



**Universitat de les
Illes Balears**

Escola Politècnica Superior

Memòria del Treball de Fi de Grau

**Aplicació de paràmetres d'alt rendiment per a
l'estudi de la resposta al dèficit hídric de
múltiples genotips de tomàtiga (*S. lycopersicum*
L.)**

Jaume Canyelles Pericàs

Grau d'Enginyeria Agroalimentària i del Medi Rural

Any acadèmic 2018-19

DNI de l'alumne: 43182702H

Treball tutelat per Jeroni Galmés Galmés i Mateu Fullana Pericàs
Departament de Biologia

S'autoritza la Universitat a incloure aquest treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació	Autor		Tutor	
	Sí	No	Sí	No
	X		X	

Paraules clau del treball:

tomàtiga, genotips, dèficit hídric, eficiència en l'ús de l'aigua, producció, *high-throughput*

Índex.....	3
Llista de taules i figures	5
Resum	8
Agraïments	9
1. Introducció	10
1.1 El cultiu de la tomàtiga.....	10
1.1.1 Descripció botànica i característiques generals de l'espècie	10
1.1.2 Orígens	11
1.1.3 Variabilitat genètica	13
1.1.4 Importància econòmica	15
1.2 Efecte del canvi climàtic sobre els cultius.....	16
2. Objectius	20
3. Material i mètodes.....	21
3.1 Material vegetal.....	21
3.2 Elaboració del planter.....	21
3.3 Camp experimental	22
3.3.1 Localització	22
3.3.2 Condicions climàtiques	23
3.3.3 Característiques edafològiques.....	24
3.4 Disseny experimental	24
3.5 Preparació del terreny.....	25
3.6 Transplantament	25
3.7 Manteniment de la plantació	27
3.7.1 Càlcul de la dosi de reg	27
3.7.2 Fertilització.....	28
3.7.3 Fitosanitaris	28
3.8 Presa de mostres i dades.....	28
3.8.1 Producció de fruit.....	28
3.8.2 Mesures morfològiques foliars.....	29

3.8.3 Composició isotòpica en $\delta^{13}\text{C}$ i contingut de nitrogen foliar	32
3.8.4 Imatges captades per dron	33
3.9 Anàlisi de dades	34
4. Resultats i discussió	36
4.1 Descripció de variabilitat al tractament control	36
4.2 Descripció de variabilitat al tractament de dèficit hídric.....	43
4.3 Relació dels paràmetres mesurats amb la producció.....	58
4.4 Anàlisi de components principals (PCA).....	64
5. Conclusions	68
6. Bibliografia	70
Annexes.....	78
Annex 1. Nomenclatura i característiques dels genotips mesurats a l'experiment	78
Annex 2. Velocitat i direcció del vent mitjans per setmana	88
Annex 3. Dades mitjanes de l'evapotranspiració de Manacor i d'Inca durant el període del cultiu.....	89
Annex 4. Anàlisi de sòl realitzat a la finca abans de l'experiment.....	90
Annex 5. Composició dels adobs subministrats per fertirrigació.....	92
Annex 6. Pla de fertilització seguit durant l'experiment.....	93
Annex 7. Fitosanitaris emprats durant l'experiment per ordre d'aplicació.....	94

Llista de taules i figures

Taula 1-1. Classificació taxonòmica de la tomàtiga	10
Taula 4-1. Recopilació dels mínims, mitjanes i màxims al tractament control	37
Taula 4-2. Recopilació dels mínims, mitjanes i màxims al tractament de dèficit hídric	44
Taula 4-3. Matriu de correlacions entre la producció i el LMA, el contingut de nitrogen foliar, el $\delta^{13}\text{C}$ i l'APP	58
Figura 1-1. Mapa de la regió andina amb la distribució geogràfica de diferents espècies silvestres de tomàtiga	12
Figura 1-2. Tendència de les temperatures anuals durant el període 1901-2000	17
Figura 1-3. Tendència de les precipitacions anuals durant el període 1901-2000	17
Figura 2-1. Imatge aèria del terreny on es va dur a terme l'estudi	23
Figura 3-2. Dades meteorològiques durant el període del cultiu	24
Figura 3-3. Imatge de les plàntules amb el codi retolat	26
Figura 3-4: Imatge aèria de la disposició de les plàntules en el terreny un mes després de l'inici de l'aplicació dels tractaments	26
Figura 3-5. Imatge de les plantes sense cap tipus de poda al camp on es realitza l'estudi	27
Figura 3-6. Diagrama de línies que representa el règim hídric en l m^{-2} i setmana	28
Figura 3-7. Imatge de l'escàner (Canon CanoScan LiDE 220) utilitzat per obtenir les àrees de les diferents fulles de les plantes	29
Figura 3-8. A l'esquerra es mostra la imatge dels folíols escanejats d'una mostra, a la dreta es mostra la mateixa imatge processada pel programa ImageJ	30
Figura 3-9. Captura de pantalla del codi que s'utilitzava per calcular l'àrea de les imatges al programa RStudio	30
Figura 3-10. Imatge de l'estufa a 74°C amb les mostres	31
Figura 3-11. Imatge de la balança de precisió Nimbus ADAM emprada per a pesar mostres seques	31
Figura 3-12. Imatge del molinet de laboratori Retsch MM200 usat per a capolar les mostres	32

Figura 3-13. Imatge de l'encapsulació d'una mostra al recipient d'alumini des de l'ependorf	33
Figura 3-14. Imatge de l'espectròmetre de masses Thermo-Finnigan Delta XP emprat per analitzar els isòtops	33
Figura 3-15. Imatge del dron (FV8, Atyges, Màlaga, Espanya) durant l'inici del vol en el camp on es realitza l'estudi	34
Figura 4-1. Diagrama de caixes que representa les mitjanes de la producció en el tractament control, expressada en g planta ⁻¹	38
Figura 4-2. Diagrama de caixes que representa les mitjanes del LMA en el tractament control, expressat en g m ⁻²	39
Figura 4-3. Diagrama de caixes que representa les mitjanes del contingut foliar de nitrogen en el tractament control, expressat en mg N g ⁻¹ Pes Sec fulla	40
Figura 4-4. Diagrama de caixes que representa les mitjanes de δ ¹³ C en el tractament control, expressat en ‰	41
Figura 4-5. Diagrama de caixes que representa les mitjanes de les àrees projectades de planta en el tractament control, expressat en m ² planta ⁻¹	42
Figura 4-6. Diagrama de caixes que representa les mitjanes de la producció total en el tractament de dèficit hídric, expressada en g planta ⁻¹	46
Figura 4-7. Diagrama de barres que representa les ràtios de la producció entre el tractament de dèficit hídric i el control	47
Figura 4-8. Diagrama de caixes que representa les mitjanes del LMA en el tractament de dèficit hídric, expressat en g m ⁻²	48
Figura 4-9. Diagrama de barres que representa les ràtios del LMA entre el tractament de dèficit hídric i el control	49
Figura 4-10. Diagrama de caixes que representa les mitjanes del contingut foliar de nitrogen en el tractament de dèficit hídric, expressat en mg N g ⁻¹ Pes Sec fulla	50
Figura 4-11. Diagrama de barres que representa les ràtios del contingut de nitrogen foliar entre el tractament de dèficit hídric i el control	51
Figura 4-12. Diagrama de caixes que representa les mitjanes del δ ¹³ C en el tractament de dèficit hídric, expressat en ‰	53
Figura 4-13. Diagrama de barres que representa les ràtios del δ ¹³ C entre el tractament de dèficit hídric i el control	54

Figura 4-14. Diagrama de caixes que representa les mitjanes de les àrees de planta en el tractament de dèficit hídric, expressat en $\text{m}^2 \text{planta}^{-1}$	56
Figura 4-15. Diagrama de barres que representa les ràtios de l'àrea projectada de planta entre el tractament de dèficit hídric i el control.....	57
Figura 4-16. Gràfic de dispersió que representa la correlació entre la producció expressada en g planta^{-1} i el LMA expressat en g m^{-2}	59
Figura 4-17. Gràfic de dispersió que representa la correlació entre la producció expressada en g planta^{-1} i el nitrogen foliar expressat en mg N g^{-1} Pes Sec fulla.....	60
Figura 4-18. Gràfic de dispersió que representa la correlació entre la producció expressada en g planta^{-1} i el $\delta^{13}\text{C}$ expressat en ‰.....	61
Figura 4-19. Gràfic de dispersió que representa la correlació entre la producció expressada en g planta^{-1} i l'APP expressada en $\text{m}^2 \text{planta}^{-1}$	62
Figura 4-20. Anàlisi de components principals dels genotips sotmesos a tractament control agrupats segons el grup genètic.....	64
Figura 4-21. Anàlisi de components principals dels genotips sotmesos a tractament de dèficit hídric agrupats segons el grup genètic	65
Figura 4-22. Anàlisi de components de tots els genotips agrupats segons el tractament rebut	67

Resum

Els efectes del canvi climàtic són una realitat, afectant especialment les zones de latituds baixes com la conca mediterrània, provocant un augment de les temperatures i modificacions en la distribució i intensitat de les precipitacions. Aquestes modificacions climàtiques a l'atmosfera implicaran una reducció de la disponibilitat hídrica dels cultius, que hauran de ser més eficients en l'ús de l'aigua. Per altra banda, la base de la millora de cultius radica en l'avaluació fenotípica del màxim de variabilitat possible. En aquest context, els milloradors hauran de disposar d'eines d'alt rendiment que permetin un cribratge massiu dels efectes de la manca d'aigua sobre un elevat nombre de genotips.

Aquest treball de fi de grau té com a objectiu fer una avaluació a gran escala quan a nombre de genotips de tomàtiga per identificar aquells que potencialment tenen un comportament a millorar en condicions de manca d'aigua, i a la vegada testar la utilitat de paràmetres de mesura ràpida i eficient (*high-throughput*) per detectar els efectes de la manca d'aigua sobre una llarga col·lecció de genotips diferents de tomàtiga. La col·lecció estava integrada per més de 200 genotips d'arreu del món, i aquests es varen agrupar segons el grup genètic: moderns, *heirloom* o tradicionals. Els genotips es varen sotmetre a 2 tractaments distints en camp obert: el tractament control, que rebia les aportacions òptimes d'aigua i fertilitzants; i el tractament de dèficit hídric, que es va deixar de regar i fertilitzar un mes després de la seva implantació al camp. Es van mesurar les produccions obtingudes per a cada genotip, així com paràmetres de mesura ràpida i eficient en planta, en concret, el pes específic foliar (LMA, de l'anglès *leaf mass per area*), el contingut de nitrogen foliar, la composició isotòpica de carboni de la fulla ($\delta^{13}\text{C}$) i l'àrea projectada de la planta (APP) mitjançant un dron.

En condicions òptimes de reg, es va observar que els genotips moderns (millorats per empreses o laboratoris) presentaven una menor eficiència en l'ús de l'aigua acumulada en comparació als *heirloom* o tradicionals. El $\delta^{13}\text{C}$, el LMA i l'APP es varen veure afectats pel tractament de dèficit hídric i es correlacionaren amb la producció, sobretot en els genotips tradicionals. Per tant, aquests paràmetres podrien ser utilitzats, amb un cert grau de fiabilitat, per preveure, de manera ràpida i econòmica, la capacitat productiva de col·leccions llargues de tomàtiga sota condicions d'estrès. Els genotips que disminuïren menys la producció en condicions de dèficit hídric respecte al control foren els moderns, amb els valors de $\delta^{13}\text{C}$ menys afectats pel dèficit hídric en aquests genotips. Finalment, es destriaren una sèrie de genotips més productius i menys perjudicats pel tractament de dèficit hídric en comparació al control per emprar-los com a parents a l'hora de realitzar millora genètica. Aquesta informació és útil per fer front a les pèrdues de producció en el cultiu de la tomàtiga sota condicions futures de canvi climàtic.

Agraïments

Als meus pares i germans, per haver-me animat a estudiar, per haver confiat en mi i per ser qui sóc.

Als tutors d'aquest treball de fi de grau, concretament a en Jeroni Galmés pels coneixements que m'ha transmès i per confiar amb jo en aquest treball, a en Miquel Àngel Conesa per la seva ajuda durant la fase experimental, i també a en Mateu Fullana per la seva inestimable ajuda durant la fase experimental i la redacció del treball, sense ells no hauria estat possible.

Als companys de carrera, per tots els moments que hem compartit, especialment a en Xavier Coll i a na Joana Maria Fontclara, per la seva gran ajuda durant la fase experimental.

Al personal de l'àrea de Fisiologia Vegetal per la seva ajuda durant la fase experimental.

Als meus amics, per tots els ànims i suport que em varen animar a seguir endavant.

1. Introducció

1.1 El cultiu de la tomàtiga

1.1.1 Descripció botànica i característiques generals de l'espècie

La tomàtiga (*Solanum lycopersicum* L.) és una planta angiosperma dicotiledònia que pertany a la família de les solanàcies (Taula 1-1). També es coneix amb els noms de *Lycopersicon esculentum* Mill., *Lycopersicon lycopersicum* (L.) Karst. o *Solanum pomiferum* Cav..

Taula 1-1. Classificació taxonòmica de la tomàtiga (Font: Plants database USDA (Departament d'Agricultura dels Estats Units)).

Classificació taxonòmica	
Regne	Plantae
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Solanales
Família	Solanaceae
Gènere	<i>Solanum</i>
Espècie	<i>S. lycopersicum</i> L.

Es tracta d'una planta cultivada com anual però que en condicions òptimes pot sobreviure anys. El sistema radicular és ampli amb arrels que poden arribar a 50-60 cm. La tija és angulosa i recoberta de pèls visibles de naturalesa glandular, que li atorguen una olor característica (Maroto, 1983).

Pot ser de creixement determinat o indeterminat, essent aquestes últimes les més esteses. Les de creixement determinat deixen de créixer a un cert punt com a conseqüència de la formació d'una inflorescència terminal, mentre que les de creixement indeterminat comencen amb una tija erecta que va creixent i per raons de pes arriba a rastrejar pel sòl. Com a conseqüència d'aquesta darrera característica, certes varietats s'entutoren.

Les fulles es situen sobre la tija alternativament, són compostes i imparipinnades, normalment es componen de 7-9 folíols dentats o lobulats i estan recoberts, com la tija, de pèls glandulars. Certs genotips presenten l'anomenada "fulla de patatera", també descrita com *solanifolia*, desenvolupant menys folíols per fulla composta, de forma sencera (no dentada), i més grans en comparació a altres genotips. Aquest tret es tracta d'un gen recessiu (Hareven *et al.*, 1996).

Les inflorescències són racemoses i poden ser simples o ramificades en diferents estrats, normalment es troben entre 3 i 10 flors, tot i que de vegades pot arribar a haver-n'hi 50.

El fruit és una baia globosa o piriforme, de color generalment vermell a la maduració. La superfície sol ser llisa o amb costelles i al seu interior es delimiten els lòbuls carpel·lars, que poden variar entre 2 i 30. El diàmetre dels fruits varia entre 2 i 16 cm.

El fruit de la tomatiguera presenta un comportament respiratori de tipus climatèric, és a dir, augmenta la taxa de respiració durant la maduració i és capaç de seguir madurant un cop separat de la planta, sempre que hagi assolit certa maduresa fisiològica. Això fa que sigui un fruit que es pot recollir en verd, de manera que aguanti més durant la seva vida comercial i es pugui conservar durant 2-3 setmanes un cop separat de la planta, sempre que les condicions de temperatura, humitat relativa i concentració de gasos siguin idònies. Els canvis a aquestes condicions poden accelerar la maduració del fruit (Kader, 2013).

Les llavors són grisenques, discoidals i recobertes de vellositat. Dins 1 g de llavors hi pot haver fins a 350 llavors, i la seva capacitat germinativa pot durar uns 5 anys (Maroto, 1983).

1.1.2 Orígens

La tomàtiga cultivada es troba dins la secció *Lycopersicon*, on també es troben els ancestres *Solanum lycopersicoides*, *S. sitiens*, *S. jungandifolium*, *S. ochranthum*, *S. pennellii*, *S. habrochaites*, *S. chilense*, *S. huaylasense*, *S. peruvianum*, *S. corneliomulleri*, *S. arcanum*, *S. chmielewskii*, *S. neorickii*, *S. pimpinellifolium*, *S. cheesmaniae*, *S. galapagense*, i *S. lycopersicum*, la tomàtiga actual (Peralta *et al.*, 2008, Moyle, 2008). Totes elles estan molt emparentades, ja que comparteixen gran part del genoma. Entre les espècies silvestres existents hi destaquen *S. habrochaites* i *S. pennellii*: la primera per la seva resistència a estressos biòtics gràcies a l'elevada presència de tricomes glandulars, mentre que la segona per presentar un contingut de ceres tres vegades superior al de la tomàtiga cultivada. Aquest fet, a banda de proporcionar-li resistència a estressos biòtics, li confereix una elevada resistència a la sequera (Peralta *et al.*, 2008, Moyle, 2008).

El centre de diversificació de la tomàtiga silvestre s'estén des de l'Equador fins al nord de Xile, passant pels Andes i la costa del Pacífic (Figura 1-1). El ràpid alçament dels Andes ha creat diverses zones climàtiques que comprenen des de zones desèrtiques al llarg de la costa oest (<5 mm de precipitació anuals), passant per zones temperades dels Andes, fins a selves tropicals a la conca de l'Amazones (>4 m de precipitació anuals), tot dins 500 km (Nakazato *et al.*, 2010).

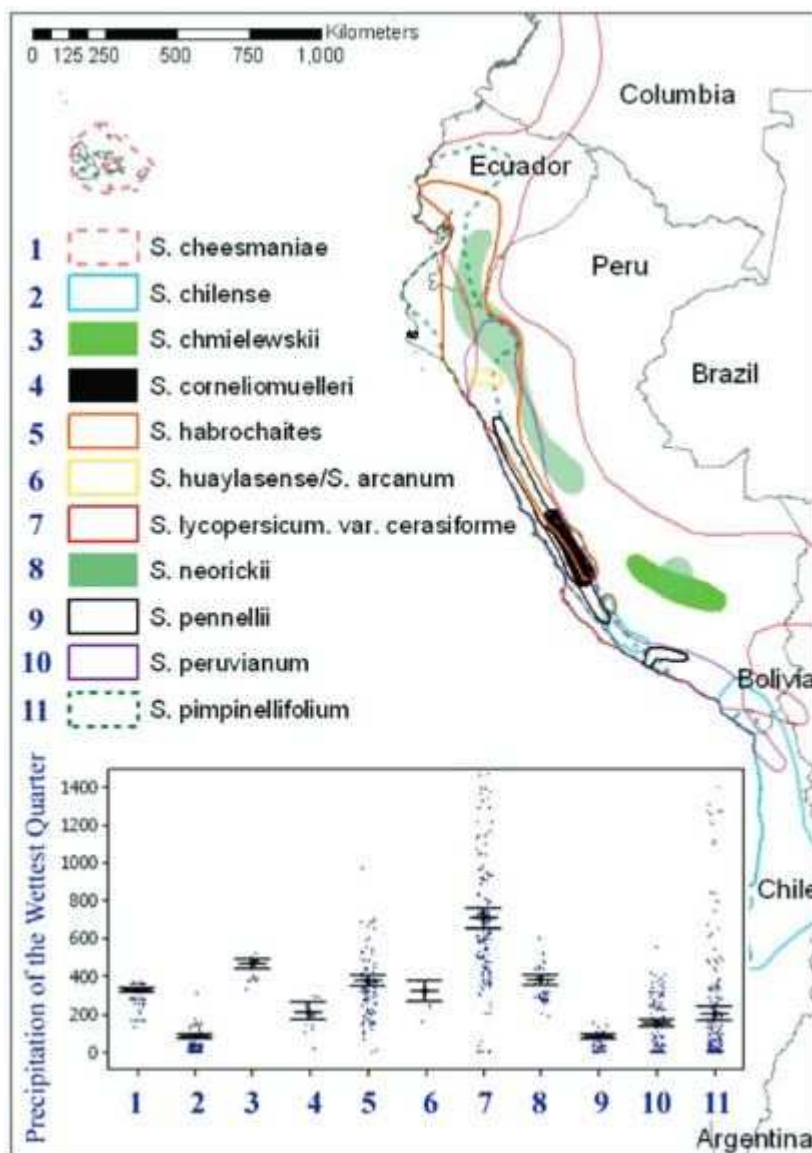


Figura 1-1. Mapa de la regi3 andina amb la distribuci3 geogràfica de diferents espècies silvestres de tomàtiga. Es mostra la distribuci3 dels valors de la precipitaci3, en mm, per a cada zona de distribuci3 de les diferents espècies (Moyle, 2008).

La tomàtiga va passar per dos grans processos de domesticaci3 ben diferenciats: el primer es va produir a la zona andina mentre que el segon es va produir en el camí cap a Amèrica Central (inclòs Mèxic), on es va produir un coll de botella genètic (Bauchet i Causse, 2012, Sacco *et al.*, 2015). Quan es va introduir a Europa al segle XVI es va produir un segon coll de botella genètic a causa del reduït nombre de llavors que es varen importar (Bauchet i Causse, 2012), fet que fa que la tomàtiga cultivada només presenti un 5% del genoma total que es pot trobar a les espècies silvestres (Grandillo i Tanksley, 1996).

Durant el segle XIX es cultivaren diferents varietats a Europa, iniciant els processos de millorament sistemàtic a partir dels principis fonamentals de la genètica de Mendel. Malgrat

això, va ser durant el segle XX quan es va produir una explosió de varietats locals adaptades al seu particular mercat de cada indret (Veragani, 2002).

1.1.3 Variabilitat genètica

La tomàtiga és un cultiu global, i això ha portat a la selecció de multitud de varietats adaptades a diferents climes, condicions i formes de cultiu. L'èxit a l'hora de la millora genètica és degut a l'existència de variabilitat dins la mateixa espècie o entre espècies emparentades i l'alta heretabilitat del tret que es vol millorar (Cuartero i Fernández-Muñoz, 1999).

La tomàtiga es pot cultivar des de regions temperades fins als tròpics. El criteri de selecció de les diferents varietats de tomàtiga depèn de si es sembrarà en exterior o en cultiu protegit, tot i que també es tenen en compte altres motius, com la tolerància a certs estressos biòtics i abiòtics. Que s'hagin pogut incorporar diverses resistències a estressos es deu a la facilitat de l'espècie domesticada a ser creuada amb espècies silvestres pròximes (Bai i Lindhout, 2007, Foolad i Panthee, 2012). És important que totes les varietats seleccionades presentin facilitat a l'hora de ser empeltades, ja que els peus confereixen resistències a malalties transmeses pel sòl, així com un major vigor i producció sense afectar a la qualitat del fruit (Di Gioia *et al.*, 2010).

Algunes varietats amb fruits d'alt contingut d'aigua es seleccionen per a consum en fresc, amb fruits de distints colors, formes i mides a gust del consumidor (amb diàmetres d'entre 3 i 16 cm depenent de la varietat). Altres varietats amb alt contingut de sòlids solubles (principalment sucres) i que s'ajusten a les demandes de ser recollits mecànicament es seleccionen per ser destinades a indústria de transformació, on es processen i es comercialitzen en forma de salses o conserves. Els genotips més emprats a dia d'avui per indústria de transformació són moderns, millorats per empreses o laboratoris, generalment de creixement determinat degut a la uniformitat en la floració i formació de fruits i també degut al seu baix manteniment (Hartz *et al.*, 2008).

Els programes de millora genètica varen modificar la tomàtiga cultivada durant els darrers 100 anys. Aquests programes es centraven a augmentar la resistència a malalties, la producció, la uniformitat dels fruits i l'adaptació a diverses àrees de producció, fet que ha portat a un gran augment de les varietats existents. Una conseqüència d'aquests programes de millora genètica va ser la selecció de trets específics que són característics dels mercats per a consum en fresc i per indústria de transformació, com el pes i la forma del fruit, uniformitzant molt els caràcters dels diferents genotips (Causse *et al.*, 2010). Per una altra banda, en els genotips més antics aquests paràmetres són més variables, presentant molta variació de grandària, forma i pes entre ells. Això ha portat a una diferenciació genètica més alta dels genotips contemporanis segons els

mercats on es destinen i el seu origen geogràfic, diferint molt els germoplasmes d'aquests entre ells i entre els genotips ancestrals (Blanca *et al.*, 2015).

Avui dia encara es poden trobar els anomenats genotips *heirloom*, que es tracten de genotips antics o ancestrals, generalment en desús a causa de l'aparició de varietats modernes més productives. Malgrat això, aquests són apreciats per alguns consumidors gràcies a les seves característiques organolèptiques i colors tigrats (Jordan, 2007).

Altres genotips són seleccionats per tenir una llarga vida post collita, el que es coneix com a fenotip *long shelf-life* (LSL), com la tomàtiga de *Ramellet*, que també és coneguda per la seva resistència al dèficit hídric (Conesa *et al.*, 2014). Les tomàtiques amb el tret LSL han sigut cultivades tradicionalment a la conca mediterrània (Figàs *et al.*, 2018), i s'està treballant actualment per millorar aquest tret particular, el que implica l'aparició de nous cultivars amb aquesta característica (Bai i Lindhout, 2007).

En la conca mediterrània, les varietats locals o tradicionals són clarament diferents de les convencionals, i es caracteritzen majoritàriament per la seva resistència a estressos abiòtics, adaptant-se a les condicions de creixement locals, i l'alta qualitat del fruit. Quan el cultiu va ésser introduït a Europa i a Amèrica del Nord aquest va ésser sotmès a un coll de botella genètic: les seleccions artificials i naturals, l'autopol·linització, i l'endogàmia extrema dels genotips limitats varen portar a l'aparició d'aquestes varietats locals, fent de la conca mediterrània un centre secundari de diversitat de la tomàtiga, especialment la zona mediterrània occidental. Aquestes varietats han sigut cultivades durant segles i es segueixen cultivant i consumint en l'àmbit local (Sacco *et al.*, 2015). A l'estat Espanyol el consumidor aprecia els fruits locals de grans dimensions, mentre que les varietats locals *cherry* no són tan freqüents, no obstant això, aquests darrers són molt demandats a altres mercats com a Itàlia i Grècia. En la conca mediterrània es poden trobar varietats locals amb coloracions grogues i taronges, però en destaquen sobretot les vermelles i les rosades a causa de les preferències dels consumidors locals (Figàs *et al.*, 2015). Els fruits de les varietats locals presenten generalment major contingut de sòlids solubles i major fermesa que les varietats comercials (Gómez *et al.*, 2001, Aoun *et al.*, 2013).

En l'àmbit europeu les preferències del consumidor són similars inclús entre distintes cultures i pràctiques alimentàries. No obstant això la diversificació de la textura, forma i gust dels fruits és necessària per satisfer tots els consumidors, ja que alguns consumidors prefereixen fruits durs, mentre que altres prefereixen més o menys dolçor i intensitat en el gust (Causse *et al.*, 2010).

Existeixen 3912 varietats de tomàtiga registrades en tot el món, presentant més variabilitat genètica que altres cultius d'importància com el pebre (*Capsicum annuum*) amb 2271 varietats, la lletuga (*Lactuca sativa*) amb 2220 varietats, la ceba (*Allium cepa*) amb 981 varietats, el cogombre (*Cucumis sativus*) amb 857 varietats o la pastanaga (*Daucus carota*) amb 521 varietats. A l'estat Espanyol existeixen 428 varietats de tomàtiga registrades (un 11% del total mundial) (Plant Variety Database, 2015). Es sap que un 68% de la producció mundial de tomàtiga es destina al consum en fresc, mentre que un 32% es destina a indústria de transformació (EuroFresh-Distribution, 2016).

1.1.4 Importància econòmica

La tomàtiga és l'hortalissa més difosa en tot el món i la de major valor econòmic. La seva demanda, producció i comercialització va augmentant contínuament, doncs és ja una part fonamental de la dieta humana. La producció de tomàtiga ha augmentat un 49% entre el 2000 i el 2013 (FAO, 2016). Aquest increment de la producció en els darrers anys es deu a un augment de rendiment, i en menor proporció a un augment de la superfície cultivada (MAPAMA, 2010).

