Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Efectes de la sequera, salinitat i fred nocturn en el creixement vegetatiu de tres accessions de *Solanum lycopersicum*, *Solanum habrochaites* i *Solanum peruvianum*

Treball Final de Grau

Enginyeria agrícola

Autora: Clara Saladrigues Casals

Laura Mateo Sanchez (Semillas Fitó S.A.)

F. Xavier Martínez Farré (ESAB/UPC)

Castelldefels, juny de 2016

Autor: Clara Saladrigues Casals

Tutors: Laura Mateo Sanchez i F. Xavier Martínez Farré

RESUM

El present Projecte Final de Grau té com a objectiu estudiar els efectes de 3 tipus d'estrès abiòtic (sequera, salinitat i fred nocturn) en el creixement de 3 espècies de tomaquera; dues silvestres (*S. peruvianum i S. habrochaites*) i una domesticada (*S. lycopersicum)* procedents del banc de germoplasma de l'empresa Semillas Fitó S.A.

Per a cada factor d'estrès s'han establert tres nivells: T (Testimoni), S1 i S2. En l'assaig de sequera, T s'ha tractat cobrint completament les seves necessitats hídriques amb solució nutritiva (SN) òptima; S1 s'ha regat amb el 50 % de la dosi de reg que ha rebut T; i S2 només n'ha rebut el 25 %. Per a l'estrès salí, T s'ha fertirrigat amb una SN de salinitat òptima (2,5 dS/m); a S1 s'ha aplicat SN amb CE de 7 dS/m; i a S2 SN amb CE de 10 dS/m. Per augmentar la CE s'ha addicionat NaCl a la SN. Per l'estrès de fred nocturn s'han establert períodes d'exposició a 5°C: T, que s'ha mantingut a una temperatura nocturna de 18°C; S1, que ha estat exposat a 1,5 hores a 5°C; i S2, amb 3 hores a 5°C.

Tots 3 assaigs s'han dut a terme en una cambra climàtica de Semillas Fitó S.A. amb fotoperíode de 18 h, temperatura diürna de 24°C i nocturna de 18°C i radiació de 183 µmol de PAR m^{-2} s^{-1}.

Les llavors s'han sembrat en safates multialveolars amb substrat de fibra de coco. Després d'un període de cultiu inicial de 4 setmanes sense estrés, les safates de S1 i S2 s'han tractat amb els corresponents nivells d'estrès durant 3 setmanes. En finalitzar cada assaig s'han avaluat diversos paràmetres de creixement mètric (alçada, número de fulles i àrea foliar - total, normal, cloròtica i necròtica-) i ponderal (pesos frescos i secs totals i per fraccions, relacions pes aeri/pes arrel, i continguts hídrics de fulles, tija i arrel).

L'accessió domesticada (*S. lycopersicum*) ha presentat un creixement molt superior al dels genotips silvestres i entre aquests el de *S. peruvianum* ha estat inferior al de *S. habrochaites*. Pel que fa als estressos hídric i salí, *S. lycopersicum* ha resultat ser el genotip més sensible, amb afectació de la major part dels paràmetres estudiats, patint una significativa reducció del creixement vegetatiu amb els dos factors d'estrès. L'afectació de *S. habrochaites* ha estat molt inferior, mentre que *S. peruvianum* és el genotip amb més tolerància a la sequera i a la salinitat, atès que només s'ha detectat reducció en pocs dels paràmetres estudiats. L'assaig d'estrès de fred nocturn no ha mostrat efectes significatius en cap dels tres genotips, tot i que en valors absoluts s'observa un cert estímul del creixement amb 1,5 h de fred a *S. habrochaites* i a *S. peruvianum*, mentre que a *S. lycopersicum* la tendència és a la reducció.

Paraules clau: estrès abiòtic, tomaquera, espècies silvestres, sensibilitat, tolerància, relació brot/arrel

Autor: Clara Saladrigues Casals

Tutores: Laura Mateo Sanchez i F. Xavier Martínez Farré

RESUMEN

El presente Proyecto final de Grado tiene como objetivo estudiar los efectos de 3 tipos de estrés abiótico (sequía, salinidad y frío nocturno) en el crecimiento de 3 especies de tomatera: dos silvestres (*S. peruvianum* y *S. habrochaites*) y una doméstica (*S. lycopersicum*) procedentes del banco de germoplasma de la empresa Semillas Fitó S.A.

Para cada uno de los factores de estrés se han establecido tres niveles de tratamiento: T (Testigo), S1 y S2. En el ensayo de sequía, T se ha tratado satisfaciendo completamente sus necesidades hídricas con solución nutritiva (SN) óptima; S1 se ha regado con el 50 % de la dosis de riego recibida por T; y S2 sólo ha recibido un 25 %. En relación al estrés salino, T se ha fertirrigado con una SN de salinidad óptima (2,5 dS/m); a S1 se le ha aplicado SN con CE de 7 dS/m y a S2 SN con CE de 10 dS/m. Para aumentar la CE se ha añadido NaCl a la SN. Para el estrés por frío nocturno se han establecido períodos de exposición a 5°C: T, que se ha mantenido a una temperatura nocturna de 18°C; S1, que ha sido expuesto durante 1,5 horas a 5°C y S2, tres horas a 5°C.

Los tres ensayos se han realizado en una cámara climática con fotoperiodo de 18 h, temperatura diurna de 24°C y nocturna de 18°C y radiación de 183 µmol de PAR $m^{-2}s^{-1}$.

Las semillas se han sembrado en bandejas multialveolares con sustrato de fibra de coco. Tras un período de cultivo inicial de 4 semanas sin estrés, las bandejas de S1 y S2 han sido tratadas con los niveles de estrés correspondientes durante 3 semanas. Al finalizar cada ensayo se han evaluado parámetros de crecimiento métrico (atura, número de hojas y área foliar –total, normal, clorótica y necrótica-) y ponderal (pesos frescos y secos totales y por fracciones, relaciones peso aéreo/peso raíz, y contenido hídrico de hojas, tallo y raíz).

La accesión doméstica (*S. lycopersicum*) ha presentado un crecimiento muy superior al de los genotipos silvestres y de entre ellos el de *S. peruvianum* ha sido inferior al de *S. habrochaites*. En relación al estrés hídrico y salino, *S. lycopersicum* ha resultado ser el genotipo más sensible, con afectaciones de la mayor parte de los parámetros estudiados, sufriendo una reducción significativa del crecimiento vegetativo con los dos factores de estrés. La afectación de *S. habrochaites* ha sido muy inferior, mientras que *S. peruvianum* ha resultado ser el genotipo que presenta una tolerancia mayor a la sequía y a la salinidad, teniendo en cuenta que sólo se ha detectado reducción en pocos de los parámetros estudiados. El ensayo de estrés de frío nocturno no ha presentado efectos significativos en ninguno de los tres genotipos, aunque en valores absolutos se observa un cierto estímulo del crecimiento con 1,5 h de frío en *S. habrochaites* y *S. peruvianum*, mientras que en *S. lycopersicum* se aprecia una tendencia a la reducción.

Palabras clave: estrés abiótico, tomatera, especies silvestres, sensibilidad, tolerancia, relación brote/raíz

Author: Clara Saladrigues Casals

Tutors: Laura Mateo Sanchez i F. Xavier Martínez Farré

ABSTRACT

This Final Degree Project aims to study the effect of 3 types of abiotic stress (drought, salinity and nocturnal cold) in the growth of three species of tomato plant: two wild accessions (*S. peruvianum* and *S. habrochaites*) and a domestic accession (*S. lycopersicum*) from the genebank of Semillas Fitó company.

Three levels of treatment have been tested for each stress type: T (Control), S1 and S2.

In the drought test, T has been treated covering irrigation needs with an optimum nutrient solution (NS); S1 has watered with 50 % of the irrigation dose received by T; and S2 has only received 25 %. Concerning the salt stress test, T has been irrigated with NS optimal salinity (2,5 dS/m); S1 has been watered with a 7 dS/m NS and S2 with a 10 dS/m NS. To increase the electrical conductivity (EC) NaCl was added to the SN. For the nocturnal cold stress test different periods of exposure have been established to 5°C: T, which has not been exposed to 5ºC; S1, which has been exposed to 5°C during 1,5 hours and S2, exposed to 5°C during 3 hours.

The three stress tests were carried out in a climatic chamber with 18h photoperiod, daytime temperature of 24°C and nighttime temperature of 18°C and radiation of 183 µmol PAR m -2 s -1.

