggésében.



28. ábra. Kalciumhiányos termések mennyisége (%-ban) a szedési időpontok összefüggésében talajon történő hajtatások során.

A 29. ábra a talaj- és a léghőmérséklet szorzatának kapcsolatát mutatja be, a csúcsrothadt termések mennyiségi alakulásával. A talajon történő hajtatás során a talaj- és a léghőmérséklet szorzata között csupán a 2007-es évben találtunk szoros kapcsolatot (r= 0,89). A kalciumhiány okozta csúcsrothadás kialakulásában a talajon történő paprikahajtatás során nem csak a termesztőberendezés környezeti tényezői, hanem a termesztő-közeg szerkezete, valamint levegő-ellátottsága is befolyásoló tényezőnek bizonyult. Mérési eredményeim is bizonyítják, hogy a termesztőberendezések ökológiai tényezőinek (a belső-, illetve a gyökérzóna-hőmérséklete, páratartalom alakulása) emelkedése nagyban gátolta a gyökérszőrök tápanyag-felvevő tevékenységét, a paprikabogyó Ca^{2+}-ion ellátottságának tekintetében.



29. ábra. A talaj- és légőhőmérséklet szorzatának összefüggése a Ca^{2+}-hiányos termések mennyiségére talajon, a lineáris regressziós számítások egyenleteivel, a vizsgált három évben (n= 10).

4.2.3. Konténeres technológiával, perlitben történő paprikahajtatás vizsgálatainak eredményei 2009-ben

Az előző két, szerkezetében lényegesen eltérő termesztő-közeg vizsgálatai során a belső tér levegő-, és a gyökérzónában mért hőmérséklet emelkedése között szoros korrelációt (r) fedeztem fel a nyári hajtatási időszakban a csúcsrothadás kialakulásának tekintetében. A vizsgált termesztő-berendezésekben a légmozgás intenzitása nem volt automatizálható, amely egyértelműen hűthette

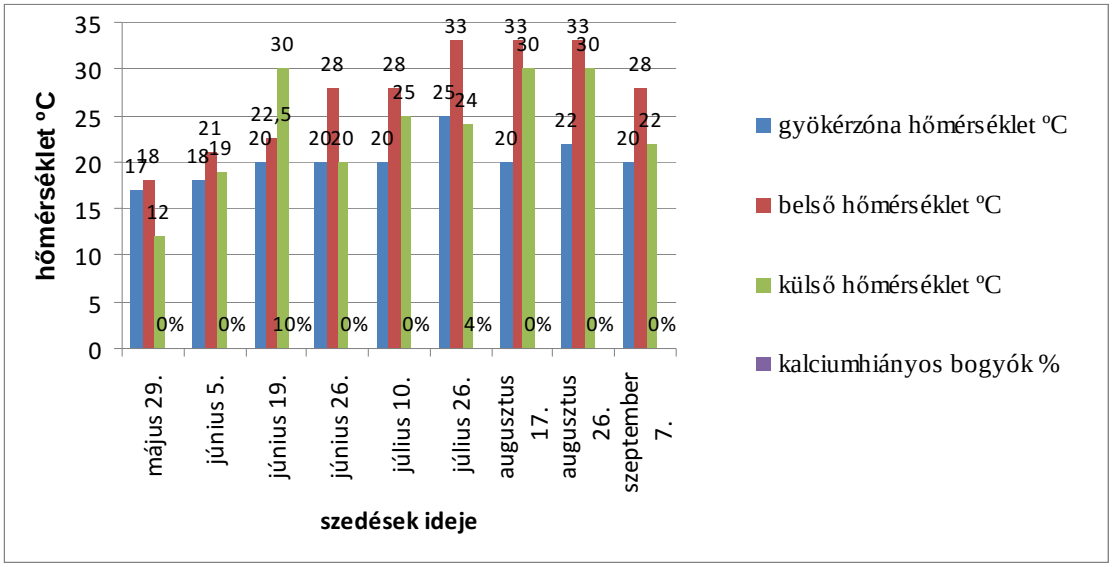
volna a rendszert, illetve csökkenthette volna a páratartalmat. Ennek bizonyítására kontrollméréseimet Kiskunmajsán, a Kirsche Kft. Kertészeti Telepén végeztem. A termesztő-berendezés 3000 m^2 alapterületű, duplafalú, automatikusan nyíló szellőző szárnyakkal, ventillátorral ellátott fóliasátor volt, melyben konténeres technológiával, perlitben Cecei F_1 tölteni való paprikát hajtattunk. A termesztőberendezésben az automatikus szellőztetőberendezés maximum 70%-os relatív páratartalomra és maximum 35 ºC-os légtérhőmérsékletre volt beállítva, tehát ha ennél magasabb páratartalom, illetve hőmérséklet volt, akkor automatikusan működésbe lépett a berendezés, azaz nyitja a szellőző szárnyakat, illetve a dupla fóliafal között levegőt cirkuláltat.

A vizsgált időszakban 2009. június 05. - szeptember 07. között átlagosan 70%-os volt a relatív páratartalom. A fóliasátrat 2009. június 15-én fehérszínű, árnyékoló festékkel védtük az erős besugárzástól. A növényállomány tápanyag-ellátását egytartályos rendszerrel végezték, melyben Ferticale 15;30;15 komplex műtrágya 2%-os vizes oldatát használtuk fel Kwizda kalcium-nitrát 11% N; 23,4% műtrágya kiegészítéssel. A tápanyagtartály azbeszt burkolattal ellátva a termesztő-berendezésben volt elhelyezve, a tápoldat 18 ºC-os volt. A konténerek 12 liter űrtartalmú műanyagfalú edények voltak, melyben a paprika gyökérzete minden irányban megfelelően tudott fejlődni.

A június, július és augusztus hónapokban leszedett termés mennyisége szedésenként, átlag 3600 kg volt, amelynek átlagosan 7%-a volt csupán csúcsrothadástól sérült termés. Az ezt megelőző tavaszi időszakban, májusban átlag 2400 kg egészséges paprikát takarítottunk be a 3000 m^2 termőfelületről. A 30. ábra a kalciumhiány okozta terméskiesés mértékét mutatja be a perliten történő hajtatásban Kiskunmajsán 2009-ben. A konténerben hajtatott paprikák esetében a szellőztetés és a tápoldat hűtő hatásával a gyökérzóna hőmérsékletét néhány nap kivételével sikeresen megpróbáltuk 20 ºC alatt tartani. A perlit bizonyítottan jó vízmegkötő képessége ebben szerepet játszott.

Június első hetében az automatikus rendszer meghibásodott, 2 hétig nem működött. Ebben az időszakban a tápoldat gyökérre gyakorolt hűtő hatása érvényesülhetett, viszont a szellőztetés hiányában a belső tér relatív páratartalma 86%-ra növekedett. Ebben az időszakban lényegesen kisebb mennyiségben, mint a kőzetgyapoton, de jelentek meg csúcsrothadt bogyók az állományban. A hiba elhárítását követően a rendszer a beállított értéken zavartalanul működött. Ezt követően a július 26.-i szedést kivéve nem tapasztaltam az állományban kalciumhiányos termést.

A megfigyeléseim eredményei alapján megállapítható volt, hogy amennyiben az automatikus rendszer zavartalanul működik és a termesztőberendezésben a páratartalmat 70% körül, a belső légtérhőmérsékletét maximum 35 ºC, a gyökérzóna hőmérsékletét pedig 22 ºC alatt tudjuk tartani, a paprika gyökérzetének Ca^{2+} felvevő- és transzlokálóképessége közel optimálisan tud működni a perlitben történő hajtatás esetében is.



30. ábra. Kalciumhiány hatása a termésre, a termesztőberendezés fizikai tényezőinek figyelembevételével, perlitben történő paprikahajtatásban, Kiskunmajsa 2009.

A három év termesztési adatait Pearson féle korreláció analízis alkalmazásával (Sajtos-Mitev, 2007) modelleztem, amelyben a szedések során (n=69) a csúcsrothadt bogyók megjelenésének mennyiségét: a gyökérzónában mért hőmérséklet, a belső léghőmérséklet, valamint a levegő RP % változásának összefüggésében vizsgáltam. A lineáris modellvizsgálat alapján a csúcsrothadt bogyók megjelenésének legfőbb előidézőjeként, a gyökérzónában mért hőmérséklet emelkedése bizonyított. A változók páronkénti korrelációit tartalmazó 16. táblázat adataiból kiderül, hogy a kalciumhiányos bogyók előfordulása, a gyökérzóna-hőmérséklete (r=0,675), a termesztő-berendezés belső hőmérséklete (r=0,504), és a külső léghőmérséklet között (r=0,451) pozitív korreláció figyelhető meg. A kalcium hiányos bogyók megjelenése és a növekvő mértékű páratartalom között is (r=0,608) szoros korrelációt tapasztaltam. A modell eredményei is azt bizonyították, hogy a nyári hajtatási időszakban a csúcsrothadt bogyók megjelenésében a termesztőberendezés gyökérzóna-hőmérsékletének és a levegő páratartalmának, valamint a belső hőmérséklet emelkedésének van döntő szerepe. A kalciumhiány kialakulásában a termesztő-közeg megválasztása nem befolyásoló tényező (Mellékletek, 4.2.3.). A lineáris regresszió analízis eredményeit tovább vizsgálva többszörös polinomiális (másodfokú) regresszió modell alkalmazásával is azt állapítottam meg, hogy a bogyók kalciumhiány okozta csúcsrothadását elsősorban a megemelkedett gyökérzóna hőmérséklet (r=0,648), valamint a magas levegő páratartalom (r=0,609) okozta (17. táblázat).

17. táblázat. Pearson-féle korreláció analízis eredményei.

	Kalcium-hiányos bogyók (%)	Gyökérzóna hőmérséklet (°C)	Belső hőmérséklet (°C)	Külső hőmérséklet (°C)	Páratartalom (%)
kalciumhiányos bogyók (%)	1	,675(**)	,504(**)	,451(**)	,608(**)
gyökérzóna hőmérséklete	,675(**)	1	,849(**)	,789(**)	,432(**)
belső hőmérséklet	,504(**)	,849(**)	1	,892(**)	,484(**)
külső hőmérséklet	,451(**)	,789(**)	,892(**)	1	,282(*)
páratartalom	,608(**)	,432(**)	,484(**)	,282(*)	1

** Korreláció 0,01 szinten
* Korreláció 0,05 szinten

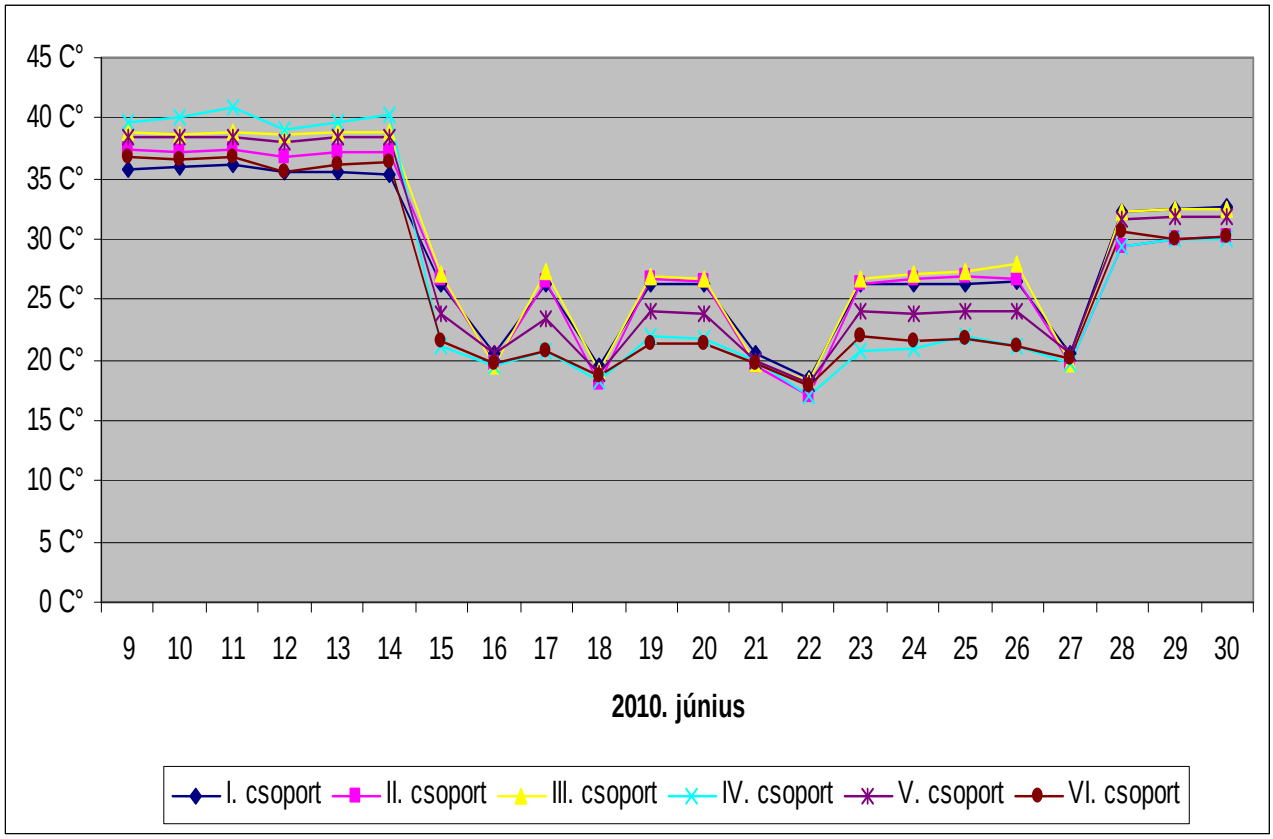
4.3. A növényállományok sugárzási felszínhőmérsékletének vizsgálati eredményei a Ca^{2+}-ionok szállítása és a csúcsrothadás megjelenésének összefüggésében

A témát elemző, értékelő, növényélettanos szakirodalmak is bizonyítják azt a tényt, hogy a paprika a kalciumot csak Ca^{2+}-ionok formájában tudja felvenni és hasznosítani (Szalai, 1974). Az ionok vándorlása, pedig a gyökerek szívóhatásával, a vízfelvétellel és a transzspiráció mértékével szorosan összefügg. A Ca^{2+}-ionok zavartalan felvétele a paprika gyökérzetében igen szűk hőmérsékleti határok között valósul meg (Dodd, 2000).

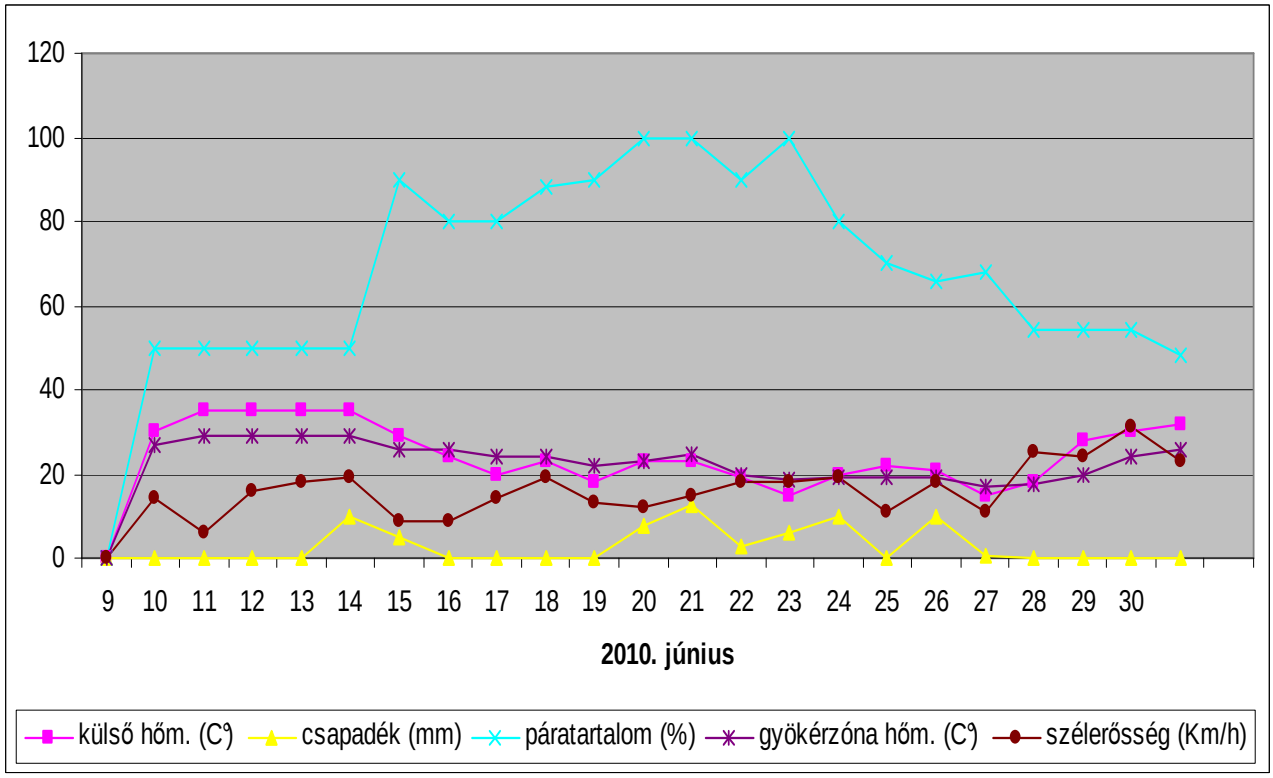
A növényállományok sugárzási felszínhőmérsékletének vizsgálatát három időszak eredményei alapján tudtam értékelni. Az **első időszakban** június 09.-től 14.-ig a hőmérséklet nagyon magas volt. Az átlagosan 30 °C-os külső hőmérséklet, közel 40 °C-ra melegítette fel a termesztőberendezés légterét, amelynek a hatására a gyökérzóna hőmérséklete növénycsoportonként átlag 29 °C-ra emelkedett. A belső légtérben uralkodó relatív páratartalom átlagosan szintén nagyon magas, 96%-os volt. Ebben az időszakban mért lombhőmérsékletek nagyon kedvezőtlenül alakultak, átlagértékei 35 és 41 °C között voltak, amely azt jelzi, hogy a vizsgált növények transzspirációs mértéke alacsony volt, hisz nem tudott érvényesülni megfelelő mértékben annak hűtőhatása. Ugyanez valószínűsíthető a kalcium felvételében és szállításában is. A **második időszakban**, június 15-27. között, a környezeti tényezők alakulása, a paprikahajtatáshoz optimális értékeket mutattak, így a lombhőmérsékleti átlagértékek 18 és 26 °C között alakultak, amely harmonikus transzspirációra és vízfelhasználásra utalt (31-32. ábra). A tápanyagok szállítása ebben az esetben zavartalan. Június 27.-től, a **harmadik időszakban** azonban újra megemelkedett a külső hőmérséklet, amely az első időszakban regisztrált hőmérséklet és relatív páratartalom értékeihez voltak hasonlóak. Ekkor a növénycsoportok lombhőmérsékletének átlagértékei 30 °C