El comportament respiratori de tipus climatèric de la tomàtiga facilita la seva conservació i transport. Es tracta d'un tret important, ja que avui dia els aliments han de recórrer grans distàncies des de les zones de producció fins als consumidors.

En l'àmbit mundial, la tomàtiga és la segona hortalissa (sense comptar tubercles) amb més superfície de cultiu amb 4.782.753 ha, essent el primer la ceba de bulb (*Allium cepa*) amb 4.955.432 ha i el tercer el pèsol (*Pisum sativum*) amb 2.589.087 ha (FAO, 2016).

Així i tot, les produccions a escala mundial són encapçalades per la tomàtiga, amb 177.042.359 tones de producció l'any 2016, seguit de la ceba de bulb amb 93.168.548 tones i els cogombres (*Cucumis sativus*) amb 80.616.692 tones (FAO, 2016), fet que demostra l'alt rendiment del cultiu de la tomàtiga i la seva importància mundial.

Dins els països productors de tomàtiga més importants es troben: Xina, amb 56.305.914 tones l'any 2016 (31,8% de la producció mundial); Índia, amb 18.399.000 tones (10,4%); i els Estats Units d'Amèrica, amb 13.038.410 tones (7,4%). L'estat Espanyol és el tercer exportador després de Mèxic i els Països Baixos (FAO, 2016).

Dins la Unió Europea, la tomàtiga és l'hortalissa (sense comptar tubercles) amb més superfície de cultiu amb 265.218 ha, seguit de la ceba de bulb amb 190.692 ha (FAO, 2016).

Les produccions en l'àmbit europeu són liderades també per la tomàtiga, amb 17.916.137 tones l'any 2016, seguit de la ceba de bulb amb 6.513.158 tones i el grup de pastanagues i naps amb 5.859.202 tones (FAO, 2016).

Dins els països més productors de tomàtiga a la Unió Europea es troben: Itàlia, amb un 35,9% de la producció europea l'any 2016; l'estat Espanyol amb un 26,1%; i Portugal amb un 9,5% (FAO, 2016).

La tomàtiga és també l'hortalissa (sense contar tubercles) amb més superfície de cultiu a l'estat Espanyol amb 60.852 ha l'any 2017, el segon és el xampinyó amb 44.974 ha, seguit de la lletuga amb 34.508 ha. De les 60.852 ha, 496 eren en secà (<1% respecte al regadiu) (MAPAMA, 2017).

La tomàtiga també és el cultiu més produït a l'estat Espanyol, amb una producció l'any 2017 de 5.184.846 tones, seguit de la ceba de bulb amb 1.299.535 tones i el pebre amb 1.274.264 tones. Les comunitats autònomes amb més producció són Andalusia i Extremadura, amb un 43% i 40% de la producció de tomàtiga a l'estat Espanyol, respectivament. Les Balears representen un 0,2% de la producció nacional de tomàtiga a causa de la seva reduïda superfície en comparació a altres comunitats autònomes (MAPAMA, 2017).

1.2 Efecte del canvi climàtic sobre els cultius

Les produccions dels cultius van lligades a les condicions climàtiques, de manera que els canvis a la temperatura mitjana deguts al canvi climàtic poden requerir reajustar les pràctiques agrícoles actuals per tal de mantenir la productivitat. A latituds mitjanes i altes, i en general a zones actualment limitades per baixes temperatures, un augment de temperatura incrementarà la productivitat potencial, sempre que vagi acompanyat per una adaptació de les pràctiques de cultiu. En canvi, a àrees on les temperatures ja s'acosten als màxims fisiològics dels cultius, com a climes tropicals i àrids, un augment de temperatura serà en principi perjudicial, incrementant l'aigua perduda per evapotranspiració i l'estrès per calor (Gornall *et al.*, 2010).

La temperatura mitjana de la Terra ha augmentat en 0,6°C durant els darrers 100 anys (Figura 1-2). L'augment més gran de temperatures ha tingut lloc a latituds mitjanes i altes dels continents de l'hemisferi nord, on els sòls s'encalenteixen més que els oceans i les temperatures nocturnes augmenten més que les diürnes. Aquest augment de temperatura és causat probablement per l'increment en la concentració atmosfèrica de gasos d'efecte hivernacle emesos en l'activitat humana. Les precipitacions han augmentat durant el segle XX entre un 5 i un 10% en la major part de les latituds mitjanes i altes dels continents de l'hemisferi nord, però han disminuït un 3%

de mitjana sobre una gran part de les àrees terrestres situades a latituds baixes (Figura 1-3). L'augment de la temperatura mitjana de la superfície mundial produirà canvis en les precipitacions i humitat atmosfèrica, a causa dels canvis en la circulació atmosfèrica, un cicle hidrològic més actiu i un augment en la capacitat per retenir aigua en l'atmosfera (Gitay *et al.*, 2002).

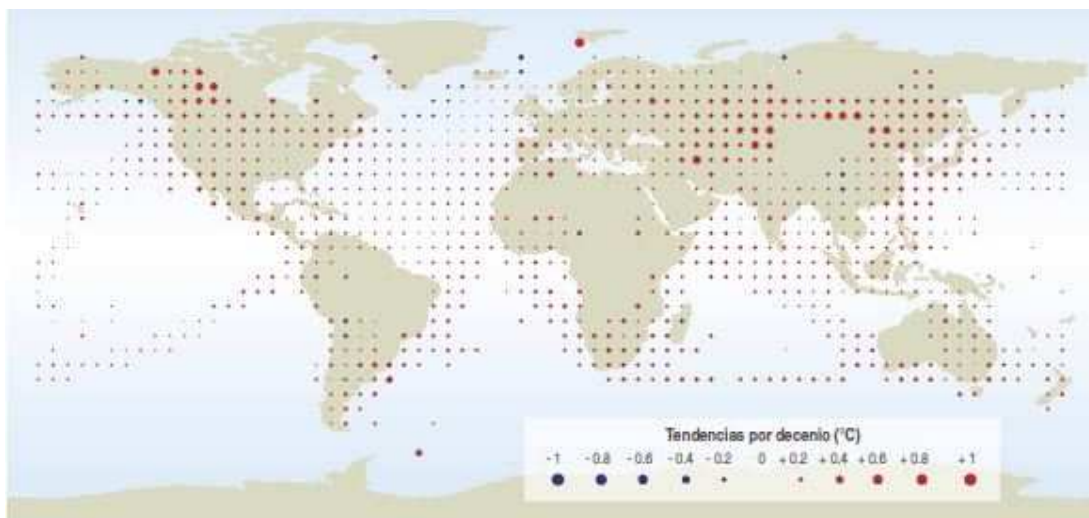


Figura 1-2. Tendència de les temperatures anuals durant el període 1901-2000. Les tendències es representen per l'àrea dels cercles, el vermell representa un augment i el blau una disminució (Font: Gitay *et al.*, 2002).

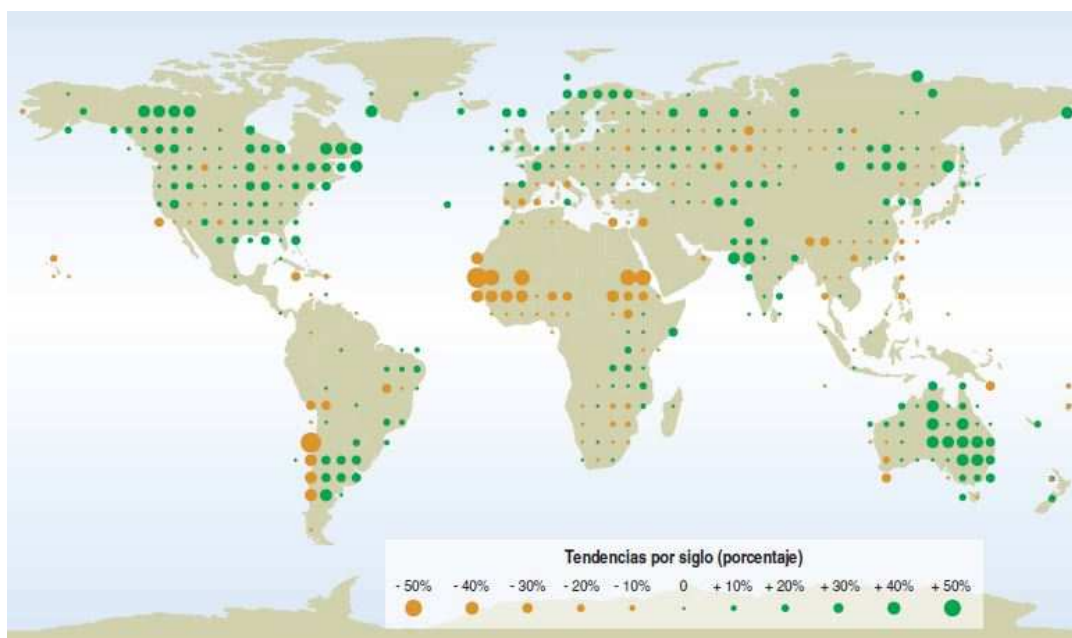


Figura 1-3. Tendència de les precipitacions anuals durant el període 1901-2000. Les tendències es representen per l'àrea dels cercles, el verd representa un augment i el taronja una disminució (Font: Gitay *et al.*, 2002).

S'espera que la temperatura mitjana de la superfície del planeta augmenti entre 1,4 i 5,8°C en el període 1990-2100, i que les àrees terrestres pateixin un escalfament major que la mitja mundial. Pel que respecte als canvis prevists en els patrons de precipitació, una variació pot tenir un gran impacte en l'agricultura, ja que aproximadament el 80% de l'agricultura es rega amb aigua de pluja (FAO, 2016). És difícil predir els canvis en les precipitacions regionals degudes al canvi climàtic, però en general es sap que, a latituds baixes les precipitacions es veuran reduïdes, mentre que en latituds altes augmentaran, sobretot a l'hivern (Gitay *et al.*, 2002).

L'agricultura és el sector que consumeix més aigua avui dia en regions semiàrides, com la conca mediterrània. La demanda d'aigua per irrigació augmentarà si el clima és més càlid, i es requerirà més aigua per superfície en condicions més seques. A més, la demanda d'aigua per irrigació augmentarà a causa de les més freqüents i severes ones de calor (Olesen i Bindi, 2002).

La conca mediterrània es troba en una zona de transició entre la zona àrida del Nord d'Àfrica i la temperada i plujosa d'Europa Central. A causa de les seves característiques, inclús modificacions relativament petites de la circulació general, poden dur a terme canvis substancials al clima mediterrani. Això fa que la conca mediterrània sigui una zona potencialment vulnerable a canvis climàtics induïts per incrementar les concentracions de gasos d'efecte hivernacle (Ulbrich *et al.*, 2006, Giorgi i Lionello, 2008). Com a conseqüència dels canvis en els patrons de circulació la conca mediterrània presentarà una reducció general de les precipitacions, sobretot en l'estiu, mentre que les regions al nord d'Europa incrementaran les precipitacions. Aquests canvis també provocaran un augment de temperatura, que serà també molt més pronunciat durant l'estiu (Giorgi i Lionello, 2008). Per tots aquests motius, és de vital importància la millora del cultiu de la tomàtiga de manera que les produccions no es vegin excessivament afectades per aquestes condicions climàtiques, sobretot a climes com el mediterrani, evitant les conseqüències econòmiques i alimentàries negatives que podria ocasionar.

Alguns genotips de tomàtiga presenten tolerància al dèficit hídric, i aquesta es defineix com la capacitat de desenvolupar-se, florir i aportar producció sota unes condicions subòptimes d'irrigació. Aquesta tolerància existeix gràcies al fet que les plantes presenten mecanismes per adaptar-se al dèficit hídric, a nivell morfològic, fisiològic i bioquímic (Farooq *et al.*, 2009). Un dels mecanismes consisteix en disminuir la durada del seu cicle biològic, avançant la seva floració. Altres mecanismes consisteixen en controlar la pèrdua d'aigua per transpiració amb un major control de la conductància estomàtica, mantenir l'absorció d'aigua a través d'un extens i prolífic sistema radicular i/o limitar l'àrea de la superfície de la planta, ja sigui limitant el

nombre de fulles i/o l'àrea d'aquestes (Farooq *et al.*, 2009). Els canvis a l'estructura interna de les fulles són descrits també com una resposta adaptativa al dèficit hídric (Poorter *et al.*, 2009), amb un engrossiment i major rigidesa de les parets cel·lulars del mesòfil (Galmés *et al.*, 2011).

En general, per a combatre el canvi climàtic es necessiten cultius amb una elevada eficiència en l'ús de l'aigua (EUA), que es defineix com la relació entre la producció comercial obtinguda i els litres d'aigua aportats, i és important per analitzar les estratègies per un major ús racional de l'aigua en l'agricultura (Katerji i Mastrorilli, 2014). Els processos d'intercanvis de gasos entre la fulla i l'atmosfera donen informació sobre l'eficiència en l'ús de l'aigua. És sabut que a majors conductàncies estomàtiques s'observen majors taxes fotosintètiques, que es tradueixen a majors nivells de producció. Per altra banda, s'ha observat àmpliament que la conductància estomàtica és significativament menor en plantes sotmeses a dèficit hídric quan es comparen amb plantes en condicions òptimes de reg (Tan, 1992). De la mateixa manera, els estomes controlen també els fluxos de gasos entre la fulla i l'atmosfera, regulant les pèrdues d'aigua per transpiració i l'accés del CO₂ a l'interior de la fulla (Lawson i Blatt, 2014). El CO₂ es mou des de l'aire exterior de la fulla fins als llocs de carboxilació, i l'isòtop ¹²C és més comú i menys pesat que el ¹³C, fent que les plantes discriminin a favor del ¹²C en condicions òptimes. Quan la planta es troba en estrès hídric, es produeix un tancament estomàtic que evita la pèrdua d'aigua per transpiració, a la vegada que limita la circulació del CO₂ a través de l'estoma. Així, la planta té menor capacitat per discriminar entre els diferents isòtops, pel que la discriminació a favor del ¹³C es sol associar a plantes amb un menor consum d'aigua, indicant una major EUA (Taiz i Zeiger, 2006).

Això representa un atractiu punt de millora pels programes de recerca genètica, centrant-se a aconseguir un balanç en l'apertura estomàtica que redueixi les pèrdues d'aigua sense comprometre l'assimilació de carboni, sent la isotopia de carboni una eina molt valuosa a l'hora d'ajudar a seleccionar genotips.

Els nivells d'EUA venen determinats fonamentalment per tres factors: el maneig de la plantació, el cultiu i l'ambient (Katerji i Mastrorilli, 2014). No es poden canviar els factors ambientals, però es poden millorar els manejos de les plantacions, gràcies a diferents estratègies de gestió dels cultius. També es poden millorar les varietats utilitzades, gràcies a programes de millora genètica, centrant-se a perfeccionar els mecanismes del cultiu per adaptar-se al dèficit hídric sense que això impliqui una pèrdua significativa de la producció. També és interessant que els paràmetres que es relacionen amb l'EUA siguin de mesura ràpida i eficient, per tal que ens puguin donar informació sobre l'estat de la planta i la seva futura producció de manera pràcticament instantània i econòmica.

2. Objectius

Els objectius plantejats venen definits pel propòsit de determinar si la tomàtiga, cultiu de gran importància en l'àmbit mundial i nacional, podria fer front a les condicions futures de canvi climàtic a les que estarà sotmesa la conca mediterrània. Es valorarà l'impacte del dèficit hídric en la producció d'una àmplia col·lecció de genotips de tomàtiga mitjançant mesures ràpides i eficients, avaluant també la seva viabilitat. A partir del coneixement que es té fins ara, es preveu que els genotips moderns, més enfocats en maximitzar la producció, obtindran menys rendiment sota condicions de dèficit hídric que els genotips tradicionals enfocats a resistir diferents estressos.

Per tant, es desglossen els següents objectius principals:

2.1 Estudiar la variabilitat dels paràmetres agronòmics, morfològics i fisiològics d'una ampla col·lecció de genotips de *S. lycopersicum* entre i dins els distints grups genètics, i entre distints règims hídrics.

2.2 Valorar l'aplicabilitat de les mesures ràpides i eficients (conegudes com a *high-throughput* en anglès) com indicadors de producció i de resposta al dèficit hídric a *S. lycopersicum*.

3. Material i mètodes

3.1 Material vegetal

Els genotips usats en l'experiment provenien d'un conjunt de més de 10.000 línies diferents existents en les col·leccions dels participants en el projecte TOMRES: *A novel and integrated approach to increase multiple and combined stress tolerance in plants using tomato as a model* (TOMRES), finançat per la Comissió Europea . Una de les primeres tasques de TOMRES va ser seleccionar la "col·lecció base" (CGT, de les sigles Codi Genotip Tomàtiga), formada per 214 genotips (Annex 1). D'aquests, 47 eren tomàtiga de *Ramellet* de la col·lecció de la Universitat de les Illes Balears (UIB).

La diversitat i l'origen d'aquests 214 genotips es mostra a l'Annex 1, i inclou genotips provinents de la costa est de la península Ibèrica, la península Itàlica o els Estats Units, entre d'altres.

Els genotips es classificaren depenent del seu grup genètic en: moderns o millorats per empreses o laboratoris (modern, 59 genotips), relíquia o genotips antics amb propietats molt definides i comercialitzats fa uns 50 anys, però que avui en dia han quedat pràcticament en desús per les varietats modernes (*heirloom*, 37 genotips), i tradicionals o locals, adaptats a condicions molt específiques i difícils de trobar fora del lloc d'origen (tradicional, 118 genotips) (Annex 1). Dins el grup de genotips moderns, s'inclouïa un híbrid comercial de *Ramellet* (CGT-058), que a més es va sembrar tant de forma directa com empeltat sobre el peu comercial *Emperador* de l'empresa Rijk Zwaan (CGT-059). Es tracta d'un peu d'alt vigor i altament resistent a virosis i malalties fúngiques tals com el ToMV (Tomato Mosaic Virus), *Fusarium oxysporum* o *Verticillium dahliae*, entre d'altres.

3.2 Elaboració del planter

Al laboratori de Fisiologia Vegetal (Edifici Guillem Colom, UIB) es va dur a terme un procés de desinfecció de totes les llavors per evitar problemes de virosis. El protocol seguit, facilitat pel Centre de Conservació i Millora de l'Agrodiversitat Valenciana (COMAV), va ser:

1. Tractar les llavors amb trifosfat de sodi ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) al 10% durant 3 hores.
2. Rentar amb aigua destil·lada.
3. Tractar les llavors amb lleixiu comercial (NaClO) al 30% durant una hora.
4. Rentar amb aigua destil·lada.
5. Assecar les llavors deixant-les sobre paper de filtre a un lloc ventilat durant 8 hores.

6. Posar les llavors dins un recipient hermètic amb gel de sílice per aconseguir una humitat màxima del 50%.
7. Assecar les llavors a estufa a 74°C durant 24 hores.

Les llavors es van enviar el 27 d'abril de 2017 a Semilleros LA SALA (San Pedro del Pinatar, Múrcia), que va ser l'empresa encarregada de realitzar el planter, i es varen sembrar la primera setmana de maig de 2017. Es va preparar en safates de poliestirè expandit de 12x18 alvèols, es va usar substrat agrícola amb una proporció de 20% de perlita expandida en v/v, es va recobrir amb el mateix substrat un cop sembrada la llavor a l'alvèol, a 1-1,5 cm de profunditat, i seguidament es va regar a capacitat de camp. La traçabilitat es va dur a terme posant només dos genotips per safata, retolats i separats dins la safata (deixant alvèols lliures entre un i l'altre).

Un cop sembrat, es varen portar a bancades de germinació, amb unes condicions òptimes de temperatura de 24°C i una humitat relativa de 70% (Chamarro, 2001). Es va anar regant el planter per capil·laritat, introduint els alvèols dins safates de plàstic que s'anaven omplint d'aigua.

3.3 Camp experimental

3.3.1 Localització

L'experiment es va realitzar al municipi d'Ariany, al polígon 6, parcel·les 53, 54, 517, 518 i 519, situades al carrer Unió. En conjunt constava d'una superfície de 14.172 m². Als voltants no s'hi trobava cap gran construcció, es trobava envoltada de terreny en guaret excepte a la zona sud, on hi ha una granja (Figura 3-1). El terreny ha sigut emprat de manera freqüent per sembrar tomàtiga de *Ramellet* amb finalitats comercials.



Figura 2-1. Imatge aèria del terreny on es va dur a terme l'estudi, ressaltat en la línia vermella (Font: Sistema d'Informació Geogràfica de Parcel·les Agrícoles (SIGPAC), 2017).

3.3.2 Condicions climàtiques

Les condicions climàtiques presents durant la realització de l'experiment varen ser les típiques de clima mediterrani, amb temperatures altes els mesos d'estiu, amb màxims durant el mes de juliol i precipitacions molt escasses. Les precipitacions més importants foren 15,02 mm la segona setmana de setembre i 22,53 mm la darrera setmana de juny. Es tracta d'un indret ventós, amb una elevada incidència de la brisa durant l'experiment (Annex 2).

Les dades climàtiques varen ser extretes amb un enregistrator de dades (HOBO UX-100-003) situat al terreny dia 20 de juny fins dia 16 de setembre. L'enregistrator de dades realitzava una lectura cada 15 minuts, i a partir d'això es va obtenir la temperatura mitjana diària i la humitat relativa diària (Figura 3-2).

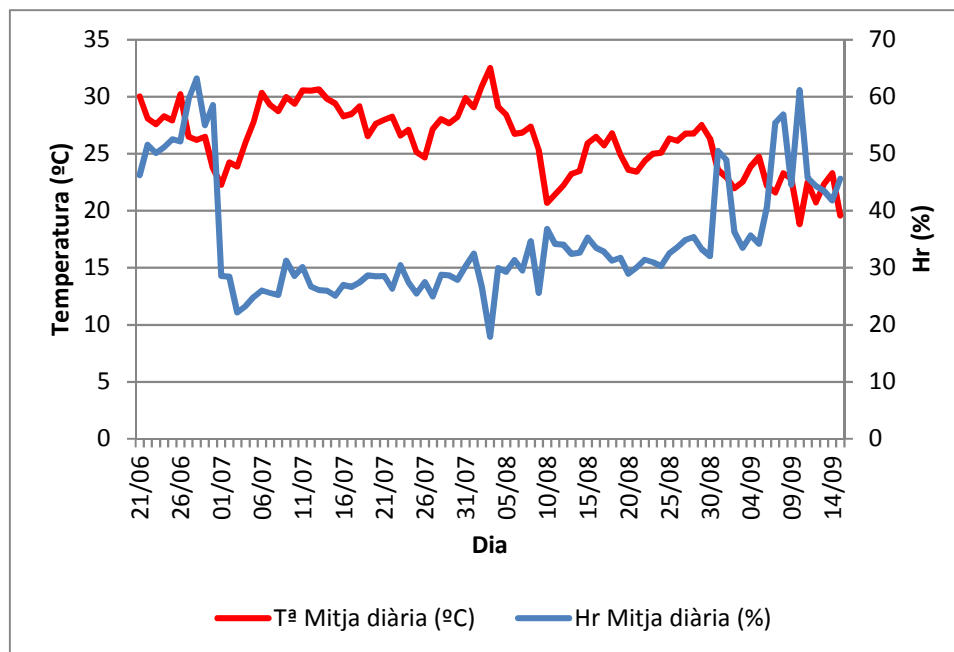


Figura 3-2. Dades meteorològiques durant el període del cultiu. La línia vermella representa la temperatura mitjana diària mentre que la blava representa la humitat relativa diària (Font: Enregistrador de dades HOBO UX-100-003).

El valor de l'evapotranspiració de cultiu (mm dia^{-1}) es va obtenir a partir del SIAR (Sistema d'Informació Agroclimàtica pel Regadiu). El SIAR empra l'equació Penman-Monteith pel càlcul de l'evapotranspiració del cultiu, aquesta té en compte les variables: radiació neta a la superfície del cultiu, flux de calor del sòl, temperatura de l'aire, velocitat del vent, dèficit de pressió de vapor, pendent de la corba de pressió de vapor, constant psicomètrica i pressió. Com que l'estació meteorològica d'Ariany no es trobava disponible pel SIAR es varen usar les estacions d'Inca i Manacor i es varen realitzar mitjanes per estimar els valors (Annex 3).

3.3.3 Característiques edafològiques

Es va realitzar una anàlisi de sòl per establir el pla d'adobs i assegurar que el sòl és apte per a dur a terme l'experiment (Annex 4). L'anàlisi es va realitzar a diversos punts de la finca, abans de dur a terme l'experiment. Es tractava d'un sòl alcalí, típic del Pla de Mallorca, de textura argilosa. Els nivells de matèria orgànica eren mitjans per la textura del sòl segons Andrades i Martínez (2014). El fòsfor assimilable (pel mètode Olsen) va ser molt constant en tot el terreny, ja que es mantenia sobre els 20 mg kg^{-1} (valor mitjà). Els nivells de potassi obtinguts pel mètode d'acetat foren alts a tot el terreny (Andrades i Martínez, 2014). Es tractava d'un sòl bàsic (pH entre 7,8 i 8,5) i la conductivitat elèctrica es trobava sempre inferior a 2 mS cm^{-1} , per tant, no era un sòl salí (Andrades i Martínez, 2014).

3.4 Disseny experimental

Es va dividir el conjunt de parcel·les en 2 blocs, on es van realitzar 2 tractaments distints: control i dèficit hídric. Al tractament control es cobria el 100% de l'evapotranspiració a través del reg. L'altre bloc va rebre un dèficit hídric a partir de la quarta setmana des del trasplantament (veure apartat 3.7.1).

Es tenien 5 rèpliques per a cada genotip i bloc, amb un total de 2140 plantes. Es tenien 18 línies de plantes per bloc (36 línies en total), de 80 metres de llargària, on la primera línia de cada bloc no es mesurava per evitar l'efecte de vora, a causa de la interacció de dos medis molt distints. Cada sector tenia una superfície de 3000 m².

Es mostraran únicament els resultats de 205 genotips a causa de la falta de producció i adaptació de 9 genotips, que es troben marcats a l'Annex 1. En el cas del tractament de dèficit hídric només es mostraran els resultats de 204 genotips, ja que el genotip CGT-077 (*Dixie Golden Giant*), un genotip *heirloom* dels EUA, no va obtenir producció en el tractament de dèficit hídric però sí al control.

3.5 Preparació del terreny

L'empresa Agroilla va ser l'encarregada de la preparació del terreny i el cultiu. Durant l'hivern no hi havia cap cultiu al terreny on s'havia de realitzar el treball. Es varen realitzar tasques prèvies al trasplantament del planter al camp. Primer es va realitzar un desbrossat del terreny, seguidament es va realitzar una passada de subsolador chísol a 40 cm de profunditat per rompre les soles de labor i millorar la capacitat d'infiltració de la planta al terreny. Després es va realitzar una passada de cultivador a 20 cm de profunditat per airejar el sòl i eliminar males herbes, i seguidament es va realitzar una passada de fresadora a 15 cm de profunditat per remoure i polvoritzar el sòl a la zona del coll de l'arrel. Es va realitzar una fertilització de fons amb un adob de composició 12-8-16 (NovaTec, Compo, Espanya) amb una quantitat a raó de 250 kg ha⁻¹. Seguidament es varen preparar cavallons de 20 cm d'altura i encoixinat amb plàstic negre gràcies a una conformadora. El plàstic negre era per evitar l'aparició de males herbes, mentre que els cavallons servien per deixar el terreny on es disposaven les plantes lliure de material pedregós. Les canonades del sistema de reg per degoteig es varen instal·lar a la mateixa vegada que el plàstic de l'encoixinat. Aquestes eren de polietilè (Ø20mm PN 3,5 de baixa densitat), amb separació entre degotadors de 0,33 metres, de manera que cada planta es regava amb 3 degotadors de 2,15 l h⁻¹.

3.6 Transplantament

Les plàntules es disposaven de manera correlativa segons el seu codi CGT (Annex 1). Es va fer així per tenir millor uniformitat en l'experiment.