Seeds have been sown in a multi-alveolar tray with a coir pith substrate. After 4 weeks of cultivation without stress, trays S1 and S2 have been treated with the corresponding stress levels for 3 weeks. At the end of each test it were evaluated some parameters of metric growth (height, number of leaves and leaf area -normal, chlorotic and necrotic- and weight (total fresh and dry weights and corresponding fractions, shoot/root ratio, and water content of leaves, stem and root).

Domestic accession (*S. lycopersicum*) has presented a greater growth compared to wild genotypes and among them *S. peruvianum* has obtained a lower vegetative growth than *S. habrochaites* genotype. In relation to drought and salinity stress, *S. lycopersicum* has turned out to be the most sensitive genotype, with affectation in most of the parameters studied, suffering an appreciable reduction of vegetative growth with both stress types. Affectation in *S. habrochaites* has been much lower than the others, while *S. peruvianum* has proved to be the most tolerant accession to drought and salinity, since reductions have been only detected in a few of the parameters studied. The nocturnal cold test has not shown significant effects in any of the three genotypes, even though a certain growth stimulus in absolute values it could be observed with 1,5h of nocturnal cold treatment in *S. habrochaites* and *S. peruvianum*, whereas in *S. lycopersicum* a reduction trend has been detected.

Keywords: abiotic stress , tomato plant, wild species, sensitivity , tolerance, shoot/root ratio

AGRAÏMENTS

En aquest apartat m'agradaria agrair la col·laboració de totes aquelles persones que han fet possible la realització d'aquest Treball Final de Grau.

En primer lloc vull agrair als meus dos tutors, Laura Mateo Sanchez i F. Xavier Martínez Farré, la seva implicació i la seva constància, doncs m'han guiat i m'han donat suport en tot moment.

També a l'empresa Semillas Fitó, especialment a l'Asunción Lazaro, a l'equip de Patologia Vegetal i a en Juanjo Sánchez per haver posat a la meva disposició tots els mitjans necessaris.

A en Jordi Valero, per la seva indispensable ajuda en la realització del tractament estadístic.

Per últim, però no menys important, m'agradaria agrair a tothom que m'ha ajudat, d'una manera o altra, a tirar aquest projecte endavant. A en Carles, per la seva paciència infinita; a la Inma i la Maria, per animar-me en tot moment; a la Neus, per la seva desinteressada implicació i a tota la meva família en general pel seu suport incondicional.

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ 10

1.1. Origen i taxonomia de la tomaquera 10

1.2. Importància d'espècies silvestres per a millora genètica de la tomaquera 12

1.3. Ús d'espècies silvestres per a portaempelts en el cultiu del tomàquet 13

1.4. Espècies de tomaquera estudiades 14

1.4.1. *Solanum habrochaites* 14

1.4.2. *Solanum peruvianum* 14

1.4.3. *Solanum lycopersicum* 15

1.5. Fisiologia de l'estrès en tomaquera 16

1.5.1. Concepte d'estrès abiòtic 16

1.5.2. Estrès hídric 17

1.5.3. Estrès salí 21

1.5.4. Estrès de fred 23

2. OBJECTIUS 26

2.1. Objectiu general 27

2.2. Objectius específics 27

2.2.1. Assaig d'estrès hídric 27

2.2.2. Assaig d'estrès salí 27

2.2.3. Assaig d'estrès de fred nocturn 27

3. MATERIALS I MÈTODES 29

3.1. Dimensionat de l'assaig 29

3.1.1. Estrès hídric 30

3.1.2. Estrès salí: 30

3.1.3. Estrès de fred nocturn 30

3.2. Mètode de cultiu en manteniment 31

3.3. Material vegetal utilitzat 35

3.4. Metodologia d'assaig per als diferents estressos 35

3.4.1. Metodologia d'assaig d'estrès hídric 35

3.4.2. Metodologia d'assaig d'estrès salí 35

3.4.3. Metodologia d'assaig d'estrès de fred nocturn 37

3.5. Determinació dels paràmetres de creixement 38

3.6. Disseny experimental i tractament estadístic de les dades 39

4. RESULTATS I DISCUSSIÓ 42

4.0. Consideració inicial sobre els resultats dels diferents assaigs 42

4.1. Efectes de l'estrès hídric en el creixement dels genotips estudiats 43

4.1.1. Consideració de l'anàlisi estadística 43

4.1.2. Efecte de l'estrès hídric en l'alçada i el número de fulles 44

4.1.3. Efecte de l'estrès hídric en el pes fresc 46

4.1.4. Efecte de l'estrès hídric en el pes sec 51

4.1.5. Efecte de l'estrès hídric en contingut hídric 57

4.1.6. Efecte de l'estrès hídric en l'àrea foliar 59

4.1.7. Consideració conjunta dels efectes de l'estrès hídric en els genotips estudiats 63

4.2. Efectes de l'estrès salí en el creixement dels genotips 70

4.2.1. Consideració de l'anàlisi estadístic 70

4.2.2. Efecte de l'estrès salí en l'alçada i el número de fulles 71

4.2.3. Efecte de l'estrès salí en el pes fresc 72

4.2.4. Efecte de l'estrès salí en el pes sec 78

4.2.5. Efecte de l'estrès salí en contingut hídric 84

4.2.6. Efecte de l'estrès salí en l'àrea foliar 86

4.2.7. Consideració conjunta dels efectes de l'estrès salí en els genotips estudiats 90

4.3. Efectes de l'estrès de fred nocturn en el creixement dels genotips 97

4.3.1. Consideració de l'anàlisi estadístic 97

4.3.2. Efecte de l'estrès de fred nocturn en l'alçada i el número de fulles 97

4.3.3. Efecte de l'estrès de fred nocturn en el pes fresc 99

4.3.4. Efecte de l'estrès de fred nocturn en el pes sec 102

4.3.5. Efecte de l'estrès de fred nocturn en el contingut hídric 106

4.3.6. Efecte de l'estrès de fred nocturn en l'àrea foliar 108

4.3.7. Consideració conjunta dels efectes de l'estrès de fred nocturn en els genotips estudiats 111

5. CONCLUSIONS 117

5.1. Caracterització dels genotips estudiats 117

5.2. Efectes del dèficit hídric i de la salinitat 117

5.3. Efectes del fred nocturn 117

5.4. Consideracions per a futurs TFGs 118

6. BIBLIOGRAFIA 120

1.INTRODUCCIÓ

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Origen i taxonomia de la tomaquera

La tomaquera silvestre té l'origen a Amèrica del Sud, concretament a la zona que es troba entre el nord de Xile, l'Equador i el Perú. Va ser cultivada a Mèxic per primera vegada i el nom del seu fruit deriva de la paraula nàhuatl *"tomatl"* (Williams, 1990; Montes i Aguirre, 1992). Els tomàquets no es van introduir a Europa fins que es descobrí Amèrica, quan els espanyols els van importar a finals del segle XV. Els primers fruits que van entrar al continent europeu eren de color groc, això explicaria el nom italià de "*pomodoro*", que vol dir poma d'or. Poc a poc el tomàquet es va anar estenent per la resta de la Mediterrània i, fins al dia d'avui, és un dels productes principals de la nostra gastronomia (Esquinas i Nuez, 1999). A Catalunya va iniciar-se el cultiu del tomàquet al segle XVIII, concretament a la zona del Maresme i del Llobregat i es va anar consolidant el seu consum a mesura que el nucli urbà de Barcelona creixia. A finals del segle XIX es consolida l'horta de València, on ja des d'un començament va destacar la producció de tomàquets, juntament amb melons i pebrots. Ja a l'any 1931 la província de València encapçalava la producció espanyola de tomàquets, i amb varietats molt diverses.

La història de la taxonomia del tomàquet començà descrivint dues espècies del gènere *Solanum*: *S. Lycopersicon* i *S. peruvianum*. Primerament, Linnaeus (1753) diferencià *Lycopersicon* de *Solanum* establint-los com a gèneres distints, degut a les diferències morfològiques entre els fruits. Més endavant, Müller (1807) fusionà *Lycopersicon* i *Solanum* acceptant que les dues pertanyien al gènere *Solanum*. Alguns autors com D'Arcy (1987) i Lester (1991) estaven d'acord en que *Solanum* i *Lycopersicon* tenien certes semblances, però preferien diferenciar-los. Les espècies de tomàquet han estat tractades de manera molt variada pels diferents autors que les han estudiat.