fölé emelkedtek. A kísérletben megfigyelt növénycsoportok elhelyezkedésüktől függetlenül a drasztikus hőmérsékletemelkedés időszakában intenzív transzspirációval próbálták lombtömegüket hűteni, melyet a magas, 90% feletti relatív páratartalom erősen akadályozott. A külső hőmérséklet emelkedése növelte a hajtatóberendezés belső levegő-, valamint a gyökérzóna-hőmérsékletét. A magas hőmérséklet hatására a fóliaborítású termesztőberendezésekben megnőtt a relatív páratartalom, amely befolyással volt a transzspirációra és tápanyagáramlásra is. A hosszan tartó 29 ºC-os gyökérzóna hőmérséklet már jelentős mértékben gátolta a Ca^{2+}-ionok felvételét. Az ebben az időszakban bekötött, fiatal paprikák sejtjeinek fokozottabb a Ca^{2+}-ion szükségletük (Somos, 1981), s mivel a paprikabogyó csúcsi részét mindig a legfiatalabb sejtek építik fel, ezért a csúcsrothadás kialakulását már ettől az időszaktól mérve vezethetjük vissza. Ez magyarázza, hogy a rothadt folt mindig a bogyó csúcsán jelenik meg. Somos (1981) és Zatykó (2006) a csúcsrothadási tünet megjelenésének idejét vizsgálta. Az általuk és a saját vizsgálataimban megfigyelt paprikákban rendszerint a kötődéstől számítva 20.-22. napon jelentek meg a rothadt foltok, melyek kialakulását a helytelen termesztéstechnológiából adódó kalciumellátásra vezették vissza.

Az osztatlan légterű termesztőberendezésben a méréseim során helyenként eltérő mértékű relatív páratartalmat regisztráltam. A jelenséget Bernoulli-törvénye magyarázhatja, mely értelmében nem csak a fóliaalagút déli vége felől beáramló levegő növeli a légmozgást, hanem a sátor felett és a két oldalán zavartalanul áramló légáramlat szívó hatása is, amely a sátor két végétől az első szellőzőszárnyakig fejt ki erősebb hatást a légmozgásra, és így csökkenti a relatív páratartalmat. Ennek mértékét azonban nem tudtam szabályozni. A termesztőberendezésben lévő légmozgás mértékét csak a természetes szél ereje befolyásolhatta.



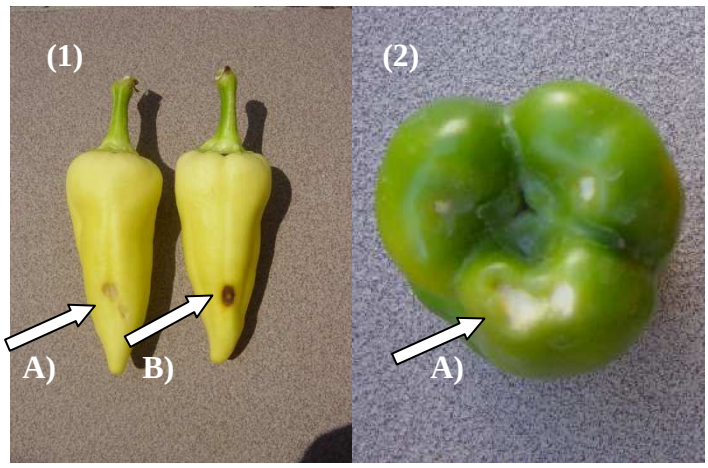
31. ábra. A kijelölt növénycsoportok lombhőmérsékletének átlagértékei a vizsgált időszakban.



32. ábra. A napseb kialakulásához vezető meteorológiai tényezők alakulása.

4.3.1. A csúcsrothadás és a „napseb” szimptómák kialakulásának diagnosztikai eredményei

A paprikabogyó felületén a nyári hajtatási időszakban gyakran jelennek meg irreverzibilis epidermisz sérülések, melyek külső megjelenésükben, nagyban hasonlíthatnak a Ca^{2+}-ionok hiánya okozta csúcsrothadásra. Ez tulajdonképpen a napsugárzás által okozott felszíni sérülés, ami kezdeti fázisban enyhe parásodást, elszíneződést, bőrszöveti sérülést eredményez, rendszerint a sugárzásnak kitett felületen (Wünsche et al., 2000). Retig és Kedar (1967) megfogalmazása alapján a „napseb” a gyümölcs fiziológiai károsodása, amely jelentősen befolyásolja annak minőségét, csökkenti áruértékét (Gonda, 2002). Ennek kialakulásához a meteorológiai elemek, az agrotechnika, a növény fajtája és fiziológiai állapota is hozzájárulhatnak (Racskó-Budai, 2003). Racskó (2001) gyümölcsösökben végzett megfigyelése alapján, a „napseb” szimptóma már az érés kezdetén megjelenhet a felszíni sebesedések formájában, míg a kalciumhiány a 20.-22. napon alakul ki mély, kráterszerű szövetnekrózist okozva (Zatykó, 2006; Lantos et al., 2010). Barber és Sharpe (1971) szerint, valamint az általam végzett megfigyelések alapján is a tünetek főként azokon a területeken jelentkeznek, ahol az érési periódusban magas a napsütéses órák száma, továbbá, ha hűvös vagy enyhe időjárási helyzetet forró, perzselő napsütés követi. Ha a változás nem hirtelen következik be, a növény alkalmazkodik a megváltozott klimatikus viszonyokhoz, így a napégés kockázata is lecsökken. Gonda (2002) szerint a „napseb” kialakulásának okaként a rendkívül alacsony relatív páratartalommal társuló igen magas hőmérsékletet, és az ezzel együtt járó vízhiányt említi. Ezzel ellentétben a kalciumhiány okozta csúcsrothadás kialakulásához a magas hőmérséklet és páratartalom együttes hatása vezetett. A hajtatóberendezés mellett lévő szabadföldi kísérleti parcellában termesztett paprikák azon bogyóin, melyeket nem borított kellő lombtömeg, a csúcsrothadáshoz hasonló, fehér színű sérüléseket diagnosztizáltunk, melyek meghatározására nem volt elegendő a vizuális megfigyelés. A bordák alsó ívénél elhelyezett növénycsoportok termései között is diagnosztizáltuk a fehérszínű, a csúcsrothadáshoz hasonló elváltozásokat. A kísérletben megfigyelt 10-es növénycsoportok termései közül, azok voltak kitéve legjobban a Nap égető hatásának, melyek nem voltak a raschel- háló árnyékának védelme alatt. A sérült paprikákból 0,5 mm vastag keresztmetszet szeleteket készítettem, amelyeket fénymikroszkópos vizsgálat alá vetettem. A 20-szoros nagyításban végzett mikroszkópos felvételeken jól elkülönültek a szimptómák, melyek részben hasonló környezeti tényezők hatására alakulnak ki a paprikabogyók csúcsi részén. A fehérszínű foltok, melyek a paprikabogyó csúcsi részén, az epidermisz irreverzibilis sérülését az ún. „napseb” kialakulását okozták, a hirtelen időjárásváltozás, az erős napsütésnek hatására keletkeztek (33.-34. ábra).



33. ábra. A „napseb” (A) és a kalciumhiány (B) okozta sérülések külső megjelenési formái a paprika termésein hajtatásban (1) és szabadföldi termesztésben (2).

(Forrás: saját felvétel)

34. ábra. A sérült epidermisz a „napseb” mikroszkópos képe.
(GKI Laboratórium, Szeged)

4.4. A hibridnemesítés céljának, szükségességének háttere

A kalcium hiánytüneteinek megfigyelésére Adams és Greenleaf (1969) különböző paradicsom fajtákat nevelt azonos körülmények között, szabadföldi termesztésben. A kalciumhiány okozta csúcsrothadási tünetek kialakulásának okát - megállapításuk alapján - belső, endogén, genetikailag irányított fajtatulajdonságra vezették vissza, amely tulajdonság fajtánként eltérő, és szorosan összefügg a növény ellenállóképességével is.

Mivel az eltérő termesztő-közegekben végzett megfigyeléseimet hibrid paprikákon végeztem, így csak a hibrid szülők által örökített tulajdonságát mérhettem fel a csúcsrothadás tüneteinek, kialakulásának összefüggésében. A kalciumhiány kialakulásában szerepet játszó endogén tényezők vizsgálatában fontosnak tartottam volna, a szülők Ca^{2+} felvevő- és szállító-képességének mértékét is figyelembe venni. A szülői vonalak azonban nem álltak rendelkezésemre, ezért a téma pontosabb, részletesebb vizsgálata érdekében egy általam létrehozott hibridnemesítést tartottam célszerűnek elvégezni.

A csúcsrothadásra rezisztens, jó transzspirációs képességgel bíró partnert kellett választanom a kalciumhiány tüneteit mutató PAZ fajtához. A csúcsrothadás megjelenésének elmaradására irányuló szelekciós munka eredményeként a Torkál F_1 paprikát választottam a hibridnemesítésben szülői partnerként a PAZ fajta termékenyítéséhez. Angeli, 1964, Obermayer, 1955, és Gniffke et al., 2009-ben publikált eredményeik szerint, különböző típusú, de a *Capsicum annuum var. Grossum*-hoz tartozó paprikákat kereszteztek, majd megállapították, hogy a pollenadó paprika genetikai tulajdonságainak többsége az utódnemzedékre átörökíthetőek.

A teszttermesztések eredményeire alapozva a Torkál F_1 paprika több, a termesztésben fontos szerepet betöltő piaci, fogyasztói és termesztői szempontból is kedvező tulajdonságainak átvitele volt a célom a PAZ paprikába, különös tekintettel a Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló tulajdonságra. A keresztezést követően létrejött hibrid Ca^{2+} igényét, a termés fizikai és biológiai tulajdonságait a talajok eltérő $CaCO_3$ tartalmához való adaptációs készség összefüggésében értékeltem.

4.4.1. A keresztezési partnerek és a hibrid értékmérő tulajdonságai a növény Ca^{2+} igénye, és a talajok $CaCO_3$ tartalmának összefüggésében

A hibridnemesítésre kijelölt szülői partnerek vizsgálatát két, egymástól különböző talajmész ($CaCO_3$)- tartalommal rendelkező területen végeztem el.

Szentesen, a paprikatermesztéshez a Terbe és munkatársai (2005) által meghatározott talajmész tartalom alsó értékén lévő 1%-os $CaCO_3$ tartalommal, Nagymegyeren, pedig az optimum szint felső értékével rendelkező 5%-os $CaCO_3$ tartalommal rendelkező talajon tesztelt paprikák termesztése során végeztem el a csúcsrothadás megjelenésének elmaradására irányuló szelekciós munkát (18.-19. táblázat). A teszttermesztés ideje alatt a talajok $CaCO_3$ szintjét egyik területen sem befolyásoltam, a paprikák számára mindenütt a talaj eredeti $CaCO_3$ tartalma állt rendelkezésre. A teszttermesztések során kapott eredményeim azt mutatták, hogy a pollenadó Torkál F_1 kaliforniai típusú paprika termésein nem volt tapasztalható a csúcsrothadás, függetlenül a talajok eltérő talajmész tartalmától. A termések a fajtaleírás alapján meghatározott értékeket mutatták. A PAZ fajta viszont mindkét területen érzékenyen reagált a csúcsrothadás kialakulására, amely még a nagyobb talajmész tartalommal rendelkező területen is jelentkezett. Felméréseim alapján

megállapítható volt, hogy a vizsgált 48-48 db termés szárazanyagára és nedves tömegére számított kalciumtartalma a Torkál F_1 paprika termésenél kevesebb volt, ettől függetlenül egészséges, rothadásmentes bogyókat termett. A bogyók értékmérő tulajdonságai is mindkét termőterületen jobb eredményt mutattak, mint a PAZ termései. A Torkál F_1 paprika tehát, jobban hasznosította a rendelkezésére álló kalciumot, amely arra a tényre utal, hogy a hibridfajta a terméseinek sejtfelépítéséhez elegendő Ca^{2+}-ionokat tudott szállítani, és azok be is tudtak épülni a sejtekbe

18. táblázat. A keresztezési partnerek tulajdonságainak átlagolt eredményei Nagymegyeren 5% talajmész tartalomnál.

	PAZ	**Torkál F_1**
csúcsrothadás kialakulása	10 %-nál több	nincs
bogyótömeg	130 g	183 g
bogyófal vastagsága	6,8 mm	10,8 mm
maghozó képesség	közepes	kiváló
magházpenészre hajlamosság	érzékeny	nincs
tenyészidő	105 nap	105 nap

19. táblázat. A keresztezési partnerek tulajdonságainak átlagolt eredményei Szentesen 1% talajmész tartalomnál.

	PAZ	**Torkál F_1**
csúcsrothadás kialakulása	10 %-nál több	nincs
bogyótömeg	150 g	187 g
bogyófal vastagsága	7,8 mm	11 mm
maghozó képesség	közepes	kiváló
magházpenészre hajlamosság	érzékeny	nincs
tenyészidő	105 nap	105 nap

. A PAZ fajta bogyóinál a magasabb talajmész tartalom ellenére is kialakultak a csúcsrothadási tünetek (35. ábra), annak ellenére, hogy a termésekben mért kalcium mennyisége magasabb volt, mint a mellette termesztett hibrid termésének a kalciumtartalma (20. táblázat).

35. ábra. Csúcsrothadás tünet a PAZ termésén.

(Forrás: saját vizsgálatból)

20. táblázat. A keresztezési partnerek terméseinek Ca^{2+} tartalma a két termőhelyen.

Termesztő területek	Nagymegyer		Szentes	
Vizsgált anyag	kalcium (mg/100g) szárazanyag	kalcium (g/100g) nedves tömeg	kalcium (mg/100g) szárazanyag	kalcium (g/100g) nedves tömeg
PAZ átlag	119,4	14,15	115,7	13,4
szórás	40,44	5,46	42,09	5,22
Torkál F_1 átlag	86,6	12,02	90,6	12,5
szórás	9,80	1,79	11,7	2,01

A Torkál F_1 hibrid maghozó képessége vélhetően a tökéletesebb kalciumhasznosítás miatt, a magházban lévő egészséges magvak számát tekintve jobbnak bizonyult, mint a PAZ fajta (lásd 11. ábra). A magképzés és a kalciumhasznosítás közötti összefüggés más növények terméseiben is megállapítható. Helms (1971) babbal *(Phaseolus vulgaris L.)* végzett kísérletében összefüggést talált a növényben kialakuló kalcium hiánytünetek megjelenése és a hüvelyben lévő egészséges magvak csökkenése között, függetlenül a babban található kalcium tartalomtól. Ebben az értelemben tehát, a kalcium hiánytünet abban az esetben is kialakulhat, ha a bab hüvelyében

viszonylag magas az elem szintje, és elmaradhat a tünet az alacsonyabb kalcium szint esetén, ha az a termések Ca^{2+} igényét kielégíti.

4.4.2. A Tokyo hibrid értékmérő tulajdonságai a növény Ca^{2+} igénye, és a talajok $CaCO_3$ tartalmának összefüggésében

A 2009 őszén összegzett eredmények alapján, a bogyókon kialakuló csúcsrothadástünetek egyik termőterületen való, egymástól eltérő technológiákkal történt termesztés esetében sem jelentkeztek a Tokyo hibrid bogyóin (36. ábra). Az országonkénti és termőhelyenkénti vizsgált 12 növény termésein nem alakultak ki a csúcsrothadási tünetek.

Az anyanövény PAZ fajta termésein a hat különböző termőtájról betakarított termések diagnosztikai eredményei alapján összegezhető volt, hogy az első és második szedések idején nem volt még jellemző a bogyókon kialakuló csúcsrothadás. A termesztés további szakaszaiban azonban, főleg a június és augusztus hónapokban, eltérő mértékben, de a termőhelyek mindegyikén tapasztalhatóak voltak a PAZ termésein a kalciumhiányos foltok. Egy PAZ paprikanövényről betakarított terméseken kialakuló csúcsrothadás tünetek gyakorisága tekintetében a különböző talaj mésztartalommal rendelkező termőhelyek között p=0,1%-os szinten szignifikáns különbségeket tapasztaltunk. A csúcsrothadt termések előfordulásának legnagyobb gyakorisága %- os arányban mérve (68,7% ±18,8) Japánban volt. Ezt követték a szentesi (54,2% ±17,9), a bánhegyesi (46,4% ±17,3), az ópusztaszeri (31,3% ±11,3), a mórahalmi (27,1% ±12,9), és végül a kirgiz (14,6% ±16,7) mintavétel eredményei (20. táblázat). A legalacsonyabb $CaCO_3$ tartalommal rendelkező termőtájon, Japánban termesztett bogyók kalciumhiányának gyakorisága p=0,1%-os szinten szignifikánsan magasabb volt, mint Mórahalmon, Szentesen és Kirgizisztánban, amely p=1%-os szinten különbözött a bánhegyesi eredményektől. Japánban és Szentesen termett bogyók esetében nem volt szignifikáns eltérés. A legnagyobb $CaCO_3$ tartalommal rendelkező termőtájon, Kirgizisztánban szedett PAZ bogyók kalciumhiányának gyakorisága p=0,1%-os szinten szignifikánsan alacsonyabb arányban jelentkezett, mint a Japánban, Szentesen, illetve a Bánhegyesen termett bogyók esetében. További vizsgálataim alapján bizonyítható, hogy a gyakorisági tényező p= 5%-os szinten is alacsonyabb eredményt mutatott. A kirgiz és a mórahalmi termőtájon tesztelt PAZ termések adatai nem különböztek szignifikáns mértékben egymástól (21. táblázat).