El planter es va sembrar al camp la setmana del 26 de juny de 2017 de manera manual (Figura 3-3).



Figura 3-3. Imatge de les plàntules amb el codi retolat a les etiquetes preparades per ser trasplantades.

El marc de plantació utilitzat va ser d'1 metre entre plantes i 1,5 entre files, cada 6 files la separació era de 3 metres per facilitar el pas de maquinària. Les files es van situar en orientació sud-est, nord-oest (Figura 3-4).

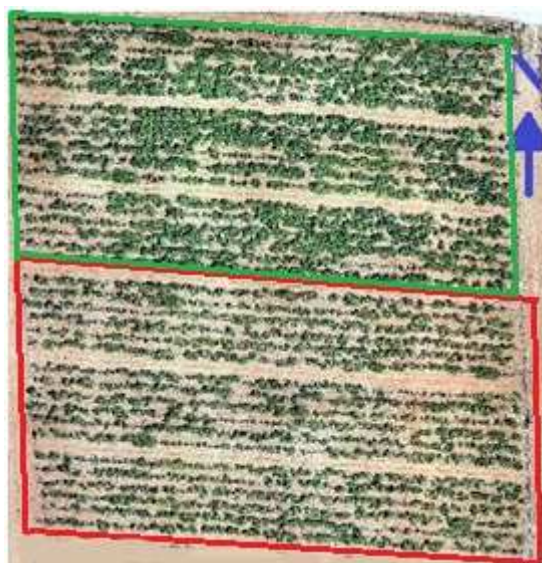


Figura 3-4: Imatge aèria de la disposició de les plàntules en el terreny un mes després de l'inici de l'aplicació dels tractaments. Marcat en verd es troba el tractament control, mentre que en vermell es marca el tractament de dèficit

hídric. El nord es troba marcat en blau (Font: Dron (FV8, Atyges, Màlaga, Espanya) i càmera RGB de 16 mm (Alpha 5000, Sony, Tòquio, Japó)).

Un cop trasplantades es va procedir a incorporar etiquetes de plàstic, més resistents que les de paper, amb el codi retolat de cada planta corresponent.

3.7 Manteniment de la plantació

El manteniment de la plantació va ser realitzat també per l'empresa Agroilla. No es va realitzar cap tipus de poda, es varen deixar desenvolupar les plantes amb la seva totalitat (Figura 3-5). Les males herbes eren eliminades de manera manual. L'experiment va concloure dia 10 d'octubre, quan es varen realitzar les darreres mesures.



Figura 3-5. Imatge de les plantes sense cap tipus de poda al camp on es realitza l'estudi, realitzada el 22 d'agost de 2017 (8 setmanes des del trasplantament).

3.7.1 Càlcul de la dosi de reg

Les dosis de reg es van calcular basant-se en l'evapotranspiració de referència i el coeficient del cultiu, amb la fórmula següent:

$$ET_r = ET_c \cdot K_c$$

Al principi de l'experiment (la setmana del 21 de juny de 2017) a ambdós tractaments se'ls va aplicar un reg del 100% del valor de la ET_r . A partir de la setmana del 21 de juliol de 2017 el tractament de dèficit hídric es va deixar de regar. El tractament control es va seguir regant cobrint la ET_r fins la setmana del 6 d'octubre de 2017 (Figura 3-6).

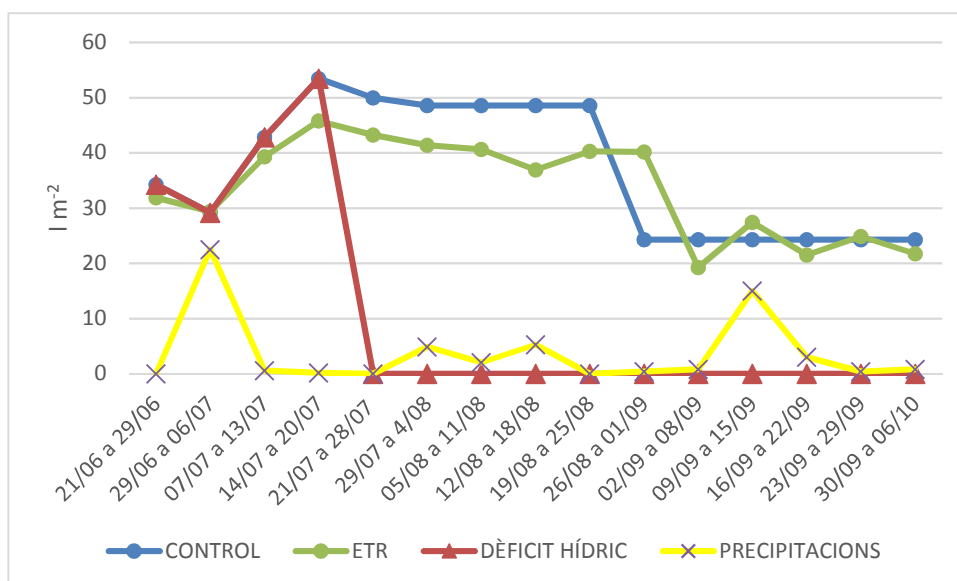


Figura 3-6. Diagrama de línies que representa el règim hídic en l m² i setmana. La línia blava representa el reg del tractament control, la línia vermella el reg del tractament de dèficit hídic, la línia groga representa l'aigua aportada per precipitacions i la línia verda representa la ET_r (Font: Sistema d'Informació Agroclimàtica pel Regadiu (SIAR)).

3.7.2 Fertilització

Es va fertilitzar mitjançant fertirrigació amb els adobs descrits a l'annex (Annex 5). Es varen aplicar en distintes combinacions i quantitats segons l'estat fenològic de les plantes (Annex 6). Al cap de 4 setmanes, quan les plantes es varen trobar desenvolupades, les rèpliques del tractament de dèficit hídic es deixen de fertilitzar (ja que es varen deixar de regar).

3.7.3 Fitosanitaris

Es varen realitzar tractaments químics per combatre plagues que poguessin afectar al cultiu, com la tuta (*Tuta absoluta*), l'aranya roja (*Tetranychus urticae*) o la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). Els productes que es varen aplicar es troben a l'annex (Annex 7).

3.8 Presa de mostres i dades

3.8.1 Producció de fruit

La producció de fruit es va anar quantificant amb la recol·lecció manual de les tomàtiques produïdes per cada planta a partir del dia 79 des del trasplantament. Es disposava de caixons amb el codi de cada planta on s'hi anaven dipositant les tomàtiques corresponents, evitant sempre mesclar els fruits de diferents plantes dins el mateix caixó. Les caixes es carregaven a

palets que es transportaven amb camions a una nau propera a la plantació, on es mesurava el pes total dels fruits per planta (expressat en g).

3.8.2 Mesures morfològiques foliars

Per a la determinació dels paràmetres morfològics foliars es va mesurar el pes específic foliar (LMA, de l'anglès *leaf mass per area*), obtingut a partir del quocient de la superfície dels folíols frescs (expressat en m^2) i el seu pes sec en g.

Per dur-ho a terme, es varen agafar les fulles d'orientació est sempre que era possible, entre la segona i tercera fulla, d'una manera molt homogènia. Es varen evitar fulles poc desenvolupades, massa madures o desenvolupades a l'ombra de la planta. Les plantes necrosades o amb virosis es varen descartar. Les fulles, una per planta, es varen guardar al sobre numerat corresponent al codi de la planta.

Es varen separar els folíols del raquis amb un cúter i es varen escanejar aquests amb un escàner Canon CanoScan LiDE 220 (Figura 3-7). Sempre s'escanejava amb les mateixes dimensions (850x1169 píxels) i una resolució 100 píxels per polzada.



Figura 3-7. Imatge de l'escàner (Canon CanoScan LiDE 220) utilitzat per obtenir les àrees de les diferents fulles de les plantes.

Les mostres recollides que s'havien d'escanejar es guardaven a neveres, a uns $8^{\circ}C$, amb un màxim de 36 hores entre la recollida al camp i l'assecatge a l'estufa per evitar alterar els valors d'isotopia (veure apartat 3.8.3).

Amb el programa RStudio i el paquet LeafArea es va elaborar un codi per mesurar l'àrea foliar dels folíols escanejats (Figura 3-8) mitjançant l'automatització d'ús del programa ImageJ (Figura 3-9).

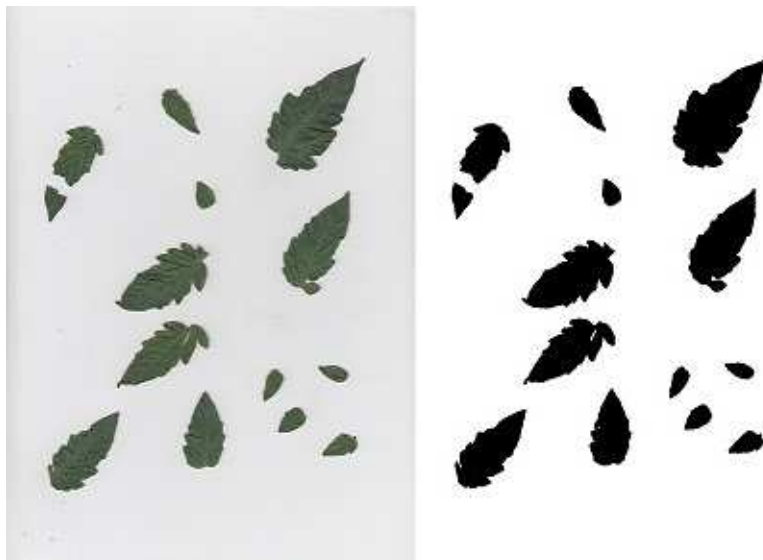


Figura 3-8. A l'esquerra es mostra la imatge dels folíols escanejats d'una mostra, a la dreta es mostra la mateixa imatge processada pel programa ImageJ.

```

1 library(LeafArea)
2
3
4
5 ex.dir="c:/Users/Jaume Canyelles/Desktop/fotos j"
6 run.ij(path.imagej = "c:/Users/Jaume Canyelles/Desktop/ImageJ",
7     set.directory = ex.dir,log = T,trim.pixel = 10,low.size = 0.1,
8     distance.pixel = 826,known.distance = 21,save.image = T)
9
10

```

Figura 3-9. Captura de pantalla del codi que s'utilitzava per calcular l'àrea de les imatges al programa RStudio. Descartava partícules molt petites i els marcs de la fotografia. Guardava les imatges processades a una altra carpeta i exportava una taula amb les àrees.

Després d'escanejar, es va guardar tota la mostra al sobre corresponent i es va portar a l'estufa del laboratori de mostres de l'edifici Guillem Colom Casanovas (UIB) (Figura 3-10). L'estufa es trobava a 74°C i cada mostra hi va romandre un mínim de 4 dies, fins a arribar a pes sec constant.



Figura 3-10. Imatge de l'estufa a 74°C amb les mostres (Laboratori de mostres, Edifici Guillem Colom Casanovas, UIB).

Es varen pesar les mostres seques amb una balança de precisió (Nimbus ADAM) amb 3 decimals i un error de $d=0,001$ (Figura 3-11).



Figura 3-11. Imatge de la balança de precisió Nimbus ADAM emprada per a pesar mostres seques (Laboratori de Fisiologia Vegetal, Edifici Guillem Colom Casanovas, UIB).

Es va mesurar el pes dels folíols secs per cada mostra. Es varen guardar les mostres al mateix sobre i es va deixar tancat.

3.8.3 Composició isotòpica en $\delta^{13}\text{C}$ i contingut de nitrogen foliar

Per a la determinació de la composició isotòpica de carboni $\delta^{13}\text{C}$ i contingut de nitrogen foliar, es varen utilitzar els mateixos folíols emprats per a determinar el LMA. Es va introduir la mostra dins recipients cilíndrics metàl·lics amb bolles metàl·liques esterilitzades amb etanol al 70% i es va sacsejar amb un molinet de laboratori Retsch MM200 a màxima freqüència (30 oscil·lacions per segon) durant 40 segons (Figura 3-12).



Figura 3-12. Imatge del molinet de laboratori Retsch MM200 usat per a capolar les mostres. (Laboratori de Fisiologia Vegetal, Edifici Guillem Colom Casanovas, UIB).

Les mostres polvoritzades s'introduïren dins eppendorfs amb l'ajuda d'un embut i s'hi va retolar el codi de la planta corresponent.

Seguidament, es va pesar amb una balança de precisió entre 1,9 i 2,1 mg de cada mostra, i es va encapsular amb un recipient d'alumini (Figura 3-13). Es va tancar la càpsula amb unes pinces i s'hi va deixar indicat el codi de la mostra i el pes. També es van encapsular mostres control procedents de fulla de melicotoner (NIST 1547) que s'analitzaven per cada 12 mostres de tomàtiga, a mode d'estàndard.



Figura 3-13. Imatge de l'encapsulació d'una mostra al recipient d'alumini des de l'eppendorf. (Laboratori de Fisiologia Vegetal, Edifici Guillem Colom Casanovas, UIB).

El contingut de $\delta^{13}\text{C}$ i el contingut de nitrogen foliar es varen determinar per a cada mostra mitjançant combustió a un analitzador elemental (Thermo Flash EA 1112 Series, Bremen, Alemanya), on el CO_2 i el N_2 es varen injectar directament a un espectròmetre de masses de relació isotòpica amb flux continu (Thermo-Finnigan Delta XP, Bremen, Alemanya) per a analitzar els isòtops (Figura 3-14).



Figura 3-14. Imatge de l'espectròmetre de masses Thermo-Finnigan Delta XP emprat per analitzar els isòtops. (Laboratori de Fisiologia Vegetal, Edifici Guillem Colom Casanovas, UIB).

3.8.4 Imatges captades per dron

Es varen realitzar fotos aèries (Figura 3-4) amb un vehicle aeri no tripulat o dron (FV8, Atyges, Màlaga, Espanya) equipat amb una càmera RGB de 16 mm (Alpha 5000, Sony, Tòquio, Japó)

(Figura 3-15). Amb les imatges aèries s'estimà l'àrea projectada de cada planta (APP), expressada en m², amb el programa Arcgis 10.6.1 (Califòrnia, Estats Units).

El dron estava controlat mitjançant un pilot automàtic per a vols autònoms (AP04, UAV Navigation Madrid, Espanya) i seguia un pla de vol a 30 m sobre el terreny per adquirir imatges de tot el camp on es realitzà l'estudi. Es van utilitzar un total de 25 punts de control per la georeferenciació de les imatges, fets amb una xapa d'acer de 20 x 10 cm i recoberts amb paper d'alumini per facilitar la seva visualització a les imatges.

El vol es va realitzar el 24 d'agost (59 dies des del trasplantament) durant el migdia, per tal d'evitar ombres vegetals que podrien dificultar l'anàlisi de les imatges.



Figura 3-15. Imatge del dron (FV8, Atyges, Màlaga, Espanya) durant l'inici del vol en el camp on es realitza l'estudi, equipat amb una càmera RGB de 16 mm (Alpha 5000, Sony, Tòquio, Japó) i un pilot automàtic (AP04, UAV Navigation Madrid, Espanya).

3.9 Anàlisi de dades

Les variables es varen analitzar mitjançant una anàlisi de variància (ANOVA). Aplicant la prova de comparació múltiple de mitjanes significatives de Duncan, considerant el nivell de significació $p < 0,05$, es cercava revelar diferències significatives entre grups genètics i entre tractaments. Es varen realitzar diagrames de caixa per visualitzar els conjunts de dades per a cada variable i tractament. Per visualitzar les diferències entre tractaments, per cada variable es calculà una ràtio dividint els valors obtinguts per cada genotip en el tractament de dèficit hídric entre el valor del mateix genotip sotmès a control. També es varen realitzar matrius de correlació de Pearson, considerant les correlacions significatives entre paràmetres quan $p < 0,05$,

una anàlisi de components principals. Totes les anàlisis, els diagrames de caixa i l'anàlisi de components principals es varen dur a terme amb el software estadístic R (R Core Team, Viena, Àustria). Per a la realització dels altres gràfics es va utilitzar el software Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft, Washington, Estats Units).

4. Resultats i discussió

4.1 Descripció de variabilitat al tractament control

La Taula 4-1 descriu les diferències entre els distints grups genètics en el tractament control mitjançant taules i diagrames de caixa pels paràmetres: producció, pes específic foliar (LMA), contingut de nitrogen foliar, composició isotòpica de carboni ($\delta^{13}\text{C}$) i àrea projectada de planta (APP).

Taula 4-1. Recopilació dels mínims (Mín), mitjanes (Mit) i màxims (Màx) al tractament control dels paràmetres referents a: la producció, el pes específic foliar (LMA), el contingut de nitrogen foliar, la composició isotòpica de carboni ($\delta^{13}\text{C}$) i l'àrea projectada de planta (APP), per grup genètic. Els valors representen màxims, mínims i mitjanes \pm l'error estàndard ($n = 56$ per modern, $n = 32$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional). Lletres diferents indiquen diferències significatives després d'un test *post-hoc* de Duncan ($p < 0,05$), no s'ha considerat el total ($n = 205$) per l'estadística

	Producció (g planta ⁻¹)			LMA (g m ⁻²)			Nitrogen foliar (mg N g ⁻¹ Pes Sec fulla)			$\delta^{13}\text{C}$ (‰)			APP (m ² planta ⁻¹)		
	Mín	Mit	Màx	Mín	Mit	Màx	Mín	Mit	Màx	Mín	Mit	Màx	Mín	Mit	Màx
Total	155,60 \pm 51,63	3309,85 \pm 138,03	9729 \pm 1349,17	42,90 \pm 1,88	57,93 \pm 0,52	88,28 \pm 7,14	30,32 \pm 9,22	47,46 \pm 0,31	57,51 \pm 3,21	-29,67 \pm 0,21	-28 \pm 0,05	-26,31 \pm 0,59	0,31 \pm 0,13	1,23 \pm 0,03	2,23 \pm 0,85
Modern	155,60 \pm 51,63	2967,19 ^a \pm 291,31	8890,75 \pm 561,35	45,04 \pm 4,30	62,39 ^a 1,14	88,28 \pm 7,14	35,80 \pm 7,47	46,51 ^a \pm 0,55	55,19 \pm 3,08	-29,67 \pm 0,21	-28,54 ^b \pm 0,08	-27,09 \pm 0,42	0,31 \pm 0,13	0,99 ^b \pm 0,06	2,04 \pm 0,21
Heirloom	1292,67 \pm 413,98	3545,25 ^a \pm 279,98	7521,25 \pm 2058,85	44,96 \pm 5,54	59,07 ^b 1,03	70,94 \pm 13,73	30,32 \pm 9,22	46,88 ^a \pm 0,90	55,19 \pm 3,45	-28,79 \pm 0,31	-27,83 ^a \pm 0,09	-26,85 \pm 0,40	0,86 \pm 0,17	1,33 ^a \pm 0,05	1,98 \pm 0,21
Tradicional	486,34 \pm 234,77	3409,47 ^a \pm 181,70	9729 \pm 1349,17	42,90 \pm 1,88	55,48 ^c 0,57	78,18 \pm 32,45	32,33 \pm 8,19	48,07 ^a \pm 0,41	57,51 \pm 3,21	-29,62 \pm 0,43	-27,79 ^a \pm 0,06	-26,31 \pm 0,59	0,58 \pm 0,33	1,33 ^a \pm 0,03	2,23 \pm 0,85

En referència a la producció per planta no s'aprecien diferències significatives entre els nivells de producció dels distints grups genètics (Taula 4-1, Figura 4-1). No obstant això, s'observa que els genotips *heirloom* eren lleugerament més productius, mentre que els moderns ho foren menys. Els valors mitjans obtinguts són lleugerament similars a altres estudis duts a terme prèviament amb tomàtiugeres. Ruiz i Romero (1998) obtingueren aproximadament un 25% més de producció en comparació al present estudi, en condicions similars de reg i nutrients per diferents genotips *heirloom* i moderns. No obstant, cap dels seus genotips coincidien amb el present estudi, per tant podria ser que els seus genotips estaven enfocats en maximitzar la producció sota condicions òptimes.

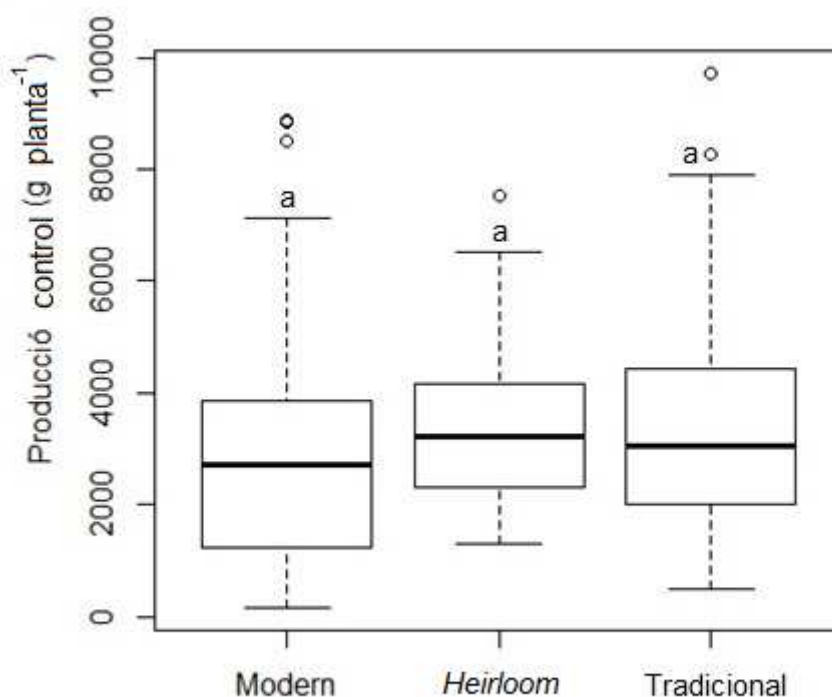


Figura 4-1. Diagrama de caixes que representa les mitjanes de la producció, expressada en g planta⁻¹, per grup genètic. Dins la caixa es troben el 50% de les mesures, travessades per la línia de la mediana. Les línies discontinües representen el 50% restant de les mesures, els punts que queden fora representen valors atípics (n = 56 per modern, n = 32 per *heirloom*, i n = 117 per tradicional). Lletres diferents indiquen diferències significatives després d'un test *post-hoc* de Duncan ($p < 0,05$).

Alguns genotips moderns presenten valors atípics molt elevats comparats amb la mitjana del grup en condicions control i, que corresponen a CGT-001 (8496 g), CGT-058 (8891 g) i CGT-

059 (8831 g). Els genotips *heirloom* presenten més homogeneïtat que els altres genotips, mentre que els genotips tradicionals presenten uns valors atípics que corresponen a CGT-144 (9729 g) i CGT-149 (8266 g) que representen un 4,5% de la producció obtinguda per aquest grup genètic i tractament (Figura 4-1).

Quant al LMA, els genotips moderns varen tenir els valors significativament més alts, mentre els genotips tradicionals els més baixos (Figura 4-2). Els valors obtinguts de LMA són similars als obtinguts a altres estudis (Galmés *et al.*, 2011), on s'estudiaven genotips de *Ramellet* i es comparaven amb altres genotips moderns.

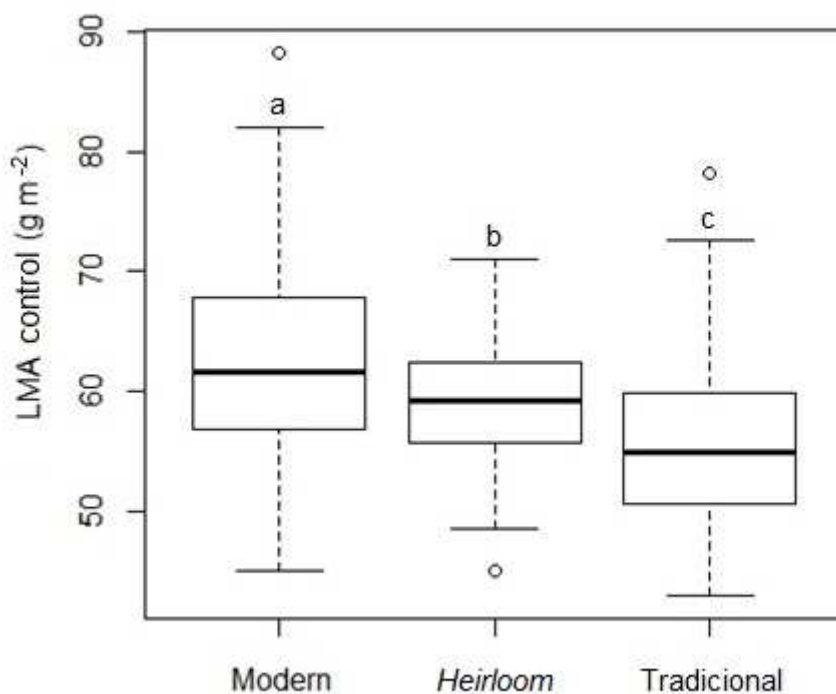


Figura 4-2. Diagrama de caixes que representa les mitjanes del LMA, expressat en g m⁻², per grup genètic. Dins la caixa es troben el 50% de les mesures, travessades per la línia de la mediana. Les línies discontinües representen el 50% restant de les mesures, els punts que queden fora representen valors atípics (n = 56 per modern, n = 32 per *heirloom*, i n = 117 per tradicional). Lletres diferents indiquen diferències significatives després d'un test *post-hoc* de Duncan ($p < 0,05$).

Els genotips moderns presenten una major variabilitat, amb un valor atípic elevat que correspon a la CGT-009 (88,3 g m⁻²) (Figura 4-2), mentre que els genotips *heirloom* presenten menor variabilitat i un valor atípic inferior que correspon a la CGT-060 (44,9 g m⁻²). Els genotips tradicionals presenten un valor atípic elevat que correspon a la CGT-115 (78,2 g m⁻²).

Referent als nivells de nitrogen foliar, encara que s'observen valors lleugerament més alts en els genotips tradicionals, no s'aprecien diferències significatives entre els distints grups genètics (Figura 4-3).

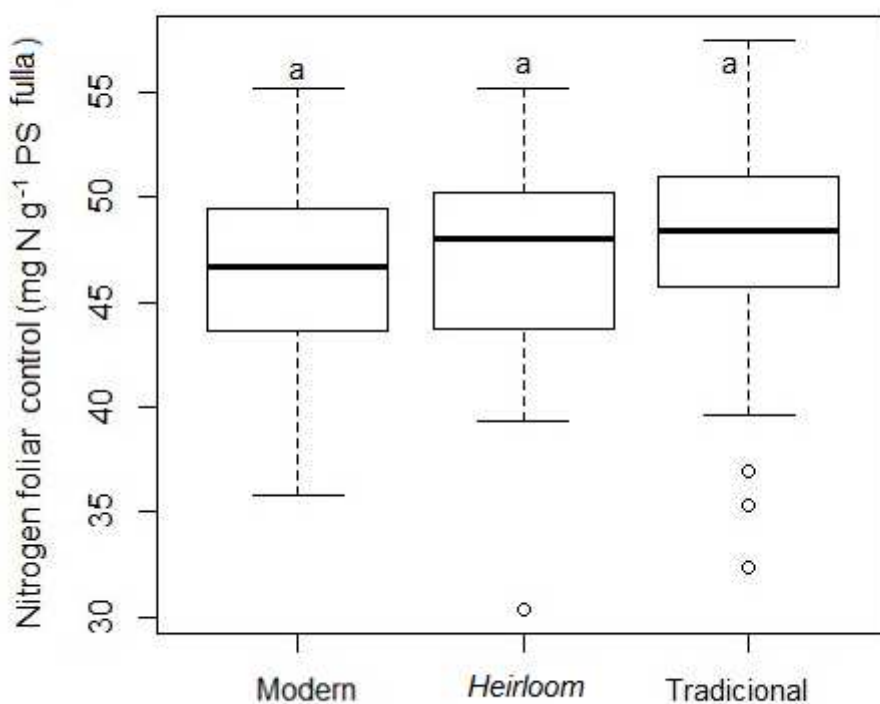


Figura 4-3. Diagrama de caixes que representa les mitjanes del contingut foliar de nitrogen, expressat en mg N g^{-1} Pes Sec fulla, per grup genètic. Dins la caixa es troben el 50% de les mesures, travessades per la línia de la mediana. Les línies discontinües representen el 50% restant de les mesures, els punts que queden fora representen valors atípics ($n = 56$ per modern, $n = 32$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional). Lletres diferents indiquen diferències significatives després d'un test *post-hoc* de Duncan ($p < 0,05$).