Finalment, a l'any 1940, Müller va dividir el gènere *Lycopersicon* en dos subgèneres: *Elycopersicon* (format per dues espècies) i *Eriopersicon* (quatres espècies) basant-se en diferències morfològiques. Més tard, Lehmann (1954) va desenvolupar el seu propi sistema de classificació de la planta del tomàquet tenint en compte la classificació de Müller (1940) i va determinar les diferents espècie de tomàquet silvestre: *L. esculentum, L. pimpinellifolium, L. peruvianum, L. cheesmaniae, L. hirsutum i L. glandulosum*.

La classificació no quedà així, doncs a l'any 1960, Rick proposa una nova classificació basada en el creuament intragenèric. Aquest investigador classificà les espècies en dos complexes: *Complex Esculentum* que inclou *L. chesmaniae, L. chmielewskii, L. esculentum*

(que inclou *L. esculentum var. esculentum*, ancestre del tomàquet cultivat), *L. hirsutum, L. parviflorum, L. pennelli i L. pimpinellifolium*; i el *Complex Peruvianum* que inclou *L. peruvianum* i *L. chilense* (Robertson i Labate, 2007).

Actualment totes aquestes classificacions han quedat obsoletes, doncs l'última existent fou elaborada per Peralta et al. (2008) i es mostra a la darrera columna de la figura 1.1.

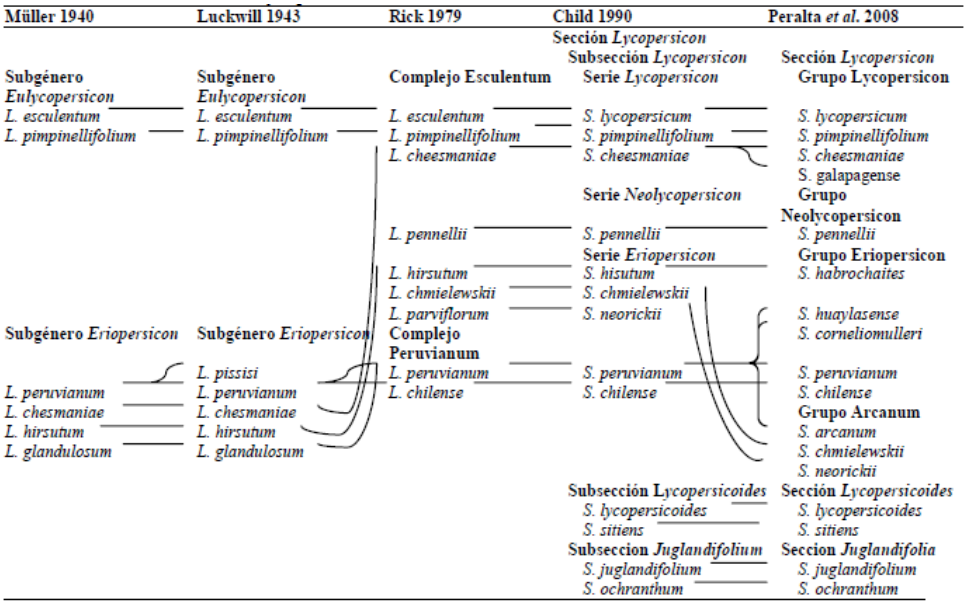

Figura 1.1: Evolució de la taxonomia subgenèrica del tomàquet i espècies silvestres relacionades dels darrers 70 anys (Peralta et al. 2008)

Aquesta figura presenta l'evolució des de 1940 fins al 2008 de la taxonomia subgenèrica del tomàquet i espècies silvestres relacionades mostrant les classificacions de Müller, Luckwill, Rick, Child i Peralta. D'acord amb Peralta *et al.* (2008), a l'actualitat hi han descrites 13 espècies de tomàquet silvestre, incloent el tomàquet cultivat (*S. lycopersicon*) i les seves espècies silvestres (Peralta et al., 2008). Tal i com es pot observar, aquesta classificació de les tomaqueres, com les altres més modernes, les inclou al gènere *Solanum* i no a *Lycopersicon* per raons derivades de la genètica molecular. Aquests autors estableixen tres seccions: la secció *Lycopersicon*, la secció *Lycopersicoides* i la secció *Juglandifolia*. La secció *Lycopersicon* es divideix en quatre grups: grup *Lycopersicon* (*S. lycopersicum*, *S. pimpinellifolium*, *S. chesmaniae* i *S. galapagense*); grup *Neolycopersicon* (*S. pennellii*); grup *Eriopersicon* (*S. peruvianum*, *S. corneliomuelleri*, *S. huaylasense*, *S. habrochaites* i *S. chilense*); i grup *Arcanum* (*S. arcanum*. *S. chmielewskii* i *S. neorickii*).

A la figura anterior també s'hi pot veure com s'ha modificat el nom genèric de la tomaquera, doncs a partir del 1979 adopta el mot *Solanum*, que és el que en els últims anys els taxonomistes i milloradors han preferit utilitzar.
A l'any 2009, E. Zuriaga, després d'analitzar les diferents espècies amb marcadors moleculars basats en la restricció del ADN genòmic i amb la subsegüent amplificació d'alguns fragments mitjançant la reacció en cadena de la polimerasa (polimorfismes en la longitud de fragments amplificats; amplified fragment length polymorphism, AFPLS) i dues seqüències nuclears, van determinar tres grups a la secció *Lycopersicon*: *Lycopersicon* (*S. pimpinellifolium*, *S. lycopersicum*, *S. cheesmaniae*, i *S.galapagense*), *Arcanum* (*S. chmielewskii*, *S. neorickii*, *S. arcanum* i *S. huaylasense*), *Eriopersicon* (*S. peruvianum*). D'altra banda, *S. chilense*, *Solanum pennellii* i *S. habrocahites* no es van incloure en cap grup, tot i que van resultar ser les més properes a l'espècie *S. lycopersicoides*.

Així doncs, la família *Solanaceae* està formada per més de 3000 espècies dividides en 90 gèneres (Knapp *et al.* 2004), essent *Solanum* el més nombrós, doncs s'estima que està constituït per unes 1500 espècies (Bohs 2007) i engloba els tomàquets i les espècies silvestres relacionades dins de la secció *Lycopersicon.*

1.2. Importància d'espècies silvestres per a millora genètica de la tomaquera

El tomàquet és una de les hortalisses més difoses en tot el món i les espècies silvestres podrien contribuir a elevar la qualitat del fruit i també el seu valor nutritiu. Endemés, i d'especial importància en aquest Treball Final de Grau, el fet d'aprofitar l'aportació de les seves qualitats rústiques dotaria als cultius moderns de la capacitat de resistir a determinats factors d'estrès biòtic i abiòtic. D'aquesta manera es reduiria la quantitat de productes fitosanitaris que la tomaquera cultivada requereix i les necessitats d'irrigació disminuirien, doncs les plantes de tomàquet serien menys vulnerables a la sequera, permetent també millorar la tolerància a les altes temperatures i a la salinitat (Esquinas, 2010).

La tomaquera és originaria, com ja s'ha dit anteriorment, d'una zona compresa entre el Perú, Equador, Bolívia i el Nord de Xile. Les espècies de tomàquet silvestre presenten caràcters que els aporten tolerància a diversos estressos, ja siguin abiòtics (altes o baixes temperatures, sequera, alta salinitat, etc.) o biòtics (virus, bactèries, fongs o nematodes). Esquinas (2010) indica alguns exemples d'aquestes resistències, aquestes són: *Solanum hirsutum* (resistència a insectes, virus i temperatures baixes), *Solanum cheesmanii*

(resistència a alta salinitat i sequera), *Solanum chilense* (tolerància a la sequera, virus i nematodes), *Solanum peruvianum* (resistència a la salinitat, a virus i a baixes temperatures), etc.

Totes aquestes característiques són altament desitjables en varietats comercials de tomàquet, i la seva introducció permetria incrementar l'àrea de cultiu en zones amb poca disponibilitat d'aigua, salinitat i temperatures baixes i també reduir el risc de pèrdues davant condicions climàtiques poc favorables. A més, l'obtenció de cultius de tomàquet resistents a diferents patògens aconseguiria reduir la quantitat de pesticides que s'utilitzen, minimitzant també els efectes nocius que aquests provoquen a l'ésser humà i al medi ambient (Lane, 2006).