A hazai megfigyelések közül a Szentesen termesztett PAZ bogyóinak esetében kiemelkedően magas volt a kalciumhiány előfordulásának mértéke. A vizuális felmérés alapján kapott összesített eredmények azt mutatták, hogy a csúcsrothadt termések 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 termésekhez viszonyítva (21. táblázat). Szalva (1975) a szentesi paradicsomalakú zöldpaprikával végzett fajtakísérleteinek

eredményeként azt állapította meg, hogy ugyanazon törzsanyagból származó PAZ paprikák termőhelyenként eltérő, nem egyöntetű eredményeket mutattak. Megállapította, hogy a termések minőségére befolyást gyakorolt a nortonkutas, árasztásos öntözés és a homokos vályogtalaj.

36. ábra. A teszttermesztések során alkalmazott technológa Kirgizisztánban (A) és Japánban (B). (Forrás: saját felvétel)

21. táblázat. A PAZ termésein 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; p1% = 2,65; p5% = 1,99

Az anyanövény PAZ és a hibrid fontosabb értékmérő tulajdonságait a magyarországi termőtájakról betakarított (1. Mórahalom, 2. Ópusztaszer, 3. Bánhegyes, 4. Szentes), optimális talajmész tartalom mellett, valamint a külföldön ún. határalajokon termesztett paprikák terméseiből határoztam meg (22.-23. táblázat).

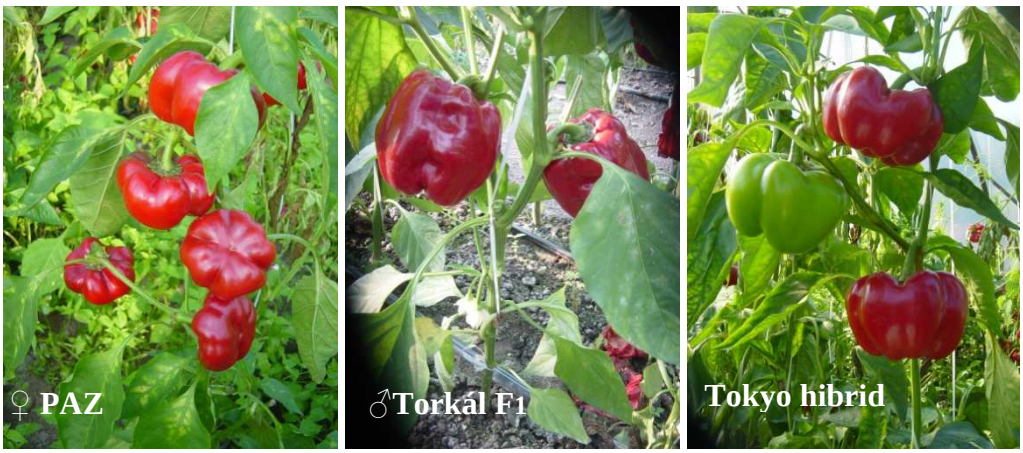
22. táblázat. A PAZ fajta legfontosabb értékmérő tulajdonságainak átlagértékei magyarországi termőtájakon 2008-ban, és a határ-talajokon 2009-ben.

Termőtáj	Bogyótömeg (g)	1000-mag tömeg (g)	Termésfal (mm)	Tenyészidő (nap)	Magházpenész kialakulására
Mórahalom	154	5,9	8,1	105	hajlamos
Ópusztaszer	182	6,1	9,2	105	hajlamos
Bánhegyes	153	6,0	8,3	105	hajlamos
Szentes	153	6,0	8,7	105	hajlamos
Japán	120	6,0	8,0	105	hajlamos
Kirgizisztán	140	7,8	6,7	120	hajlamos

23. táblázat. A Tokyo hibrid (PAZ * Torkál F_1) legfontosabb értékmérő tulajdonságainak átlagértékei magyarországi termőtájakon 2008-ban, és a határ-talajokon 2009-ben.

Termőtáj	Bogyótömeg (g)	1000-mag tömeg (g)	Termésfal (mm)	Tenyészidő (nap)	Magházpenész kialakulására
Mórahalom	184	5,9	8,1	105	nem hajlamos
Ópusztaszer	202	6,1	9,2	105	nem hajlamos
Bánhegyes	183	6,0	8,3	105	nem hajlamos
Szentes	183	6,0	8,7	105	nem hajlamos
Japán	130	8,0	10	105	nem hajlamos
Kirgizisztán	111	7,7	5,3	120-145	nem hajlamos

A Tokyo hibrid terméseinek bogyóállása csüngő, amely monogénes öröklődési folyamat eredménye. A PAZ fajtában uralkodó up gén, (amely a felálló bogyótulajdonságért felelős) recesszív az up^+ alléljával szemben, mely gén a csüngő bogyóállást eredményezi (Somos, 1981). Ennek dominanciája okozta az utód terméseinek csüngő bogyóállását (37. ábra). A termesztési körzetekből származó Tokyo hibrid terméseinek szárazanyagra és nedves tömegre számított összes kalcium tartalmának átlagértéke alacsonyabb volt, mint az anyanövény PAZ terméseiben mért kalciumtartalom. Ezek az értékek alacsonyabbak voltak a Nagymegyeren tesztelt pollenadó paprika terméseiben mért kalciumtartalomnál is (24. táblázat). A Tokyo hibrid termései a hat termesztő-körzetben megállapított bogyóértékek alapján, a pollenadó Torkál F_1 terméseinél is alacsonyabb szinten igényelték a felvett Ca^{2+}-ot. Ezen tulajdonságokat meghatározó gének kedvező kölcsönhatása miatt a bogyókban nem jelentek meg a csúcsrothadás tünetei, sem Magyarországon, sem Japánban, sem a kirgiz talajokon termesztett bogyókban.



37. ábra. A szülői partnerek és a hibrid virág-, illetve bogyóállásai.

(Forrás: saját felvétel)

24. táblázat. A szülői partnerek és a hibrid összes kalciumtartalmának átlagértékei.

Paprika	Kalcium (mg/100g) szárazanyag	Kalcium (g/100g) nedves tömeg
PAZ átlag	117,3	14,8
szórás	41,2	6,1
Torkal F_1 átlag	86,6	12,02
szórás	9,80	1,79
Tokyo átlag	69,7	7,4
szórás	2,85	0,51

A hibridnemesítés általános eredményeiről megjelent szakirodalmakhoz hasonlóan a Tokyo hibridben is a mért karotinoidok mennyiségének aránya és szintje a két gén (B és t) alléljainak a kombinációjával volt összefüggésben, de kialakulásban a környezeti hatások (napsütéses órák száma) is szerepet játszhatott. A paprika C-vitamin mennyiségének öröklődése a hibrid nemzedékben a szülők C-vitamin tartalmának határain belül szóródott (Szent-Györgyi, 1934). A hibrid termései az édes ízt és a mélyvörös színt a szülői értékek mennyiségében őrizték meg.

Eredményként megállapítható tehát, hogy a beltartalmi értékek alapján a szakirodalmak által meghatározott öröklődési folyamatoknak megfelelően mutatkoztak a Tokyo hibrid terméseiben is. A 25. táblázat a szülői vonalak beltartalmi értékeinek átlagát hasonlítja össze a hibrid beltartalmi értékeinek átlagával. A táblázat eredményei azonban csak a nyári hajtatási időszakra vonatkoznak. Az őszi szezonban többnyire a kevesebb napsütéses órák száma miatt a beltartalmi értékek alacsonyabb koncentrációban vannak jelen a paprika terméseiben (Zatykó, 1979).

25. táblázat. A Tokyo hibrid fontosabb beltartalmi értékei a szülői partnerek értékeihez viszonyítva a szentesi termőterületen.

Szülői partnerek	C-vitamin (mg/100g)	karotin (g/100g) szárazanyag	karotin (g/100g) nedv. tömeg	fruktóz (g/100g) szárazanyag	fruktóz (g/100g) nedv. tömeg	glükóz (g/100g) szárazanyag	glükóz (g/100g) nedv. tömeg
PAZ átlag	157,6	135,8	15,4	24,5	2,8	23,0	2,6
szórás	8,65	56,08	5,43	0,55	0,41	1,68	0,06
Torkal F_1 átlag	174,0	31,5	4,5	24,1	3,4	24,4	3,4
szórás	26,58	12,38	2,35	1,16	0,64	0,82	0,57
Tokyo átlag	172,7	74,7	7,9	24,5	2,6	21,8	2,3
szórás	20,81	22,18	2,33	1,21	0,17	1,68	0,22

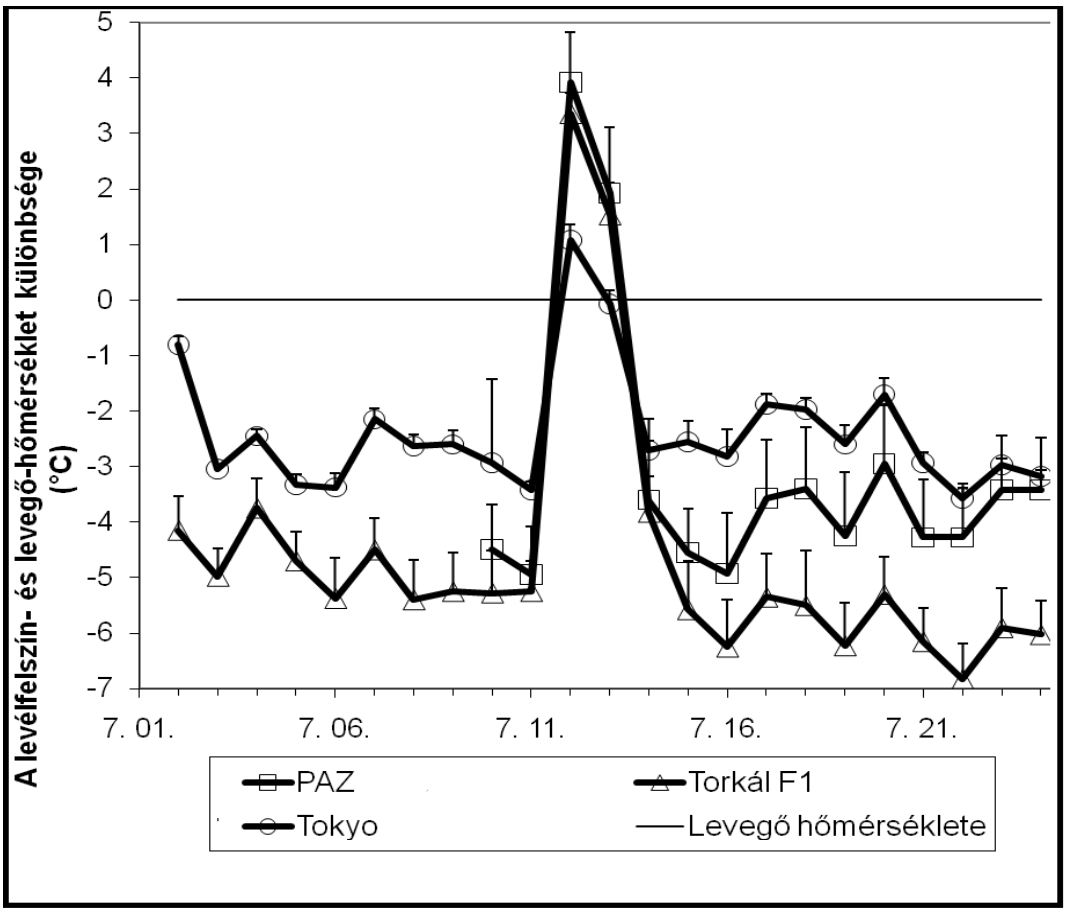
4.4.3. A növények sugárzási felszínhőmérsékletének vizsgálati eredményei a Ca^{2+}-ionok szállítása és a csúcsrothadás megjelenésének összefüggésében, a szülői partnerek, valamint a Tokyo hibrid vizsgálatában.

A növény egyes környezeti tényezői (a hőmérséklet, a napsugárzás mértéke, a páratartalom, és a légmozgás) közül leggyakrabban a napi középhőmérsékletet használják a növények vízfelhasználásának meghatározására (Wiegand-Namken, 1966). A transzspiráció mértéke szorosan összefügg a talaj és a növény vízellátottságával, amely a növényben lévő tápanyagáramlással kihat a növény fejlődésére. A zavartalan, folyamatos transzspiráció és tápanyagáramlás, az ionizált tápelemeket eljuttatja a növény számára beépíthető területekre (Szalai, 1974), így a Ca^{2+}-ionokat is a paprikabogyó fejlődésének bármely szakaszában biztosítani tudja. A transzspiráció mértékét azonban a termesztőberendezés belső hőmérséklete és páratartalma nagyban befolyásolhatja. Somos (1981) a csúcsrothadás tüneti megjelenésének idejét vizsgálta. Megállapítása szerint a fiatal sejteknek több Ca^{2+}-ionra van szükségük, mint az idősebbeknek. A gyakorlatban gyakran előfordul, hogy a tavaszi-nyári hajtatás idején az Alföld kiegyenlítetlen klímája miatt a napi középhőmérséklet a paprikatermesztéshez túl magas, ezért a növényben, transzspirációs, illetve tápanyag-ellátási zavarok is mutatkozhatnak (Lantos et al., 2009). A kertészetben már számos kultúrában alkalmazott infravörös távhőmérők (Tanner, 1963; Helyes, 1989; Massai et al., 2000) feldolgozható adatokkal szolgálnak a növényfelület hőmérsékletének változása és a transzspiráció, valamint a növényben végbemenő tápanyagáramlás összefüggésére. Helyes (1999) több zöldségnövényt vizsgált infravörös távhőmérő alkalmazásával optimális vízellátottság mellett, azonos fejlődési fázisban, azonos ökológiai feltételek között. Megállapította, hogy a növények lombhőmérséklete a nappali órákban eltérő, amely jelenséget a sztómák nyitódásával és a transzspiráció mértékének változásával magyaráz. Számos növényélettanos szakirodalom szerint (Szalai, 1974; Haraszti, 1977) a transzspiráció mértékét egyrészt az ún. felső mozgató erő, azaz azok az élő sejtek, melyek a növény szállítórendszere felső végén a párologtatást végzik, másrészt pedig a gyökérnyomás, mint alsó mozgató erő határozzák meg. A kísérletben megfigyelt növények esetében a termesztő-berendezésben mért, a felső mozgatóerőre ható tényezőket konstans, egyenlő értékeknek tekinthetjük. Tehát a rájuk irányuló, a transzspirációt befolyásoló tényezők egyforma mértékben

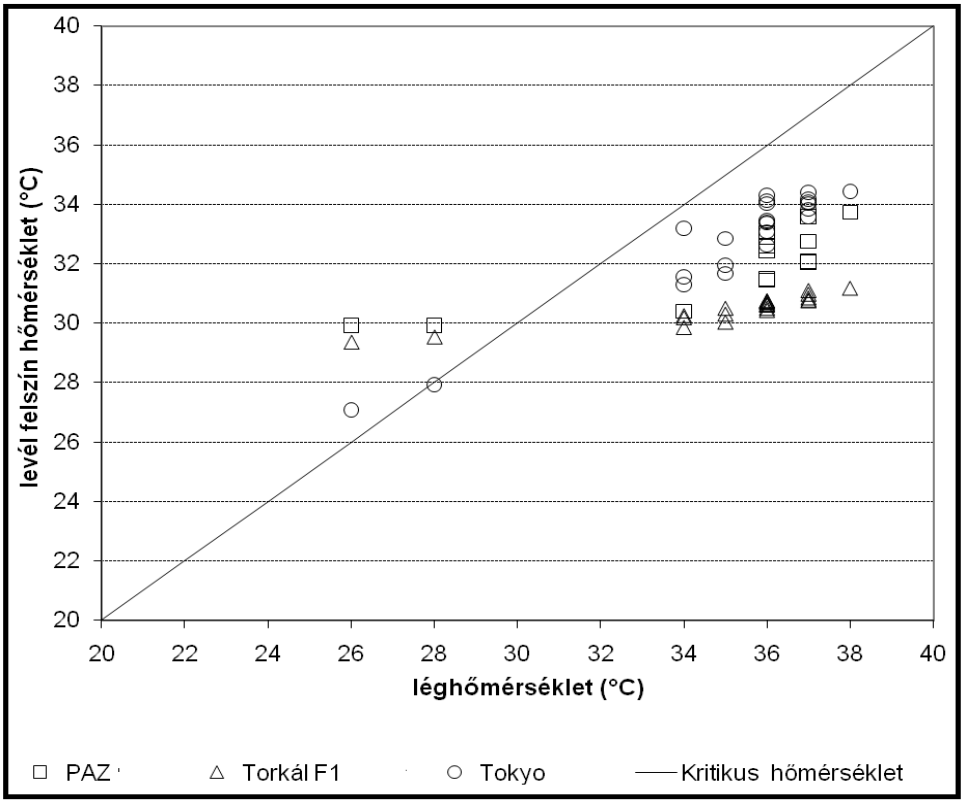
hatottak mindegyik növényre. A növények közötti transzspirációs eltérést ezek alapján csak az alsó mozgató erő, azaz a gyökérzet paprikánként eltérő szívóereje és tápanyagszállító képessége okozhatta. Az eredmények azt is feltételezték, hogy az eltérő mértékű transzspiráció, eltérő mértékű tápanyagszállítást is eredményezhet. A saját gyökerén nevelt növények szárazanyagából megállapított eltérő mértékű összes kalciumtartalma is alátámasztotta ezt a feltevést. Ennek bizonyítására a növényeket azonos gyökérzeten is vizsgáltam.