Els genotips moderns mostren una tendència a valors inferiors. Els genotips *heirloom* presenten un valor atípic inferior molt baix que correspon a la CGT-066 ($30,3 \text{ mg N g}^{-1}$ PS), mentre que els genotips tradicionals presenten uns valors atípics inferiors que corresponen a CGT-133 ($35,3 \text{ mg N g}^{-1}$ PS), CGT-134 ($36,9 \text{ mg N g}^{-1}$ PS) i CGT-144 ($32,3 \text{ mg N g}^{-1}$ PS) (Figura 4-3).

Respecte al $\delta^{13}\text{C}$, s'aprecia que els genotips moderns presenten valors significativament més negatius mentre que els *heirloom* i els tradicionals els resultats es mantenen similars entre ells (Figura 4-4). Els rangs de variació de $\delta^{13}\text{C}$ en els genotips estudiats són similars en general a

altres estudis de *S. lycopersicum* (Galmés *et al.*, 2011), on els genotips moderns presentaven una tendència a valors més negatius que els tradicionals, tal i com ocorre en el present estudi.

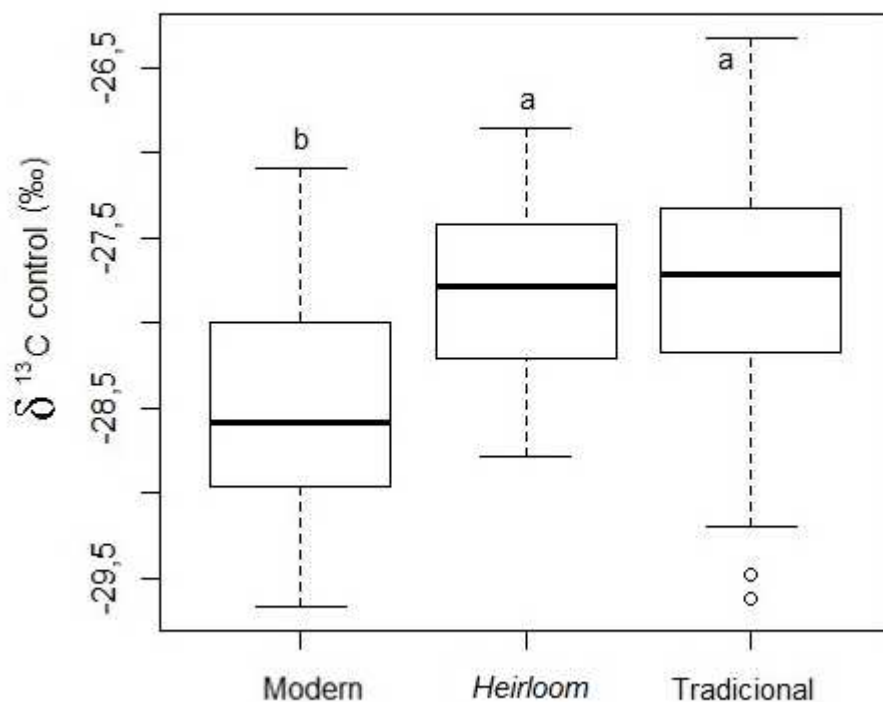


Figura 4-4. Diagrama de caixes que representa les mitjanes de $\delta^{13}\text{C}$, expressat en ‰, per grup genètic. Dins la caixa es troben el 50% de les mesures, travessades per la línia de la mediana. Les línies discontinües representen el 50% restant de les mesures, els punts que queden fora representen valors atípics ($n = 56$ per modern, $n = 32$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional). Lletres diferents indiquen diferències significatives després d'un test *post-hoc* de Duncan ($p < 0,05$).

Els genotips *heirloom* presenten menor variabilitat. S'observa que els genotips tradicionals mostren uns valors atípics inferiors que corresponen a CGT-122 (-29,62‰), CGT-130 (-29,48‰) i CGT-150 (-29,62‰) (Figura 4-4).

Pel que fa a l'APP, s'aprecia que els valors obtinguts en els genotips moderns són significativament menors als altres dos grups genètics, degut al fet que un 80% dels genotips moderns són de creixement determinat (Figura 4-5). Els valors obtinguts coincideixen amb l'estudi de Campillo *et al.* (2010), que mesurà els percentatges de cobertura d'un genotip modern destinat a indústria a distints règims hídrics.

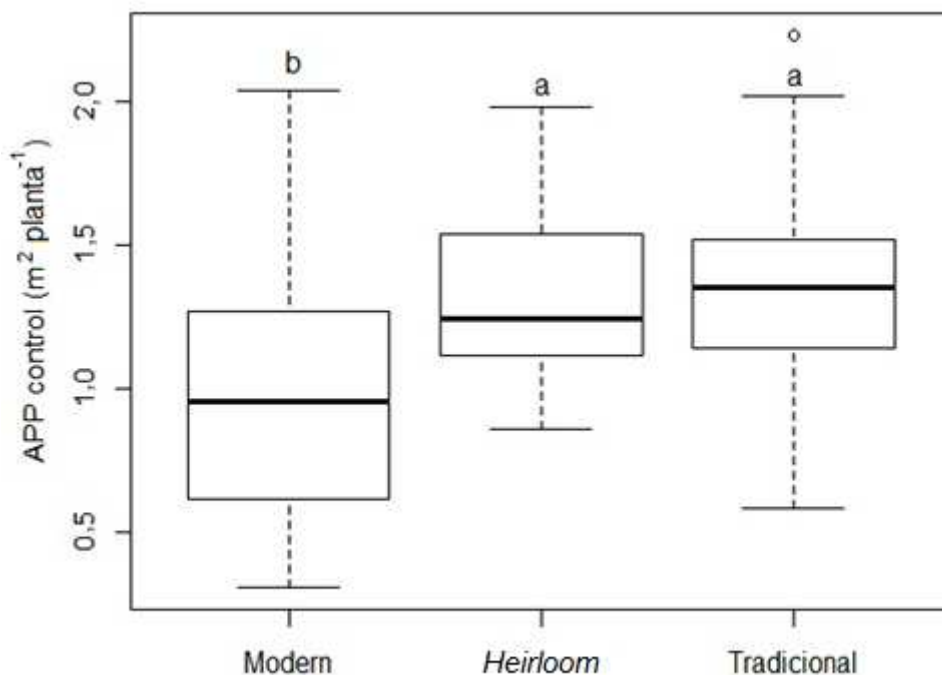


Figura 4-5. Diagrama de caixes que representa les mitjanes de les àrees projectades de planta, expressat en $m^2 \text{ planta}^{-1}$, per grup genètic. Dins la caixa es troben el 50% de les mesures, travessades per la línia de la mediana. Les línies discontinües representen el 50% restant de les mesures, els punts que queden fora representen valors atípics ($n = 56$ per modern, $n = 32$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional). Lletres diferents indiquen diferències significatives després d'un test *post-hoc* de Duncan ($p < 0,05$).

S'observa que els genotips moderns presenten una gran variabilitat respecte als altres dos grups genètics, mentre que els genotips *heirloom* en presenten menys. Els genotips tradicionals presenten valors similars als *heirloom* i un valor atípic que correspon a la CGT-181 ($2,23 \text{ m}^2$) (Figura 4-5).

4.2 Descripció de variabilitat al tractament de dèficit hídric

Tot seguit es descriuen les diferències entre els distints grups genètics en el tractament de dèficit hídric mitjançant taules i diagrames de caixa pels paràmetres mesurats. Es descriuen també les diferències entre tractaments per cada un dels paràmetres mesurats entre els diferents grups genètics mitjançant ràtios representades per diagrames de barres.

Taula 4-2. Recopilació dels mínims (Mín), mitjanes (Mit) i màxims (Màx) dels paràmetres referents a: la producció, el LMA, el contingut de nitrogen foliar, el $\delta^{13}\text{C}$ i l'APP, per grup genètic en el tractament de dèficit hídric. Els valors representen màxims, mínims i mitjanes \pm l'error estàndard (n = 56 per modern, n = 31 per heirloom, i n = 117 per tradicional). Lletres diferents indiquen diferències significatives després d'un test post-hoc de Duncan ($p < 0,05$) entre grups genètics, els asteriscs (*) indiquen diferències significatives del total (n = 204) entre tractaments.

	Producció (g planta ⁻¹)			LMA (g m ⁻²)			Nitrogen foliar (mg N g ⁻¹ Pes Sec fulla)			$\delta^{13}\text{C}$ (‰)			APP (m ² planta ⁻¹)		
	Mín	Mit	Màx	Mín	Mit	Màx	Mín	Mit	Màx	Mín	Mit	Màx	Mín	Mit	Màx
Total	184 \pm 26	2303,74* \pm 88,54	6694,60 \pm 1570,98	39,80 \pm 1,63	59,91* \pm 0,52	83,88 \pm 8,36	31,23 \pm 5,10	47,02 \pm 0,40	63,50 \pm 0	-29,43 \pm 0,35	-26,92* \pm 0,07	-24,73 \pm 0,40	0,20 \pm 0,06	0,95* \pm 0,02	2,06 \pm 0,23
Modern	184 \pm 26	2079,90 ^a \pm 195,04	6694,60 \pm 1570,98	49,87 \pm 6,59	64,46 ^a \pm 0,98	79,11 \pm 8,24	33,64 \pm 3,05	44,99 ^b \pm 0,66	57,31 \pm 2,22	-29,43 \pm 0,35	-27,73 ^b \pm 0,13	-25,75 \pm 0,10	0,20 \pm 0,06	0,74 ^b \pm 0,05	2,06 \pm 0,23
Heirloom	572,80 \pm 152,05	2280,37 ^a \pm 180,75	4714,75 \pm 975,13	47,60 \pm 4,80	59,32 ^b \pm 1,09	73,45 \pm 1,90	37,13 \pm 2,76	47,98 ^a \pm 1,01	61,24 \pm 3,58	-28,15 \pm 0,52	-26,65 ^a \pm 0,10	-25,58 \pm 0,29	0,64 \pm 0,06	1,05 ^a \pm 0,04	1,48 \pm 0,31
Tradicional	255 \pm 175,86	2417,08 ^a \pm 112,82	5375,25 \pm 737,56	39,80 \pm 1,63	57,90 ^b \pm 0,63	83,88 \pm 8,36	31,23 \pm 5,10	47,74 ^a \pm 0,55	63,50 \pm 0	-28,89 \pm 0,23	-26,6 ^a \pm 0,07	-24,73 \pm 0,40	0,50 \pm 0,09	1,02 ^a \pm 0,02	1,58 \pm 0,23

En referència a la producció per planta, no s'aprecien diferències significatives entre els nivells de producció dels distints grups genètics (Taula 4-2, Figura 4-3). No obstant això, s'observa que els genotips moderns foren lleugerament menys productius, mentre que els tradicionals ho foren més.

No s'aprecien diferències significatives de producció entre els distints grups genètics a cap dels dos tractaments (Taula 4-1 i 4-2), el que refusa la hipòtesi inicial plantejada que preveia produccions més baixes als genotips moderns sotmesos a dèficit hídric.

Els valors de producció obtinguts pels genotips són similars a altres estudis realitzats a genotips moderns de *S. lycopersicum* (Arbex de Castro *et al.*, 2017). D'altra banda, les produccions obtingudes en el present estudi al tractament de dèficit hídric són significativament inferiors a les obtingudes al tractament control, com seria d'esperar. Pot ser interessant en futurs estudis valorar l'aplicació de diferents nivells de dèficit hídric a distints genotips per veure fins a quin punt podria compensar aportar menys aigua a costa de perdre una fracció de la producció.

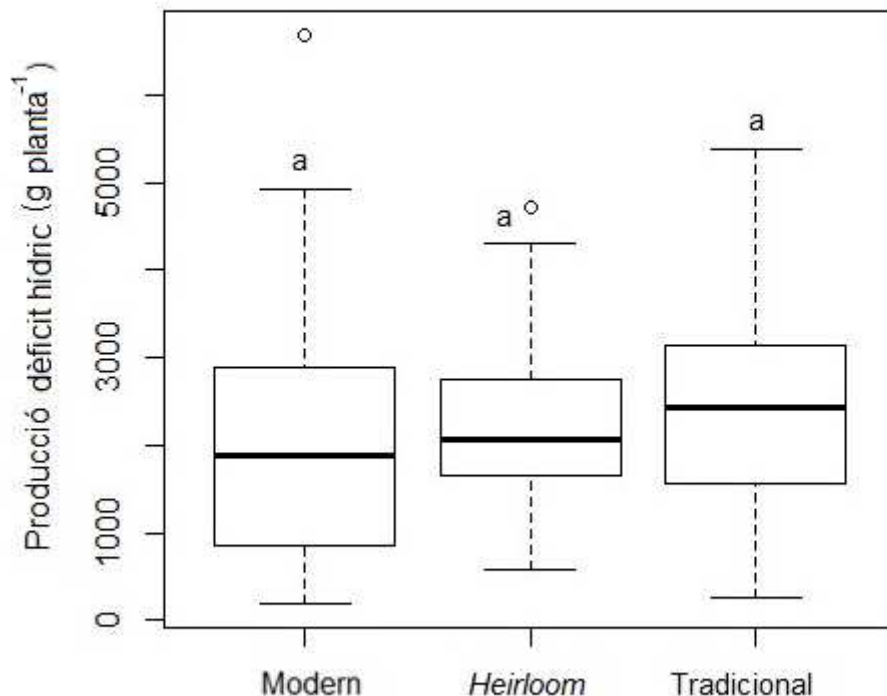


Figura 4-6. Diagrama de caixes que representa les mitjanes de la producció total, expressada en g planta⁻¹, per grup genètic. Dins la caixa es troben el 50% de les mesures, travessades per la línia de la mediana. Les línies discontinües representen el 50% restant de les mesures, els punts que queden fora representen valors atípics (n = 56 per modern, n = 31 per *heirloom*, i n = 117 per tradicional). Lletres diferents indiquen diferències significatives després d'un test *post-hoc* de Duncan ($p < 0,05$).

Els genotips moderns presenten un valor atípic molt elevat que correspon a la CGT-059 (6695 g) (Figura 4-6). La producció mitjana del CGT-059 en el tractament de dèficit hídric respecte al control és d'un 75,8% mentre que la del CGT-058 és d'un 47,7%, corresponent aquests genotips al mateix híbrid comercial de *Ramellet*, empeltat i amb sembra directa respectivament. Les diferències en els nivells de producció entre ells es deu possiblement al fet que la tècnica de l'empelt és eficaç per mitigar les pèrdues de produccions en condicions de dèficit hídric, tal com es demostra a altres estudis (Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2012, Kumar *et al.*, 2017). La producció mitjana del genotip modern CGT-001, que correspon a la tomàtiga *Money Maker*, no coincideix amb l'estudi de Pervez *et al.* (2009), on es varen obtenir com a resultats majors produccions en el mateix genotip tant en el seu tractament control (17,5% majors) com el de dèficit hídric (49% majors), així com menors pèrdues a l'hora de sotmetre'l a dèficit hídric (pèrdues d'un 12,7% al costat d'un 47% de pèrdues obtingudes al present experiment). No obstant això, els resultats de Pervez *et al.* 2009 es basen en cultiu protegit, i és sabut que s'hi obtenen majors produccions que en cultiu obert (Khah *et al.*, 2006, Kanwar, 2011).

Els genotips *heirloom* presenten un valor atípic elevat que correspon a la CGT-072 (4715 g), mentre els genotips tradicionals presenten major homogeneïtat.

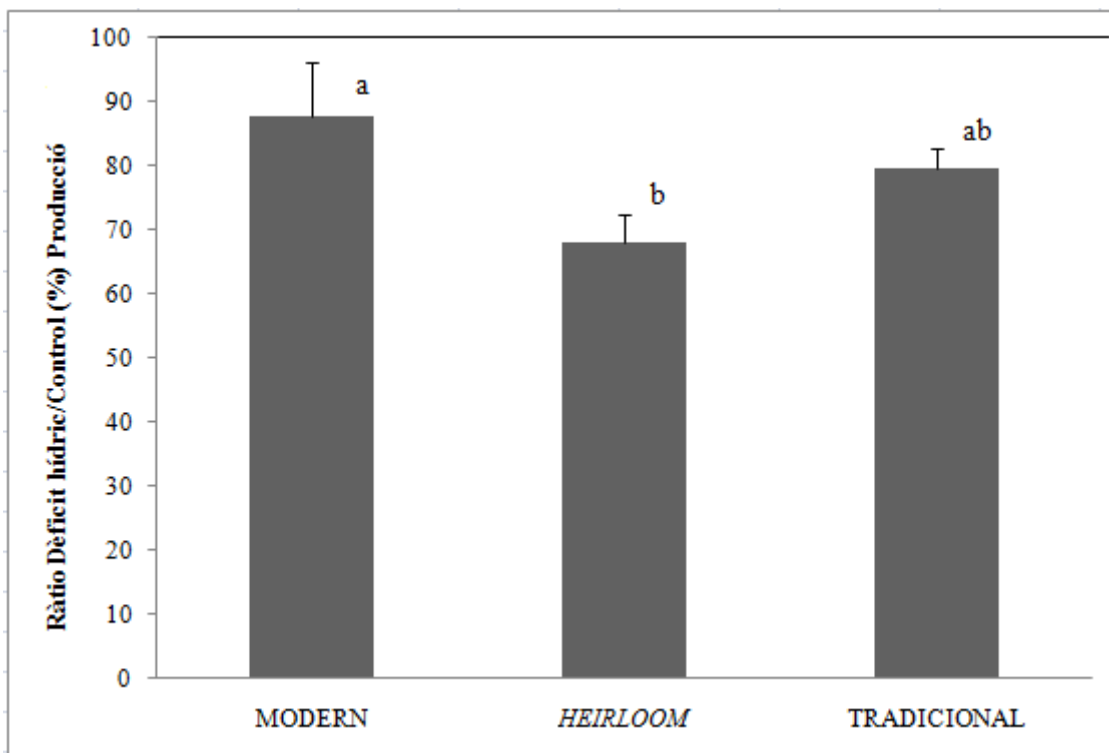


Figura 4-7. Diagrama de barres que representa les ràtios de la producció entre el tractament de dèficit hídric i el control. Els valors representen mitjanes + l'error estàndard ($n = 56$ per modern, $n = 31$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional). Lletres diferents indiquen diferències significatives després d'un test *post-hoc* de Duncan ($p < 0,05$). La línia negra horitzontal marca el punt on no hi havia diferències entre dèficit hídric i control (100%).

Pel que fa la producció del tractament de dèficit hídric respecte el tractament control dels diferents grups genètics, els genotips moderns són els menys influenciats pel tractament de dèficit hídric, tot i no ser els més productius en el tractament control (Taula 4-1). Per l'altre costat, els *heirloom* han estat els més perjudicats pel tractament de dèficit hídric (Figura 4-7).

Quant al LMA, s'aprecien majors valors en els genotips moderns respecte als altres grups genètics (Taula 4-2, Figura 4-8), com ja s'apreciava al tractament control (Figura 4-2). No obstant això, al tractament de dèficit hídric no es trobaren diferències significatives entre els genotips *heirloom* i tradicionals. S'observa que els valors de LMA són significativament superiors quan són sotmesos a dèficit hídric en comparació als mateixos genotips sotmesos al tractament control. Això és en gran part degut a l'engrossiment i rigidesa de les parets cel·lulars del mesòfil (Galmés *et al.*, 2011), descrit com una resposta adaptativa a condicions d'estrès (Poorter *et al.*, 2009).

Els valors obtinguts de LMA en el tractament dèficit hídric són similars als obtinguts a altres estudis (Galmés *et al.*, 2011), on s'estudiaven genotips de *Ramellet* i es comparaven amb altres genotips moderns. Galmés *et al.* (2011) aplicà un estrès menys sever i els nivells de LMA es

varen veure incrementats en aproximadament un 20% en comparació al tractament control. En canvi, en el present estudi els valors de LMA només varen incrementar en aproximadament un 4%. A genotips tradicionals, i especialment a *Ramellet*, la variabilitat intraespecífica és molt elevada. Aquesta variabilitat, ja descrita en condicions òptimes de reg (Fullana-Pericàs *et al.*, 2017), potser també es veu reflectida en condicions de dèficit hídric. Per tant, tot i que es mesura *Ramellet* a ambdós estudis, el fet d'emprar genotips diferents pot explicar aquestes variacions.

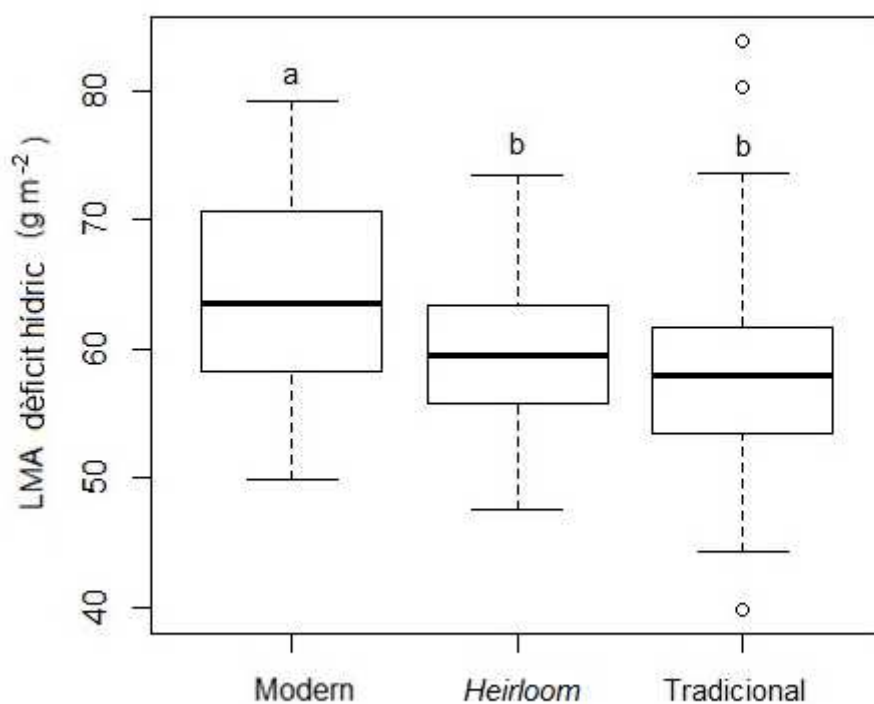


Figura 4-8. Diagrama de caixes que representa les mitjanes del LMA, expressat en g m^{-2} , per grup genètic. Dins la caixa es troben el 50% de les mesures, travessades per la línia de la mediana. Les línies discontinües representen el 50% restant de les mesures, els punts que queden fora representen valors atípics ($n = 56$ per modern, $n = 31$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional). Lletres diferents indiquen diferències significatives després d'un test *post-hoc* de Duncan ($p < 0,05$).

Els genotips *heirloom* presenten una menor variabilitat, mentre els genotips tradicionals presenten uns valors atípics que corresponen al CGT-140 ($39,8 \text{ g m}^{-2}$), el CGT-122 ($80,2 \text{ g m}^{-2}$) i el CGT-155 ($83,9 \text{ g m}^{-2}$) (Figura 4-8).

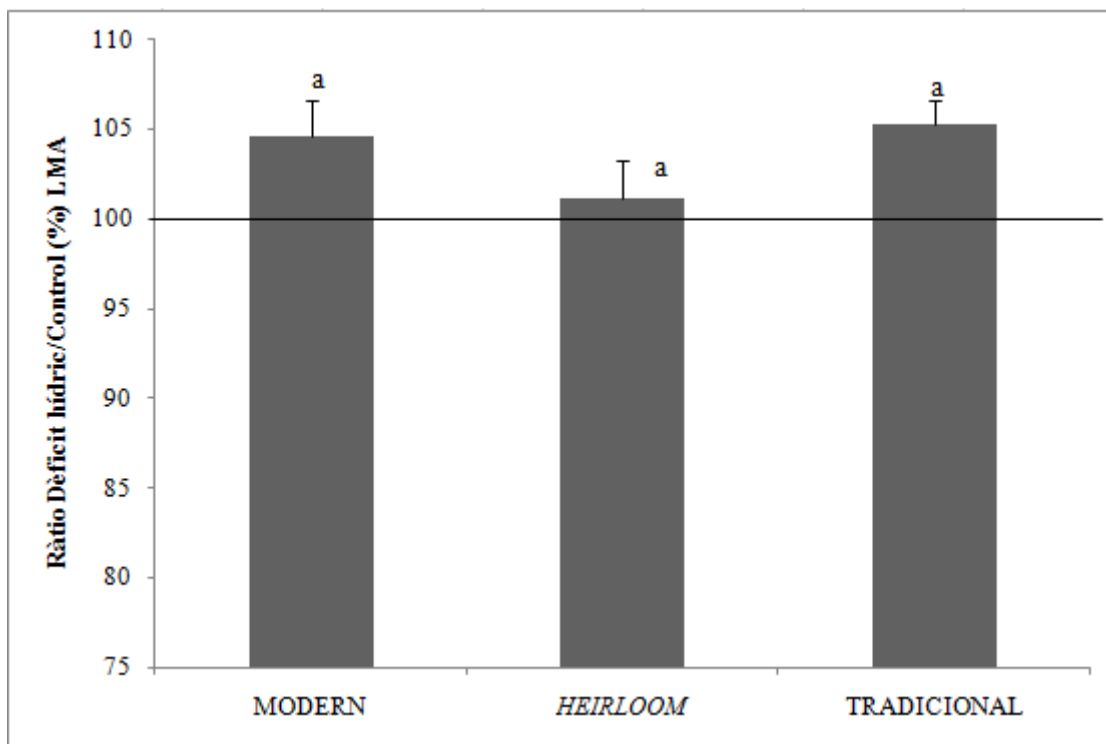


Figura 4-9. Diagrama de barres que representa les ràtios del LMA entre el tractament de dèficit hídric i el control. Els valors representen mitjanes + l'error estàndard ($n = 56$ per modern, $n = 31$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional). Lletres diferents indiquen diferències significatives després d'un test *post-hoc* de Duncan ($p < 0,05$). La línia negra horitzontal marca el punt on no hi havia diferències entre dèficit hídric i control (100%).

Quant al LMA del tractament de dèficit hídric respecte el tractament control dels diferents grups genètics, s'observa que els genotips moderns i tradicionals han presentat una lleugera tendència a majors increments de LMA en condicions de dèficit hídric (Figura 4-9). Aquest increment en els nivells de LMA dels genotips moderns i tradicionals sotmesos a tractament de dèficit hídric en comparació al control podria indicar una adaptació lleugerament més òptima a condicions de dèficit hídric per part d'aquests genotips.

Referent al contingut de nitrogen foliar, els valors obtinguts pels genotips moderns són significativament menors als altres grups genètics (Taula 4-2, Figura 4-10). No s'han trobat diferències significatives entre el tractament de dèficit hídric i el tractament control. Aquests resultats no coincideixen amb altres estudis, on s'aprecia una reducció del contingut de nitrogen quan hi ha una falta d'aigua (Malcolm, 1959, Sinclair *et al.*, 2000). Això sí ocorre pels genotips moderns, que en el tractament de dèficit hídric obtingueren valors més baixos. Una possible explicació a aquest fet és que les plantes sotmeses a dèficit hídric tenen menor biomassa, com es pot observar si es comparen les APP dels diferents tractaments d'aquest estudi. Això indica que les necessitats de nitrogen de la planta podrien ser menors, i per tant no hi hauria diferències en el contingut de nitrogen foliar. En altres estudis s'ha detectat una relació positiva entre la

quantitat de biomassa i el contingut de nitrogen foliar en cultius de soja, arròs i blat de moro sotmesos a diferents nivells de fertilització (Sinclair i Horie, 1987).