1.3. Ús d'espècies silvestres per a portaempelts en el cultiu del tomàquet

La utilització de portaempelts en horticultura va començar a fer-se popular a Àsia al segle XX, concretament durant els anys 60 i a Europa durant la dècada dels 70. Actualment Espanya és el primer país en aplicació de portaempelts, seguit d'Itàlia, Holanda, França, Portugal i Turquia, sent la síndria i el tomàquet les dues espècies on s'aplica més aquesta tècnica (Hoyos, 2007).

Hoyos (2007) explica també que a Espanya el monocultiu havia generat diversos problemes en el sòl, fet que obligava a desinfectar-lo, normalment amb bromur de metil (prohibit en països industrialitzats des de 2005). Aquest fet va obligar als agricultors a buscar alternatives per seguir amb el cultiu, sobretot en països on no es poden dur a terme tècniques de solarització, biofumigació o cultivar sense sòl o amb material genèticament resistent (Morra et al. 1998). Així doncs, els portaempelts hortícoles van anar prenent importància perquè permetien superar problemes en el sòl com la salinitat, el mal drenatge, temperatures inapropiades, etc. Això va permetre la modificació de cicles de cultiu (sobretot la seva prolongació) i recuperar cultivars que s'havien deixat de produir perquè tenien poc vigor.

L'ús de portaempelts en el cultiu del tomàquet va començar a agafar importància a principi d'aquest segle XXI i a l'any 2004 ja es produïen més de 75 milions de plantes empeltades (Hoyos, 2007). A partir d'aquest any la producció amb portaempelt va patir una davallada, segurament deguda a l'elevat preu dels portaempelts. Però també cal destacar que una de les raons pot ser el fet que els agricultors ja tinguessin experiència en els cultius empeltats i haguessin après com treure més rendiment de cada planta, perquè si la poda s'efectua de la manera correcta es poden arribar a aconseguir un bon nombre

de ramificacions i, d'aquesta manera, reduir la densitat de plantació sense perdre producció. Els peus més utilitzats en tomàquet són creuaments de *Solanum Lycopersicum* x *Solanum habrochaites* (Hoyos, 2007).

1.4. Espècies de tomaquera estudiades

1.4.1. *Solanum habrochaites*

S. habrochaites és una de les espècies de tomàquet silvestre que s'ha utilitzat en l'estudi. Segons Robertson i Labate (2007), principalment creix en zones humides al voltant de rius que es troben en grans altituds (de 500 a 3000 metres, segons indica Rick (1973)). És una planta arbustiva perenne de fins a sis metres de longitud. Existeixen formes més o menys pubescents. Les fulles són imparipinades. Presenta inflorescències de 10 a 30 cm de longitud formades de 20 a 30 flors. Aquestes són hermafrodites i actinomorfes, de color groc i d'uns 2 a 4 cm de diàmetre. Els fruits solen tenir un diàmetre d'1 a 1,5 cm, són biloculars, de color verd i pubescents. Les seves llavors són molt petites, d'uns 2-3 mm de diàmetre i de color marró fosc. Aquesta espècie silvestre de tomàquet té una olor molt característica, un gran vigor i una gran resistència a temperatures baixes, salinitat, sequera i patògens del sòl. És per això que té una gran importància en el camp de la millora genètica del tomàquet de cultiu. La figura 1.1 mostra algunes característiques morfològiques de *S. habrochaites*.

Figura 1.1: detall de fulla (esquerra), inflorescència (centre) i fruits (dreta) de l'accessió de *S. habrochaites* utilitzada en aquest estudi. Font: pròpia.

1.4.2. *Solanum peruvianum*

S. peruvianum és l'espècie de tomaquera silvestre que mostra més variabilitat morfològica i genètica. La seva distribució comprèn des del nord de Perú fins el nord de Xile, de manera

que es pot trobar en una amplia gama d'hàbitats geogràficament aïllats entre si. Possiblement per això mostra tanta variabilitat.

Les fulles són pubescents, d'olor característica. Les flors es disposen en inflorescències i el seu fruit és verd, tot i que pot adquirir tonalitats més blanquinoses. Les anteres es disposen en forma de tub i presenten unes obertures laterals per on són dehiscents. *S. peruvianum* mostra tolerància a l'excés de salinitat i a les baixes temperatures, doncs en els habitats on es distribueix s'hi produeixen condicions extremes. (Robertson i Labate, 2007). La figura 1.2 mostra algunes característiques morfològiques de *S. peruvianum.*

Figura 1.2: detall de la fulla (esquerra), inflorescència (centre) i fruits (dreta) del'accessió estudiada de *S. peruvianum* en aquest assaig. Font: pròpia.

1.4.3. *Solanum lycopersicum*

La tomaquera és una planta herbàcia perenne en clima tropical, però de cicle anual en zones temperades on hi hagi gelades. El seu sistema radicular està format per una arrel central pivotant que creix uns 3 cm al dia fins que arriba aproximadament als 60 cm de fondària. Simultàniament s'hi fan arrels secundàries adventícies i ramificacions. La tija de la tomaquera pot arribar als 2,5 metres de longitud i té un diàmetre de 2-4 cm a la base. La seva superfície és angulosa i presenta pèls i glàndules que produeixen una olor característica. Les fulles són compostes i tenen el limbe fraccionat entre 7 i 11 folíols, estan en disposició alterna i també tenen glàndules aromàtiques (imatge 1.7) (J. Chamarro, 1999).

La flor és perfecta i regular i consta de cinc o més sèpals i el mateix nombre de pètals de color groc disposats helicoïdalment (imatge 1.8). El calze té els sèpals soldats entre si (gamosèpals), tenen cinc o més estams adherits a la corol·la amb les anteres que formen un tub. El gineceu té de dos a uns trenta carpels que en desenvolupar-se donaran lloc als

compartiments que té el fruit. Les flors de la tomaquera formen inflorescències, que poden ser de quatre tipus: raïm simple i cimes (unípares, bípares i multípares) (Greyson i Sawhney, 1972). El fruit de la tomaquera és una baia bi o plurilocular, es tracta d'un fruit climatèric molt sucós amb un percentatge d'aigua al voltant del 93% i el seu pes oscil·la entre 5 i 500 g. El color pot variar des de groguenc fins a vermell o rosat (imatge 1.9). Les llavors són d'un color grisenc, pubescents i de forma oval semi-plana i d'uns 3 a 5 mm de diàmetre (Chamarro, 1999). A la figura 1.3 es mostren algunes característiques morfològiques de *L. lycopersicum*. La sensibilitat als factors d'estrès abiòtic de la tomaquera cultivada és, generalment, superior a la de les espècies silvestres i s'analitza a l'apartat 1.5.2.2.

Figura 1.3: detall de fulla (esquerra), flor (centre) i fruit (dreta) de l'accessió estudiada de *S. lycopersicum* en aquest assaig. Font: pròpia.

1.5. Fisiologia de l'estrès en tomaquera

1.5.1. Concepte d'estrès abiòtic

Les plantes estan exposades constantment a diversos estressos, ja sigui en la natura o en cultiu. L'estrès es pot definir com un factor extern que exerceix una influència negativa sobre la planta (Locy, R.D., 2006). Des del punt de vista biològic es pot considerar situació d'estrès aquella en la que es redu eixi la producció de pes sec en el total o en algunes parts de la planta; d'altra banda, des del punt de vista agrícola, es pot considerar situació d'estrès aquella que limita la collita (Grime, 1979). Existeix un número molt elevat de factors que poden produir estrès i aquests es divideixen en dos grups: factors biòtics (plagues, males herbes, malalties, simbiosis, etc.) i factors abiòtics (salinitat, sequera, temperatures inapropiades, problemes del sòl, vent, etc.). Un concepte que pren molta importància quan es parla d'estrès és la tolerància a l'estrès o resistència a l'estrès, que es

defineix com la capacitat de la planta per lluitar contra situacions desfavorables. Quan l'exposició continuada dels individus a un determinat estrès provoca un augment de la tolerància a aquest factor es parla d'aclimatació, fenomen que es basa en la plasticitat dels individus en relació al factor d'estrès. Aquest terme no s'ha de confondre amb l'adaptació, que té base genètica i és heretable. És a dir, l'adaptació implica una resistència concreta al factor d'estrès (Cuartero et al., 1999) obtinguda mitjançant selecció natural (requerint moltes generacions) o artificial (requerint menys generacions).