Kísérletemben az anyanövény PAZ, a pollenadó Torkál F_1, valamint a keresztezéséből létrejött Tokyo paprika hibrid levélfelszín sugárzási hőmérsékletének alakulását vizsgáltam (38. és 39. ábra). Az eredmények könnyebb értékelése érdekében nem az abszolút hőmérsékletet, hanem a levélfelszín- és a levegőhőmérséklet különbségét tüntettem fel. Ez abban az esetben negatív érték, ha a levegő hőmérséklete magasabb, mint levélfelszíné. A 38. ábrán látható, hogy a július 12. és 13.-án bekövetkezett hirtelen lehűlést kivéve a levegő hőmérséklete a megfigyelésem ideje alatt magasabb volt, mint a levelek felszínhőmérséklete. A mérési eredmények azt mutatják, hogy a mérések kezdetétől a lehűlésig a levegő és a levélfelszín hőmérséklet különbségének vonatkozásában a szülői partnerek egymáshoz viszonyítva különbséget mutattak, a Tokyo hibrid viszont nem különbözött tőlük szignifikánsan. Július 13.-tól viszont a megfigyelés végéig szignifikáns különbség jelentkezett. A vizsgált kritikus időszakban a porzófajta Torkál F_1 paprika levélfelszín hőmérséklete mutatta a legnagyobb különbséget a levegőhöz viszonyítva. A növények hőmérséklete átlagosan 5,7 ºC-al alacsonyabb volt a termesztő-berendezésben mért léghőmérsékletnél. A kapott eredmények azt igazolják, hogy a transzspiráció mértéke és hűtő hatása a pollenadó hibridben volt a legintenzívebb, ez párologtatott legtöbbet. Az anyanövény PAZ fajta levélfelszín hőmérsékletének átlagértéke 3,9 ºC, míg a Tokyo hibrid esetében ez az érték csak 2,6 ºC volt, alacsonyabb, mint a léghőmérséklet

A mért eredmények szignifikancia értékei bizonyítják, hogy a vizsgált paprikák eltérően reagálnak a hőmérsékletváltozásra, valamint eltérő a felületi hőmérsékletük is, annak ellenére, hogy a termesztő-berendezésben a rájuk ható ökológiai tényezők (léghőmérséklet, talajzóna hőmérséklete, páratartalom, fényerősség, légmozgás), valamint az edafikus paraméterek is azonosak voltak.



38. ábra. A Tokyo hibrid és a szülői partnerek levélfelszín- és a levegőhőmérséklet (ºC) különbségének alakulása a mérések ideje alatt (n= 4; P= 0,05).



39. ábra. A levélfelszín hőmérsékletének alakulása a léghőmérséklet függvényében.

4.4.4. Az oltás hatásának eredményei az anyanövény PAZ és a Tokyo hibrid összes kalciumtartalmára

Kísérleteimnek ebben a szakaszában a magas EC-értékkel szemben toleráns, komplex rezisztenciával rendelkező, a köztermesztésben is alkalmazott Snooker-alany (26. táblázat) hatását vizsgáltam a PAZ és a Tokyo hibrid, talajon történő teszttermesztésekor (40. ábra). Megfigyelésem ideje alatt mértem az üvegházban lévő páratartalom %-os értékét, a külső és a belső hőmérséklet, valamint a gyökérzóna hőmérséklet változását. A talajt $CaCO_3$ szintje a szentesi kutatóintézet termőtalajára jellemző, 1% volt, melyet nem változtattam. A tápoldat EC-értéke 2, pH-értéke 6,8 , hőmérséklete 18 °C volt.

A négy különböző időben és a teljes biológiai érettség állapotában betakarított Tokyo hibrid terméseinek kalciumtartalma csökkent. A két fajta 48-48 db termésében mért összes kalciumtartalom értéke közel 60%-kal tért el egymástól (27. táblázat). A betakarított termések közül azonban egyiken sem volt tapasztalható a csúcsrothadás kialakulása (28. táblázat). Ez annak ellenére is így alakult, hogy július 9. és 13. között a gyökérzóna hőmérséklete 25-26 °C körül volt. A PAZ terméseinek értékmérő tulajdonságai az alanyhasználat hatására sem haladták meg a Tokyo hibrid terméseinek értékeit (29. táblázat), de jobb eredményt mutattak a saját gyökerén nevelt PAZ terméseinek tulajdonságainál.

40. ábra. Egyszerű párosítással létrehozott Snooker-alanyon nevelt paprikapalánták.

26. táblázat. A Snooker-alany az SG Magyarország Kft. által meghatározott tulajdonságai.

Komplex rezisztencia	Tolerancia
PVY – burgonya ipszilon virus 0-2	a magas sótartalommal EC-vel szemben,
Tm2 – dohány mozaik virus	hidegstressz tűrés,
Pc – paradicsomvész	csúcsrothadás kiküszöbölése.
M – fonálféreg	

Az alany nem befolyásolta a tenyészidő hosszát, de a bogyók maghozó képessége javult (41. ábra). Az alanyhasználatot megelőző időszakban a teszttermesztések során átlag 70 db egészséges magot termett a PAZ fajta, míg az oltás után vizsgált termésekben ez a mennyiség 90-re emelkedett. Mindkét magvizsgálat során átlag 5%-ban léha magot is találtam.

41. ábra. Az oltás (alany) hatása a PAZ és a Tokyo hibrid terméseire.

27. 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**

A PAZ paprikafajta terméseinek jobb kalcium hasznosítását, valószínűleg az alany kitűnő Ca^{2+} felvevőképessége okozta. A tápanyagok tökéletesebb felvételét, szállítását és hasznosulását valószínűleg az alanyhatás váltotta ki mindkét paprika termésében.

A Snooker-alanyon végzett termesztés eredményei azt igazolták, hogy a PAZ fajta Ca^{2+} felvétele és szállítása az egész tenyészidő alatt kiegyenlített volt. Ugyanez nem mondható el a saját gyökéren történt termesztéskor.

28. táblázat. A Snooker-alanyon tesztelt PAZ és a Tokyo hibrid csúcsrothadt terméseinek megjelenése a kritikus időszakban mért hőmérsékleti tényezők összefüggésében.

Dátum	Külső hőmérséklet (°C)	Belső hőmérséklet (°C)	Gyökérzóna hőmérséklet (°C)	Páratartalom (%)	Csúcsrothadt bogyók mennyisége (db)
júl. 01.	29	44	20,2	80	0
júl. 02.	27	39	19,8	80	0
júl. 03.	25	39	19,7	80	0
júl. 04.	26	35	18,7	80	0
júl. 05.	25	43	23,0	82	0
júl. 06.	24	37	21,2	80	0
júl. 07.	25	38	21,0	80	0
júl. 08.	27	37	21,1	82	0
júl. 09.	30	41	24,3	84	0
júl. 10.	34	45	26,3	82	0
júl. 11.	29	44	26,2	82	0
júl. 12.	31	43	26,2	82	0
júl. 13.	33	43	26,5	82	0
júl. 14.	22	35	19,8	80	0
júl. 15.	27	38	19,7	76	0
júl. 16.	29	38	19,8	76	0
júl. 17.	32	38	19,8	78	0
júl. 18.	33	44	22,7	80	0
júl. 19.	31	44	23,7	80	0
júl. 20.	27	38	21,3	78	0
júl. 21.	26	36	20,8	76	0

29. táblázat. Az oltás hatása a PAZ és a Tokyo hibrid terméseinek értékmérő tulajdonságaira.

Paprika fajták	Bogyótömeg (g)	1000-magtömeg (g)	Termésfal (mm)	Tenyészidő (nap)	Magházpenész kialakulására	Csúcsrothadás kialakulására
PAZ	170	8	6,8	105	hajlamos	nem hajlamos
Tokyo hibrid	203	8,7	10	105	nem hajlamos	nem hajlamos

A két vizsgált paprika kiegyenlített kalciumhasznosító képességet kialakító tényezői között azonban különbséget kell tenni. A Tokyo hibridben a kedvező tulajdonságok, a pollenadó Torkál F_1 hibrid jobb Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-képességének, valamint egyéb tulajdonságainak, az anyanövény PAZ tulajdonságaival együttes hatásaként jelentek meg. A genetikai háttér javítása és a növénynemesítés során a tulajdonságok, újrarendezése azt eredményezheti, hogy a következő nemzedékben öröklődő minden egyes tulajdonság a szülői vonalak tulajdonságainak új kombinációja (Jones, 2001). A Tokyo hibrid komplex tulajdonságai, a szülői partnerek tulajdonságainak öröklődése során jöttek létre.

4.5. Rövid ökonómiai értékelés

A hazai termelők leginkább a nagybani zöldségpiacokon, esetleg TÉSZ szervezetek közreműködésével tudják értékesíteni az étkezési paprikát. A friss áru értékét azonban nagyban lerontja a csúcsrothadás, hisz ebből kifolyólag a paprikabogyó épsége, piaci értéke, tárolhatósága romlik, illetve értéktelenné válik. A piac az egészséges, fényesen csillogó héjú tv-tipusú paprikákat igényli leginkább, de sajnos a nagybani piacokon a felvásárlási árak városonként és idényenként is eltérőek, erősen változóak lehetnek. Ökológiai értékelésemben a dorozsmai nagybani piac nyári, június és augusztus közötti időszakában kialakult felvásárlói árak átlagával vázoltam fel a csúcsrothadás okozta árbevétel csökkenésének mértékét. A három év vizsgálati eredményéből megállapítható volt, hogy a bogyók csúcsrothadásának, illetve napégésének kialakulása leginkább azokban a nyári hónapokban fordult elő, melyekben a külső hőmérséklet huzamosabb ideig 30 ºC fölé emelkedett. A 24. és a 28. ábra a csúcsrothadt bogyók előfordulásának %-os mértékét mutatta be a szedések és a termesztő-közegek összefüggésében.

A talajon történő hajtatás során az általam vizsgált fóliasátorban június és augusztus hónapokban rendszerint 570-600 kg gazdasági érettségű tv-típusú paprika volt szedhető. 2007-ben a leszedett termés mennyiségének 12%-át, 2008-ban 8%-át, 2009-ben pedig 18%-át csupán az osztályon aluli árkategóriában (25-40 Ft/kg) lehetett értékesíteni, míg az egészséges I. osztályú paprika felvásárlási ára átlag 150-300 Ft/kg között volt értékesíthető. A kőzetgyapoton történő hajtatás során szedésenként, átlagosan mintegy 150-180kg-mal több paprikát szedtünk le, melynek 2007 és 2008-ban 12%-a, 2009-ben pedig a termés 18%-a vált osztályon aluli minőségűvé. A három év átlagát számítva a kőzetgyapoton történő hajtatás esetében nagyobb veszteséget okozott a csúcsrothadás. A paprikatermesztés gazdasági kiegyensúlyozottságát elemző hazai szakirodalom az évi 5-6%-os termésnövekedést jelöli meg gazdaságossági szempontból (Laczkó, 2004). A megfigyeléseim során azonban a csúcsrothadás miatt talajon történő hajtatás során átlagosan 8%, a kőzetgyapoton viszont átlagosan 18% veszteség jelentkezett. Ez is alátámasztotta a probléma kialakulásához vezető tényezők vizsgálatának szükségességét.

A csúcsrothadás kialakulása nem csak a friss fogyasztásra termesztett paprika esetében okoz gazdasági kárt. A paprika vetőmagnemesítése során gyakran előfordul a magházpenészedés, amely tönkreteszi a bogyóban fejlődő magokat. A témában megjelent szakirodalmak rámutatnak arra a tényre, hogy a paprika magházpenészesedésének kialakulásához, a kalciumhiány okozta csúcsrothadás vagy a napégés által roncsolódott szövetek bemeneti nyílást nyújtanak a *Botrytis cinerea* gomba fertőzéséhez (Glits-Folk, 2000). Ebben az esetben a termésben lévő magok alkalmatlanná válnak a szaporításra.

5. 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+} felvevő- és transzlokáló-képesség vonatkozásában;
- a növény vízforgalmának mértékét, s annak a Ca^{2+} -ionok szállításában és beépülésében betöltött szerepét vizsgáltam.

Az általam vizsgált 10-es növénycsoportokon megjelenő ún. rothadt bogyók szövettani elemzése, a keresztmetszetek 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, még az azonnali kalciumtartalmú 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 gyökérzóna hőmérsékletet egyaránt) és a transzspirációs feltételeket.

A kőzetgyapoton, illetve a talajon történő hajtatás kalcium-utánpótlás vizsgálatában eltérőek voltak a tapasztalataim. Megállapítottam, hogy a talaj nélküli hajtatásban 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. Tapasztalataim szerint az ammónium-nitrát műtrágya lényegesen jobban megfelelt az elvárásoknak. A talajon történő hajtatás 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 termésekben kialakuló csúcsrothadás előfordulását. A kőzetgyapoton történő hajtatás esetében viszont a tápoldat hígítására használt víz a **C** tartályban lévő salétromsav oldóhatásának ellenére is lassította a $CaCO_3$ feloldódását, ezért a pétisó műtrágya

alkalmazása a tápoldat kalcium koncentrációjának beállítására nem bizonyult alkalmasnak az intenzív paprikahajtatásra. Az **A** és **B** tartályban a feloldatlan, nagyméretű mészszemcsék a tápanyagellátó csövek (csepegtetőrendszer) duguláshoz vezettek.

A fóliaborítású termesztő-berendezésekben a nyári zöldséghajtatás időszakában a hőmérséklet gyakran a paprika termesztési igényeinek optimális mértéke fölé emelkedett. A belső léghőmérséklet emelkedésének hatására a termesztő-közeg is könnyen felmelegedett arra a hőmérsékletre, amely a gyökérzet számára megnehezítette, vagy már meg is gátolta a Ca^{2+}-ionok felvételét. A 32 °C-nál nagyobb lég-, illetve a 22 °C-nál nagyobb gyökérzóna hőmérséklet, a termesztő-közegtől függetlenül, jelentős tényezőnek bizonyult a paprikabogyók csúcsrothadásának kialakulásában. Főként a fóliaborítású termesztő-berendezésekben volt tapasztalható, hogy a nyári hajtatási időszakban (június-augusztus) a levegő relatív 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 bekötött bogyók sejtjeinek változó mértékű Ca^{2+}-igényét nem tudta sok esetben biztosítani. Az eltérő termesztő-közegekben tesztelt paprikák vizsgálatai során az eredmények azt igazolták, hogy a bogyók elégtelen kalcium-ellátottsága nem csak a növényekre ható ökológiai tényezők hatására alakul ki, hanem a gyökérzet térbeli elhelyezkedésével és fejletlenségével is szoros összefüggést mutatott. A Ca^{2+} a növények számára a legnehezebben szállítható tápelem, ezért a transzspiráció zavara is hatást vált ki a növényben, vagy a termésben diagnosztizálhatók lesznek az elem hiánytünetei. A bogyók igényeit kielégítő zavartalan kalcium-ellátottság eléréséhez a termesztő-berendezésben a legnagyobb páratartalom a kritikus időszakban sem haladhatja meg a 80-85 %-ot. Az ennél nagyobb páratartalom már hátráltatja a növény Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-képességét, függetlenül a növény termesztőberendezésbeli elhelyezésétől. A páratartalmat folyamatos szellőztetéssel tudjuk csökkenteni. A szellőztetés hatásának másik fontos eleme a termesztő-berendezés belső hőmérsékletének csökkentése. Kísérleteim során gyakran tapasztaltam, hogy a kőzetgyapoton történő hajtatás esetén, a termesztőberendezésekben a nyári, nappali felmelegedés olyan nagymértékű volt, hogy a növényállomány még az esti időszakban sem volt képes lehűlni, elegendő hőt leadni. Ebben szerepet játszott természetesen a növények sztómazáró sejtjeinek esti zárt állapota is. Amennyiben 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) gyökérzónában mért hőmérséklete is, jelentősen az optimális 20-22 °C fölé emelkedett, amely hőmérséklet a gyökérzet tápanyagfelvevő képességét gátolta. A kőzetgyapotban történő hajtatás 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 hőleadását is. A hajtatás során a kőzetgyapot kockák tetején gyakran alakulnak ki alga telepek, melyek ugyancsak hátráltatják a közeg levegő- és CO_2 ellátottságát. A legtöbb hazai fóliaborítású termesztő-berendezésben a galvanizált fém tápanyag- és 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 intenzív volt. A nyári kritikus időszakban mért, a kőzetgyapot paplanokban a besugárzás alapján beállított tápoldat kijuttatás mennyisége elérte a 10 l/m^2 napi átlagot.

A talajon történő hajtatás esetében megfigyelhető volt, hogy a megfelelő szellőztetés mellett az intenzív talajlazítás, villázás, esetleg bakhátazás, illetve a 18 °C-os öntözővíz kora reggeli kijuttatása megfelelő hőmérsékleti szinten tudta tartani a növény gyökérzónájának hőmérsékletét. Ezáltal a gyökérzet a növényre jellemző fejlettséggel rendelkezett, amely elősegítette a gyökeret körbeölelő mikorrhiza gombák, illetve a gyökérszőrök tevékenységét, a Ca^{2+}, illetve más tápanyagok felvételét.