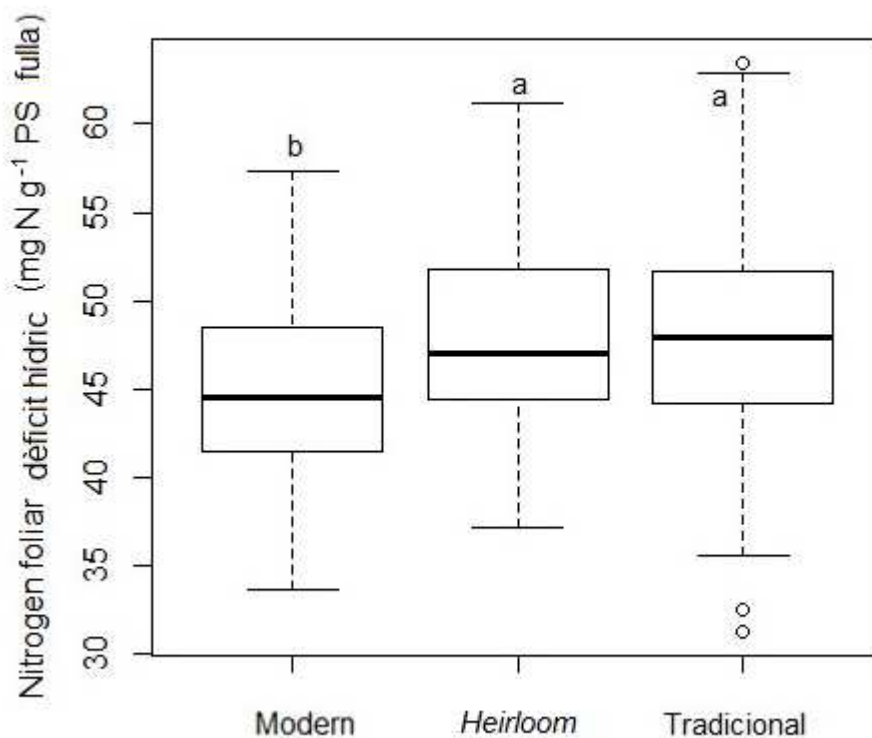


Figura 4-10. Diagrama de caixes que representa les mitjanes del contingut foliar de nitrogen, expressat en mg N g^{-1} Pes Sec fulla, per grup genètic. Dins la caixa es troben el 50% de les mesures, travessades per la línia de la mediana. Les línies discontinües representen el 50% restant de les mesures, els punts que queden fora representen valors atípics ($n = 56$ per modern, $n = 31$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional). Lletres diferents indiquen diferències significatives després d'un test *post-hoc* de Duncan ($p < 0,05$).

S'observa que els genotips tradicionals mostren uns valors atípics inferiors que corresponen al CGT-119 ($31,2 \text{ mg N g}^{-1}$ PS) i el CGT-130 ($32,5 \text{ mg N g}^{-1}$ PS), i un valor atípic elevat que correspon al CGT-165 ($63,5 \text{ mg N g}^{-1}$ PS) (Figura 4-10).

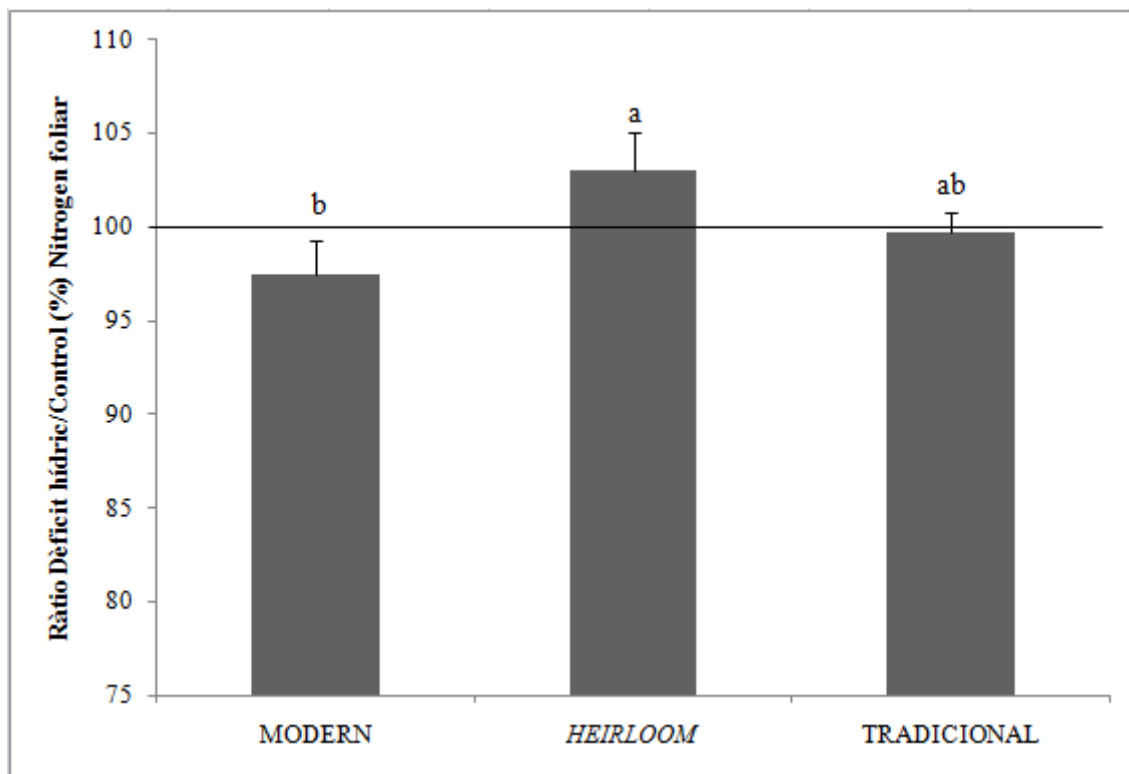


Figura 4-11. Diagrama de barres que representa les ràtios del contingut de nitrogen foliar entre el tractament de dèficit hídric i el control. Els valors representen mitjanes + l'error estàndard ($n = 56$ per modern, $n = 31$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional). Lletres diferents indiquen diferències significatives després d'un test *post-hoc* de Duncan ($p < 0,05$). La línia negra horitzontal marca el punt on no hi havia diferències entre dèficit hídric i control (100%).

Sobre el contingut de nitrogen foliar del tractament de dèficit hídric respecte el tractament control, tot i que no s'observa una reducció significativa degut al dèficit hídric dins cada un dels grups genètics, sí que s'aprecien diferents patrons de resposta al dèficit hídric entre ells (Figura 4-11). Així, existirien diferències entre els genotips moderns i *heirloom*, presentant els primers una reducció en el tractament de dèficit hídric en comparació al control, mentre que els segons presenten un augment. Com s'ha descrit abans, els resultats no coincideixen amb altres estudis, ja que una falta de nutrients i aigua es tradueix a un menor contingut de nitrogen foliar, cosa que només ocorre en els genotips moderns al present estudi. Malgrat això, en el nostre cas es veu una reducció de la producció molt més elevada en els genotips *heirloom* (Figura 4-7), pel que podria ser que les plantes cultivades al present experiment prioritzessin un millor creixement vegetatiu a mantenir la producció en condicions de dèficit hídric.

Respecte al $\delta^{13}\text{C}$, entre tractaments s'observen valors de $\delta^{13}\text{C}$ menys negatius en el tractament de dèficit hídric per a tots els genotips (Taula 4-2) respecte als valors obtinguts en el tractament de control (Taula 4-1), el que indica un major tancament estomàtic en el tractament de dèficit hídric com adaptació a aquestes condicions (Taiz i Zeiger, 2006). Els resultats coincideixen amb

altres estudis, ja que l'eficiència en l'ús de l'aigua es correlaciona amb el $\delta^{13}\text{C}$, és a dir, a menor discriminació del ^{13}C major eficiència en l'ús de l'aigua integrada (Seibt *et al.*, 2008, Easlon *et al.*, 2013). Els rangs de variació obtinguts de $\delta^{13}\text{C}$ en els genotips estudiats són similars en general a altres estudis de *S. lycopersicum* realitzats a genotips tradicionals i moderns (Galmés *et al.*, 2011). Entre grups genètics, s'aprecia que els genotips moderns presenten valors més negatius, mentre que entre els *heirloom* i els tradicionals no hi va haver diferències (Figura 4-12), com ja s'apreciava al tractament control (Figura 4-4). Aquest fet indica que els genotips moderns han tolerat fisiològicament el dèficit hídric en comparació als altres genotips. No obstant això, les produccions dels genotips moderns són més baixes en comparació als altres genotips, el que pot indicar que aquests genotips varen créixer menys o les temperatures eren tan elevades que les flors varen avortar. Les temperatures per sobre de 29°C poden causar una caiguda de flors en el cultiu de la tomàtiga (Ozores-Hampton *et al.*, 2012), i es superen àmpliament aquestes temperatures durant l'experiment (Figura 3-2). La tomàtiga pot tolerar temperatures extremes per curts períodes de temps, no obstant això, una sèrie de dies seguits fora del rang de temperatures òptim (21-29°C) pot causar avortaments florals per centrar-se en la supervivència de la planta (Ozores-Hampton *et al.*, 2012). D'altra banda, el vent pot causar el dessecament de les flors o una caiguda d'aquestes. Així i tot, existeixen varietats més tolerants a aquestes condicions (Ozores-Hampton *et al.*, 2012).

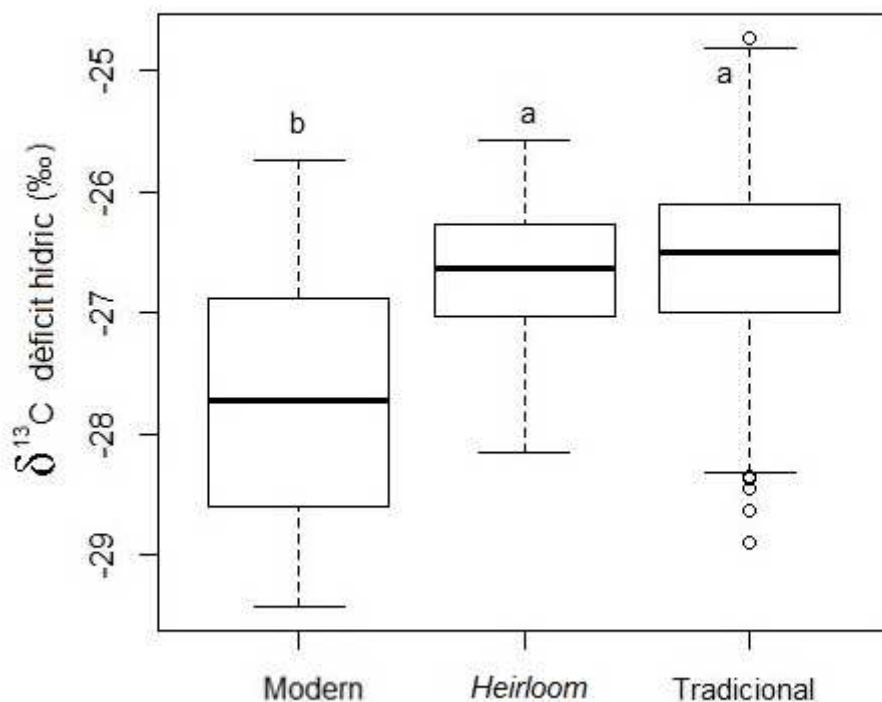


Figura 4-12. Diagrama de caixes que representa les mitjanes del $\delta^{13}\text{C}$, expressat en ‰, per grup genètic. Dins la caixa es troben el 50% de les mesures, travessades per la línia de la mediana. Les línies discontinües representen el 50% restant de les mesures, els punts que queden fora representen valors atípics ($n = 56$ per modern, $n = 31$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional). Lletres diferents indiquen diferències significatives després d'un test *post-hoc* de Duncan ($p < 0,05$).

Els genotips moderns presenten una gran variabilitat, en contraposició als genotips *heirloom* (Figura 4-12). Els genotips moderns han obtingut valors més negatius en $\delta^{13}\text{C}$, ja que els estomes es trobaven més oberts, facilitant la pèrdua d'aigua, el que es tradueix a una menor eficiència en l'ús de l'aigua (Taiz i Zeiger, 2006).

Els genotips tradicionals presenten nombrosos valors atípics. Dins aquest grup genètic, cal destacar el genotip CGT-130 (*Allungato a fiasco*), que presenta un valor molt negatiu (-28,9‰), similar al valor obtingut en tractament control (-29,48‰). La producció d'aquest genotip en el tractament control respecte al de dèficit hídric només es va veure reduïda en un 11% (passant de 6058 g a 5375 g), el que ens indica que aquest genotip no es va veure gaire afectat pel tractament de dèficit hídric. De manera similar, el genotip CGT-122 (PI15250) presenta valors similars de $\delta^{13}\text{C}$ a ambdós tractaments (-29,62‰ en el tractament control i -28,63‰ en dèficit

hídric) i una reducció de la producció en el tractament de dèficit hídric respecte al control d'un 21% (de 2871 g a 2261 g). El mateix ocorre amb el CGT-150 (520P IT025), on la producció en el tractament de dèficit hídric respecte al control es veié reduïda en només un 11% (de 3549 g a 3126 g) per valors similars de $\delta^{13}\text{C}$ a ambdós tractaments (-29,62‰ en el tractament control i -28,37‰ en dèficit hídric).

Per altra banda, el genotip tradicional CGT-140 (770P) que presentà un valor de $\delta^{13}\text{C}$ molt negatiu en dèficit hídric (-28,63‰), mostrà unes pèrdues de producció en el tractament de dèficit hídric respecte al tractament control d'un 67% (passant de 7752 g a 2518 g), el que es tradueix a una mala eficiència en l'ús de l'aigua i una mala adaptació al dèficit hídric. El mateix ocorre amb el genotip tradicional CGT-144 (*Vesuviano Pizzo*), que presenta valors de $\delta^{13}\text{C}$ molt negatius en condicions de dèficit hídric (-28,35‰) i la seva producció en el tractament de dèficit hídric respecte al tractament control es veié reduïda un 67% (de 9729 g a 3187 g). Altrament, el genotip tradicional CGT-186 (*Ramellet*) va presentar valors de $\delta^{13}\text{C}$ menys negatius (-24,73‰) en el tractament de dèficit hídric i una disminució de la producció en el tractament de dèficit hídric respecte al tractament control d'un 71% (de 5290 g a 1516 g). La pèrdua de producció en el tractament de dèficit hídric acompanyada de valors menys negatius de $\delta^{13}\text{C}$ indiquen que el genotip ha presentat dificultats a l'hora d'adaptar-se a aquest tractament (Taiz i Zeiger, 2006).

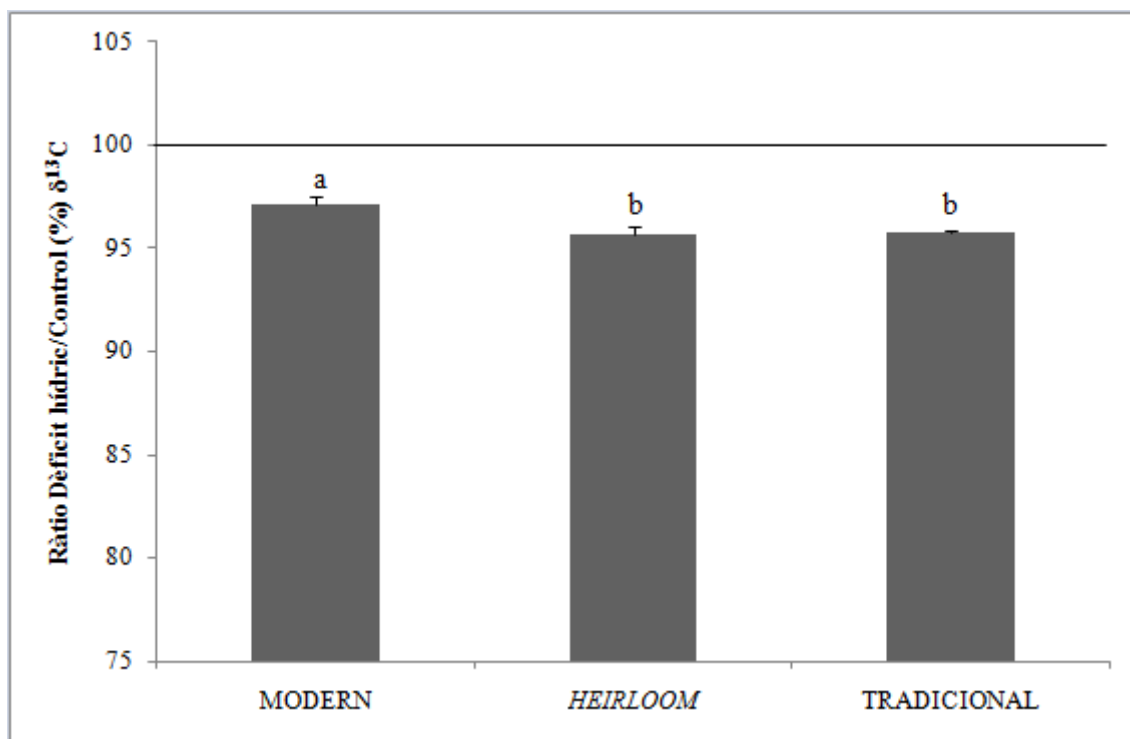


Figura 4-13. Diagrama de barres que representa les ràtios del $\delta^{13}\text{C}$ entre el tractament de dèficit hídric i el control. Els valors representen mitjanes + l'error estàndard ($n = 56$ per modern, $n = 31$ per *heirloom*, i $n = 117$ per

tradicional). Lletres diferents indiquen diferències significatives després d'un test *post-hoc* de Duncan ($p < 0,05$). La línia negra horitzontal marca el punt on no hi havia diferències entre dèficit hídric i control (100%).

Pel que fa al $\delta^{13}\text{C}$ del tractament de dèficit hídric respecte el tractament control, els genotips moderns han presentat menys diferències en $\delta^{13}\text{C}$ entre els dos tractaments en comparació als altres grups genètics (Figura 4-13). Això pot ser degut a estratègies diferents a l'hora de combatre el dèficit hídric: els genotips tradicionals i *heirloom* aguanten més amb els estomes tancats o mig oberts per evitar una pèrdua excessiva d'aigua per transpiració, que implica valors menys negatius de $\delta^{13}\text{C}$ (Taiz i Zeiger, 2006). Per un altre costat, els genotips moderns poden tenir els estomes completament oberts però durant menys temps. Així i tot, els genotips moderns sotmesos al tractament de dèficit hídric han obtingut unes pèrdues de producció respecte al tractament control similars als genotips tradicionals, el que indica que tot i que els genotips moderns no s'hagin vist afectats a nivell fisiològic sí que s'han vist afectats a nivell productiu per les condicions de dèficit hídric.

Cal destacar que tot i que els valors de $\delta^{13}\text{C}$ es van veure igual d'afectats pels genotips tradicionals i *heirloom* quan s'aplica dèficit hídric, la producció dels genotips *heirloom* es va veure molt més afectada (Figura 4-7). Això pot indicar que els genotips *heirloom* varen patir estrès en forma d'avortaments florals o manca de creixement.

Pel que fa a l'APP, s'aprecia que els valors en els genotips moderns són significativament menors als altres dos grups genètics (Taula 4-2, Figura 4-14). Aquest fet és degut a que gran part dels genotips moderns són de creixement determinat. Els valors d'APP es segueixen mantenint similars en els genotips *heirloom* i tradicionals sotmesos a dèficit hídric, com ja s'apreciava al tractament control. Existeixen diferències significatives entre tractaments, observant uns valors d'APP més elevats en els genotips sotmesos al tractament control. Els valors obtinguts coincideixen amb altres estudis (Campillo *et al.*, 2010) quan es comparen els percentatges de cobertura obtinguts. Campillo *et al.* (2010), aplicà un estrès menys sever, i observà una reducció de l'APP d'un 10% en el tractament de dèficit hídric, en comparació a la reducció del 20% obtinguda en el present estudi. Això podria indicar la gran sensibilitat del paràmetre APP a distints nivells d'irrigació i la seva utilitat com indicador de dèficit hídric en *S. lycopersicum*.

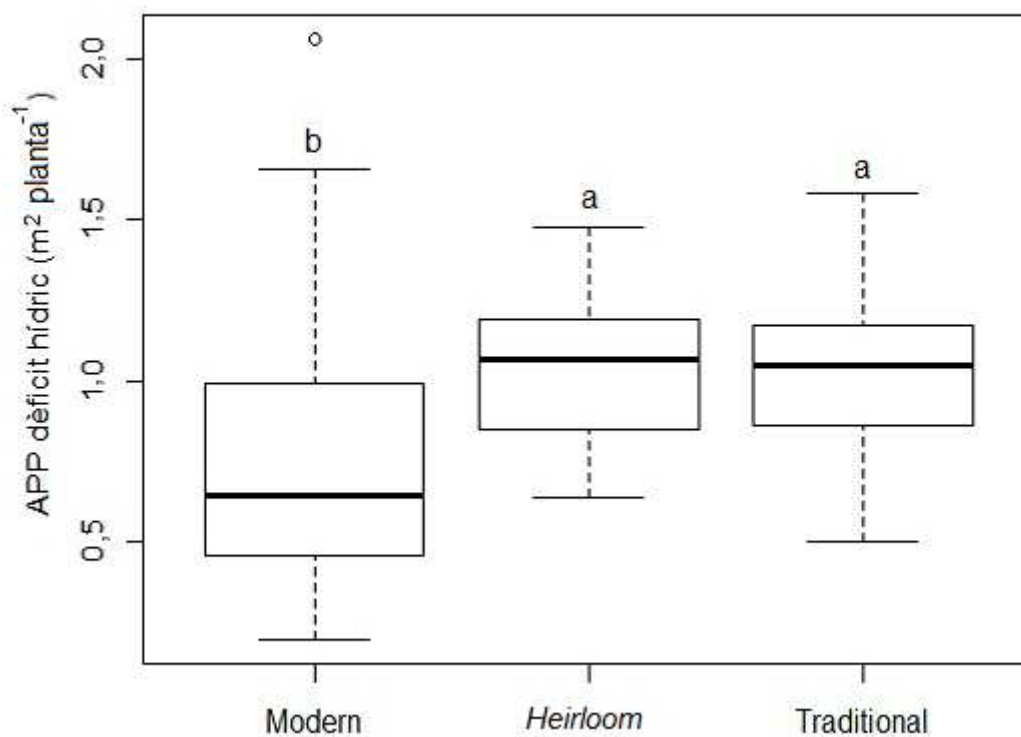


Figura 4-14. Diagrama de caixes que representa les mitjanes de les àrees de planta, expressat en $\text{m}^2 \text{planta}^{-1}$, per grup genètic. Dins la caixa es troben el 50% de les mesures, travessades per la línia de la mediana. Les línies discontinües representen el 50% restant de les mesures, els punts que queden fora representen valors atípics ($n = 56$ per modern, $n = 31$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional). Lletres diferents indiquen diferències significatives després d'un test *post-hoc* de Duncan ($p < 0,05$).

S'observa que els genotips moderns presenten una alta variabilitat (Figura 4-14), tal i com passava al tractament control (Figura 4-5), i un valor atípic elevat que correspon al CGT-007 ($2,06 \text{ m}^2$).

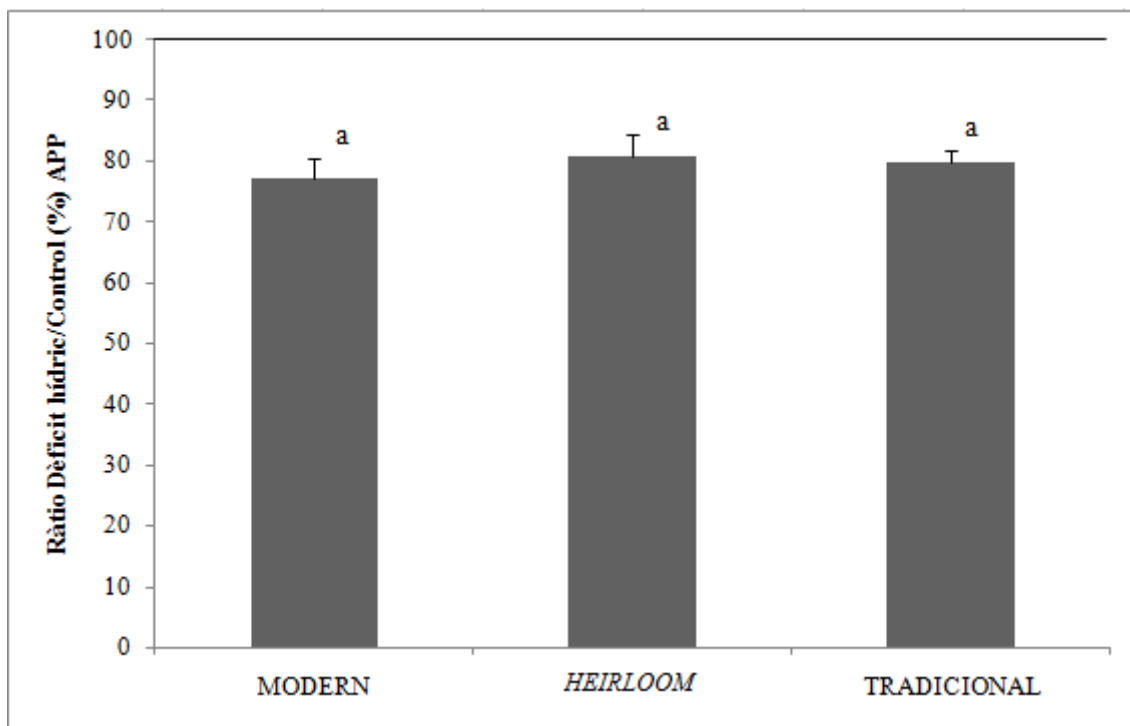


Figura 4-15. Diagrama de barres que representa les ràtios de l'àrea projectada de planta entre el tractament de dèficit hídric i el control. Els valors representen mitjanes + l'error estàndard ($n = 56$ per modern, $n = 31$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional). Lletres diferents indiquen diferències significatives després d'un test *post-hoc* de Duncan ($p < 0,05$). La línia negra horitzontal marca el punt on no hi havia diferències entre dèficit hídric i control (100%).

Referent a les ràtios, el tractament de dèficit hídric va afectar per igual a l'àrea de la planta de tots els genotips (Figura 4-15).

4.3 Relació dels paràmetres mesurats amb la producció

A continuació es mostren les correlacions existents entre la producció i la resta de paràmetres mesurats mitjançant una matriu de correlacions i diagrames de dispersió, distingint entre grup genètic i tractament.

Taula 4-3. Matriu de correlacions entre la producció i el LMA, el contingut de nitrogen foliar, el $\delta^{13}\text{C}$ i l'APP. (Control: n = 56 per modern, n = 32 per *heirloom*, i n = 117 per tradicional. Dèficit hídric: n = 56 per modern, n = 31 per *heirloom*, i n = 117 per tradicional. n = 409 pel total). La significança de la correlació (r) es simbolitza com: *, $p < 0,05$; **, $p < 0,01$; ***, $p < 0,005$.