Tots aquests termes esdevenen importants per entendre les bases fisiològiques de l'estrès, doncs determinaran els diferents comportaments de les plantes davant d'aquest. Les respostes cel·lulars en situació d'estrès inclouen canvis en el cicle i la divisió cel·lular, canvis en la formació d'endomembranes i en l'arquitectura de la paret cel·lular. Les plantes també són capaces de modificar els processos metabòlics com la producció de compostos osmoreguladors per tal d'aclimatar-se a l'estrès (Locy, R.D., 2006).

1.5.2. Estrès hídric

1.5.2.1. Bases fisiològiques generals de l'estrès hídric

Segons M. Díaz de la Guardia (2010) les plantes poden mostrar sensibilitat o resistència al dèficit hídric. Les dues maneres que tenen les plantes de resistir a l'estrès hídric són les següents: evitació i tolerància. Per evitació s'entén el comportament que mostren algunes plantes per tal d'evitar la dessecació: escapament (completar el cicle vital durant les estacions humides), estalvi d'aigua (tancament estomàtic, baixa conductivitat estomàtica, fulles petites, etc.) i elevat consum d'aigua per mantenir la hidratació dels teixits (elevada conductivitat hidràulica interna, sistema radicular profund, disminució de la relació part aèria/part radicular, etc. Contràriament la tolerància a la dessecació consisteix en l'habilitat per seguir funcionant mentre les plantes estan deshidratades (ajust osmòtic, reducció del creixement cel·lular, etc.).Les estratègies que les plantes adopten davant d'una situació d'estrès hídric varien molt segons les condicions climàtiques o edàfiques, doncs la productivitat dels cultius depèn de la quantitat total d'aigua disponible i de l'ús que la planta en fa.

Quan la deshidratació de l'individu és lenta i de llarga duració, a mesura que el contingut hídric de la planta disminueix, les cèl·lules s'encongeixen i les parets cel·lulars perden consistència. El fet de disminuir el volum cel·lular provoca una disminució de la pressió de turgència i l'acumulació de soluts a les cèl·lules, la membrana plasmàtica guanya gruix i es comprimeix perquè l'àrea és menor. D'aquesta manera, les activitats que depenen de la turgència com l'expansió cel·lular i l'elongació radicular són les més sensibles a l'estrès

hídric (Locy, R.D., 2006). Així doncs, la sequera provoca un efecte general de la disminució de la taxa de creixement en les plantes.

Robert D. Locy (2006) afirma que quan el cultiu es troba en situació d'estrès hídric tendeix a rehidratar-se durant la nit, que és quan es produeix la major part del creixement foliar. Una menor àrea foliar transpira menys i permet a la planta estalviar aigua, d'aquesta manera la disminució del creixement vegetatiu es pot considerar una resposta inicial al dèficit hídric. L'estrès hídric també estimula l'abscisió foliar, doncs si un individu es veu sotmès a condicions de sequera desprès d'haver desenvolupat una gran quantitat d'àrea foliar, les fulles patiran senescència i, posteriorment, abscisió. Aquest procés es du a terme per tal d'ajustar la superfície foliar en un entorn amb limitacions hídriques.

Una de les respostes que tenen les plantes que pateixen estrès hídric és l'augment de l'expansió radicular cap a sòls profunds i humits. La relació part aèria/part radicular manté un equilibri funcional entre l'aigua que el sistema radicular aporta i la fotosíntesi que la part aèria du a terme; aquest equilibri es veu afectat en condicions de deficiència hídrica. D'aquesta manera la relació part aèria/part radicular disminueix per tal de proveir d'aigua a la planta de manera més eficient. D'altra banda, el fet d'expandir el sistema radicular possibilita l'arribada d'aquest a capes del sòl més humides, doncs quan hi ha manca d'aigua les capes superficials del terra són les que es deshidraten abans (Navari-Izzo i Rascio, 1999).

Hi ha algunes respostes específiques de la deshidratació ràpida que eviten una dessecació immediata de la planta. Una d'elles és el tancament estomàtic, que es descriurà a continuació. Les cèl·lules guarda, localitzades a l'epidermis foliar, regulen l'obertura dels estomes i poden provocar-ne el tancament quan es detecta una disminució de la pressió de turgència per tal d'evitar l'evaporació de l'aigua. Aquest comportament s'anomena tancament hidropassiu i la planta l'adopta quan s'està perdent aigua massa ràpid a través de l'evapotranspiració. Un altre mecanisme, anomenat tancament hidroactiu, es du a terme quan les fulles o les arrels estan deshidratades. Una reducció del contingut de soluts a les cèl·lules guarda provoca una pèrdua d'aigua i de turgència que, complementàriament, provoca el tancament estomàtic (Sánchez-Díaz, M. i Aguirreolea, J, 2008).

Un altre comportament descrit per Robert D. Locy (2006) de les plantes quan són sotmeses a l'estrès hídric és l'ajust osmòtic. A mesura que el sòl es deshidrata, es fa més difícil absorbir-ne l'aigua, ja que la planta només pot proveir-se d'aigua si el seu potencial hídric és inferior al del sòl. L'ajustament osmòtic és un procés mitjançant el qual

s'acumulen soluts a les cèl·lules, provocant que el potencial hídric de la planta es redueixi sense que aquesta perdi turgència ni volum cel·lular. D'aquesta manera, les fulles que són capaces de realitzar aquest ajust poden mantenir la turgència a potencials hídric inferiors i, per tant, continuar l'elongació cel·lular. Aquest comportament no està clar si és degut a una resposta directa i independent a la sequera o és el resultat d'altres factors com, per exemple, la disminució del creixement, el que sí que s'intueix és que afavoreix l'aclimatació de les plantes millorant la tolerància a l'estrès hídric.

Per últim, cal destacar que l'estrès hídric, segons Robert D. Locy (2006), modula l'expressió gènica, fent que varis gens que codifiquen les enzimes associades amb l'ajust osmòtic s'activin. En són un exemple els gens que codifiquen proteïnes associades a enzims implicats en la biosíntesis de la lignina, al transport de membrana, etc. Algunes "proteïnes de xoc tèrmic" són induïdes osmòticament i poden arribar a renaturalitzar proteïnes inactives per dessecació.

Des de l'òptica aplicada, i d'acord amb el que indiquen els textos de fisiologia vegetal, la sequera en període de creixement vegetatiu comporta l'aparició d'un conjunt d'alteracions en les plantes, la intensitat a les quals serà màxima en els cultius més sensibles i mínima o inexistent en els més resistents. Les alteracions probables són: disminució de l'alçada i número de fulles, disminució del pes fresc i sec de tots els òrgans vegetatius (fulles, tija i arrels) però que és més intensa en la part aèria que en la radicular, per la qual cosa les relacions de la part aèria/part radicular disminueixen. Complementàriament hi ha reducció de la superfície foliar (fulles més petites i menor número de fulles, per reduir la transpiració) i alteracions dels teixits foliars. Aquestes alteracions deriven d'una senescència foliar avançada (perdre les fulles de més edat per reduir la taxa transpiratòria) que s'inicia amb l'aparició d'una clorosi foliar eventual (per disminució de la taxa de renovació de la clorofil·la) que, en progressar, provoca la mort dels teixits foliars (necrosi) i finalment la caiguda o abscisió de la fulla (Azcón-Bieto,J. i Talón, M. (2008).

1.5.2.2. Bases fisiològiques de l'estrès hídric en tomaquera

Tal i com afirma Cuartero (1999) a "El Cultivo del tomate", les necessitats hídriques de la tomaquera depenen de l'estat del cultiu: al inici presenta poca massa vegetal i el consum d'aigua és escàs, però conforme la planta creix aquest va augmentant progressivament fins el moment del quallat del fruit. En aquest punt el consum d'aigua es dispara perquè la planta ha de dur a terme l'engreixament dels fruits però també ha de seguir produint massa vegetativa. Finalment, a l'etapa de maduració dels fruits el consum disminueix. El dèficit hídric provoca canvis en el desenvolupament de la planta, doncs quan les

necessitats hídriques no estan cobertes aquesta tanca els estomes i evita la transpiració. Aquesta resposta a l'estrès és efectiva a curt termini, però si la planta és sotmesa a sequera durant un període llarg es posa en perill la supervivència de l'individu, ja que amb els estomes tancats l' intercanvi de gasos es du a terme de manera limitada. Per tant, si l'exposició a l'estrès hídric es prolonga la resposta serà l'acumulació de soluts i reduir la seva mida cel·lular per disminuir el potencial hídric i d'aquesta manera seguir absorbint aigua del sòl.