Lényegesen kedvezőbb gyökértömeg fejlettséget és tápanyag-hasznosulást tapasztaltam a perlitben, a konténeres technológiával hajtatott paprika esetében, ahol a tápanyag-tánpótlás, hasonló rendszerben történt, mint a kőzetgyapoton való hajtatás esetében, de a törzsoldat a megfelelő hőmérsékletű vízben csak egy hőszigetelt tartályban volt feloldva. A műanyag konténer terjedelme biztosította a gyökérzet kialakulásához a kellő teret. A perlit vízmegkötő és tápanyag-szolgáltató képessége, pedig, a megfelelő klímaszabályozás mellett kiválóan biztosította a paprikahajtatás feltételeit. Természetesen ez nem jelenti azt, hogy a kőzetgyapoton való hajtatás biztonsága háttérbe szorul más technológiákkal szemben, és nem mond ellent annak, hogy a hajtatás 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 bogyót a túlzott besugárzástól. A „napseb” kialakulásának megakadályozására külföldön már alkalmazott egyik eljárás a kaolin-por tartalmú permetező szerrel történő kezelés. Ennek hatására nemcsak a napsugárzás növényre gyakorolt erőssége csökkenthető, de a termés és a levél hőmérséklete is 3-4 °C-kal mérsékelhető.

Tapasztalataim szerint a szabadföldi paprikatermesztés során a bakhátak kialakítása a barázdás öntözési móddal, illetve a talajtakaró fólia a csepegtető öntözőrendszer alkalmazásával, még a kritikus nyári felmelegedés időszaka alatt is alkalmas a gyökérzónát a megfelelő

hőmérsékleti értéken tartani, melynek jelentőségét a vizuális növénydiagnosztikai eredmények is alátámasztották.

A tápanyagok felvétele nem csak a gyökérszőrök és a mikorrhiza gombák munkája 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 bogyó létrehozásához. A hibrid ezt a tulajdonságot minden esetben a szülőktől örökli. A tápanyagszállítás biológiai mechanizmusának folyamata a növényre ható ökológiai (léghőmérséklet, gyökérzóna hőmérséklet, relatív páratartalom, stb.), kémiai (talaj vagy tápoldat pH-értéke, EC-értéke, sótartalma), meteorológiai (besugárzás mértéke, szélerősség, csapadékmennyiség), illetve termesztéstechnológiai (termesztő-közeg, szellőztetés- és árnyékolástechnológia, alanyhasználat) tényezők hatásának függvénye. Ezért a paprikatermesztés és a hajtatás során a kalciumhiány okozta csúcsrothadás kialakulását minden esetben a növényekre ható tényezők komplex vizsgálatával, kell és lehet meghatározni.

A kísérletek eredményei alapján a Pearson-féle korrelációs vizsgálat alkalmazásával sorrendbe lehet állítani a növények Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-képességére ható ökológiai tényezők mértékét.

Az oltott növények alkalmazása lehetőséget nyújthat a kultúrnövény tökéletesebb Ca^{2+} és egyéb tápanyagok felvételére és felhasználására. A kísérletek befejező szakaszában azonban választ kaptam arra, hogy az intenzív hajtatatásban, valamint a határtalajokon folytatott paprikatermesztés során, a tökéletesebb kalciumhasznosítás elérésének érdekében a gyakorlati kertészeti munka során a legcélravezetőbb, ha mindkét lehetőséget együtt alkalmazzuk.

5.1. Új és újszerű tudományos eredmények

Az általam végzett munka alapján a nyári hajtatási 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 paprikahajtatás során a növényre ható ökológiai tényezők közül, ha a gyökérzóna-hőmérséklete elér egy kritikus értéket, akkor a termesztő-közegektől függetlenül ez gátolja a paprika a Ca^{2+}-ion felvételét, szállítását, valamint beépülését.

2. A Ca^{2+} felvevő- és transzlokálóképesség 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 megváltozására.

4. A *Capsicum annuum var. california* és a *Capsicum annuum var. lycopersiciforme* paprika típusok keresztezése után a hibrid nemzedék maghozó képessége javul, 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:

$$\mathbf{Y} = 1{,}066\mathbf{x_1} + 0{,}097\mathbf{x_2} + 0{,}240\mathbf{x_3} + 0{,}105\mathbf{x_4}$$

$$\mathbf{r = 0{,}83}$$

ahol:
Y: a paprika Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-képessége
$\mathbf{x_1}$: gyökérzóna hőmérséklete (°C)
$\mathbf{x_2}$: belső léghőmérséklet (°C)
$\mathbf{x_3}$: külső léghőmérséklet (°C)
$\mathbf{x_4}$: levegő relatív páratartalma (%)

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A Dél-Alföldön, kertészeti és gazdasági szempontból az egyik legjelentősebb zöldségnövény a paprika. A termesztés biztonságának vizsgálata aktuális, hisz a termesztő-közegek tápanyagtartalma, valamint az alkalmazott termesztéstechnológia nagyban befolyásolják a termés beltartalmát, minőségét. A paprikahajtatás során, a kimagaslóan meleg időszakokban a kalcium hiánytünetei, jelentős mértékben károsítják a termést. Hatására a bogyók csúcsi részén ún. „csúcsrothadás" figyelhető meg, amely irreverzibilis szövetelhalást okoz a termésben. Az Alföld nyári, kiegyenlítetlen klímája nagyban előidézi a hiánytünetek kialakulását. Fontos volt tehát megvizsgálni, hogy mely fajta, termesztő-közeg, termesztéstechnológia, tápoldat vagy talajtípus felel meg legjobban a biztonságos termesztésnek, milyen tényezők vezetnek a csúcsrothadás kialakulásához.

A kísérleteim első szakaszában olyan modult állítottam fel, amelyben a paprika bogyóin kialakuló csúcsrothadás tünetek megjelenését, a termesztő-közegekre és a növényre ható ökológiai tényezők mértékének összefüggésében elemeztem. Kísérleteim során kapott eredményeim egyértelműen bizonyították, hogy a hosszantartó, megemelkedett léghőmérséklet kihatással van a gyökérzóna túlzott felmelegedésére, amely gátolja a növényt a Ca^{2+}-ionok optimális mennyiségének felvételében. Ezen tényezők mellett a növényben jelenlévő Ca^{2+}-ionok a szállításában és a termésbe való beépülésében, a növényre ható relatív páratartalomnak is befolyásoló szerepe van. A megemelkedett páratartalom gátolja a növényt a traszspirációban, ezáltal nehezebben szállítódnak a Ca^{2+}-ionok a növény szöveteiben. Tehát a jövőben, a paprikahajtatás során olyan gazdaságos termesztéstechnológiai eljárásokat kell kidolgozni, amely a növényre és a termesztő-közegre ható ökológiai és termesztéstechnológiai tényezőket optimális értéken tudja tartani.

A tápanyagok felvételének és szállításának dinamikája nem minden növényben azonos, sőt kísérleteim második szakaszában választ kaptam arra a tényre is, hogy a paprika Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-képessége fajtánként eltérő mértékű. Egyes fajták bogyóinak Ca^{2+} igénye lényegesen nagyobb annál, mint amit maga a növény fel tud venni. Az erre irányuló céltudatos szelekció és a növénynemesítői munka lehetővé teheti, hogy a paprikát a talaj mésztartalomtól függetlenül biztonságosan termeszthessük. Kísérleti munkám során alkalmazott hibridnemesítés eredményei alapján bizonyítást nyert, hogy az utódnemzedékben létrejött heterózishatás nemcsak a Ca^{2+} felvevő- és transzlokáló-képesség tekintetében, hanem több értékmérő tulajdonságban is feljavítja az utód értékeit, amely tulajdonságok eltérő fajtatípusba tartozó paprikák között is öröklődhetnek. A tökéletesebb kalciumhasznosításra szelektált és nemesített hibrid terméseinek meghatározott értékei bizonyították, hogy a paprikát a talaj mésztartalmától függetlenül ún. határtalajokon is

termeszthetjük anélkül, hogy a kalciumhiány okozta, csúcsrothadási tünetek megjelennének a paprika bogyóin.

Az intenzív zöldséghajtatásban számos alkalommal problémát okoz a növények adaptációja a megváltozott, mesterséges körülményekhez, valamint a tápanyag hasznosításának maximális kihasználtsága. A probléma elkerülésének érdekében a növényeken már palánta fejlettségi állapotban fitotechnikai eljárásokat alkalmazhatunk, melyek segítségével ez lényegesen leszűkíthető. Megfigyeléseim harmadik szakaszában beállított kísérletek eredményei igazolták, hogy a Snooker-alannyra oltott paprika kalciumhasznosító képessége hasonló mértékben javul, mint a nemesített hibrid esetében. A termésekbe beépült kalcium mennyiségében különbségek mutatkozhatnak a hibrid javára, de ezek nem voltak szignifikáns eltérések. A csúcsrothadás kialakulása sem az erre a célra szelektált és nemesített hibrid esetében, sem az alany alkalmazásának esetében sem volt tapasztalható. Az oltott hibrid beltartalmi értékei azonban szignifikánsan felülmúlták a szintén alanyon nevelt kiindulási PAZ paprikafajta értékeit.

Kutatói munkám eredményei alapján megállapítható volt, hogy a paprikatermesztésben a kalcium tökéletesebb hasznosításának elérésében, illetve a csúcsrothadás kialakulásának elmaradásában a paprika számára optimális mikroklíma biztosítása, és az erre a célra irányuló növénynemesítési és fitotechnikai eljárások együttes hatása a legcélravezetőbb.

SUMMARY

On the Southern Great Plain in Hungary, from a horticultural and economic viewpoint, one of the country's most considerable vegetable plants is the paprika. Therefore studies on the safety of production are a current task because the nutrient content of the culture media as well as the production technology have a significant impact on the chemical composition and quality of the yield. In pepper forcing the Ca^{2+} deficiency symptoms cause severe fruit damages in the extremely warm periods. On the fruit apex the so-called blossom-end rot can be observed, that causes irreversible tissue necrosis in the crop. In summer the unsettled climate of the Great Plain brings about the development of the deficiency symptom on a large scale. So it is important to examine which variety, cultivating substrate, growing technology, nutrient solution, or a soil type is the most suitable for safe growing, what kind of factors lead to the development of blossom-end rot.

In the first section of my experiments, I set up a module in which I analysed the appearance of symptoms of the blossom-end rot taking shape on the berries of the paprika in the context of the measure of the physical factors affecting the growing medium and the plant. My results proved it unambiguously, that the long-lasting, increased air temperature had an effect on the excessive warming of the root zone and it can interfere the plant in the optimal calcium uptake. In addition the relative humidity has an influencing role in the transport of Ca^{2+} ions present in the plant and in infiltrating them in the fruit. The high humidity can hinder the plant in the transport of nutrients, therefore the transport of Ca^{2+} ions is more difficult in the sweet pepper. In the future the creation of an economical growing technology is necessary to keep the physical factors affecting the plant and the cultivating soil on an optimal value.

The dynamics of the uptake and transport of the nutrients is not identical in all plants. In the second section of my experiments I got an answer to that fact, that the paprika Ca^{2+} uptake and the ability of transport is different in each genotype. The Ca^{2+} requirement of the fruits of certain varieties is significantly bigger than the amount the plant itself can uptake. The determined selection aimed at this and also the plant breeders' work enable the safe growing of sweet pepper irrespectively of the $CaCO_3$ level of soil.

Based on the results of the hybrid breeding applied in the course of my experimental work it was proven, that a heterosis effect in the successor generation improves the values of the progeny not only in Ca^{2+} uptake and transport ability, but also in several measuring value characteristics which can be inherited between peppers belonging to different types. Determined values of hybrids selected and bred for a more perfect calcium utilisation confirmed that it is possible to grow sweet

pepper independently from the $CaCO_3$ level of soil, even on marginal soils, without the blossom-end rot symptoms appearing on fruits of sweet pepper by calcium deficiency.

In the intensive vegetable forcing problems are caused in numbers of occasions by the adaption of the plants to the changed artificial circumstances and by the maximum utilisation of the nutrients by the cultivated plants. To avoid this problem we may apply phyto-technological procedures already at the seedling stage of development on the plants to decrease the effects of stress affecting the plants. The results of experiments set in the third section of my research justified that the calcium uptake ability of sweet pepper paired with a Snooker rootstock improves similarly to that of the hybrid. Differences may appear in favour of the hybrid one in the quantity of the calcium usage of the crop, but these were no significant differences. On the other hand, blossom-end rot was observed neither in the case of selected and improved hybrids nor in the case of the rootstock bred for this purpose. The quality values of Tokyo hybrid surpassed the quality values of the PAZ tomato shaped sweet pepper parent plant and those of the pollen giving Torkál F_1 sweet pepper.

Based on the results of my experiments it was verifiable that in sweet pepper growing the joint application of plant breeding and phyto-technological methods is the best way to achieve the perfect calcium utilisation and also to avoid the development of blossom-end rot.

7. MELLÉKLETEK

M1. Irodalomjegyzék

1. Adams, P.- Ho, L.C. (1993): Effects of environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and ont he incidence of blosson-end rot. Plant and Soil. 15. 127-132. p.
2. Adams, F.- Greenleaf, W. H. (1969): Genetische Kontrolle der Blütenendfaule bei Tomaten über den Ca- Metabolismus. Amer. Soc. Hort. Sci. 248-250 p.
3. Alphat' ev A. (1952): Percü i baklazsanü. Perec stucskovüj. Moszkovszkij rabocsij, Moszkva, 6-39; 68-76 p.
4. Andrasovszky I.-Csatáry K.-Ivády S.-Prohászka F.-Rayman J.-Terts I.-Tiborcz Gy.-Ticsényszky M. (1961): Kertészek kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 210 p.
5. Angeli L. (1957): Heterózis paprikatermesztési kísérletek. Különlenyomat a Kertészeti Kutató évkönyvéből. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 10p.
6. Angeli L.-Horváth J.-Hullai L. (1960): Kertészeti ismeretek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 138p.
7. Angeli L. (1964): A csokros paprika nemesítése. Kert. Szől. Főiskola Évkönyv, Budapest. 67-79. p.
8. Arisz, W. H. (1958): Influence of inhibitors on the uptake and the transport of chloride ions in leaves of Vallisneria spiralis. Acta bot. neerl. 7, 1-32 p.
9. Arslan, N.- Benett-Clark, A. (1960): Geotropic behaviour of grass nodes. Oxford University Press. Bot: 11. 1-12 p.
10. Ábrahám I. (1980): A szerves trágyák kezelése és felhasználása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 22 p.
11. Baer, S.-Smeets, L. (1978): Effect of relative humidity on fruit set and seeds set in pepper (Capsicum annuum L.) Netherland J. Agric. Sci. Wageningen 26.: 59-63 p.
12. Balázs S. (1963): A fény hatása a paprika fejlődésére (különös tekintettel a hajtatásra). Kandidátusi értekezés. Kézirat. Budapest. 20-25.p.
13. Balázs S. -Filiusz I.(1977): Zöldségtermesztés a házikertben. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 100-122. p.
14. Balázs S. (2000): A zöldséghajtatás kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
15. Bangerth F. (1979): Annual Review of Phytopathology. 17. pp. 97-122.
16. Bálint S. (1962): A szegedi paprika. Akadémiai Könyvkiadó, Budapest. 7.p.
17. Barber, H. N.-Sharpe, P. J. H. (1971): Genetics and physiology of sunscald fruits. Agric. Meteorol., 8. 175-192 p.
18. Barócsai Gy.-Márkus G.-Juhász M. (1990): Magyar Takarmány Kódex II/1. kötet. Budapest. 446. p.
19. Berei A.-Csűrös Z.-Ernst J.-Hevesi Gy.-Julesz M.-Kovács I.-Rényi A.-Surányi J.- zigeti J.-Waldapfel J.-Zsigmond L.(1962): Kalcium. In: Új Magyar Lexikon. Akadémiai Könyvkiadó, Budapest. 14. p.
20. Bergmann W. (1959): Die Bedeutung der Mikronahrstoffe, insbesondere des Molibdens in der Landwirtschaft und im Gartenbau. Z. Landw. Vers.-u. Unters. Wesen 5. 395-415 p.
21. Bergmann W. (1960): Auftreten, Erkennen und Verhüten von Nahrstoffmangel bei Kulturpflanzen. VEB. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin. 22.p.
22. Bergmann, W.- Neubert P.(1976): Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB. Fischer Verlag. Jena. 186.p.
23. Bergmann W.(1979): Termesztett növények táplálkozás zavarainak előfordulása és felismerése. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 21-24. p; 81-82. p.
24. Biacs P.-Gruiz K. (1977): Részletjelentés a besugárzott fűszerek kémiai változásának vizsgálatáról. ÉKI. Kézirat, Budapest. 30 p.