	LMA (g m ⁻²)	Nitrogen foliar (mg N g ⁻¹ Pes Sec fulla)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	APP (m ² planta ⁻¹)
Total	-0,14***	-0,16***	-0,17***	0,45***
Control	-0,06	-0,23***	-0,01	0,41***
Modern	-0,24	0,09	0,3*	0,5***
<i>Heirloom</i>	0,06	-0,5***	0,1	0,46**
Tradicional	0,11	-0,35***	-0,28***	0,33***
Dèficit hídric	-0,19**	-0,14*	-0,03	0,33***
Modern	-0,09	0,07	0,24	0,43***
<i>Heirloom</i>	0,13	-0,31	-0,11	0,01
Tradicional	-0,26***	-0,26**	-0,35***	0,28***

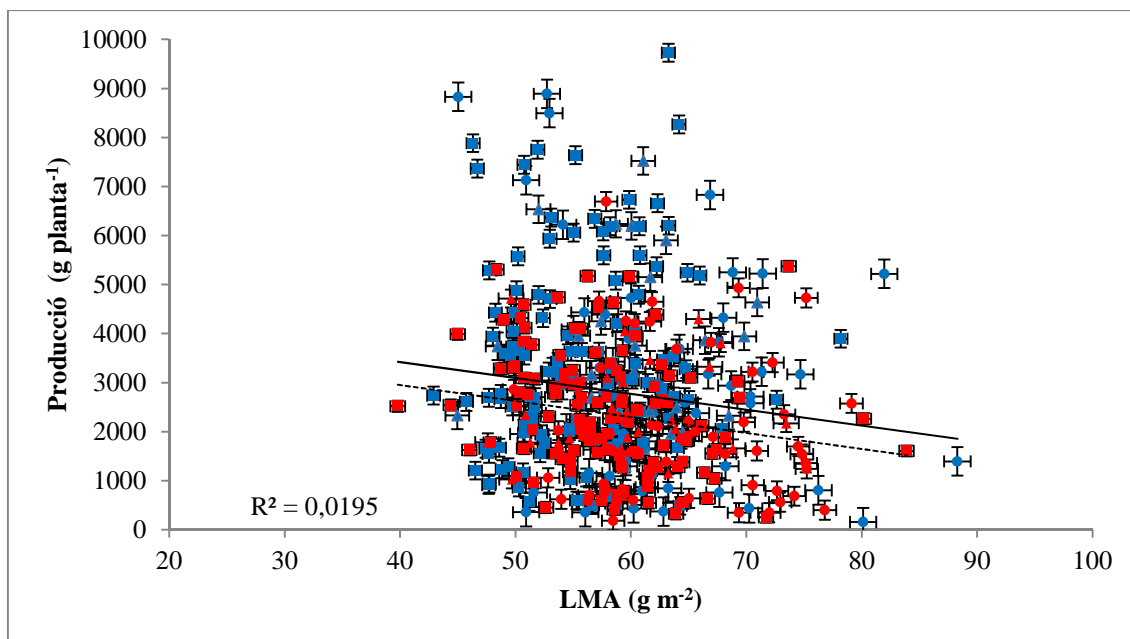


Figura 4-16. Gràfic de dispersió que representa la correlació entre la producció expressada en g planta^{-1} i el LMA expressat en g m^{-2} (Control: $n = 56$ per modern, $n = 32$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional. Dèficit hídric: $n = 56$ per modern, $n = 31$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional. $n = 409$ pel total). Els valors representen mitjanes \pm l'error estàndard. Les línies representen correlacions significatives ($p < 0,05$) entre els genotips d'ambdós tractaments (línia sòlida) i els sotmesos a tractament de dèficit hídric (línia de guions). L' R^2 fa referència a la correlació dels genotips d'ambdós tractaments, que presenta una equació $y = -32,4x + 4717$. Els símbols representen grups genètics i segueixen: \circ modern, Δ *heirloom*, \square tradicional. Els símbols blaus representen els genotips sotmesos al tractament control, mentre que els símbols vermells representen els sotmesos a dèficit hídric.

Existeix una correlació negativa entre la producció i el LMA dels genotips sotmesos a tractament de dèficit hídric, apreciant menors produccions a majors valors de LMA (Figura 4-16). Aquesta correlació pot ser deguda al fet que el tractament de dèficit hídric afecta directament als dos paràmetres, encara que no es trobin directament relacionats, ja que en el tractament control no s'aprecia una correlació significativa (Taula 4-3). Segons altres estudis, els valors de LMA presenten increments en condicions de falta de nutrients i sobretot en condicions de dèficit hídric, a causa d'adaptacions morfològiques dels genotips (Poorter *et al.*, 2009), i aquestes condicions sempre afecten negativament a les produccions (Martínez-Rodríguez, 2017).

Aquesta correlació també és altament significativa en els genotips tradicionals sotmesos al tractament de dèficit hídric ($r = -0,26$, $p = 0,0047$), però no en els altres grups genètics. Això pot ser degut al fet que els genotips *heirloom* no varen incrementar els valors de LMA en el tractament de dèficit hídric com els altres i els genotips moderns varen presentar una menor pèrdua de producció (Figures 4-9 i 4-7).

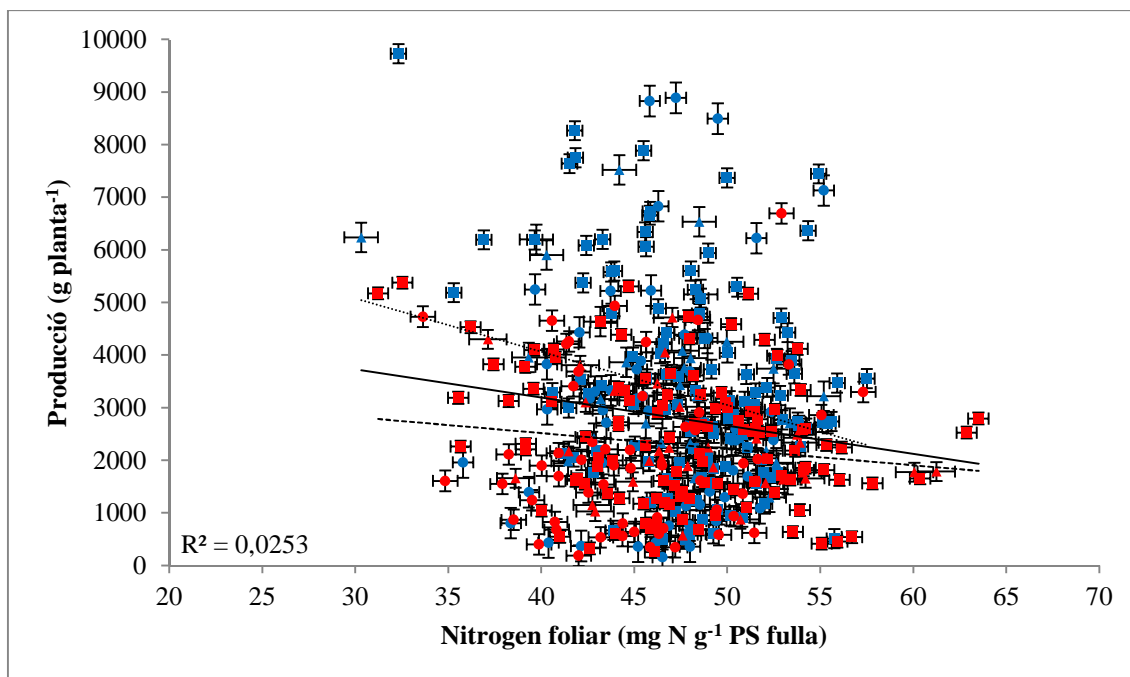


Figura 4-17. Gràfic de dispersió que representa la correlació entre la producció expressada en g planta^{-1} i el nitrogen foliar expressat en mg N g^{-1} Pes Sec fulla (Control: $n = 56$ per modern, $n = 32$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional. Dèficit hídric: $n = 56$ per modern, $n = 31$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional. $n = 409$ pel total). Els valors representen mitjanes \pm l'error estàndard. Les línies representen correlacions significatives ($p < 0,05$) entre els genotips d'ambdós tractaments (línia sòlida), els sotmesos a tractament control (línia de punts) i els sotmesos a tractament de dèficit hídric (línia de guions). L' R^2 fa referència a la correlació dels genotips d'ambdós tractaments, que presenta una equació $y = -53,491x + 5334,9$. Símbols com en la Figura 4-16.

La producció i el contingut de nitrogen foliar també es correlacionen negativament tant en els genotips sotmesos a tractament control com els sotmesos a dèficit hídric, apreciand menors produccions a majors valors de nitrogen foliar (Figura 4-17). No obstant això, en els genotips moderns s'ha detectat una tendència positiva a ambdós tractaments (Taula 4-3). Aquests resultats en els genotips moderns coincideixen amb l'estudi de Hartz i Bottoms (2009), on es va observar que a genotips destinats a indústria el nitrogen foliar es correlacionava positivament amb el nitrogen total de la planta, i aquest es correlacionava positivament amb la producció.

En els genotips tradicionals la correlació entre producció i nitrogen foliar és negativa i altament significativa per ambdós tractaments. Això podria indicar que una acumulació de nitrogen en la fulla pot ser degut a un mecanisme de supervivència dels genotips tradicionals, tal com ocorre a altres espècies, on s'observa un augment de nitrogen foliar en condicions de dèficit hídric a causa d'un ús més eficient del nitrogen disponible (Weih *et al.*, 2011). Ara bé, aquestes diferències en el comportament dels nivells de nitrogen foliar dels distints grups genètics en el tractament de dèficit hídric podrien estar relacionades en com la distribució del nitrogen en la

planta és influenciada per l'aigua disponible en el sòl (Khasanova *et al.*, 2013), ja que les plantes poden tenir distintes formes de distribuir el nitrogen en situacions d'estrès.

L'increment del nitrogen foliar en condicions de dèficit hídric podria ser una adaptació funcional i el seu estudi és potencialment rellevant en la millora de varietats per que puguin adaptar-se a les condicions futures de canvi climàtic.

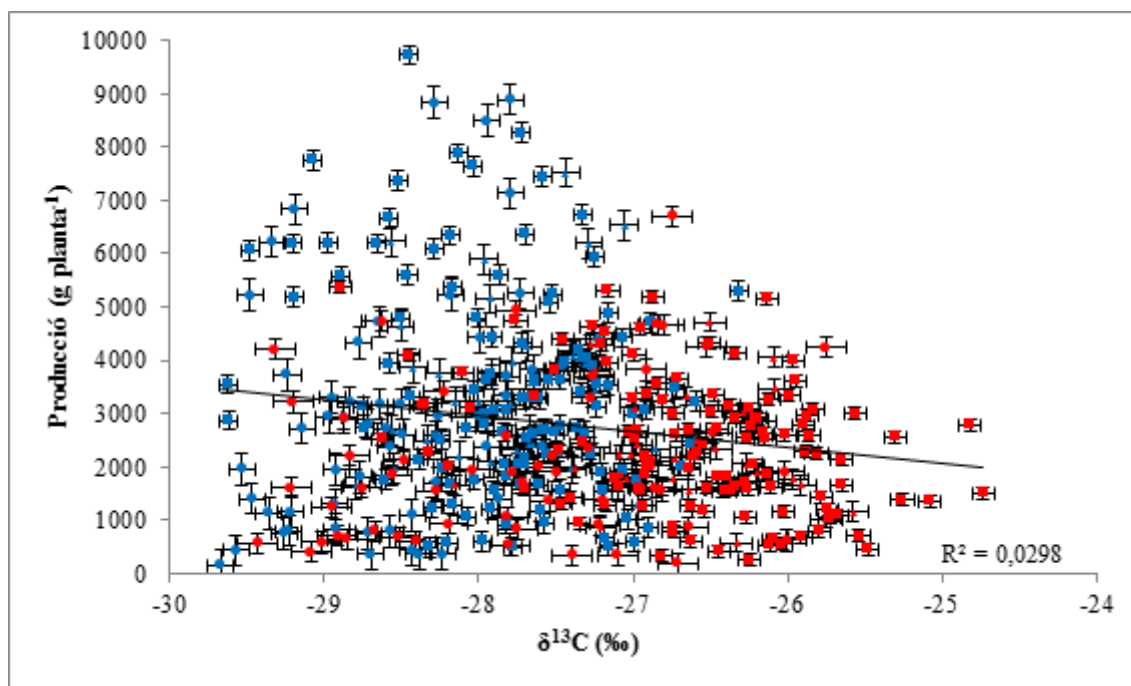


Figura 4-18. Gràfic de dispersió que representa la correlació entre la producció expressada en g planta^{-1} i el $\delta^{13}\text{C}$ expressat en ‰ (Control: $n = 56$ per modern, $n = 32$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional. Dèficit hídric: $n = 56$ per modern, $n = 31$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional. $n = 409$ pel total). Els valors representen mitjanes \pm l'error estàndard. La línia representa una correlació significativa ($p < 0,05$) entre els genotips d'ambdós tractaments. L' R^2 fa referència a la correlació dels genotips d'ambdós tractaments, que presenta una equació $y = -300,47x - 5443,2$. Símbols com en la Figura 4-16.

La producció i el $\delta^{13}\text{C}$ dels genotips sotmesos al tractament control i dèficit hídric es correlacionen negativament, és a dir, quan es comparen totes les dades s'aprecien menors produccions a valors menys negatius de $\delta^{13}\text{C}$ (Figura 4-18). Això és a causa de les diferències dels valors de $\delta^{13}\text{C}$ entre tractaments (Figura 4-13), ja que un ambient de dèficit hídric té efectes al $\delta^{13}\text{C}$ de la planta (Seibt *et al.*, 2008). Les plantes sotmeses a dèficit hídric han hagut de ser més eficients en l'ús de l'aigua, sacrificant la producció. Aquesta correlació negativa entre producció i $\delta^{13}\text{C}$ també s'ha observat a altres estudis (Galmés *et al.*, 2011).

En canvi, no s'aprecien correlacions significatives entre producció i $\delta^{13}\text{C}$ en els genotips sotmesos al mateix tractament (Taula 4-3), ja que la correlació es dona quan s'analitzen totes les dades degut a la relació existent entre producció i eficiència en l'ús de l'aigua, mentre que per cada tractament per separat aquesta relació entre producció i $\delta^{13}\text{C}$ no es va donar.

Observant els grups genètics, només en els genotips tradicionals s'ha trobat una correlació significativa entre producció i $\delta^{13}\text{C}$, tan aïllant els casos del tractament control com els de dèficit hídric. Aquest fet és probablement degut a l'elevada variabilitat genètica dels genotips tradicionals (Fullana-Pericàs *et al.*, 2017) i l'elevat nombre de genotips analitzats ($n = 117$). L'ús del $\delta^{13}\text{C}$ pot ser una eina útil per seleccionar genotips amb tolerància a la sequera, seleccionant aquells que produeixin més per certs nivells de $\delta^{13}\text{C}$ en dèficit hídric, tal com es pot fer amb altres cultius (Rytter, 2004, Arms *et al.*, 2016).

Cal destacar que els genotips moderns del tractament control varen presentar una correlació positiva (Taula 4-3) A la vegada, no s'aprecien diferències significatives en els valors de $\delta^{13}\text{C}$ entre tractaments en els genotips moderns (Figura 4-13). Això indica que els genotips moderns podrien seguir una estratègia diferent a l'hora de combatre els estressos, com limitar el nombre de fulles, l'àrea de la planta o acurçar la durada del cycle biològic (Farooq *et al.*, 2009) ja que, com s'ha descrit anteriorment, no s'han vist tant afectats a nivell fisiològic com els altres grups genètics.

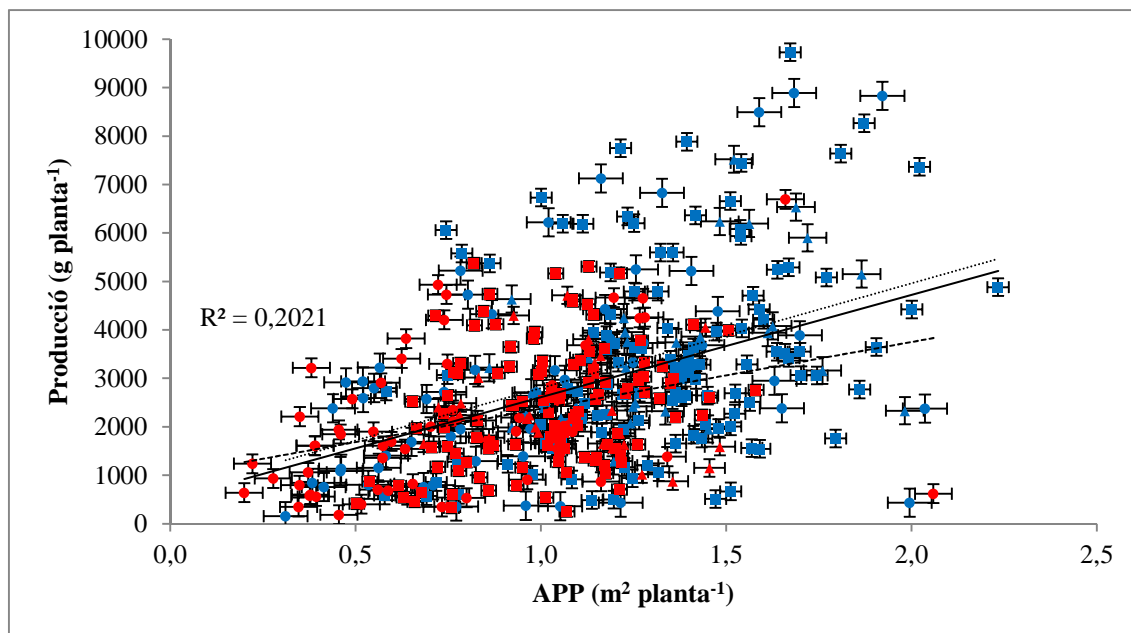


Figura 4-19. Gràfic de dispersió que representa la correlació entre la producció expressada en g planta^{-1} i l'APP expressada en $\text{m}^2 \text{planta}^{-1}$ (Control: $n = 56$ per modern, $n = 32$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional. Dèficit hídric: $n = 56$ per modern, $n = 31$ per *heirloom*, i $n = 117$ per tradicional. $n = 409$ pel total). Els valors representen mitjanes \pm

l'error estàndard. Les línies representen correlacions significatives ($p < 0,05$) entre els genotips d'ambdós tractaments (línia sòlida), els sotmesos a tractament control (línia de punts) i els sotmesos a tractament de dèficit hídric (línia de guions). L' R^2 fa referència a la correlació dels genotips d'ambdós tractaments, que presenta una equació $y = 2109,9x + 505,33$. Símbols com en la Figura 4-16.

Sobre la producció i l'APP, es va observar una correlació positiva tant en els genotips sotmesos al tractament control com els sotmesos a dèficit hídric, apreciant majors produccions a majors valors d'APP (Figura 4-19). Observant els genotips moderns per separat, la correlació entre producció i APP no és significativa per cap d'ambdós tractaments (Taula 4-3). Aquest fet és deu probablement a que un 80% dels genotips moderns són de creixement determinat, que implica un comportament vegetatiu distint a la resta de genotips.

Campillo *et al.* 2010 descriu una correlació positiva entre LAI (*leaf area index*) i APP obtinguda amb un dron en el cultiu de *Solanum lycopersicum* i *Brassica oleracea* var. *botrytis*. De fet, s'ha aconseguit estimar el LAI d'espècies arbòries mitjançant fotografies aèries (Phu La *et al.*, 2013), també a altres cultius com *Solanum tuberosum* (Boyd *et al.*, 2002, Roosjen *et al.*, 2017). Per tant, l'APP extreta amb un dron ens pot donar una idea aproximada del LAI de la planta d'una manera ràpida i no destructiva, i és sabut que, fins un cert punt, a majors LAI es troben majors productivitats (Abukhovich *et al.*, 2009, Matsuda *et al.*, 2011).

4.4 Anàlisi de components principals (PCA)

Es realitzaren anàlisis de components principals dels distints grups genètics segons el tractament al qual foren sotmesos, i finalment es realitzà per totes les dades.

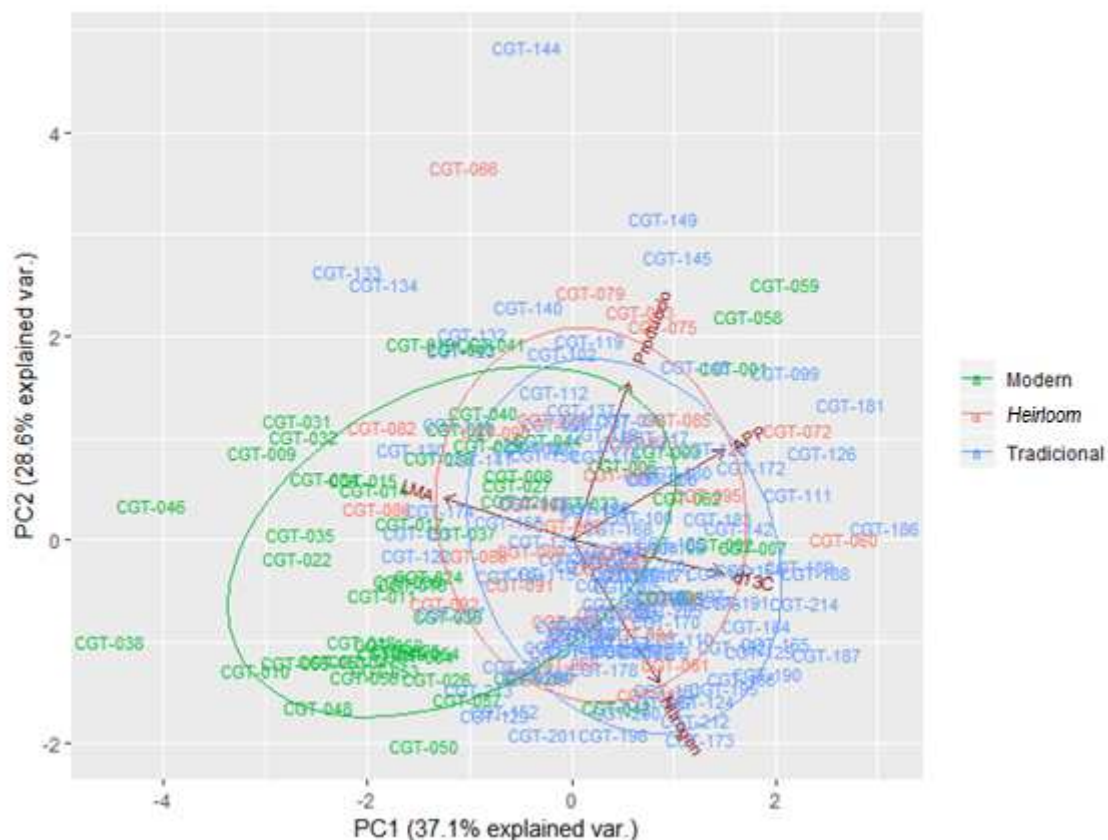


Figura 4-20. Anàlisi de components principals dels genotips sotmesos a tractament control agrupats segons el grup genètic (n = 56 per modern, n = 32 per *heirloom*, i n = 117 per tradicional) on hi figuren els paràmetres de producció (Producció), LMA, contingut de nitrogen foliar (Nitrogen), δ¹³C (d13C) i APP.

En l'anàlisi de components principals dels genotips sotmesos a tractament control agrupats segons el grup genètic (Figura 4-20), el component principal 1(PC1) va explicar un 37,1% de la variació total i el component principal 2 (PC2) va explicar un 28,6% de la variació, explicant un 65,7% de la variació entre els dos. Els paràmetres que explicaven una major part de la variabilitat del PC1 eren l'APP, el δ¹³C i el LMA, mentre que els del PC2 eren la producció i el nitrogen foliar.

Visualment s'aprecia que els genotips moderns tendeixen a diferenciar-se dels *heirloom* i dels tradicionals.

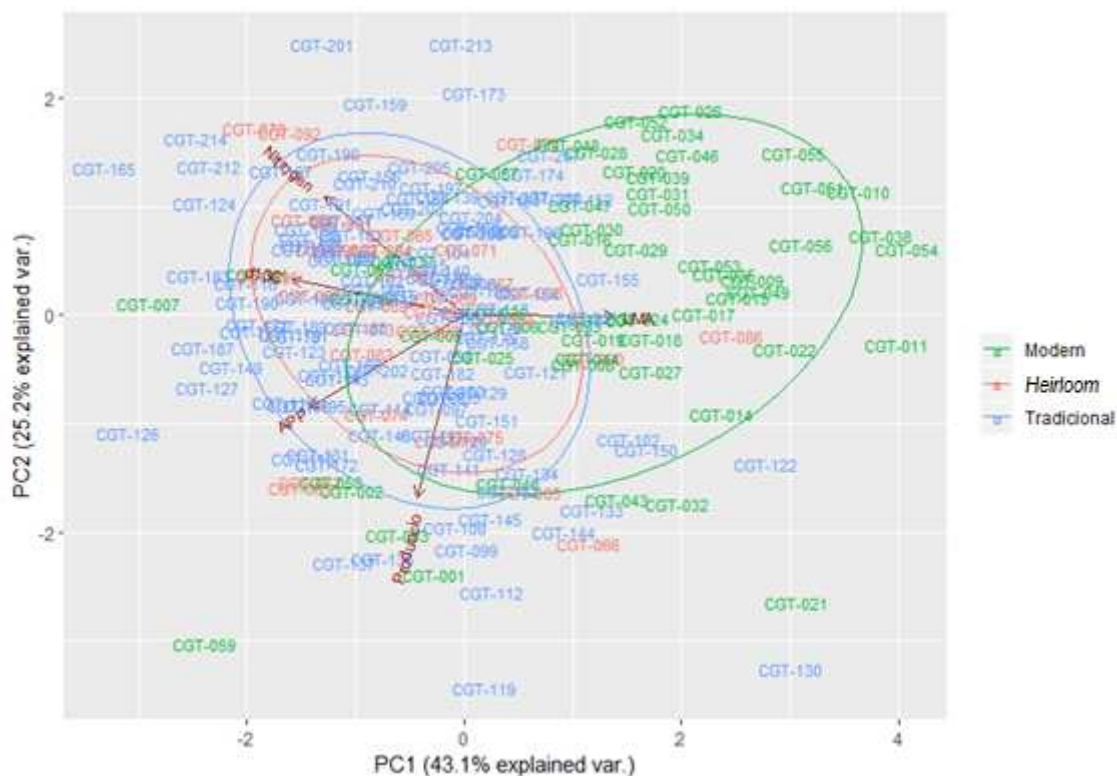


Figura 4-21. Anàlisi de components principals dels genotips sotmesos a tractament de dèficit hídric agrupats segons el grup genètic (n = 56 per modern, n = 31 per *heirloom*, i n = 117 per tradicional) on hi figuren els paràmetres de producció (Producció), LMA, contingut de nitrogen foliar (Nitrogen), $\delta^{13}\text{C}$ (d13C) i APP.

En l'anàlisi de components principals dels genotips sotmesos a tractament de dèficit hídric agrupats segons el grup genètic (Figura 4-21), el component principal 1 (PC1) va explicar un 43,1% de la variació total i el component principal 2 (PC2) va explicar un 25,2% de la variació, explicant un 68,3% de la variació entre els dos. Els paràmetres que explicaven una major part de la variabilitat del PC1 eren el $\delta^{13}\text{C}$, l'APP i el LMA, mentre que els del PC2 eren la producció i el nitrogen foliar.

Visualment s'aprecia que els genotips moderns tendeixen a diferenciar-se dels *heirloom* i dels tradicionals.

S'observen valors atípics, com el modern CGT-059 (el *Ramellet* híbrid *Palamós* amb peu *Emperador*), amb alta producció i àrea de planta en ambdós tractaments i un $\delta^{13}\text{C}$ que és menys negatiu en tractament de dèficit hídric (de -28,29‰ a -26,74‰). Això fa que aquest genotip sigui un bon material per estudiar, gràcies a la poca disminució de la producció i gran eficiència en l'ús de l'aigua sota dèficit hídric. De manera similar, els genotips tradicionals CGT-126 (*Rhodesia*) i CGT-165 (*Ramellet*) obtenen pèrdues de producció petites sota dèficit hídric en comparació a altres genotips, mentre que els seus valors de $\delta^{13}\text{C}$ es fan menys negatius quan es

sotmeten a dèficit hídric, indicant que podrien ser genotips interessants per usar com a parentals a l'hora de realitzar millora genètica degut a la seva capacitat d'adaptació al tractament de dèficit hídric.