Un dels efectes que té l'estrès hídric en tomaquera és el d'augmentar la relació part radicular/part aèria. Tot i que la falta d'aigua a llarg termini produeixi una reducció del pes sec del total de la planta, la part aèria ho fa més accentuadament que la part radicular. A més, la distribució de les arrels en el sòl també dependrà de la disponibilitat d'aigua, doncs si existeix dèficit hídric aquestes seran més profundes, i si les necessitats hídriques del cultiu estan degudament cobertes les arrels es distribuiran de forma superficial.

La disminució del potencial hídric no afecta només a l'expansió cel·lular, si no que també ho fa a la divisió. És per això que el desenvolupament del fruit es veurà afectat en la fase de creixement exponencial, però també en la fase de divisió cel·lular. Així doncs, la mida del tomàquet es veurà reduïda i presentarà un pes menor (menor acumulació d'aigua) però tindrà una elevada concentració de sòlids solubles. Des del punt de vista industrial un cert nivell d'estrès hídric no ocasionarà pèrdues importants perquè el valor de la collita recau precisament en el pes dels sòlids solubles produït per hectàrea.

La millor manera d'evitar problemes en el cultiu de tomaquera quan no es disposa d'aigua suficient és assegurant-nos que la planta desenvolupa un ampli sistema radicular. Per aconseguir-ho hem de distribuir els regs de manera que l'aportació hídrica sigui escassa en els moment menys vulnerables del cicle de cultiu de la planta de tomàquet. Per exemple, un cop el tomàquet s'ha trasplantat (en el moment del trasplantament el sòl ha d'estar a capacitat de camp) podem deixar de regar durant uns 10-20 dies, sempre depenent de l'època, del tipus de sòl i del genotip que es cultiva. D'altra banda, és important saber que en el moment del quallat del fruit i del seu creixement s'haurà d'evitar regar per sota l'evapotranspiració, al menys fins que els tomàquets entrin en etapa de maduració (Cuartero et al.,1999)

1.5.3. Estrès salí

1.5.3.1. Bases fisiològiques generals de l'estrès salí

Robert D. Locy (2006) divideix les plantes en dos grups, depenent de la resposta que tinguin davant una elevada concentració de sals en el sòl o l'aigua de reg: les halòfites i les glicòfites. Les halòfites són natives de sòls salins i són capaces de completar el seu cicle vital sotmeses a aquestes condicions. Contràriament, les glicòfites (o no halòfites) no són capaces de resistir una elevada concentració de sals i existeix un nivell crític a partir el qual aquestes plantes comencen a presentar símptomes d'estrès salí.

L'estrès de salinitat produeix dos tipus d'efectes en les plantes: efecte osmòtic i toxicitat deguda a l'acumulació de ions dins de la planta, especialment a les fulles. Una alta concentració de sals en el sòl fa disminuir el potencial osmòtic d'aquest, la qual cosa implica menys disponibilitat d'aigua per les plantes. És per això que un excés de sals en el sòl o en l'aigua de reg causa efectes similars als de l'estrès hídric, per tant, les plantes sotmeses a estrès salí, per l'efecte osmòtic, adoptaran respostes similars a les que adoptarien en cas de sequera. Aquestes respostes es detallen a l'apartat d'estrès hídric (1.5.2). A més dels efectes de la salinitat en els potencials hídrics, també es produeixen efectes tòxics deguts a l'acumulació de ions a les cèl·lules. Aquests són absorbits per les arrels i acumulats a les fulles, on provoquen cremades que deriven en teixit necròtic a la punta de la fulla i que progressen de punta a base i de les vores cap endins, necrosant el teixit foliar. (Azcón-Bieto, J. i Talón, M. (2008); Munns, R. (2002)). De fet, les àrees foliars més salinitzades són les que han tingut més transpiració, ja que en evaporar-se l'aigua resten les sals en el teixit foliar, provocant disfuncions metabòliques que provoquen clorosi i, seguidament, necrosi. A més, poden causar altres problemes a la planta, com per exemple: una relació anormal entre catió sodi i el catió potassi i altes concentracions de sals totals inhibeixen la síntesi de proteïnes i altes concentracions del ió sodi i el ió clorur en els cloroplasts inhibeixen també la fotosíntesis (Locy, R.D, 2006).

Existeixen diferents estratègies que utilitzen les plantes per evitar els danys que causa la salinitat. Una de les estratègies és excloure les sals dels meristems, sobretot dels brots i les fulles joves que estan en creixement i realitzant fotosíntesis. En algunes plantes, la resistència a l'estrès salí depèn de la capacitat de les arrels per evitar que els ions potencialment perjudicials arribin a la part aèria. Altres plantes resistents a la salinitat tenen glàndules salines a la superfície de les fulles que cristal·litzen les sals fent que deixin de ser perjudicials per a la planta (Francois i Maas, 1999).

La tolerància a la salinitat està estretament relacionada amb la capacitat d'acumular sals a la vacuola, on són útils per contribuir a l'ajust del potencial osmòtic cel·lular sense afectar als enzims. A més de l'ajustament del potencial hídric, les plantes que s'aclimaten a l'estrès salí desenvolupen les mateixes respostes relacionades amb l'estrès osmòtic que les descrites en l'estrès hídric. Així doncs, l'àrea foliar es pot veure reduïda i es pot dur a terme l'abscisió foliar, entre d'altres.

Els canvis en l'expressió gènica associats a l'estrès hídric són semblants als del estrès salí, tenint en compte, però, que les plantes sotmeses a altes salinitats pateixen també la toxicitat d'altes concentracions de ions (Robert D. Locy, 2006).

1.5.3.2. Bases fisiològiques de l'estrès salí en tomaquera

L'estrès salí es produeix quan la planta troba un excés de sals dissoltes en l'aigua de reg o en el sòl, normalment de NaCl. La salinitat del sòl pot ser causada per processos naturals o per l'acció de l'home. El primer cas s'anomena salinització primària i la causa més important de que la produeix és la meteorització de roca amb continguts elevats en sals, com per exemple sulfat de sodi, clorur de sodi, clorur de magnesi, etc, que són dissoltes per l'acció de l'aigua de la pluja dipositades en valls o zones baixes un cop l'aigua s'evapora. També es pot donar el cas d'introgressió de l'aigua marina a la costa. En el segon cas, parlem de salinització secundària i és un incorrecte maneig del reg el que causa l'acumulació de sals en el sòl. D'aquesta manera el sòl es torna progressivament salí arribant al punt de quedar inservible per al cultiu (Cuartero, 1999).

Cuartero (1999) explica també que un excés de salinitat provoca canvis en el metabolisme de la tomaquera i la principal resposta a aquest tipus d'estrès sol ser la disminució de la mida de les fulles joves, que prenen una tonalitat verd fosc i es caragolen sobre si mateixes, i un sistema radicular pobre que provoca que les fulles velles es tornin crasses. L'excés de salinitat també disminueix la quantitat de flor per inflorescència i la mida del fruit. L'exposició de la tomaquera a sòls massa salins afecta també a la seva germinació i incrementa el període d'emergència de la plàntula, cosa que causa diverses situacions negatives com, per exemple, una major exposició a plagues i fongs del sòl o la possibilitat d'encrostament de las superfície del substrat, factor que dificulta encara més l'emergència.

La salinitat té un efecte important també en la floració, la fructificació i la qualitat del tomàquet. En primer lloc, cal destacar que, com ja s'ha mencionat anteriorment, el número de flors per inflorescències es veurà reduït, sobretot en la part superior de la planta. Tot i així, el número d'inflorescències total per planta no quedarà afectat per aquest estrès i, a

més, l'exposició a condicions salines pot avançar la floració. El procés de fructificació, en canvi, no presentarà alteracions significatives si no es tracta d'un estrès salí sever on les concentracions de sals dissoltes siguin realment elevades. Una concentració de NaCl de 11g/l pot arribar a reduir la producció del cultiu de tomàquet en un 40% (Cruz, 1990; González-Fernandez i Cuartero, 1993). La disminució de la fructificació pot ser deguda a la reducció del número de flors o a una disminució de la viabilitat del pol·len, que causaria una baixa taxa de quallat. Pel que fa a la qualitat del tomàquet, no es mostren afectacions de l'estrès per salinitat en la divisió cel·lular, però si en la fase d'expansió de les cèl·lules. En aquesta segona fase es produeix un efecte osmòtic que priva al fruit d'acumular aigua, d'aquesta manera, no pot augmentar el seu pes. Així doncs, el contingut en sòlids dels fruits de plantes afectades per l'estrès salí serà més alt que el dels tomàquets procedents d'una planta cultivada en un sòl amb nivell de sals normals.