25. Bolen P. (2006): Perlite. U.S. Geological Survey. Mineral Commodity Summaries. 122-123. p.
26. Bussler W. (1963): Die Entwicklung von Calcium-Mangelsymptomen. Z. Pflanzenernaehr Dueng. Bodenkunde. 53-58-100.p.
27. Buttery R.-Siefert M.-Guadagni G.-Ling C. (1969): Characterization of an important aroma component of bell peppers. J. Agr. Food. Chem. 17: 6 p.
28. Buzás I. (2007): Gyakororlati trágyázástan. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete, Budapest. 81-84.p.
29. Cholnoky L. (1937): A paprika festékei és A-vitamin hatásuk. Kísérletügyi Közlöny, Budapest. 40: 173-186.p.
30. Clarkson, D. T. (1984): Calcium transport between tissue and its distribution in the plant. Plant, Cell and Environment. 7. 449-456. p.
31. Cselőtei L.(1955): Egyes zöldségnövények vízhasznosítási kérdései. Kert. Szől. Főiskola Évköny, Budapest. 85 p.
32. Cselőtei L.-Nyújtó S.-Csáky A. (1993): Kertészet. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 193-196.p.
33. Desphande, R. (1933): Studies in Indian chillies. The inheritance of some characters in Capsicum annuum L. Indian Juor. Agr. Sci. 3: 219-200 p.
34. Dimény J.-Helyes L.-Varga I.-Kassai T. (2003): Öntözés a kertészeti termesztésben. SZIE Gödöllő. Egyetemi jegyzet. 59-60.p.
35. De Candolle, A. (1894): Termesztett növényeink eredete. Természettudományi Társaság, Budapest. Kézirat.
36. Dodd, I. C. (200): The influence of supra optimal root-zone temperatures on growth and stomatal conductance in Capsicum annuum L. Journal of Experiment Botany. Vol. 51. No. 343.p. 239-248. p.
37. Fassitiova, O. (1984): Penészek és fonalas gombák az alkalmazott mikrobiológiában. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 84.p.
38. Fehér Béláné (2007): A csemegepaprika termesztése és jelentősége. Mezőhír 2007/1. XI. évf. 75.p.
39. Filov, A. (1956): Perce i baklazsane. Moszkva-Leningrad. Celhozgiz. 367. p.
40. Gazdagné T. M. (2007): Agrokémia. SZTE MGK Hódmezővásárhely, Főiskolai jegyzet. 5.p.
41. Geissler, T. H. (1985): Gemüseproduktion unter Glas und Plasten. Deutscher Landwirtschaftsverlag. Berlin. 54.p.
42. Giarnidi, L.-Pimpini, F. (1971): Accrescimento, produttivita ed avapotranspirazione nel pepperoe in funzione dell'umitada del terreno all' intervento irriguo. Riv. Agron. 5. 99-114. p.
43. Glenn, D. M.-Erez, A.-Puterka, G. J.-Gundrum, P. (2003): Particle films affect carbon assimilation and yield in 'Empire' apple. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 128. 3. 356-262. p.
44. Glits, M-Folk, Gy. (2000): Kertészeti növénykórtan. Mezőgazda kiadó, Budapest. 28.p.
45. Gniffke, A.-Shene, W. L.-Shieh, C.(2009): Cytoplasmatic male sterility in sweet pepper to produce hybrid seeds. AVRDC. Publication Taiwan. No. 09-718. 9 p.
46. Gomez, S. (1962): In: Somos A (1981): A paprika. Akadémiai Kiadó, Budapest. 59.p.
47. Gonda, I. (2002): Drought-induced losses in fruit orchards. Journal of Agricultural Sciences, 1. 37-40.p.
48. Griss, E. (1844): Nouvelles experiences sur l'action des composés ferrugineux soluble, appliques e la vegetation, et specialement au traitament de la chlorosees , et de la débilité des plantes. Compt. Rend. Acad. Sci. Paris. 19. 1118-1119. p.
49. Hanson, J. B (1984): The function of calcium in plant nutrition. In: Advances in plant nutrition. Vol. 1. P.B. Tinker and A. Lauchli (eds.) Praeger, New-York 149-208. p.
50. Haraszti E. (1977): Zsebkönyv a növények életéről. Natura. Budapest. 146-147.p.

51. Havasi A. (2008): A kalcium humán élettani szerepe az emberi test fejlődésének szakaszaiban. Agrár és Vidékfejlesztési Szemle. SZTE MGK Tudományos Folyóirata. 2008/1. szám. 2008. április 24.
52. Helms, K. (1971): Calcium Deficiency of Dark-grown Seedling of Phaseouls vulgaris L. Plant Physiology 47: 799-800. p.
53. Helyes L. (1989): A zöldségnövények vízellátottságának jellemzése a lombhőmérséklettel. Kertgazdaság, 21. évf. 1. 46-52 p.
54. Helyes L. (1990): Relations among the water supply, foliage temperature and the yield of tomato. Acta Horticulturae 227, 115-121.p.
55. Helyes L. (1999): A zöldségnövények vízellátottságának és öntözési igényének meghatározása a lombhőmérséklettel. Doktori Értekezés. SZIE Gödöllő. 42-60.p.
56. Helyes L. (2003): Az öntözés általános kérdései. SZIE Gödöllő. Egyetemi jegyzet, levelező képzés részére. 60.p.
57. Hermano, A. I (1930): The vitamin contents of phillipine foods. I. Vitamin A B in Capsicum frutescens. Phillipine Journal of Science. 37: 46-56. p.
58. Higdon, J. (2003): Calcium. General Referenc. Harvard University School of Public Health.
59. Hirose, T. (1965): Fundamental study of the crossing of pepper. Tech. Bull. Fat. Agric. Kyoto, Japan 2.: 85.p.
60. Ho, L.C. (1993): Uptake and transport of calcium and the possible cause of blossom-end rot in tomato. Jurnal of Experimental Botany. 44.: 509-518. p.
61. Ho, L.C.-White, P.J. (2005): A cellular hypothesis for the induction on blosson-end rot of tomato fruit. Annals of Botany. 95.: 571-581 p.
62. Hodossi S.-Kovács A.-Terbe I.(2004): Zöldségtermesztés szabadföldön. Mezőgazda Kiadó Budapest. 32. p.
63. Horváth Gy. (1988): A magházpenészedés okai. Kertészet és Szőlészet. 37. évf. 22. szám.
64. Horváth I. (1930): Az éteres vonadék gyors meghatározása paprikában. Kísérletügyi Közlöny, Budapest. 33: 102-105.p.
65. Inagaki, Y.- Uehara, K.(1958): Biosynthesis of capsaicin and dihydrocapsaicin in capsicum frutescens. Nippon Nogei Kagaku Kuishi. 32: 578 p.
66. Jánosa A.(2005): Adatelemzés számítógéppel. Perfekt Kiadó. 215-223.p.
67. Jones, H.-Rosa, J.T (1928): Truck crop plants. New York, Mc Graw- Hill. 17.p.
68. Jones, S. (2001): A gének nyelve. Magyar Könyvklub. Budapest. 67. p.
69. Kaufmann, H. G.-Vorwerk, R. (1971): Zur Nahrstoffaufnahme von Gemüsepaprika. Arch. Gartenbau, Berlin, 19.: (8), 7-27. p.
70. Kardos E. (1954): A magyar fűszerpaprika. Élelmiszeripari Könyv- és Lapkiadó Vállalat, Budapest. 17-20.p.
71. Kato, T.-Tanaka, M. (1971): Studies on the fruit setting and development of sweet peppers. I. Fruiting behavior. JSHS. Tokyo. 40. 359-366 p.
72. Kormos J. (1956): Determinált paprikák. Növénytermelés. 5. szám. 1-10.p.
73. Kovács A. (2000): Talajnélküli termesztés. In: Balázs S. (Szerk.) A zöldséghajtatás kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 101-121.p.
74. Kovács A. (2009): Kalcium a talajban. YARA Tudományos Folyóirat. IX. évf. 3. szám. 2009. június.
75. Laczkó T. (2004): Paprikafélék exportra. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
76. Lambert, D. (1999): Cacium Signalling Protocols. Methods Mol. Biol. 144. p.
77. Lantos F.-Pék Z.-Helyes L.(2009): A hajtatott paprika gyökérzóna hőmérsékletének hatása a kalciumhiányos termések megjelenésére. Kertgazdaság, 41. évf. 2. sz. pp. 9-13.
78. 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 2010. 2. 63-66. p.

79. Lantos F.-Helyes L. (2009): Zöldségtermesztés. Jegyzet BSc. képzés részére. SZTE MGK Hódmezővásárhely. 3.p.
80. Lantos F.-Wachi, Y.-Tajimamat, E.(2010): Endogén növényi tényezők vizsgálata az étkezési paprika (Capsicum annuum L.) Ca^{2+}-felvétel és transzlokáló képesség vonatkozásában határtalajokon. XVI. Növénynemesítési Tudományos Napok MTA. Összefoglaló. 92.p.
81. Lazic, B.-Durovka, M.-Markovic, V. (1976): Uticaj folijarnog prihranjivanja na kvalitet is prinos paprike. Savremena Poljoprivreda, Novi Sad. 24: 29-38. p.
82. László Lajosné (1975): Klorofil és festéktartalom vizsgálatok étkezési és fűszerpaprika fajtánál. Zöldségtermesztés. 4: 165-172.p.
83. Lévai L. (2008): Növényápolás és Biotrágya: másképpen a növények tápanyagellátásáról. Kézirat.1-50.p.
84. Libbert, E. (1974): Lehrbuch der Pflanzenphysiologie VEB Fischer Verlag. Jena.139. p.
85. Linzer, H. (1972): Wachstum und Ertragsbildung. In Handbuch Pflanzenernahr. Springer Verlag Wien-New York. 595-662. p.
86. Loch J.-Nosticzius Á. (1992): Agrokémia és növényvédelmi kémia. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 92.p.
87. Loch J.-Nosticzius Á. (2004): Agrokémia és növényvédelmi kémia. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 62.p.
88. Magnitzkij, K.(1964): Kontrol pitanija polevich i ovosn'ych kultur. Moskovskij Rabochij, USSR Moszkva. 5-16. p.
89. Markov, V.M.-Haev, M.K. (1953): In: Somos A. (1981): A paprika. Akadémiai Kiadó, Budapest. 153.p.
90. Marti, H.-Mills, H. (1991): Nutrient uptake and yield of sweet pepper as affected by stage of development and N form. Jurnal of Plant Nutrition. Vol. 14. 11 pp. 1165-1175. p.
91. Mason, W. T. (1999): Fluorescent and Luminescent Probes for Biological Aktivity. A Practical Guide to Technology for Quantitativ Real-Time Analysis. Academic Press, 1999. 77.p.
92. Massai, R.-Remonini, D.-Casula, F.(2000): Leaf temperature measured on peach trees growing in different climatic and soil condotions. Acta Horticulture. 537; 399-406. p.
93. Mándy Gy. (1944): A paprika alaktana, mint a fajtaleírás alapja. Kert. Szől. Főiskola Évkönyv, Budapest. 10.: 93-132 p.
94. Mc.Murtrey, J.E. (1948): Visual symptoms of malnutrition in plants. Diagnostic techniques for soils and crops. The American Potash Inst. Washington, D. C. 231-288. p.
95. Melgarejo, P.-Martínez, J. J.-Hernández, F.-Martínez-Font, R.-Barrows, P.-Erez, A. (2004): Scientia Horticulturae, 100. 349-353. p.
96. Mécs J. (1974): A fűszerpaprika tápanyagforgalma. ZKI. Kecskemét. 9.: 137.p.
97. Micko, K. (1898): Z. Unters. Lebensmittel. 1. 818 p.
98. Miller, C.H (1961): Some effects of different levels of five nutrient elements on bell pepper. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. Geneva. 81. 385-389. p.
99. Mix, G. P.- Marschner, H. (1976): Calciumgehalte in Früchten von Paprika. Zeitschr. f. Pflanzenernahrung Bodenkunde, 537-549. p.
100. Mód L. (2004): Bolgár kertészet Szentes környékén. Múzeumi Kiadvány, Szentes. 25-27.o.
101. Mótusz J. (1932): Fejezetek a paprikavizsgálatok köréből. Kísérletügyi Közlöny, Budapest. 35. 167-171 p.
102. Németh K.-Grimme H.-Harrach T. (1974): Interpretation der Chemischen Bodenunterzuchung bei Lößböden verschiedenen Erosiongrades. Landw. Forsch. 30/1. 131-137. p.
103. Obermayer E. (1922): A paprikanemesítés irányelvei V. Kézirat.
104. Obermayer E. (1924): Termeljünk étkezési paprikát. Kézirat.
105. Obermayer E.- Mándy Gy.- Benedek I. (1955): A paprika. Akadémiai Kiadó, Budapest.
106. Oláh Zs. (2001): Biológia I. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 292.p.

107. Ombódi A. (2008): Intenzív zöldségtermesztési technológiák. SZIE Gödöllő, Egyetemi jegyzet. 11.p.
108. Pochard, E.-Serieys, H. (1974): Mise en evidence de differences varietales de transpiration chez l'aubergine et d'auters Solanaceae. Amerior Plantes. Paris. 24.: 243-268. p.
109. Racskó J. (2001): Az almatárolás során előforduló veszteségek. Nyír-Gazda, 10. 7-9.
110. Racskó J.-Budai L. (2003): A gépesített metszés és koronaalakítás technológiai kérdései. Gazda-fórum, 10. 10-11.p.
111. Rácz Istvánné (2008): A talajnélküli termesztés kémiai alapjai. In: Terbe I.-Slezák K. (Szerk.) Talajnélküli zöldséghajtatás. Mezőgazda Kiadó, Budapest.1-20.p.
112. Rademacher, B. (1937): Kupfergehalt, Kupferbedarf und Kupfer aneingnungsvermögen verschiedener Hafersorten. Z. Pflanzenkrankh. U. Pflanzenschutz 47.: 545-560. p.
113. Renczes P.(1921): A Kalocsai Magyar Királyi Paprika-kísérleti Állomás nemesített étkezési paprikafajtáinak ismertetése. HERBA. IV.
114. Retig, N.-Kedar, N. (1967): The effect of stage maturity on heat absorption and sunscald of detached tomato fruit. Israel J. Agr. Res., 17. 77-83.p.
115. Sach, J. (1860): Geschichte der Botanik vom 16. Jahrhundert bis 1860 München. Erlass von University of Grouningen, 1875.
116. Sajtos L.-Mitev, A.(2007): SPSS kutatási és adatelemzési kézikönyv. Alinea Kiadó. 203-233.p.
117. Salzer, U. J. (1975): Analytical evaulation of seasoning extract and essential oils from seasonings. II. Flavours. 6. 206-210. p.
118. Sanches, I.-Conde, M. P. (1970): Respuesta de la planta de pimiento ante distintos tratamientos de potasio o de nitrogeno. Anales de Edafologia. Madrid. 39.: 503-516. p.
119. Sarudi J. (1939): Magyar fűszerpaprika ásványi alkatrészeiről. Kísérletügyi Közlöny, Budapest. 42. 279-284.p.
120. Sári Sz.-Kappel N.-Sipos B. Z.-Forró E. (2003): The effect of soil coverage on the soil quality. International Journal of Horticultural Science Agroinform Publishing Hause. 9 (1): 77-80.p.
121. Sári Sz.-Forró E. (2006): Composted and natural organic materials as potential peat-substituting media in green pepper growing. International Journal of Horticultural Science Agroinform Publishing Hause. 12 (1) 31-35. p.
122. Schönhard, G. (1969): Untersuchungen über die Stippigkeit des Apfels. Kurz und Bündig. 62-63. p.
123. Schuphan, W. (1948): Gemüsebau auf ernahrungswissenschaftlicher Grundlage. Hamburg.
124. Shear, C.-Faust, M. (1971): Don't neglect calcium in your apple tree's diet. Amer. Fruit Grower. April. 1-3. p.
125. Silver, S. B. (1998): Ratio imaging: practical considerations for measuring intracellular calcium and pH in living tissue. Methods Cell Biol. 56.: 237–251. p.
126. Slezák K. (2003): The salt tolerance of sweet pepper seedlings. International Journal of Horticultural Science. 9 (1): 39-46. p.
127. Somos A.-Sovány Zs. (1964): Néhány paprikafajta vízforgalmának alakulása. Kert. Szől. Főiskolai Közlemény, Budapest. 49-63.p.
128. Somos A.-Sovány Zs. (1966): A paprika táplálóanyag felvételének jellegzetességei. Lippai János Tudományos ülésszak előadása. Budapest máj. 17-19.p.
129. Somos A.-Tarjányi F. (1966): Különböző alaptrágyázási módszerek hatása az öntözött növények terméshozamára. Lippay János Tudományos ülésszak előadása. Budapest, máj. 17-19.
130. Somos A.-Turi I. (1962): A paprika tápoldatos termesztése homoktalajon. Lippay János Tudományos ülésszak előadása. 2. köt. Budapest. Kert. Szől. Főisk. kiadvány. 3-26.p.
131. Somos A.-Turi I. (1967): Nutzbarmachung von Sandböden durch bewasserten Gemüsebau. Budapest 1965. aug. 9-14. 417-425. p.
132. Somos A. (1981): A paprika. Akadémiai Kiadó, Budapest. 197-198.p.