En canvi, el genotip tradicional CGT-130 (*Allungato a fiasco*) va presentar disminucions de la producció molt reduïdes en comparació a altres genotips, mentre que el seu $\delta^{13}C$ no va variar. Això indica que aquest genotip podria aguantar condicions de dèficit hídric sense grans pèrdues en la producció, essent un bon genotip per a ser usat com a parental a per realitzar millora genètica.

Per acabar, s'han de descartar genotips com el modern CGT-054 (N182), amb una gran pèrdua de producció sota dèficit hídric. Així com una gran disminució de l'APP i uns valors de $\delta^{13}C$ que es mantenen constants a ambdós tractaments, cosa que demostra la poca capacitat d'adaptació d'aquest genotip.

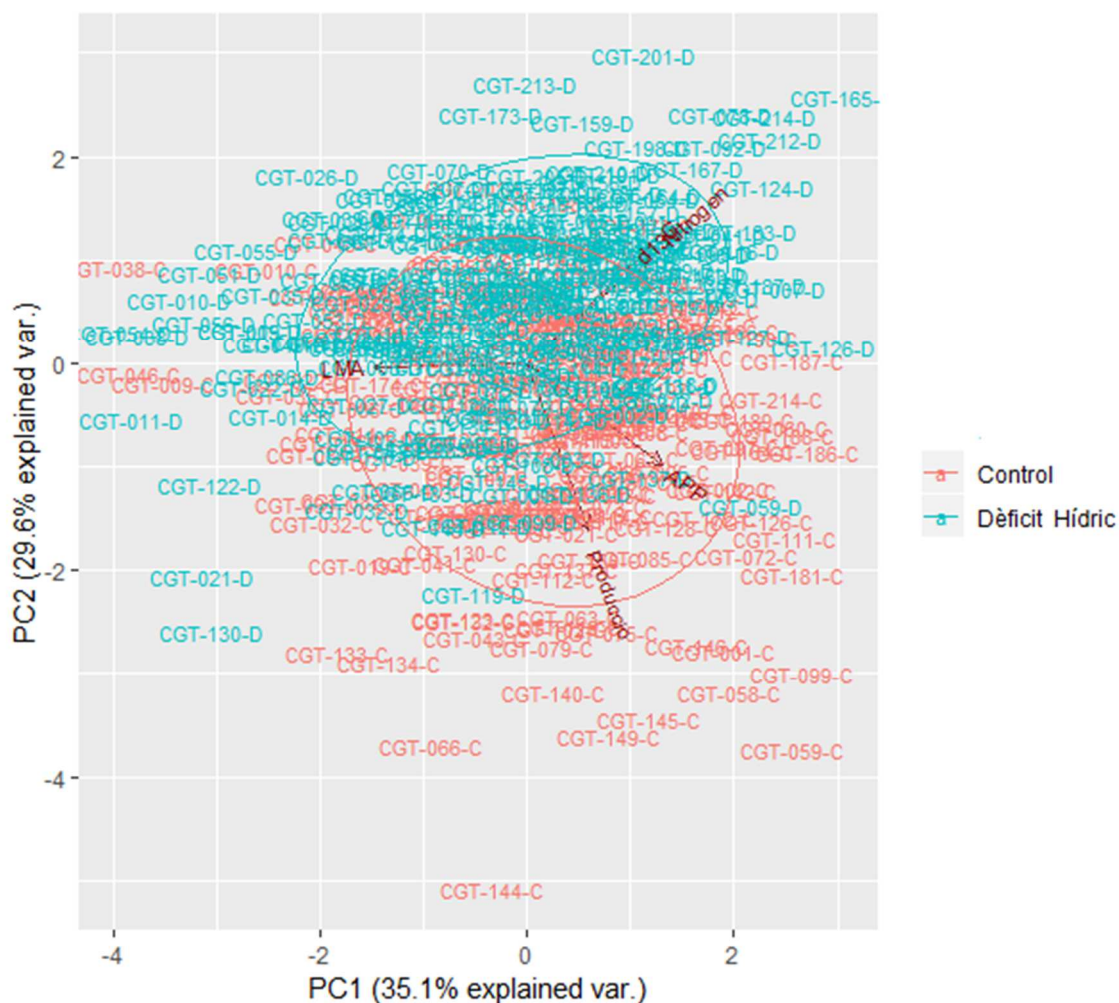


Figura 4-22. Anàlisi de components de tots els genotips agrupats segons el tractament rebut (n = 204 per Dèficit hídric i n = 205 per Control) on hi figuren els paràmetres de producció (Producció), LMA, contingut de nitrogen foliar (Nitrogen), $\delta^{13}\text{C}(\text{d}13\text{C})$ i APP. Les lletres que segueixen el codi simbolitzen el tractament al qual han estat sotmesos (C = tractament control; D = tractament de dèficit hídric).

En l'anàlisi de components principals dels genotips sotmesos a ambdós tractaments agrupats segons el tractament rebut (Figura 4-22), el component principal 1 (PC1) va explicar un 35.1% de la variació total i el component principal 2 (PC2) va explicar un 29.6% de la variació, explicant un 64.7% de la variació entre els dos. Els paràmetres que explicaven una major part de la variabilitat del PC1 eren el LMA i l'APP, mentre que els del PC2 eren la producció i el nitrogen foliar.

Visualment s'aprecia que els genotips sotmesos al tractament control presenten valors més alts d'APP i producció, fet que es pot veure reflectit en les ràtios entre tractaments (Figura 4-15 i Figura 4-7). Els genotips sotmesos al tractament de dèficit hídric presenten majors valors de $\delta^{13}\text{C}$ i LMA, fet que també es veu reflectit en les ràtios entre tractaments (Figura 4-13 i Figura 4-9). Aquests resultats també coincideixen amb els d'altres estudis (Martínez-Rodríguez, 2017, Campillo *et al.*, 2010), on s'aprecia que les produccions i els valors d'APP són sempre menors quan els genotips són sotmesos a dèficit hídric. També es pot apreciar a altres estudis (Taiz i Zeiger, 2006, Galmés *et al.*, 2011) que els genotips sotmesos a dèficit hídric presenten majors valors de LMA i valors menys negatius de $\delta^{13}\text{C}$ com a resposta adaptativa a la falta d'aigua disponible per la planta.

Es pot observar que el tradicional CGT-122 (PI15250) presenta alts valors de LMA en el tractament de dèficit hídric, mentre que la seva producció i $\delta^{13}\text{C}$ no es veuen tant afectats com altres genotips sota dèficit hídric, fent que el genotip sigui interessant per millora. S'aprecia també que el genotip tradicional CGT-099 (*Santorini*) i el modern CGT-059 (*Ramellet* híbrida *Palamós* amb peu *Emperador*), en el tractament control, han obtingut produccions molt elevades i alts valors d'APP en comparació a altres genotips. Malgrat això, s'ha de descartar la CGT-099 per a selecció i millora, ja que la seva producció es redueix dràsticament sota dèficit hídric (un 49%) i els valors de $\delta^{13}\text{C}$ es mantenen constants a ambdós tractaments, indicant que és un genotip que no s'adapta a condicions de dèficit hídric.

D'altra banda, el genotip tradicional CGT-144 (*Vesuviano Pizzo*), en el tractament control, destaca pels alts valors d'APP i altes produccions. Així i tot, aquest genotip es descartaria per la baixa producció obtinguda al tractament de dèficit hídric, ja que obté només un 32% de producció respecte al tractament control.

5. Conclusions

Els objectius plantejats venen definits pel propòsit de determinar si la tomàtiga, cultiu de gran importància en l'àmbit mundial i nacional, podria fer front a les condicions futures de canvi climàtic a les que estarà sotmesa la conca mediterrània. Es valorarà l'impacte del dèficit hídric en la producció d'una àmplia col·lecció de genotips de tomàtiga mitjançant mesures ràpides i eficients, avaluant també la seva viabilitat. A partir del coneixement que es té fins ara, es preveu que els genotips moderns, més enfocats en maximitzar la producció, obtindran menys rendiment sota condicions de dèficit hídric que els genotips tradicionals enfocats a resistir diferents estressos.

Les produccions dels genotips moderns són les que es varen veure menys influenciades pel tractament de dèficit hídric. D'altra banda, els genotips que varen obtenir majors pèrdues de producció en condicions de dèficit hídric respecte al tractament control foren els *heirloom*.

Per tant, es desglossen els següents objectius principals:

*2.1 Estudiar la variabilitat dels paràmetres agronòmics, morfològics i fisiològics d'una àmplia col·lecció de genotips de *S. lycopersicum* entre i dins els distints grups genètics, i entre distints règims hídrics.*

El LMA era sempre major en condicions de dèficit hídric. La selecció de varietats que adaptin més el LMA a condicions de dèficit hídric i no es vegin excessivament perjudicats en la producció pot ser una de les estratègies per fer front al canvi climàtic.

Els genotips sotmesos a dèficit hídric presentaven major eficiència en l'ús de l'aigua integrada. Per programes de millora genètica seria interessant treballar amb aquells genotips que han obtingut una alta producció per valors menys negatius de $\delta^{13}\text{C}$, com els genotips tradicionals CGT-122 (PI15250), CGT-126 (*Rhodesia*) CGT-133 (*Arsicolor (tondo piccolo)*), CGT-165 (*Ramellet*) i els moderns *Palamós* CGT-058 i CGT-059 (amb peu *Emperador*). Aquests genotips podrien tolerar les condicions futures de canvi climàtic a la conca mediterrània, mantenint produccions acceptables.

*2.2 Valorar l'aplicabilitat de les mesures ràpides i eficients (conegudes com a high-throughput en anglès) com indicadors de producció i de resposta al dèficit hídric a *S. lycopersicum*.*

El LMA es correlaciona amb la producció en els genotips del tractament de dèficit hídric, sobretot en els genotips tradicionals. Aquest es pot obtenir de manera ràpida i econòmica, essent un bon indicador de producció en condicions de dèficit hídric.

El contingut de nitrogen foliar també es pot mesurar de manera ràpida i econòmica, i en genotips tradicionals pot ser viable per estimar produccions tant en condicions òptimes de reg i nutrients com en condicions de dèficit hídric. La producció dels genotips tradicionals en dèficit hídric també es podria estimar mitjançant la mesura del $\delta^{13}\text{C}$, que es pot obtenir a la vegada que s'obté la mesura del contingut de nitrogen foliar. En genotips moderns caldria estudiar el comportament d'aquests dos paràmetres en futurs estudis.

L'APP obtinguda es veu molt afectada pel tractament de dèficit hídric en tots els genotips. A la vegada, aquest paràmetre presenta relació amb la producció, observant-se majors produccions a majors valors d'APP. L'adquisició d'un dron per calcular produccions mitjançant àrees projectades de planta pot ser accessible en un futur pròxim si els estudis corroboren la seva viabilitat dins el món agrari, gràcies a la rapidesa a l'hora de prendre mesures de manera no destructiva, sempre que es treballin superfícies relativament considerables per amortitzar els costos d'aquest equip.

6. Bibliografía

Abukhovich, A., Pietkiewicz, S., Karwowska, R., Kobryn, J., & Kalaji, H. M. (2009). *Canopy architecture and yielding of different tomato morphotypes under glasshouse conditions*. Vegetable Crops Research Bulletin 70, 49-58.

Andrades, M., & Martínez, M.E. (2014). *Fertilidad del suelo y parámetros que la definen*. 3ª Edición. Universidad de La Rioja. Servicio de Publicaciones.

Aoun, A.B., Lechiheb, B., Benyahya, L., & Ferchichi, A. (2013). *Evaluation of fruit quality traits of traditional varieties of tomato (Solanum lycopersicum) grown in Tunisia*. African Journal of Food Science 7 (10), 350-354.

Arbex de Castro Vilas Boas, A., Page, D., Giovanazzo, R., & Bertin, N. (2017). *Combined Effects of Irrigation Regime, Genotype, and Harvest Stage Determine Tomato Fruit Quality and Aptitude for Processing into Puree*. Front Plant Sci. 8:1725.

Arms, E. M., Lounsbury, J. K., Bloom, A. J., & Clair, D. A. S. (2016). *Complex Relationships among Water Use Efficiency-Related Traits, Yield, and Maturity in Tomato Lines Subjected to Deficit Irrigation in the Field*. Crop Science, vol. 56, 1698-1710.

Bai, Y., & Lindhout, P. (2007). *Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future?* Annals of Botany 100, 1085–1094.

Bauchet, G., & Causse, M. (2012). *Genetic Diversity in Tomato (Solanum lycopersicum) and Its Wild Relatives*. Genetic Diversity in Plants 8, 134-162.

Blanca, J., Montero-Pau, J., Sauvage, C., Bauchet, G., Illa, E., Díez, M.J., Francis, D., Causse, M., Knaap, E., & Cañizares, J. (2015). *Genomic variation in tomato, from wild ancestors to contemporary breeding accessions*. BioMed Central Genomics 16:257.

Boyd, N.S., Gordon, R., & Martin, R.C. (2002). *Relationship between leaf area index and ground cover in potato under different management conditions*. Potato Research 45, 117-129.

Campillo, C., García, M.I., Daza, C., & Prieto, M.H. (2010). *Study of a Non-destructive Method for Estimating the Leaf Area Index in Vegetable Crops Using Digital Images*. HortSciencevol. 45 (10), 1459-1463.

Causse, M., Friguet, C., Coiret, C., Lépicier, M., Navez, B., Lee, M., Holthuysen, N., Sinesio, F., Moneta, E., & Grandillo, S. (2010). *Consumer Preferences for Fresh Tomato at the European Scale: A Common Segmentation on Taste and Firmness*. *Journal of Food Science* 75 (9), 531-541.

Centro Universitario Analítico Municipal (CUAM) (2017). *Informe de anàlisis*. El Ejido (Almeria), Espanya.

Chamarro, L. J. (2001). *Anatomía y fisiología de la planta*. En Nuez, F.: *El cultivo del tomate*. Madrid, ed. Mundi-Prensa, 43-91.

Comissió Europea (2018). Horizon 2020. [-ec.europa.eu/programmes/horizon2020](https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020)

Comissió Europea (2015). Plant Variety Database- ec.europa.eu.

Conesa, M., Galmés, J.M., Ochogavía, J., March, J., Jaume, J., Martorell, A., Francis, D. M., Medrano, H., Rose, J. K.C., & Cifre, J. (2014). *The postharvest tomato fruit quality of long shelf-life Mediterranean landraces is substantially influenced by irrigation regimes*. *Postharvest Biology and Technology* 93, 114–121.

Cuartero, J., & Fernández-Muñoz, R. (1999). *Tomato and salinity*. *Scientia Horticulturae* 78, 83-125.

Di Gioia, F., Serio, F., Buttarò, D., Ayala, O., & Santamaria, P. (2010). *Influence of rootstock on vegetative growth, fruit yield and quality in “Cuore di Bue”, an heirloom tomato*. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 85 (6), 477-482.

Easlon, H. M., Nemali, K. S., Richards, J. H., Hanson, D. T., Juenger, T. E., & McKay, J. K. (2013). *The physiological basis for genetic variation in water use efficiency and carbon isotope composition in Arabidopsis thaliana*. *Photosynth Res.* 119 (1-2), 119-29.

EuroFresh-Distribution (2016). *Around the world: Tomatoes*. www.eurofresh-distribution.com

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S.M.A. (2009). *Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management*. *Agron. Sustain. Dev.* 29, 185-212.

Figàs, M.R., Prohens, J., Raigón, M.D., Fernández-de-Córdova, P., Fita, A., & Soler, S. (2015). *Characterization of a collection of local varieties of tomato (Solanum lycopersicum L.) using*

conventional descriptors and the high-throughput phenomics tool Tomato Analyzer. Genetic Resources and Crop Evolution 62, 189-204.

Figàs, M.R., Prohens, J., Raigón, M.D., Pereira-Dias, L., Casanova, C., García-Martínez, M.D., Rosa, E., Soler, E., Plazas, M., & Soler, S. (2018). *Insights Into the Adaptations to Greenhouse Cultivation of the Traditional Mediterranean Long Shelf-Life Tomato Carrying the alc Mutation: A Multi-Trait Comparison of Landraces, Selections, and Hybrids in Open Field and Greenhouse*. Frontiers in Plant Science 9, 1774.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). FAOSTAT statistics database. FAO - www.fao.org/faostat

Foolad, M. R., & Panthee, D. R. (2012). *Marker-Assisted Selection in Tomato Breeding*. Critical Reviews in Plant Sciences 31 (2), 93-123.

Fullana-Pericàs, M., Conesa, M.À., Soler, S., Ribas-Carbó, M., Granell, A., & Galmés, J. (2017) *Variations of leaf morphology, photosynthetic traits and water-use efficiency in Western-Mediterranean tomato landraces*. Photosynthetica 55, 121-133.

Galmés, J., Conesa, M.A., Ochogavía, J.M., Perdomo, J.A., Francis, D. M., Ribas-Carbó, M., Savé, R., Flexas, J., Medrano, H., & Cifre, J. (2011). *Physiological and morphological adaptations in relation to water use efficiency in Mediterranean accessions of Solanum lycopersicum*. Plant, Cell and Environment 34, 245–260.

García-Serrano Jiménez, P., Lucena, J.J., Sebastián, M., Criado, R., García, M.N., Bellido, L.L., Betrán, J., Álvaro, A., Monreal, R., López, H., Prudencio, C., Fuster, L., Luis, J., Corrales, B., Terrón, P.U., Andión, J.P., Insua, J.C., Blázquez Rodríguez, R., Ramos, C., Fernando, M., García, P., Quiñones, A., Belén, O., Alcántara, M., Primo-Millo, E., Legaz, F., José, P., Espada, L., Enrique, C., Domínguez, G.-E., García, C., Jéscica, G., & Rodríguez, P. (2009). *Guía Práctica de la Fertilización Racional de los Cultivos en España*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Giorgi, F., & Lionello, P. (2008). *Climate change projections for the Mediterranean region*. Global and Planetary Change 63 (2–3), 90-104

Gitay, H., Suárez, A., Watson, R. T., & Dokken, D. J. (2002). *Cambio climático y biodiversidad*. Documento técnico V del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático).

- Gornall, J., Betts, R., Burke, E., Clark, R., Camp, J., Willett, K., & Witshire, A. (2010). *Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century*. Phil. Trans. R. Soc. B. 365, 2973–2989.
- Gómez, R., Costa, J., Amo, M., Alvarruiz, A., Picazo, M., & Pardo, J. (2001). *Physicochemical and colorimetric evaluation of local varieties of tomato grown in SE Spain*. Journal of the Science of Food and Agriculture 81, 1101-1105.
- Grandillo, S., & Tanksley, S.D. (1996). *QTL analysis of horticultural traits differentiating the cultivated tomato from the closely related species *Lycopersicon pimpinellifolium**. Theor. Appl. Genet. 92, 935-951.
- Hareven, D., Gutfinger, T., Parnis, A., Eshed, Y., & Lifschitz, E. (1996). *The Making of a Compound Leaf: Genetic Manipulation of Leaf Architecture in Tomato*. Cell 84 (5), 735-744.
- Hartz, T.K., & Bottoms, T.G. (2009). *Nitrogen requirements of drip-irrigated processing tomatoes*. HortScience 44, 1988–1993.
- Hartz, T., Miyao, G., Mickler, J., Lestrangle, M., Stoddard, S., Nuñez, J., & Aegerter, B. (2008). *Processing Tomato Production in California*. UC Vegetable Research & Information Center 7228.
- Jordan, J.A. (2007). *The Heirloom Tomato as Cultural Object: Investigating Taste and Space*. Sociologia Ruralis 47 (1), 21-41.
- Kader, A. A. (2013). *Postharvest Technology of Horticultural Crops - An Overview from Farm to Fork*. Ethiop. J. Appl. Sci. Technol. (Special Issue No.1), 1- 8.
- Kanwar, M.S. (2011). *Performance of tomato under greenhouse and open field conditions in the trans-Himalayan region of India*. Adv. Hort. Sci. 25 (1), 65-68.
- Katerji, N., & Mastrorilli, M. (2014). *Water Use Efficiency of Cultivated Crops*. Encyclopedia of Life Sciences.
- Khah, E.M., Kakava, E., Mavromatis, A., Chachalis, D., & Goulas, C. (2006). *Effect of grafting on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in greenhouse and open-field*. Journal of Applied Horticulture, 8 (1), 3-7.

Khasanova, A., James, J.J., & Drenovsky, R.E. (2013). *Impacts of drought on plant water relations and nitrogen nutrition in dryland perennial grasses*. Plant Soil. Publications from USDA-ARS/UNL Faculty. 1266.

Kumar, P., Roupael, Y., Cardarelli, M., & Colla, G. (2017). *Vegetable Grafting as a Tool to Improve Drought Resistance and Water Use Efficiency*. Front Plant. Sci. 8: 1130.

Lawson, T., & Blatt, M.R. (2014). *Stomatal Size, Speed, and Responsiveness Impact on Photosynthesis and Water Use Efficiency*. Plant Physiology 164 (4), 1556-1570.

Malcolm, J. L. (1959). *Effect of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Fertilizer on Fruit Yield and Composition of Tomato Leaves*. Agricultural and Food Chemistry 7 (6), 415-418.

Maroto, J.V. (1989). *Horticultura Herbárea Especial*. Madrid, ed. Mundi-Prensa.

Martínez-Rodríguez, O.G., Can-Chulim, Á., Cruz-Crespo, E., & García-Paredes, J. D. (2017). *Influencia del riego y sustrato en el rendimiento y calidad de tomate*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 8 (1), 51-63.

Matsuda, R., Suzuki, K., Nakano, Y., Sasaki, H., & Takaichi, M. (2011). *Nutrient supply and fruit yields in tomato rockwool hydroponics under daily quantitative nutrient management: analysis and evaluation based on leaf area index*. J. Agric. Meteorol. 67 (3), 117–126.

Ministeri d'Agricultura i Pesca, Alimentació i Medi Ambient (MAPAMA) (2017). Estadísticas agrarias: Agricultura. - www.mapama.gob.es

Ministeri d'Agricultura i Pesca, Alimentació i Medi Ambient (MAPAMA) (2010). Material vegetal. Tomate. - www.mapama.gob.es

Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació (MAPAMA) (2017). Registro de Productos Fitosanitarios -www.mapama.gob.es

Moyle, L.C. (2008). *Ecological and Evolutionary Genomics in the Wild Tomatoes (Solanum Sect. Lycopersicon)*. Indiana University: Evolution

Nakazato T., Warren, D. L., & Moyle L. C. (2010). *Ecological and geographic modes of species divergence in wild tomatoes*. American journal of botany 97(4), 680–693.

Olesen, J. E., & Bindi, M. (2002). *Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy*. *European Journal of Agronomy* 16, 239–262.

Ozores-Hampton, M., Kiran, F., & McAvoy, G. (2012). *Blossom Drop, Reduced Fruit Set, and Post-Pollination Disorders in Tomato*. University of Florida, IFAS Extension.

Peralta, I.E., Spooner, D.M. & Knapp, S. (2008). *The taxonomy of tomatoes: a revision of wild tomatoes (Solanum section Lycopersicon) and their outgroup relatives in sections Juglandifolium and Lycopersicoides*. Editorial Committee. United States.

Pervez, M.A., Ayub, C.M., Khan, H.A., Shahid, M.A., & Ashraf, I. (2009). *Effect of drought stress on growth, yield and seed quality of tomato (Lycopersicon esculentum L.)* Pak. J. Agri. Sci. 46 (3), 174-178.

Phu La, H., Dam Eo, Y., Hwa Kim, J., Kim, C., Wook Pyeon, M., & Seung Song, H. (2013). *Analysis of Correlation between Canopy Cover and Vegetation Indices*. *International Journal of Digital Content Technology and its Applications (JDCTA)* 7, (11) 10-17.

Poorter, H., Niinemets, Ü., Poorter, L., Wright, I.J., & Villar, R.(2009). *Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA): a meta-analysis*. *New Phytologist* 182, 565–588.

Roosjen, P. P.J., Brede, B., Suomalainen, J. M., Bartholomeus, H. M., Kooistra, L., & Clevers, J. G.P.W. (2017). *Improved estimation of leaf area index and leaf chlorophyll content of a potato crop using multi-angle spectral data – potential of unmanned aerial vehicle imagery*. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation* 66, 14-26.

Ruiz, J.M., & Romero, L. (1998). *Tomato Genotype in Relation to Nitrogen Utilization and Yield*. *J. Agric. Food Chem.* 46, 4420-4422.

Rytter, R.-M. (2004). *Water Use Efficiency, Carbon Isotope Discrimination and Biomass Production of Two Sugar Beet Varieties Under Well-Watered and Dry Condition*. *J. Agronomy & Crop Science* 191, 426-438.

Sacco, A., Ruggieri, V., Parisi, M., Festa, G., Rigano, M.M., Picarella, M.E., Mazzucato, A., & Barone, A. (2015). *Exploring a Tomato Landraces Collection for Fruit-Related Traits by the Aid of a High-Throughput Genomic Platform*. *PLoS ONE* 10 (9).

Sánchez-Rodríguez, E., Leyva, R., Constán-Aguilar, C., Romero, L., & Ruiz., J.M. (2012). *Grafting under water stress in tomato cherry: improving the fruit yield and quality*. *Annals of Applied Biology* 161 (3) 302-312.

Seibt, U., Rajabi, A., Griffiths, H., & Berry, J.A. (2008). *Carbon isotopes and water use efficiency: sense and sensitivity*. *Oecologia* 155, 441–454.

Servei Meteorològic de Catalunya (2017). Escala Beaufort. - meteo.cat

Sinclair, T.R., & Horie, T. (1987). *Leaf Nitrogen, Photosynthesis, and Crop Radiation Use Efficiency: A Review*. *Crop Science* 29, 90-98.

Sinclair, T.R., Pinter, P.J., Kimball, B.A., Adamsen, F.J., & LaMorte R.L. (2000). *Leaf nitrogen concentration of wheat subjected to elevated [CO₂] and either water or N deficit*. *Agric. Ecosyst. Environ.* 79, 53-60.

Sistema de Informació Agroclimàtica pel Regadiu (SIAR) (2017). Consulta de datos - portal.mapama.gob.es/websiar

Sistema de Informació Geogràfica de Parcel·les Agrícoles (SIGPAC), (2017) - sigpac.mapa.es/fega/visor

Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología Vegetal Volumen 1*. Universitat Jaume I. Col·lecció “Ciències Experimentals”.

Tan, C.S. (1992). *Tomato yield-evapotranspiration relationships, seasonal canopy temperature and stomatal conductance as affected by irrigation*. *Canadian Journal of Plant Science* 73, 257-264.

TOMRES (2016). *Novel and integrated approach to increase multiple and combined stress tolerance in plants using tomato as a model*. Comissió Europea.

Ulbrich, U., May, W., Li, L., Lionello, P., Pinto, J., & Somot, S. (2006). *Chapter 8. The Mediterranean climate change under global warming*. *Developments in Earth and Environmental Sciences* 4, 399-415.

USDA, NRCS. (2017). The PLANTS Database (plants.usda.gov). National Plant Data Team, Greensboro, NC 27401-4901 USA.

Veragani RJ. 2002. *Lycopersicum esculentum: una breve historia del tomate*. Horticultura. (Revista de hortalizas, flores, plantas ornamentales y viveros) 158, 18-26.

Weih, M., Bonosi, L., Ghelardini, L., & Rönnerberg-Wästlung, A.C. (2011). *Optimizing nitrogen economy under drought: increased leaf nitrogen is an acclimation to water stress in willow (Salix spp.)*. Annals of Botany 108 (7), 1347-1353.

Annexes

Annex 1. Nomenclatura i característiques dels genotips mesurats a l'experiment. La columna 3 indica el tipus de creixement (determinat o indeterminat), la columna 4 indica el grup genètic (modern, *heirloom* o tradicional) i la columna 5 indica el tipus de fruit (per a consum en fresc (Fresc), enfocat a indústria (Processat), amb el caràcter *long shelf-life* (LSL) o *cherry*). La columna 7 indica si les varietats són comercials avui dia i la columna 8 indica l'origen de les llavors (HUJI: Universitat Hebrea de Jerusalem, UNA: Universitat de Nàpols, UIB: Universitat de les Illes Balears, AI: Agroilla). Els guions (“-“) indiquen informació no definida. En vermell es marquen els genotips que no obtingueren producció.