Un dels problemes del cultiu de tomàquet en condicions salines és la podridura apical, que és provocada per una deficiència de calci en els fruits que, a la vegada, és provocada per les condicions osmòtiques de la part radicular degudes a l'alta salinitat (Ehret i Ho, 1986).

La solució per evitar disminuir la concentració de sals en el sòl consisteix en fer rentats amb aigua poc salina per tal que aquesta dreni i s'emporti les sals dissoltes. Un altre procés que s'utilitza per tal de pal·liar els efectes de l'estrès salí en el cultiu de tomaquera és l'aclimatació d'aquesta a aigües salines abans de ser trasplantades (Amzallag et al., 1990).

1.5.4. Estrès de fred

1.5.4.1. Bases fisiològiques generals de l'estrès de baixes temperatures

Les baixes temperatures causen dos efectes diferents: el refredament (chilling) i la gelada (freezing). Les lesions per refredament són les que estan causades per temperatures ambientals superiors a 0°C, és a dir, sense que l'aigua de l'ambient es congeli. Les plantes sensibles al "chilling" són d'origen tropical i subtropical (com la tomaquera), és a dir, de llocs on no es produeixen normalment temperatures baixes. El llindar tèrmic de la lesió és variable, però algunes plantes ja tenen lesions quan la temperatura disminueix de 15°C. En aquest apartat no es descriuran les lesions per gelada, ja que s'ha dit que la tomaquera és sensible al refredament.

Segons Robert D. Locy (2006), els danys per refredament es produeixen quan les temperatures baixen dels 15°C, és llavors quan el creixement es frena, apareixen lesions foliars, decoloracions (clorosi) i les fulles tenen una aparença humida. Aquests danys

poden disminuir mitjançant una aclimatació, exposant les plantes gradualment a temperatures baixes. Els efectes de la congelació, en canvi, es produeixen a temperatures inferiors al punt de congelació de l'aigua.

Un dels principals danys que el refredament ("chilling") causa en els cultius és una alteració de les propietats de la membrana plasmàtica. Aquest fet desencadena una sèrie de situacions nocives per l'individu, com poden ser la inhibició de la fotosíntesi, la reducció del transport de carbohidrats, reducció de la respiració, inhibició de la síntesi de proteïnes i l'augment de la degradació de les proteïnes ja existents. Locy (2006) descriu que les membranes vegetals estan formades per una bicapa lipídica en la que s'hi troben proteïnes, de manera que les propietats físiques dels lípids influeixen de manera notòria en les activitats proteiques. Les membranes d'algunes plantes estan formades per una concentració alta d'àcids grassos saturats que solidifiquen a temperatures més altes que els insaturats, és per això que les plantes que tinguin aquesta característica seran més sensibles al "chilling". En solidificar-se la membrana el comportament de les proteïnes es veu alterat i molts enzims responsables de funcions essencials per al desenvolupament de l'individu no seran sintetitzats (Hudak i Salaj, 1999). Així doncs, les baixes temperatures causen danys en els processos metabòlics de les plantes afectant al seu creixement, que es pot veure frenat. El teixit radicular també pot ser susceptible al refredament (sobretot si les arrels són superficials) i també ho són els brots més joves de la planta, que quan són sotmesos a baixes temperatures poden quedar arrugats i patir necrosis en els teixits.

Locy (2006) afirma que, de la mateixa manera que en l'estrès hídric, alguns gens s'indueixen durant l'aclimatació al fred. Algunes "proteïnes de xoc tèrmic" s'activen durant episodis de baixes temperatures actuant com un mecanisme d'estabilització de les estructures. També s'activa l'expressió gènica de les proteïnes anticongelants, que tenen la capacitat d'inhibir el creixement de cristalls de gel, evitant així els danys dels teixits en cas de congelació. Recentment s'han descobert varis tipus de proteïnes anticongelants induïdes pel fred que estan estretament lligades amb la resposta gènica davant la infecció d'alguns patògens. Sembla doncs, que l'activació de l'expressió d'alguns gens en concret tindria una doble funció: protegir a la planta dels efectes de les temperatures baixes i de l'atac de certs patògens. Per últim, l'autor també destaca que la producció de cristalls de gel extracel·lulars deguts a la disminució de temperatures genera estrès osmòtic dins de les cèl·lules i indueix a la síntesi de proteïnes relacionades amb la formació d'osmolits, que contribueixen a l'estabilització de la membrana.

1.5.4.2. Bases fisiològiques de l'estrès de baixes temperatures en tomaquera

La tomaquera és provinent, com ja s'ha vist en l'apartat 1.1.2, de zones tropicals i, per tant, és un cultiu de primavera-estiu. Les baixes temperatures (temperatures inferiors a 11°C) afecten a les fases més sensibles del cicle la planta com poden ser la germinació o el quallat del fruit; i temperatures inferiors a 1°C produeixen símptomes de gelada a les fulles.

L'estrès tèrmic degut a temperatures fredes provoca una disminució de la taxa de germinació i una prolongació del període d'emergència degut a una reducció de la velocitat de creixement de la plàntula (Cuartero et al., 1999). Kemp a l'any 1968 ja va determinar que algunes espècies de tomàquet silvestres presentaven una elevada taxa de germinació a temperatures inferiors a 9°C, així doncs, es va adonar que era possible trobar una variabilitat en aquest caràcter que podria ser molt útil en programes de millora de la tomaquera de cultiu. L'allargament del període d'emergència comporta diverses efectes negatius en el procés de creixement de la plàntula que ja s'han mencionat en l'apartat 1.4.3. Un cop la plàntula emergeix sota l'estrès tèrmic de temperatures fredes les fulles presentaran una tonalitat morada degut a la deficiències de fòsfor.

Per a evitar problemes en la germinació les solucions que es poden dur a terme són la protecció del planter amb alguna coberta que eviti les fortes baixades de temperatura o l'acondicionament ("priming") de la llavor per tal d'accelerar-ne la germinació. Aquesta última mesura no és típica degut al seu alt cost i a les complicacions que comporta.

El quallat del fruit es veu afectat per la manca de temperatures adequades, doncs les temperatures baixes afecten a les diferents fases de la fructificació. La fertilitat del pol·len es redueix de manera important quan les temperatures disminueixen i la dehiscència de les anteres també es veu modificada per l'excés d'humitat quan la tomaquera és sotmesa a fred. Per corregir la baixa fertilitat del pol·len es poden administrar auxines sintètiques a les flors i la poca capacitat dehiscent de les anteres pot ser compensada amb vibradors per facilitar el desprendiment del pol·len (Cuartero et al., 1999).

2. OBJECTIUS

2. OBJECTIUS

2.1. Objectiu general

L'objectiu general d'aquest Treball Final de Grau és estudiar els efectes de tres estressos abiòtics (sequera, salinitat i fred nocturn) en el creixement vegetatiu i en el contingut hídric de tres genotips del gènere *Solanum* procedents del banc de germoplasma de l'empresa Semillas Fitó, S.A.: *S. lycopersicum* (genotip domèstic), *S. habrochaites* i *S. peruvianum* (ambdós silvestres).

2.2. Objectius específics

2.2.1. Assaig d'estrès hídric

Determinar els efectes de la sequera en els paràmetres mètrics i ponderals del creixement vegetatiu dels genotips estudiats, així com en els continguts hídrics de fulla, tija i arrel. En aquest assaig s'establiran tres nivells d'estrès: T, testimoni; S1, 50% de la dosi de reg del testimoni i S2, 25% de la dosi de reg del testimoni.

2.2.2. Assaig d'estrès salí

Determinar els efectes de la salinitat en els paràmetres mètrics i ponderals del creixement vegetatiu dels genotips estudiats, així com en el contingut hídric de fulla, tija i arrel. En aquest assaig s'estableixen tres nivells d'estrès: T, testimoni, solució nutritiva (SN) de 2,5dS/m; S1, SN de 7dS/m; i S2, SN de 10dS/m.

2.2.3. Assaig d'estrès de fred nocturn

Determinar els efectes del fred nocturn en els paràmetres mètrics i ponderals del creixement vegetatiu dels genotips estudiats, així com els contingut hídric de fulla, tija i arrel. En aquest assaig s'estableixen tres nivells d'estrès: T, testimoni, sense fred nocturn; S1, fred nocturn de 5°C durant 1,5 hores; S2, fred nocturn de 5°C durant 3 hores.