133. Soó R. (1963): Fejlődéstörténeti növényrendszertan. Tankönyvkiadó, Budapest. 2. kiadás
134. Sprangue, H.B. (1964): Hunger signs in crops. New third edition. David Mc Kay Campany, New York.1964.
135. Stefanovits P.-Filep Gy.-Füleky Gy.(1996): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 183-184.p.
136. Stefanovits P.-Filep Gy.- Füleky Gy.(1999): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 212.p.
137. Szalai I. (1974): Növényélettan I. Tankönyvkiadó, Budapest. 320-321.p.
138. Szalai I.(1974): Növényélettan II. Tankönyvkiadó, Budapest. 245.p.
139. Szalva P. (1963): A tápkockás palántanevelés. Tudományos Ismeretterjesztő Társulat, Szeged. 25; 205-207.p.
140. Szalva P. (1975): A szentesi paradicsompaprika termesztéstechnológiája, termesztési eredményei, problémái. Szentesi Zöldségkutató Állomás kiadványa 1; 36.p.
141. Szalva P. (1985): Szentesi zöldségfajták ismertetője. VÉV. Budapest. 23-24.p.
142. Szalva P. (1990): Visszaemlékezés Szentesi a Szentesi Zöldségtermesztő táj, mint a kertészet bölcsője, rövid története. Szentes. 1-6.p.
143. Szalva P.(1994): 40 év tudományos kutatás-növénynemesítés eredménye Szentesen. Vetőmag Kereskedőház Rt. Szentes. 4.p.
144. Szent-Györgyi A. (1934): A vitaminok és a paprika. Természettudományi Közlöny, Budapest. 66: 401-405.p.
145. Szőriné A. (2005): Tápoldat összetétele kőzetgyapotos termesztésben. In: Terbe I.- Hodossi S.- Kovács A. (Szerk.) Zöldségtermesztés termesztőberendezésekben. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 148.p.
146. Szőri A.-Szőriné A. (2008): Párolgási tényezők alakulása. In: Ombódi A. (Szerk.) Intenzív zöldségtermesztési technológiák. SZIE Gödöllő, Egyetemi jegyzet. 16.p.
147. Szűcs K. (1975): A fűszerpaprika termesztése és feldolgozása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 17.p.
148. Takahashi, A.-Camach,o P.-Lechleiter, J.D.-Herman, B. (1999): Measurements of intracellular calcium. Physiol. Rev. 79. 1089-1125. p.
149. Tanács L.-Szabóné (1990): Mezőgazdasági anyagismeret I. Élelmiszerek növényi eredetű nyersanyagai. KÉE Főiskolai Kar Szeged. 111-113.p.
150. Tanács L. (2005): Élelmiszer-ipari nyersanyagismeret. Szaktudás Kiadó, Budapest. 119-122.p.
151. Tanner, V. (1963): Plant temperature. Agronomy Journal. 55, 201-211.p.
152. Terbe I. (2000): Sóoldatok hatása a zöldségfélék csírázására. Lippay János-Vas Károly Tudományos ülésszak, 2000. November 6-7. Budapest.
153. Terbe I.- Szabó Zs.(2003): A paprika csúcsrothadásos betegségét kiváltó okok megszüntetése és megelőzése. Kertgazdaság. 35 (1): 100-104.p.
154. Terbe I.-Hodossi S.-Kovács A.(2005): Zöldségtermesztés termesztőberendezésekben. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 53. p .; 88. p.; 134. p.; 135.p.
155. Terbe I. (2010): Miért nem ered jól a palánta? Agroimform. XIX. évf. 8. 34. p.
156. Tégla Zs.-Deme P.-Balogh Zs. (2006):A paprikahajtatás gazdaságossága – kulcskérdés az energia. Kertészet és Szőlészet. 55 (7) 6-7.p.
157. Tompos D.(2006): A kőzetgyapotos paprikahajtatás egyes technológiai elemei és ökonómiai összefüggései. Doktori értekezés. Corvinus Egyetem, Budapest. 3-6.p.
158. Tóth Á. (2000): Az öntözés és tápoldatozás technikája. Szaktudás Kiadó Budapest. 40.p.
159. Tyihák B. (1966): Herstellungsprobleme der Paprika (Capsicum annuuum L.) Protoalkaloide. Herba. Hung. 5: 225.p.
160. Ugacsinszki Szt.(1967): Vlianie na temperaturata na polivnata voda vérxy rasztezsa i plodobrazy vaneto na pipera. G. L. N. Szófia 1. 89-99. p.
161. Van Sickle, J.(2005): Production and Marketing Reports. Hort. Technology. 15 (2) 356. p.
162. Wachi, Y. (2009): Tokyo Foodex Exibition. Tokyo Makuharimesse. Japan 2009. 3-6 March.

163. Wallace, T.(1961): The diagnisis of mineral deficiencies in plantsby visual symptoms. Third edition. Her Majestry's Stationary Office, London.
164. Wiegand, C. L.-Namked, L. N. (1966): Influences of plant moisture stress, solar radiation and air temperature on cotton leaf temperature. Agronomy Journal 58. 6. 582-586. p.
165. Wiersum, L. K. (1966): Calcium content of fruits and storage tissues in relation to the mode of water supple. Acta Botanica Nederlandica. 15. 406-418. p.
166. Wojciechowski, J.-Knawlefski. M.-Borys, M. W.(1969): Verthaltnisses und des Stickstoffspiegels auf die Blütenfaule der Tomate. Phytopathol Z. 64. 312-320.p.
167. Wilcox, G. E.-Hoff, J. E.-Jones, C. M.(1973): Ammonium reduction of calcium and magnesium content of tomato and sweet corn leaf tissue and influence on incidence of blossom and rot of tomato fruit. Journal of the American Society of Horticultural Science. 98.: 86-89. p.
168. Wolf, E. (1872): Prachtische Düngerlehre. Verlag von Wiegand und Hempel. Landwirtschaftliche Verlagbuchhandlung, Handbuch. Berlin. 72.p.
169. Wüsche, J. N.-Greer, D. H.-Palmer, J. W.-Lang, A.-McGhie, T. (2000): Sunburn-the cost of a high light environment. Proceedings of the Seventh International Symposium on Orchard and Plantation Systems, Acta Horticulturae, 557. 349-356. 24. p.
170. Zatykó L. (1979): Paprikatermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 374.p.
171. Zatykó L.(1994): Étkezési paprika. 226-256. In. Balázs S. (Szerk.) A zöldséghajtatás kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 572.p.
172. Zatykó L.(2004): Zöldségtermesztés szabadföldön. In Terbe I. (Szerk.) Mezőgazda Kiadó, Budapest. 303-315.p.
173. Zatykó L.- Márkus F. (2006): Étkezési és fűszerpaprika termesztése. Mezőgazdasági Kiadó Budapest. 7. p ;17. p; 29. p; 53-54.p.
174. Z. Kiss L.-Bálint J.-Juhász L. (2003): A gyümölcstermesztés szervezése és ökonómiája. 43.o. In Magda S. (Szerk.) Kertészeti ágazatok szervezése és ökonómiája. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. 203.p.

M2. Táblázatjegyzék

1. táblázat. Az EU országok paprika exportjának alakulása (tonna/év)……..5
2. táblázat. A gyökéren keresztül 8 órán át adagolt Ca^{45} felhalmozódása a különböző fejlettségű paprika bogyókban (Mix,- Marschner, 1976) 10
3. táblázat. Kertészeti földek levegő- és vízkapacitása (Terbe et al., 2005)..... 15
4. táblázat. A talaj nélküli termesztés változatai (Terbe et al., 2005)..... 18
5. táblázat. A hajtatás szempontjából lényeges vízkémiai tulajdonságok (Ráczné, 2008)..... 19
6. táblázat. Grodan cég által javasolt paprika tápoldat összetétele kőzetgyapotos hajtatásban (Szőriné, 2005) 20
7. táblázat. Párolgási tényező alakulása havonta a kőzetgyapotos paprikahajtatásban (ml/J/m^2) (Szőri-Szőriné, 2008)..... 20
8. táblázat. A kőzetgyapotos paprikahajtatás időszakai (Terbe et al., 2005)..... 21
9. táblázat. Paprika hajtatási időszakok főbb szaporítási adatai (Zatykó,- Márkus, 2006)……...23
10. táblázat. A kabakosok és burgonyafélék alanyváltásának aránya Japánban (Ombódi, 2008, 2008)..... 25
11. táblázat. A hibridnemesítés és a teszttermesztések talajai az eredeti tápanyagtartalommal (DABIC Kht. 2006-2009) 27
12. táblázat. A PAZ és a Torkál F_1 szülők adatai Nagymegyeren és Szentesen 30
13. táblázat. A kísérlet beállításának fontosabb munkafázisai 33
14. táblázat. A kísérlet beállításának fontosabb munkafázisai 35
15. táblázat A paprika oltásának főbb munkafázisai……..……...37
16. táblázat A gyökér és a levegő hőmérséklet, lineáris regresszióval számított összefüggéseinek jellemzői (fajta: Emese F_1, n = 11) 40
17. táblázat. Pearson féle korreláció analízis eredményei……54
18. táblázat A keresztezési partnerek vizuális növénydiagnózissal megállapított tulajdonságainak átlagolt eredményei Nagymegyeren..... 60
19. táblázat A keresztezési partnerek vizuális növénydiagnózissal megállapított tulajdonságainak átlagolt eredményei Szentesen 61
20. táblázat. A keresztezési partnerek terméseinek Ca^{2+} tartalma két termőhelyen 61
21. táblázat. A PAZ termésein kialakuló csúcsrothadás tünet előfordulásának %-os aránya a termőhelyek $CaCO_3$ szintjének összefüggésében 63
22. táblázat. A PAZ fajta legfontosabb értékmérő tulajdonságainak átlagértékei magyarországi termőtájakon 2008-ban, és a határtalajokon 2009-ben 64
23. táblázat. A Tokyo hibrid (PAZ * Torkál F_1) legfontosabb értékmérő tulajdonságainak átlagértékei magyarországi termőtájakon 2008-ban, és a határtalajokon 2009-ben……...64
24. táblázat. A szülői partnerek és a hibrid összes kalciumtartalmának átlagértékei……65
25. táblázat. A Tokyo hibrid fontosabb beltartalmi értékei a szülői partnerek értékeihez viszonyítva……..66
26. táblázat. A Snooker alany az SG Magyarország Kft. által meghatározott tulajdonságai……69
27. táblázat. A Snooker-alanyon nevelt PAZ és a Tokyo hibrid terméseinek összes kalciumtartalma 70
28. táblázat. A Snooker-alanyon tesztelt PAZ és a Tokyo hibrid csúcsrothadt terméseinek megjelenése a kritikus időszakban mért hőmérsékleti tényezők összefüggésében..... 71
29. táblázat. Az alanyhasználat hatása a PAZ és a Tokyo hibrid terméseinek értékmérő tulajdonságaira 71

M3. Ábrajegyzék

1. ábra. Magyarország paprikatermelése (tonna / év), (KSH, 2009) 4
2. ábra. A friss paprika export-import alakulása Magyarországon (tonna / év), (KSH, 2004)..... 4
3. ábra. Csúcsrothadás tüneteinek megjelenése a paprika termésén 11
4. ábra. A paprika virág nyílásának és a genitáliák fejlődésének szakaszai vizuális megfigyelés alapján, (Gniffke et al., 2009) 13
5. ábra. I. osztályú tápkockás paprikapalánta 17
6. ábra. Paprikahajtatás kőzetgyapoton..... 21
7. ábra. Paprikahajtatás konténerben, perlitben 22
8. ábra. Paprikahajtatás talajon 23
9. ábra. RAYNGER II. típusú infravörös távhőmérő……25
10. ábra. Azonos körülmények között nevelt fajták termései PAZ (a) és Torkál F1 (b)..... 29
11. ábra. A PAZ (a) és a Torkál F1 (b) termésének keresztmetszete 30
12. ábra. A szülői partnerek növényei (a) és a bekötött bogyók (b) 31
13. ábra. A kísérlet beállítása felülnézetben 33
14. ábra. A Torkál F1 (a), a PAZ (b), és a Tokyo hibrid (c) vízfelhasználás és Ca^{2+} hasznosítás hatékonyságának kísérleti módszere 35
15. ábra. Az ép bogyó (A), a Ca^{2+}-hiány által létrejött szövetnekrózis, valamint a Botritys cinerea-val felülfertőzött bogyó mikroszkópos képe (B), (GKI Laboratórium, Szeged) 38
16. ábra. A levegő és a gyökérzónák hőmérsékletének alakulása a szedések során 2007-ben..... 40
17. ábra. A léghőmérséklet hatása a csúcsrothadt bogyók mennyiségének arányára 41
18. ábra. A gyökérzóna hőmérséklet hatása a csúcsrothadt bogyók mennyiségének arányára a két vizsgált termesztő-közegben 41
19. ábra. Kalciumhiány hatása a termésre, a termesztő-berendezés fizikai tényezőinek figyelembe vételével kőzetgyapoton történő paprikahajtatásban, Szentes 2007 42
20. ábra. Kalciumhiány hatása a termésre, a termesztő-berendezés fizikai tényezőinek figyelembe vételével talajon történő paprikahajtatásban, Szentes 2007..... 42
21. ábra. Kalciumhiány hatása a termésre, a termesztő-berendezés fizikai tényezőinek figyelembe vételével kőzetgyapotban történő paprikahajtatásban, Szentes 2008 43
22. ábra. Kalciumhiány hatása a termésre, a termesztő-berendezés fizikai tényezőinek figyelembe vételével kőzetgyapoton történő paprikahajtatásban, Szentes 2009 44
23. ábra. A gyökértömeg fejlettségének alakulása talajon (a) és kőzetgyapoton (b) történő hajtatás során 45
24. ábra. Kalciumhiányos termések mennyisége (%-ban) a szedési időpontok összefügésében kőzetgyapoton történő hajtatások során 47
25. ábra. A termesztő-közeg és levegőhőmérséklet szorzatának összefüggése a Ca^{2+}-hiányos termések mennyiségére kőzetgyapoton, a lineáris regressziós számítások egyenleteivel, a vizsgált három évben (n=10) 48
26. ábra. Kalciumhiány hatása a termésre, a termesztőberendezés fizikai tényezőinek figyelembe vételével talajon történő paprikahajtatásban, Szentes 2008..... 49
27. ábra. Kalciumhiány hatása a termésre, a termesztő-berendezés fizikai tényezőinek figyelembe vételével talajon történő paprikahajtatásban, Szentes 2009..... 50
28. ábra. Kalciumhiányos termések kialakulása (%-ban) a talajon történő hajtatások során..... 50
29. ábra. A talaj- és levegőhőmérséklet szorzatának összefüggése a Ca^{2+}-hiányos termések mennyiségére talajon, a lineáris regressziós számítások egyenleteivel, a vizsgált három évben (n= 10) 51
30. ábra. Kalciumhiány hatása a termésre a termesztőberendezés fizikai tényezőinek figyelembe vételével perlitben történő paprikahajtatásban, Kiskunmajsa 2009..... 53
31. ábra. A kijelölt növénycsoportok lombhőmérsékletének átlagértékei a vizsgált időszakban.... 56
32. ábra. A napseb kialakulásához vezető meteorológiai tényezők alakulása 56

33. ábra. A „napseb” (A) és a kalciumhiány (B) okozta sérülések külső megjelenési formái a paprika termésein hajtatásban (1) és szabadföldi termesztésben (2) 58
34. ábra. A sérült epidermisz a „napseb” mikroszkópos képe (GKI Laboratórium, Szeged)..... 58
35. ábra. Csúcsrothadás tünet a PAZ termésén 61
36. ábra. A teszttermesztések során alkalmazott technológia Kirgizisztánban (A) és Japánban (B) 63
37. ábra. A szülői partnerek és a hibrid virág-, illetve bogyóállásai..... 65
38. ábra. A Tokyo hibrid és a szülői partnerek lomb- és a levegőhőmérséklet (ºC) különbségének alakulása a mérések ideje alatt (n= 4; P= 0,05) 68
39. ábra. Egyszerű párosítással létrehozott Snooker-alanyon nevelt paprikapalánták 68
40. ábra. Az oltás (alany) hatása a PAZ és a Tokyo hibrid terméseire 69

M4. A kísérletekben mért és számított alapadatok

1. táblázat. Kalciumhiány okozta terméskiesések vizsgálata a termesztő-berendezés fizikai tényezőinek összefüggésében kőzetgyapoton történő paprikahajtatásban, Szentes 2007.

külső hőmérséklet (ºC)	belső hőmérséklet (ºC)	gyökérzóna hőmérséklet (ºC)	kalciumhiányos bogyók (%)	szedések ideje
12,8	24	17,2	0%	március 30.
22	27,2	17,2	0%	május 7.
19	27,2	16,8	0%	május 7.
28	36	20	0%	május 24.
28	36	23,6	4%	június 8.
26	33	22,8	4%	június 26.
26	33	28	8%	július 8.
37	44,8	28	12%	július 22.
30	40	28,6	12%	augusztus 8.
30	42	29	12%	augusztus 22.

2. táblázat. Kalciumhiány okozta terméskiesések vizsgálata a termesztő-berendezés fizikai tényezőinek összefüggésében kőzetgyapoton történő paprikahajtatásban, Szentes 2008.

külső hőmérséklet (ºC)	belső hőmérséklet (ºC)	gyökérzóna hőmérséklet (ºC)	kalciumhiányos bogyók (%)	szedések ideje
16,7	24	16	0%	március 28.
22	28	17,8	0%	április 21.
15,6	22	16	0%	május 5.
24	33,6	19,2	0%	május 21.
22	30	16,8	0%	június 7.
24	33,6	20,8	4%	június 18.
31	40	28,8	7%	június 30.
25	36	22	12%	július 10.
27	36	22,2	12%	július 27.
30	42	28,8	12%	augusztus 12.

3. táblázat. Kalciumhiány okozta terméskiesések vizsgálata a termesztő-berendezés fizikai tényezőinek összefüggésében kőzetgyapoton történő paprikahajtatásban, Szentes 2009.

külső hőmérséklet (ºC)	belső hőmérséklet (ºC)	gyökérzóna hőmérséklet (ºC)	kalciumhiányos bogyók (%)	szedések ideje
18	24	17	0%	április 1.
22	27,9	18,2	0%	április 20.
30	38	23,6	3%	május 7.
27	34,1	24,9	4%	május 19.
30	42,2	26,3	6%	június 19.
19	24	17,6	15%	június 23.
25	30	19	2%	július 10.
30,5	40	26,2	14%	július 24.
25,5	36	25	18%	augusztus 10.
20	28	22,2	18%	augusztus 24.

4. táblázat. **Kalciumhiány okozta terméskiesések vizsgálata a termesztő-berendezés fizikai tényezőinek összefüggésében talajon történő paprikahajtatásban, Szentes 2007.**

külső hőmérséklet (ºC)	belső hőmérséklet (ºC)	gyökérzóna hőmérséklet (ºC)	kalciumhiányos bogyók (%)	szedések ideje
12	24	14	0%	március 30.
22	28	15,5	0%	április 24.
19	28	17	0%	május 7.
28	36	18	0%	május 24.
28	36	24	4%	június 8.
26	33	24	4%	június 26.
26	33	24	8%	július 8.
36	44	28	12%	július 22.
30	40	28	12%	augusztus 8.
30	42	28	12%	augusztus 22.