CÒDI	VARIETAT	CREIXEMENT	GRUP GENÈTIC	TIPUS DE FRUIT	PROCEDÈNCIA	COMERCIAL	ORIGEN DE LA LLAVOR
CGT-001	<i>Moneymaker</i>	Determinat	Modern	Processat	Control	Comercial	HUJI
CGT-002	<i>Monalbo</i>	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-003	<i>Ailsa Craig</i>	Indeterminat	Modern	Processat	Control		HUJI
CGT-004	M82	Determinat	Modern	Processat	Control		HUJI
CGT-005	20 SMEC-3	Indeterminat	Modern	Processat	Itàlia	Comercial	HUJI
CGT-006	DZ52	Determinat	Modern	Processat	Control		HUJI
CGT-007	9457 <i>cherry</i>	Indeterminat	Modern	<i>Cherry</i>	Control		HUJI
CGT-008	9466 jj	Indeterminat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-009	2-4	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-010	4-1	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-011	4-1-1	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-012	7-5	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-013	7-5-5	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-014	8-3	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-015	9-2-5	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-016	6-3	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI

Annex 1. Continuació.

CÒDI	VARIETAT	CREIXEMENT	GRUP GENÈTIC	TIPUS DE FRUIT	PROCEDÈNCIA	COMERCIAL	ORIGEN DE LA LLAVOR
CGT-017	Bill 6325	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-018	Bill 6634	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-019	Bill 6191	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-020	Bill 6649	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-021	Bill 6335(<i>dani</i>)	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-022	e0882m1	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-023	st1	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-024	st2	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-025	st3	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-026	st4	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-027	st5	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-028	st6	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-029	st7	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-030	st1x8-3 =3	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-031	st1xtan	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-032	m82	Determinat	Modern	Processat	Control		HUJI
CGT-033	m82 id	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-034	tan 3406	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-035	<i>yellow</i> e3756	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-036	B cc3546	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-037	<i>iron lady-pyt</i>	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-038	hp3	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-039	z2083	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-040	<i>Beefsteak</i>	Indeterminat	Modern	Fresc	EUA	Comercial	HUJI

Annex 1. Continuació.

CÒDI	VARIETAT	CREIXEMENT	GRUP GENÈTIC	TIPUS DE FRUIT	PROCEDÈNCIA	COMERCIAL	ORIGEN DE LA LLAVOR
CGT-041	<i>Hawaii 7998</i>	Indeterminat	Modern	Fresc	-		HUJI
CGT-042	<i>Red Zebra</i>	Indeterminat	Modern	Processat	EUA	Comercial	HUJI
CGT-043	VF-36	Indeterminat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-044	DZ 88	Determinat	Modern	Fresc	Control		HUJI
CGT-045	TOP1125	Indeterminat	Modern	LSL	Control		HUJI
CGT-046	IL7-3	Determinat	Modern	Fresc	Control		UNA
CGT-047	IL12-4	Determinat	Modern	Fresc	Control		UNA
CGT-048	B22	Determinat	Modern	Fresc	Control		UNA
CGT-049	B27	Determinat	Modern	Processat	Control		UNA
CGT-050	N176	Determinat	Modern	Processat	Control		UNA
CGT-051	N178	Determinat	Modern	Processat	Control		UNA
CGT-052	N179	Determinat	Modern	Processat	Control		UNA
CGT-053	N181	Determinat	Modern	Processat	Control		UNA
CGT-054	N182	Determinat	Modern	Processat	-		UNA
CGT-055	N201	Determinat	Modern	Processat	Control		UNA
CGT-056	N202	Determinat	Modern	Processat	Control		UNA
CGT-057	<i>Processing</i>	Determinat	Modern	Processat	EUA	Comercial	UIB
CGT-058	<i>Comercial Ramellet (Palamós)</i>	Indeterminat	Modern	LSL	Espanya	Comercial	AI
CGT-059	<i>Comercial Ramellet (Palamós) - (Emperador)</i>	Indeterminat	Modern	LSL	Espanya	Comercial	AI
CGT-060	<i>ABC POTATO LEAF</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	<i>Cherry</i>	-		HUJI
CGT-061	<i>Ace</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Fresc	EUA	Comercial	HUJI
CGT-062	<i>Ailsa Craig</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Fresc	Regne Unit	Comercial	HUJI
CGT-063	<i>Amish Salad</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	<i>Cherry</i>	EUA	Comercial	HUJI

Annex 1. Continuació.

CÒDI	VARIETAT	CREIXEMENT	GRUP GENÈTIC	TIPUS DE FRUIT	PROCEDÈNCIA	COMERCIAL	ORIGEN DE LA LLAVOR
CGT-064	<i>Belmonte</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Fresc	Guatemala	Comercial	HUJI
CGT-065	<i>Black</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Fresc	EUA	Comercial	HUJI
CGT-066	<i>Bloody Butcher</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	<i>Cherry</i>	EUA	Comercial	HUJI
CGT-067	<i>Brandywine</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Processat	-	Comercial	HUJI
CGT-068	BRANDYWINE	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Fresc	-	Comercial	HUJI
CGT-069	BRIANNA	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Processat	-	Comercial	HUJI
CGT-070	<i>Caro Rich</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Fresc	EUA	Comercial	HUJI
CGT-071	<i>Chih-Mu-Tao-Se</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Processat	-		HUJI
CGT-072	<i>Chocolate Cherry</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	<i>Cherry</i>	EUA	Comercial	HUJI
CGT-073	<i>Condine Red</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Fresc	Alemanya		HUJI
CGT-074	<i>Cosmonaut Volkov Red</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Processat	Rússia	Comercial	HUJI
CGT-075	<i>Costoluto Genovese</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Processat	EUA	Comercial	HUJI
CGT-076	<i>Cuor di bue di Albenga</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Fresc	Itàlia	Comercial	HUJI
CGT-077	<i>Dixie Golden Giant</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Fresc	EUA	Comercial	HUJI
CGT-078	<i>Dolmalik</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Fresc	Turquia		HUJI
CGT-079	<i>Earliana</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Processat	EUA	Comercial	HUJI
CGT-080	<i>Georgia Streak</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Fresc	Geòrgia	Comercial	HUJI
CGT-081	<i>Giant Oxheart</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Processat	EUA	Comercial	HUJI
CGT-082	GLACIER	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	<i>Cherry</i>	-	Comercial	HUJI
CGT-083	<i>Green Zebra</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Processat	EUA	Comercial	HUJI
CGT-084	<i>Hillbilly</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Processat	EUA	Comercial	HUJI
CGT-085	<i>Japanese Black Trifele</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Processat	EUA	Comercial	HUJI
CGT-086	JOHN'S BIG ORANGE	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Processat	-	Comercial	HUJI

Annex 1. Continuació.

CÒDI	VARIETAT	CREIXEMENT	GRUP GENÈTIC	TIPUS DE FRUIT	PROCEDÈNCIA	COMERCIAL	ORIGEN DE LA LLAVOR
CGT-087	<i>Kellogg's Breakfast</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Fresc	EUA	Comercial	HUJI
CGT-088	<i>Marmande</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Fresc	França	Comercial	HUJI
CGT-089	<i>Marmande VFA</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Fresc	França	Comercial	HUJI
CGT-090	<i>Matina</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	<i>Cherry</i>	EUA	Comercial	HUJI
CGT-091	<i>Nyagous</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Processat	EUA	Comercial	HUJI
CGT-092	<i>Oaxacan Pink</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	<i>Cherry</i>	EUA	Comercial	HUJI
CGT-093	<i>OPALKA</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Processat	-	Comercial	HUJI
CGT-094	<i>Pink Ping Pong</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	<i>Cherry</i>	EUA	Comercial	HUJI
CGT-095	<i>Red Calabash</i>	Indeterminat	<i>Heirloom</i>	Fresc	EUA	Comercial	HUJI
CGT-096	RED STREAK	-	<i>Heirloom</i>	-	-		HUJI
CGT-097	<i>Areti</i>	Indeterminat	Tradicional	Fresc	Grècia		HUJI
CGT-098	<i>Makedonia</i>	Indeterminat	Tradicional	Fresc	Grècia		HUJI
CGT-099	<i>Santorini</i>	Indeterminat	Tradicional	Fresc	Grècia		HUJI
CGT-100	<i>LC 433 Pera Girona</i>	Determinat	Tradicional	Processat	Espanya		HUJI
CGT-101	<i>LC 95 Montserrat</i>	Indeterminat	Tradicional	Fresc	Espanya		HUJI
CGT-102	<i>Muchamiel</i>	Indeterminat	Tradicional	Fresc	Espanya	Comercial	HUJI
CGT-103	<i>Valenciano</i>	Indeterminat	Tradicional	Fresc	Espanya	Comercial	HUJI
CGT-104	<i>De Penjar</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		HUJI
CGT-105	<i>Marmande</i>	Indeterminat	Tradicional	Fresc	França		HUJI
CGT-106	<i>Saint Pierre</i>	Indeterminat	Tradicional	Fresc	França		HUJI
CGT-107	<i>Outre (Coeur de Boeuf)</i>	Indeterminat	Tradicional	Fresc	França	Comercial	HUJI
CGT-108	<i>San Marzano</i>	Indeterminat	Tradicional	Processat	Itàlia	Comercial	HUJI
CGT-109	<i>Da Serbo</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Itàlia		HUJI

Annex 1. Continuació.

CÒDI	VARIETAT	CREIXEMENT	GRUP GENÈTIC	TIPUS DE FRUIT	PROCEDÈNCIA	COMERCIAL	ORIGEN DE LA LLAVOR
CGT-110	<i>Pera Abruzzo</i>	Indeterminat	Tradicional	Processat	Itàlia	Comercial	HUJI
CGT-111	<i>Principe Borguese</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Itàlia		HUJI
CGT-112	<i>Piennolo Rosso</i>	Indeterminat	Tradicional	Processat	Itàlia		HUJI
CGT-113	<i>Acampora</i>	Indeterminat	Tradicional	Processat	Itàlia		HUJI
CGT-114	<i>Cuor di bue</i>	Indeterminat	Tradicional	Fresc	Itàlia	Comercial	HUJI
CGT-115	<i>San Marzano</i>	Indeterminat	Tradicional	Processat	Itàlia	Comercial	HUJI
CGT-116	<i>Cento scocche</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-117	SM 1-38 SMEC	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-118	<i>Tondo col pizzo</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-119	<i>Vesuvio Foglia Riccia</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-120	<i>GiaGiù</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-121	<i>Parmitanella</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-122	PI15250	Determinat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-123	<i>Black Plum Russia</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-124	<i>Cina</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-125	y	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-126	<i>Rhodesia</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-127	<i>Siria</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-128	<i>Cina</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-129	<i>Seccagno PSC 1-1</i>	Determinat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-130	<i>Allungato a fiasco</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-131	<i>Terrassutta (rosso alto)</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-132	<i>Rosso piccolo forma ovale</i>	Determinat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA

Annex 1. Continuació.

CÒDI	VARIETAT	CREIXEMENT	GRUP GENÈTIC	TIPUS DE FRUIT	PROCEDÈNCIA	COMERCIAL	ORIGEN DE LA LLAVOR
CGT-133	<i>Arsicolo (tondo piccolo)</i>	Determinat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-134	<i>S. Marzano Terra Asciutta</i>	Indeterminat	Tradicional	Processat	Itàlia		UNA
CGT-135	<i>Piennolo Giallo Visciano</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-136	<i>Vesuviano</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-137	<i>Pollena</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-138	<i>Giallo Beneventano</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Itàlia		UNA
CGT-139	<i>Giallo Castel di Sasso</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-140	770P	Determinat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-141	990 P	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-142	22/030-1	Indeterminat	Tradicional	Processat	Itàlia		UNA
CGT-143	<i>Casarbore</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-144	<i>Vesuviano Pizzo</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-145	<i>Vesuvio 2001</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-146	<i>Corbarino MT/Crovarese Semiorto</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-147	<i>Lucariello</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-148	<i>Principe Borghese Selezione SAIS (IVALSA)</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-149	E103-SV	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-150	520P IT025	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-151	<i>Regina Ostuni</i>	Indeterminat	Tradicional	<i>Cherry</i>	Itàlia		UNA
CGT-152	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-153	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-154	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-155	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB

Annex 1. Continuació.

CÒDI	VARIETAT	CREIXEMENT	GRUP GENÈTIC	TIPUS DE FRUIT	PROCEDÈNCIA	COMERCIAL	ORIGEN DE LA LLAVOR
CGT-156	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-157	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-158	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-159	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-160	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-161	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-162	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-163	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-164	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-165	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-166	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-167	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-168	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-169	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-170	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-171	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-172	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-173	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-174	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-175	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-176	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-177	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-178	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB

Annex 1. Continuació.

CÒDI	VARIETAT	CREIXEMENT	GRUP GENÈTIC	TIPUS DE FRUIT	PROCEDÈNCIA	COMERCIAL	ORIGEN DE LA LLAVOR
CGT-179	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-180	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-181	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-182	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-183	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-184	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-185	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-186	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-187	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-188	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-189	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-190	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-191	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-192	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-193	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-194	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-195	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-196	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-197	<i>Ramellet</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-198	<i>Penjar-Catalunya</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-199	<i>Penjar-Catalunya</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-200	<i>Penjar-Catalunya</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-201	<i>Penjar-Catalunya</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB

Annex 1. Continuació.

CÒDI	VARIETAT	CREIXEMENT	GRUP GENÈTIC	TIPUS DE FRUIT	PROCEDÈNCIA	COMERCIAL	ORIGEN DE LA LLAVOR
CGT-202	<i>Penjar-Catalunya</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-203	<i>Penjar-Catalunya</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-204	<i>Penjar-València</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-205	<i>Penjar-València</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-206	<i>Penjar-València</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-207	<i>Penjar-València</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-208	<i>Penjar-València</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-209	<i>Penjar-València</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-210	Local	Indeterminat	Tradicional	Fresc	Itàlia		UIB
CGT-211	Local	Indeterminat	Tradicional	Fresc	Itàlia		UIB
CGT-212	Local	Indeterminat	Tradicional	Fresc	Itàlia		UIB
CGT-213	<i>Ramellet (Gallardi)</i>	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya		UIB
CGT-214	Comercial <i>Ramellet</i> (Ariany)	Indeterminat	Tradicional	LSL	Espanya	Comercial	AI

Annex 2. Velocitat i direcció del vent mitjans per setmana. Referenciat a l'apartat 3.3.2 de Material i Mètodes (Font: Sistema d'Informació Agroclimàtica pel Regadiu (SIAR)). Segons l'escala Beaufort, es tracten de vents d'entre grau 4 (vents moderats) i grau 6 (vents frescs), essent el grau 12 (huracà) el més elevat i el grau 0 (calma) el més baix (Font: meteo.cat).

Setmana	Vel Vent (m s⁻¹)	Direcció vent (°)
21/06 a 29/06	6,12	151,04
29/06 a 06/07	8,98	132,79
07/07 a 13/07	6,97	119,12
14/07 a 20/07	6,95	76,47
21/07 a 28/07	7,19	96,6
29/07 a 4/08	8,22	128,94
05/08 a 11/08	7,4	107,71
12/08 a 18/08	7,42	91,97
19/08 a 25/08	7,05	74,11
26/08 a 01/09	6,54	97,83
02/09 a 08/09	7,27	133,89
09/09 a 15/09	7,56	145,74
16/09 a 22/09	11,53	129,61
23/09 a 29/09	7,54	132,31
30/09 a 06/09	6,88	109,02

Annex 3. Dades mitjanes de l'evapotranspiració de Manacor i d'Inca durant el període del cultiu. Referenciat a l'apartat 3.3.2 de Material i Mètodes (Font: SIAR).

Setmana	EtPMon (mm)	Temp Mit (°C)	Temp Màx (°C)	Temp Mín (°C)	Hr Mit (%)	Hr Mín (%)	Hr Màx (%)	Precipitacions (mm)	Radiació (MJ m⁻²)
21/06 a 29/06	53,19	23,93	32,3	12,46	58,28	20,59	100	0	28,74
29/06 a 06/07	49,03	23,27	32,42	10,85	68,49	27,1	100	22,53	21,53
07/07 a 13/07	43,71	23,7	34,21	10,51	71,11	27,23	100	0,61	27,47
14/07 a 20/07	39,82	26,53	35,99	13,49	64,53	27,96	100	0,2	27,5
21/07 a 28/07	37,63	24,26	33,16	12,46	74,49	25,22	100	0	22,81
29/07 a 4/08	36,02	24,45	38,42	11,59	70,87	23,67	100	4,87	23,07
05/08 a 11/08	35,35	28,51	38,97	13,73	63,32	14,88	119,8	2,03	23,25
12/08 a 18/08	32,14	22,83	35,16	9,2	69,46	30,98	100	5,28	20,03
19/08 a 25/08	35,04	24,27	33,89	13,13	68,96	25,55	100	0	23,71
26/08 a 01/09	34,96	25,2	34,02	12,56	73,72	28,97	100	0,41	23,69
02/09 a 08/09	16,74	23,58	35,49	9,67	71,08	25,94	153,1	0,81	17,56
09/09 a 15/09	23,87	21,46	30,48	11,94	77,09	39,58	100	15,02	16,16
16/09 a 22/09	18,73	19,7	29,55	6,72	78,08	34,21	158,4	3,02	15,8
23/09 a 29/09	21,61	19,49	28,09	10,76	76,82	40,5	97,7	0,41	16,73
30/09 a 06/09	18,93	19,34	27,62	11,1	78,33	42,66	98	0,81	15,06

Annex 4. Anàlisi de sòl realitzat a la finca abans de l'experiment, dia 28/04/2017. Els valors representen mitjanes (MIT) \pm l'error estàndard (EE). Segons les referències (Andrades-Martínez, 2014): blau representa excés, verd òptim, groc deficient i vermell molt deficient. Els resultats es discuteixen a l'apartat 3.3.3 de Material i Mètodes (Font: Centre Universitari Analític Municipal (CUAM), Almeria, Espanya).

SÒL	CONTROL		DÈFICIT HÍDRIC	
	MIT	EE	MIT	EE
Matèria Orgànica (% p/p)	1,72	0,01	1,60	0,06
Nitrogen Total (%)	0,13	0,01	0,13	0,01
Relació C/N	8,02	0,42	7,45	0,13
Humitat sòl sec (%)	5,05	0,39	5,07	0,28
Carbonat càlcic (%)	3,83	0,14	3,48	1,07
Potassi assimilable (mg L ⁻¹)	926,92	251,78	1030,16	117,07
Fòsfor Olsen (mg kg ⁻¹)	20,39	15,40	25,27	6,34
Arena (%)	10,10	1,51	8,40	0,95
Argila (%)	69,10	0,04	70,89	2,46
Llim (%)	20,80	1,47	20,71	1,51
Textura	ARGILOSA		ARGILOSA	
Ca canviable (meq/100g)	25,67	0,67	23,15	0,21
Mg canviable (meq/100g)	4,20	0,15	4,48	0,23
Na canviable (meq/100g)	0,79	0,04	0,90	0,15
K canviable (meq/100g)	2,36	0,64	2,62	0,30
Suma cations canviables (meq/100g)	33,00	0,08	31,14	0,30
Relació Ca/Mg canviables	6,13	0,38	5,18	0,22
Relació K/Mg canviables	0,56	0,13	0,59	0,10

Annex 4. Continuació.

EXTRACTE SATURAT				
	CONTROL		DÈFICIT HÍDRIC	
	MIT	EE	MIT	EE
pH	8,37	0,04	8,42	0,14
Conductivitat a 25 °C	0,53	0,06	0,54	0,03
S.A.R.	1,23	0,01	1,46	0,27
Percentatge de saturació	73,58	5,3	69,31	6,11
Humitat pasta saturada	42,37	1,76	40,90	2,14
Clorurs	0,65	0,07	0,70	0,42
Nitrats	1,35	1,06	0,90	1,27
Ortofosfats	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulfats	0,50	0,00	0,60	0,14
Bicarbonats	3,00	0,00	3,50	0,71
Carbonats	0,00	0,00	0,00	0,00
Calci	2,85	0,21	2,65	0,21
Magnesi	0,55	0,07	0,65	0,07
Sodi	1,55	0,07	1,90	0,42
Potassi	0,30	0,14	0,35	0,07
Bor	<0,2	0,00	<0,20	0,00
Relació Ca/Mg	5,18	0,31	4,25	0,08
Relació K/Ca	0,12	0,05	0,14	0,04
Relació K/Mg	0,58	0,21	0,57	0,16

Annex 5. Composició dels adobs subministrats per fertirrigació. Referenciat a l'apartat 3.7.2 de Material i Mètodes.

Nom comercial	Composició	N	P	K
Nitrato potásico 13-0-46 extra soluble (Gombau)	Nitrat de potassi	13	0	46
YaraLiva CALCINIT	Nitrat de calç	15,5	0	0
Nova MAP	Fosfat monamònic	12	61	0
Sulfato de Potasio (YPF)	Sulfat de potassi	0	0	50
Nitrato de amonio (Ferpacific)	Nitrat amònic	33,5	0	0

Annex 6. Pla de fertilització seguit durant l'experiment. Les diferents fases de la fertirrigació es basen en les necessitats de la planta segons el seu estat fenològic. Les dosis per a cada fase de l'estat fenològic i nutrient es donen en kg ha⁻¹ i setmana o total, i g planta⁻¹ i setmana o total. Referenciat a l'apartat 3.7.2 de Material i Mètodes (Font: Guía Práctica de la Fertilización Racional de los Cultivos en España, Ministerio Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2009)).

Fons	N	P	K			
250 Kg	30	20	40			
				Per planta (g)		
Fertirrigació	N (kg ha⁻¹)	P (kg ha⁻¹)	K (kg ha⁻¹)	N	P	K
Creixement (setmana)	3,105	1,83	7,68	1,34	0,79	3,32
Creixement (total)	12,42	7,32	30,72	5,37	3,16	13,27
Floració i quallat (setmana)	11,25	9,15	28,8	4,86	3,95	12,44
Floració i quallat (total)	22,5	18,3	57,6	9,72	7,91	24,88
Engreix i maduració (setmana)	16,3	9,15	38,4	7,04	3,95	16,59
Engreix i maduració (total)	65,2	36,6	153,6	28,17	15,81	66,36
Recol·lecció (setmana)	12,495	3,66	28,6	5,40	1,58	12,36
Recol·lecció (total)	74,97	21,96	171,6	32,39	9,49	74,13
TOTAL	175,09	84,18	413,52	75,639	36,366	178,641

Annex 7. Fitosanitaris emprats durant l'experiment per ordre d'aplicació. A la primera columna s'hi indica quin dia es varen aplicar, mentre que a la darrera columna s'hi indiquen els terminis de seguretat en dies, NP vol dir que no presenta termini de seguretat. Referenciat a l'apartat 3.7.3 de Material i Mètodes (Font: Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació (MAPAMA)).

Data	Nom comercial	Matèria Activa	Nº Registre	Dosis (brou)	Agents	T.S. (dies)
18/07/2017	BULLDOCK 5 LTS	BETACIFLUTRIN 2,5% [SC] P/V	19191	0,05-0,08% (0,7L/ha màxim)	Erugues, trips, barrinador de la tomàtiga	7
18/07/2017	COSTAR 500GR	BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI 18% [WG] P/P	22060	30-150 g/Hl	Erugues, <i>Tuta absoluta</i>	NP
18/07/2017	COMANCHE PLUS 1KG	TEBUFENPIRAD 20% [WP] P/P	19588	0,10%	Àcars tetràniquids	7
18/07/2017	MATCH 5 EC	LUFENURON 5% [EC] P/V	19623	100ml/Hl	Lepidòpters, trips	7
26/07/2017	COSTAR 500GR	BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI 18% [WG] P/P	22060	30-150 g/Hl	Erugues, <i>Tuta absoluta</i>	NP
26/07/2017	EPIK 20 SG 500 GRS	ACETAMIPRID 20% [SP] P/P	23377	35-50 g/Hl	Mosca blanca, pugons	3
26/07/2017	RELDAN 5L	METIL CLORPIRIFOS 22,4% [EC] P/V	12211	0,3-0,4%	Erugues, trips, rosquilla negra	5
26/07/2017	FLASH 1 L	FENPIROXIMATO 5% [SC] P/V	19241	0,1-0,125%	Aranya roja, àcar del bronzejat	7
26/07/2017	JABOFOS 5 LTS	JABON FOSFORICO				
05/08/2017	VERTIMEC	ABAMECTINA 1,8% [EC] P/V	16784	0,08-0,1%	Àcars, <i>Liryomiza</i>	3

Annex 7. Continuació.

Data	Nom comercial	Matèria Activa	Nº Registre	Dosis (brou)	Agents	T.S. (dies)
05/08/2017	FANTIC M WP 5 KG	BENLAXIL-M 4% + MANCOZEB 65% [WP] P/P	24318	0,2-0,3%	Mildiu	3
05/08/2017	JABOFOS 5 LTS	JABON FOSFORICO				
05/08/2017	EFORIA 5 LTS	TIAMETOXAN 3% + LAMBDA-CIHALOTRIN 1,5%	25418			
12/08/2017	EPIK 20 SG 500 GRS	ACETAMIPRID 20% [SP] P/P	23377	35-50 g/Hl	Mosca blanca, pugons	3
12/08/2017	JABOFOS 5 LTS	JABON FOSFORICO				
12/08/2017	RELDAN 5L	METIL CLORPIRIFOS 22,4% [EC] P/V	12211	0,3-0,4%	Erugues, trips, rosquilla negra	5
12/08/2017	CURZATE 60WG 10X500GR	CIMOXANILO 60% [WG] P/P	24935	0,03%	Mildiu	3
12/08/2017	AFFIRM 4X5KG	EMAMECTINA 0,855% (BENZOATO) [SG] P/P	25353	100-150g/Hl	Erugues	3
28/08/2017	EPIK 20 SG 500 GRS	ACETAMIPRID 20% [SP] P/P	23377	35-50 g/Hl	Mosca blanca, pugons	3
28/08/2017	BULLDOCK 5 LTS	BETACIFLUTRIN 2,5% [SC] P/V	19191	0,05-0,08% (0,7L/ha màxim)	Erugues, trips, barrinador de la tomàtiga	7
28/08/2017	STEWARD 30 WG 500GR	INDOXACARB 30% [WG] P/P	22693	85-125g/ha	Erugues	1
28/08/2017	REVUS 5 LTS	MANDIPROPAMID 25%	25186	0,4-0,6l/ha	Mildiu	3
28/08/2017	JABOFOS 5 LTS	JABON FOSFORICO				
04/09/2017	RIDOMIL GOLD MZ 67,9 PEPITE	MANCOZEB 64% + METALAXIL-M 3,9% [WG] P/P	24893	0,2-0,25%	Alternaria, Mildiu, Septoriosis	14

Annex 7. Continuació.

Data	Nom comercial	Matèria Activa	Nº Registre	Dosis (brou)	Agents	T.S. (dies)
04/09/2017	ELOGIUM 5 LTS	ALQUIL POLIGLICOL 20% (ESTER) [SL] P/V	13760	0,05%	Coadjuvant	NP
04/09/2017	STEWARD 30 WG 500GR	INDOXACARB 30% [WG] P/P	22693	85-125g/ha	Erugues	1
04/09/2017	BULLDOCK 5 LTS	BETACIFLUTRIN 2,5% [SC] P/V	19191	0,05-0,08% (0,7L/ha màxim)	Erugues, trips, barrinador de la tomàtiga	7
04/09/2017	COSTAR 500GR	BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI 18% [WG] P/P	22060	30-150 g/Hl	Erugues, <i>Tuta absoluta</i>	NP
04/09/2017	VERTIMEC	ABAMECTINA 1,8% [EC] P/V	16784	0,08-0,1%	Àcars, <i>Liryomiza</i>	3