5. táblázat. **Kalciumhiány okozta terméskiesések vizsgálata a termesztő-berendezés fizikai tényezőinek összefüggésében talajon történő paprikahajtatásban, Szentes 2008.**

külső hőmérséklet (ºC)	belső hőmérséklet (ºC)	gyökérzóna hőmérséklet (ºC)	kalciumhiányos bogyók (%)	szedések ideje
16,5	22	13	0%	március 30.
21,5	28	18	0%	április 21.
16,5	22	16,5	0%	május 7.
24,5	30	18,5	0%	május 21.
20,5	28	17	0%	június 9.
28	33	20,5	1%	június 18.
31	40	29	8%	június 30.
25	33	22	5%	július 9.
20	28	22	5%	július 24.
28	34	23	8%	augusztus 6.

6. táblázat. **Kalciumhiány okozta terméskiesések vizsgálata a termesztő-berendezés fizikai tényezőinek összefüggésében talajon történő paprikahajtatásban, Szentes 2009.**

külső hőmérséklet (ºC)	belső hőmérséklet (ºC)	gyökérzóna hőmérséklet (ºC)	kalciumhiányos bogyók (%)	szedések ideje
18	24	18	0%	április 1.
19	24	19	5	április 18.
25	33	23	1%	május 9.
22	30	24,9	4%	május 24.
30	40	26,3	6%	június 9.
19	24	17,5	0%	június 23.
25	30	19,5	0%	július 10.
30,5	40	26	14%	július 24.
25,5	32	25	18%	augusztus 10.
20	27,5	22,5	18%	augusztus 24.

7. táblázat. Kalciumhiány okozta terméskiesések vizsgálata a termesztő-berendezés fizikai tényezőinek összefüggésében perlitben történő paprikahajtatásban, Kiskunmajsa 2009.

külső hőmérséklet (ºC)	belső hőmérséklet (ºC)	gyökérzóna hőmérséklet (ºC)	kalciumhiányos bogyók (%)	szedések ideje
12	18	17	0%	május 29.
19	21	18	0%	június 5.
30	22,5	20	10%	június 19.
20	28	20	0%	június 26.
25	28	20	0%	július 10.
24	33	25	4%	július 26.
30	33	20	0%	augusztus 17.
30	33	22	0%	augusztus 26.
22	28	20	0%	szeptember 7.
12	18	17	0%	május 29.

17. táblázat. A csúcsrothadás kialakulásának eredménye 12-12 növény 4-4 termésének vizsgálatában Nagymegyeren.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
PAZ	- - + -	- - - -	+ + - +	- - - +	- - - -	- - - -	- - - -	- + - -	- - - -	- - - -	- - + -	- - - -
Torkál F1	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -

- egészséges bogyó, + csúcsrothadás megjelenése

18. táblázat. A csúcsrothadás kialakulásának eredménye 12-12 növény 4-4 termésének vizsgálatában Szentesen.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
PAZ	- - + -	- - + -	- - - +	- - - +	- - -+-	- - - -	- + - -	- + - -	- + + -	- - - -	- - + -	- - - -
Torkál F1	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -

- egészséges bogyó, + csúcsrothadás megjelenése

20. táblázat. A csúcsrothadás kialakulásának előfordulása a PAZ termésein 12 növény 4 termésének vizuális vizsgálatának alapján.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Mórahalom	- - - +	- - + -	- - - -	- + - -	- - - +	- - + -	- + + -	- + - +	- - + -	- - - +	- - + -	- - - +
Ópusztaszer	- - + -	- + - -	- - + -	- - - +	- - ++	- - - +	- - - +	- - + -	-- ++	- - - +	- - - +	- - ++
Bánhegyes	- - ++	- +++	- - ++	- - ++	- - - +	- - - +	- - ++	- - ++	- - - +	- - ++	- - + -	- +++
Szentes	- +++	--++	- - ++	- +++	- - ++	- - ++	- - + -	- +++	- - ++	-+++	- - - +	- - ++
Japán	- +++	- - ++	- +++	++++	-+++	- - ++	-+++	- - ++	- - ++	++++	- - ++	- +++
Kirgizisztán	- - - -	- - + -	- - - -	- - ++	- - - -	- - + -	- - - -	- - + -	- - - -	- - - -	- - + -	- + - -

- egészséges bogyó, + csúcsrothadás megjelenése

20. táblázat. A csúcsrothadás kialakulásának előfordulása a Tokyo hibrid termésein 12 növény 4 termésének vizuális vizsgálatának alapján.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Mórahalom	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -
Ópusztaszer	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -
Bánhegyes	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -
Szentes	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -
Japán	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -
Kirgizisztán	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -

- egészséges bogyó, + csúcsrothadás megjelenése

4.2. A transzspiráció hatásának vizsgálati eredményei a Ca^{2+} - ionok szállítása és a csúcsrothadás megjelenésének összefüggésében

jún. 09.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. (ºC)	35,8	37,4	38,8	39,6	38,4	36,8
külső hőm. (ºC)	30	30	30	30	30	30
belső hőm. (ºC)	39	39	41	41	39	39
gyökérzóna hőm. (ºC)	29	29	29	29	29	29
pára (%)	96	96	98	98	96	96
jún. 10.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. (ºC)	36	37,2	38,6	40	38,4	36,6
külső hőm. (ºC)	30	30	30	30	30	30
belső hőm. (ºC)	39	39	41	41	39	39
gyökérzóna hőm. (ºC)	29	29	29	29	29	29
pára (%)	98	98	98	98	98	98
jún. 11.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. (ºC)	36,2	37,4	38,8	40,8	38,4	36,8
külső hőm. (ºC)	30	30	30	30	30	30
belső hőm. (ºC)	38	38	41	41	39	39
gyökérzóna hőm. (ºC)	29	29	29	29	29	29
pára (%)	98	98	98	98	96	96
jún. 12.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. (ºC)	38,6	36,7	38,7	39	38	35,6
külső hőm. (ºC)	32	32	32	32	32	32
belső hőm. (ºC)	40	40	41	41	41	41
gyökérzóna hőm. (ºC)	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5
pára (%)	97	97	98	98	97	97
jún. 13.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. (ºC)	35,6	37,2	38,8	39,6	38,4	36,2
külső hőm. (ºC)	30	30	30	30	30	30
belső hőm. (ºC)	39	39	41	41	39	39
gyökérzóna hőm. (ºC)	29	29	29	29	29	29
pára (%)	96	96	98	98	96	96
jún. 14.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. (ºC)	35,3	37,1	38,8	40,2	38,4	36,4
külső hőm. (ºC)	29	29	29	29	29	29
belső hőm. (ºC)	40	40	41	41	41	41
gyökérzóna hőm. (ºC)	29	29	29	29	29	29
pára (%)	96	96	98	98	98	98

jún. 15.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. (ºC)	26,3	26,7	27,2	21,1	23,8	21,5
külső hőm. (ºC)	23	23	23	23	23	23
belső hőm. (ºC)	30	30	31	31	31	31
gyökérzóna hőm. (ºC)	23	23	23	23	23	23
pára (%)	80	80	80	80	80	80
jún. 16.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. (ºC)	20,6	19,8	19,6	19,6	20,5	19,7
külső hőm. (ºC)	20	20	20	20	20	20
belső hőm. (ºC)	26	26	24	24	26,5	26,5
gyökérzóna hőm. (ºC)	19	19	19	19	19	19
pára (%)	70	70	70	70	70	70
jún. 17.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. (ºC)	26,2	26,5	27,4	20,8	23,4	20,8
külső hőm. (ºC)	24	24	24	24	24	24
belső hőm. (ºC)	30	30	30	30	32	32
gyökérzóna hőm. (ºC)	19	19	19	19	19	19
pára (%)	70	70	72	72	72	72
jún. 18.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. (ºC)	19,6	18	19,2	18,2	19	18,8
külső hőm. (ºC)	18	18	18	18	18	18
belső hőm. (ºC)	20	20	20	20	20	20
gyökérzóna hőm. (ºC)	18	18	18	18	18	18
pára (%)	64	64	66	66	66	66
jún. 19.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. (ºC)	26,4	26,7	27	22	24	21,4
külső hőm. (ºC)	23	23	23	23	23	23
belső hőm. (ºC)	30	30	31	31	31	31
gyökérzóna hőm. (ºC)	20	20	20	20	20	20
pára (%)	78	78	82	82	80	80
jún. 20.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. (ºC)	26,2	26,6	26,8	21,8	23,8	21,4
külső hőm. (ºC)	23	23	23	23	23	23
belső hőm. (ºC)	30	30	32	32	32	32
gyökérzóna hőm. (ºC)	20	20	20	20	20	20
pára (%)	76	76	82	82	82	82
jún. 21.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. (ºC)	20,6	19,6	19,8	20	20	19,8
külső hőm. (ºC)	19	19	19	19	19	19
belső hőm. (ºC)	26	26	26	26	26	26
gyökérzóna hőm. (ºC)	18	18	18	18	18	18
pára (%)	70	70	70	70	70	70
jún. 22.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. (ºC)	18,5	17	18,2	17,1	18	17,8
külső hőm. (ºC)	16	16	16	16	16	16
belső hőm. (ºC)	18	18	18	18	18	18
gyökérzóna hőm. (ºC)	16	16	16	16	16	16
pára (%)	64	64	64	64	64	64

jún. 23.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. (ºC)	26,2	26,4	26,8	20,8	24	22
külső hőm. (ºC)	23	23	23	23	23	23
belső hőm. (ºC)	28	28	30	30	30	30
gyökérzóna hőm. (ºC)	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
pára (%)	68	68	72	72	72	72
jún. 24.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. átlag (ºC)	26,3	26,8	27,2	21	23,8	21,6
külső hőm. átlag (ºC)	22	22	22	22	22	22
belső hőm. (ºC)	30	30	32	32	32	32
gyökérzóna hőm. (ºC)	19	19	19	19	19	19
pára (%)	72	72	78	78	80	80
jún. 25.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. átlag (ºC)	26,2	27	27,4	22	24	21,8
külső hőm. átlag (ºC)	22	22	22	22	22	22
belső hőm. (ºC)	30	30	32	32	32	32
gyökérzóna hőm. (ºC)	19	19	19	19	19	19
pára (%)	72	72	78	78	78	78
jún. 26.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. átlag (ºC)	26,6	26,8	28	21,1	24	21,2
külső hőm. átlag (ºC)	27	27	27	27	27	27
belső hőm. (ºC)	32	32	34	34	34	34
gyökérzóna hőm. (ºC)	20	20	20	20	20	20
pára (%)	80	80	88	88	88	88
jún. 27.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. átlag (ºC)	20,6	19,8	19,8	19,8	20,5	20,2
külső hőm. átlag (ºC)	20	20	20	20	20	20
belső hőm. (ºC)	26	26	28	28	28	28
gyökérzóna hőm. (ºC)	19	19	19	19	19	19
pára (%)	72	72	76	76	76	76
jún. 28.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. átlag (ºC)	32,2	29,4	32,3	29,3	31,6	30,6
külső hőm. átlag (ºC)	28	28	28	28	28	28
belső hőm. (ºC)	34	34	36	36	36	36
gyökérzóna hőm. (ºC)	23	23	23	23	23	23
pára (%)	92	92	96	96	96	96
jún. 29.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. átlag (ºC)	32,4	30	32,4	30	31,8	30
külső hőm. átlag (ºC)	29	29	29	29	29	29
belső hőm. (ºC)	34	34	38	38	38	38
gyökérzóna hőm. (ºC)	26	26	26	26	26	26
pára (%)	80	80	92	92	92	92
jún. 30.	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
lomb hőm. átlag (ºC)	32,6	30,2	32,4	30	31,8	30,2
külső hőm. átlag (ºC)	29	29	29	29	29	
belső hőm. (ºC)	34	34	38	38	38	38
gyökérzóna hőm. (ºC)	26	26	26	26	26	26
pára (%)	80	80	92	92	92	92

4.4.3. A szülői vonalak és a hibrid lombhőmérsékleti eredményei a levegő- és a gyökérzóna hőmérséklet összefüggésében

júl.10.	**PAZ**	**Torkal F1**	**Tokyo F1**
lombhőmérséklet (°C)	32,3; 31,7; 30,8; 31,2	31,2; 30,5;30,4;30,8	31,8; 34,2; 32,4; 33,9
levegő hőmérséklet (°C)	36	36	36
gyökérzóna hőmérséklet (°C)	30	30	30
júl. 11.			
lombhőmérséklet (°C)	33; 32,5; 31,2; 31,5	31,2; 30,4; 30,4;31	32,4; 34,7; 32,8; 34,4
levegő hőmérséklet (°C)	37	37	37
gyökérzóna hőmérséklet (°C)	30,5	30,5	30,5
júl.12.			
lombhőmérséklet (°C)	29,8; 30; 30,1; 30,4	29,8;29,7; 28,9; 29;	26,2; 27,4; 27,2; 27,5
levegő hőmérséklet (°C)	26	26	26
gyökérzóna hőmérséklet (°C)	24	24	24
júl.13.			
lombhőmérséklet (°C)	30,4; 30,4; 29,4; 29,5	28,7;29,8; 29,7; 28,9	26,8;28,2; 27,5; 29,2
levegő hőmérséklet (°C)	28	28	28
gyökérzóna hőmérséklet (°C)	25	25	25
júl.14.			
lombhőmérséklet (°C)	30,7; 30,5; 30,1; 30,3	30; 30,1; 30,1;30,4; 30,2	30,6;31,6; 30,9; 32,1
levegő hőmérséklet (°C)	34	34	34
gyökérzóna hőmérséklet (°C)	27	27	27
júl.15.			
lombhőmérséklet (°C)	31,3; 31,1; 30,6; 30,8	30,4; 30,6; 30,3; 30,4	32,2;33,4; 33,4;34,8
levegő hőmérséklet (°C)	36	36	36
gyökérzóna hőmérséklet (°C)	29,5	29,5	29,5
júl.16.			
lombhőmérséklet (°C)	31,5; 31,7; 32,4; 32,7	30,7;30,9; 30,6; 30,8	32,6;34,5;34,4;35,2
levegő hőmérséklet (°C)	37	37	37
gyökérzóna hőmérséklet (°C)	30,5	30,5	30,5
júl.17.			
lombhőmérséklet (°C)	32; 32,3;32,6; 32,8	30,6; 30,7; 30,6; 30,7	33,1;34,4; 34,2;24,8
levegő hőmérséklet (°C)	36	36	36
gyökérzóna hőmérséklet (°C)	30	30	30
júl.18.			
lombhőmérséklet (°C)	32,2; 32,5; 32,7, 33	30,6;30,6; 30,4; 30,4	33;34,2; 34,2;34,7
levegő hőmérséklet (°C)	36	36	36
gyökérzóna hőmérséklet (°C)	30,5	30,5	30,5
júl.19.			
lombhőmérséklet (°C)	32,3; 32,6; 32,9;33,2	30,8;31; 30,6;30,7	33,4;34,6; 34,5;35,1
levegő hőmérséklet (°C)	37	37	37
gyökérzóna hőmérséklet (°C)	31,3	31,3	31,3
júl.20.			
lombhőmérséklet (°C)	32,5; 32,9;33,3; 33,5	30,8; 30,8; 30,6; 30,6	33,2; 34,4; 34,6; 34,7
levegő hőmérséklet (°C)	36	36	36
gyökérzóna hőmérséklet (°C)	30,8	30,8	30,8

júl.21.			
lombhőmérséklet (°C)	33,2; 33,7; 33,8; 34,2	31; 30,8; 30,8; 30,8	33; 34,4; 34,1; 34,8
levegő hőmérséklet (°C)	38	38	38
gyökérzóna hőmérséklet (°C)	31,4	31,4	31,4
júl.22.	**PAZ**	**Torkal F1**	**Tokyo F1**
lombhőmérséklet (°C)	33,2;33,7; 33,8; 34,2	31,2; 31,1;31,2; 31,2	33,2; 34,5; 34,8; 35,2
levegő hőmérséklet (°C)	38	38	38
gyökérzóna hőmérséklet (°C)	31,4	31,4	31,4
júl. 23.			
Lombhőmérséklet (°C)	33,1; 33,6; 33,6; 34	31; 30,9;31,2;31,3	32,6; 34,1; 34,4;35
levegő hőmérséklet (°C)	37	37	37
gyökérzóna hőmérséklet (°C)	31,3	31,3	31,3
júl.24.			
lombhőmérséklet (°C)	33,3; 33,5; 33,7; 33,9	30,9;30,8; 30,9; 31,3	32,2; 33,9;34,1; 35,1
levegő hőmérséklet (°C)	37	37	37
gyökérzóna hőmérséklet (°C)	31,3	31,3	31,3

Coefficients(a,b)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	**gyökérzóna hőmérséklete**	1,066	,263	3,105	4,049	,000
	belső hőmérséklet	-,097	,246	-,418	-,395	,694
	külső hőmérséklet	-,240	,243	-,795	-,990	,326
	páratartalom	-,105	,042	-1,182	-2,504	,015

a Dependent Variable: kalcium hiányos bogyók %
b Linear Regression through the Origin

Másodfokú modell vizsgálatához alkalmazott adatbázisok

Model	R	R Square(a)	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1.	, 880 (f)	,774	,764	3,65564

Model	Unstandardized Coefficients	Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta	B
gyökérzóna hőmérséklete	,648	,116	1,888	5,595
paratartalom ^{2}	,006	,001	5,678	7,203
páratartalom	,609	,075	6,834	8,168

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Dolgozatom elkészítésében nyújtott segítségéért ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek prof. dr. Helyes Lajos tanár úrnak. A kísérletekben nyújtott együttműködésért a DABIC Kht, a Szentesi Mag Kft, az Agrohobby Kft, a Nihonnouken Center, az Osh Állami Egyetem, az Országos Élelmezési és Táplálkozástudományi Intézet, valamint a Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar valamennyi munkatársának. A kutatások anyagi támogatásában segítséget nyújtó TÉT Alapítvány, valamint a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal vezetőségének.