3.MATERIALS I MÈTODES

3. MATERIALS I MÈTODES

3.1. Dimensionat de l'assaig

L'assaig dels efectes de l'estrès abiòtic en tres genotips de tomaquera s'ha dut a terme a les instal·lacions del Departament d'Investigació i Desenvolupament de l'empresa Semillas Fitó S.A., ubicat a Cabrera de Mar (Barcelona).

Per tal d'evitar variacions ambientals i com que el material vegetal es trobava en estat de planter, s'ha treballat en una cambra de creixement de plantes pertanyent al departament de Patologia Vegetal (imatge 3.1). La cambra que s'ha utilitzat constava de sis mobles amb tres estants cada un. Les safates de sembra que s'han utilitzat consten de 40 alvèols (5x8) i a cada estant (150 cm x 65 cm) n'hi caben sis. Per garantir condiciones d'homogeneïtat pel que fa a temperatura i humitat només s'ha utilitzat l'estant del mig, així doncs s'ha disposat de sis estants on en total hi ha una capacitat de trenta-sis safates.

Imatge 3.1: Disposició de les safates a la càmera de cultiu. Font: pròpia.

L'assaig avalua els efectes de tres tipus d'estrès abiòtic en tres genotips de tomaquera, per tant, el nombre de combinacions inicials és de nou. Per tal que no coincidissin les sembres i la presa de dades final dels diferents estressos, l'estudi de cada estrès s'ha sembrat per separat i escalonat en el temps, de manera que cap assaig d'estrès coincidís amb un altre. D'aquesta manera s'ha evitat l'acumulació de feina per poder garantir que les tasques de manteniment i sobretot les determinacions mètriques i ponderals de les plantes al final de l'assaig fossin representatives de la situació existent aquell dia. Es van estudiar tres estressos abiòtics: sequera, salinitat i fred nocturn. Per a cada tipus d'estrès s'han estudiat tres nivells: testimoni (condicions generals a la cambra de cultiu sense imposar estrès) i dues intensitats d'estrès (S1 i S2). Seguidament es mostra l'organització de cada assaig:

3.1.1. Estrès hídric

L'assaig d'estrès hídric consta de tres nivells d'estrès: Testimoni, grup regat amb una dosi de reg corresponent a l'exhauriment de l'aigua disponible a la safata de cultiu; S1, grup regat amb el 50 % de la dosi de reg del testimoni i S2, grup regat amb el 25% de la dosi de reg del testimoni. Per tant:

3 genotips x 3 nivells d'estrès (T, S1 i S2) = 9 safates

3.1.2. Estrès salí:

L'assaig d'estrès salí consta de tres nivell d'estrès: Testimoni, grup regat amb una solució nutritiva de 2,5 dS/m; S1, grup regat amb solució nutritiva de conductivitat 7 dS/m i S2, grup regat amb solució nutritiva de conductivitat 10 dS/m. Per tant:

3 genotips x 3 nivells d'estrès (T, S1 i S2) = 9 safates

3.1.3. Estrès de fred nocturn

L'assaig d'estrès de fred nocturn consta de tres nivell d'estrès: testimoni, grup que no ha estat exposat a fred nocturn; S1, grup sotmès a 1,5 hores de fred nocturn i S2, grup sotmès a 3 hores de fred nocturn. Per tant:

3 genotips x 3 nivells d'estrès (T, S1 i S2) = 9 safates

A partir del dia que es va sembrar i durant quaranta-vuit hores les safates es van col·locar a la càmera de pregerminació, on van restar a 24°C. Passat aquest termini es van traslladar a la càmera de creixement on van continuar el seu creixement en condicions de manteniment fins les quatre setmanes de vida, quan es van començar a aplicar els diferents nivells d'estrès. A continuació es mostra un esquema de l'entrada i sortida de càmera dels diferents grups d'estrès:

Taula 3.1: Esquema de la data d'entrades i sortides de càmera segons els grups d'estrès

Grup	Sembrar	Traslladar a càmera	Estressar	Desmuntar assaig
Sequera: Control + (50 % i 25 %)	31 agost	2 set.	30 set.	21 oct.
Salinitat: Control + (7 dS/m i 10 dS/m)	19 oct.	21 oct.	18 nov.	9 des.
Fred nocturn: Control + (1,5 h i 3 h)	7 des.	9 des.	7 gener	27 gener

3.2. Mètode de cultiu en manteniment

Manteniment: considerem manteniment l'etapa que va des del moment de la sembra fins al dia que es comencen a simular els estressos, que en el nostre cas és a les quatre setmanes després d'entrar a la cambra de creixement.

La sembra es va dur a terme, com ja s'ha dit, en safates multialveolars de 40 alveols (5x8) i en un substrat de fibra de coco de la marca Projar, amb la denominació comercial Cocopeat®. Les característiques físiques d'aquest substrat d'acord amb el que indica el proveïdor en els envasos es mostren a la taula 3.2.

Taula 3.2: Característiques tècniques del substrat fibra de coco utilitzat:

Matèria prima	Cocopeat®
Granulometria (mm)	0-1 (fina)
Additius	Sense additius
Absorció d'aigua per litre (g/10min)	197,2
pH	5,7-6,2
EC (dS/m)	1,6-1,9
Porositat (%)	90
Volum d'aire (%)	15
Volum d'aigua (%)	80
Retenció d'aigua (g/g)	8
Contingut en matèria orgànica (%)	90
Contingut en cendres (%)	10
Humitat (%)	69
Densitat aparent (g/dm^3)	70

A la taula 3.3 es mostren les condicions de la cambra de cultiu durant la fase de manteniment.

Taula 3.3: Condicions de la cambra de creixement

	Dia	Nit
Fotoperíode (h)	16	8
Temperatura (°C)	24,5	18
DFFF (µmol PAR m^{-2} s^{-1})	183	0

Il·luminació: els fluorescents de la cambra de creixement es troben a uns 50 cm de l'estant, en el nostre cas la distància al inici dels assaigs ha sigut menor (degut a que les safates es van col·locar sobre caixes de plàstic per controlar el drenatge) i, posteriorment, s'ha anat augmentant la distància conforme les plantes creixien per evitar que les fulles toquessin els fluorescents i es cremessin. A al taula 3.4 es detallen les característiques tècniques dels fluorescents.

Taula 3.4: Característiques tècniques els fluorescents

Marca	Osram
Potència (W)	80
Temperatura de color (K)	830 (lleugerament groga)
Referència	Fq 80w/830 hq
Fluorescents a cada estant	6

Prèviament a l'assaig es van prendre mesures de la densitat de flux fotònic fotosintètic amb una barra de radiació fotosintèticament activa (PAR). Es van prendre mesures puntuals i mitjanes amb dos tipus de sensors (puntual i de barra). Com era d'esperar, la densitat de flux fotònic fotosintètic presentava diferències entre els diferents punts de la càmera. A continuació es detallen els resultats obtinguts en el croquis següent (figura 3.1).

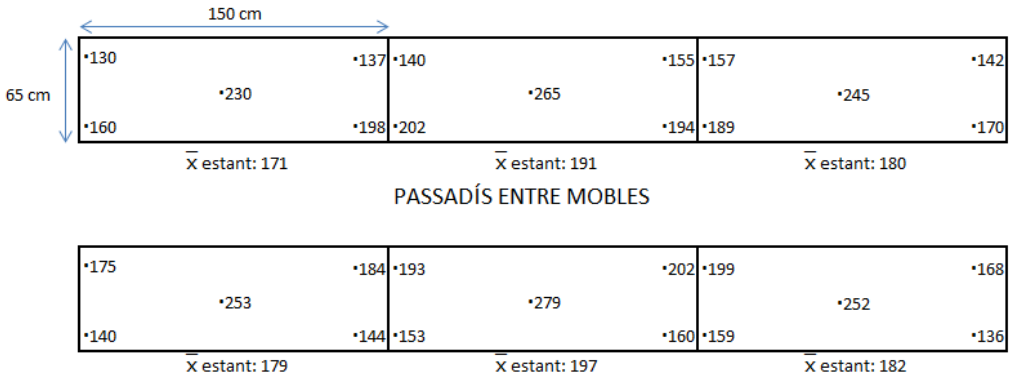

Figura 3.1: Vista aèria dels estants utilitzats de la cambra de creixement on es mostren els resultats obtinguts de flux fotònic fotosintètic (µmol PAR m^{-2} s^{-1}) amb la barra de PAR puntual i mitjana.

Reg: Fertirrigació a base d'una mescla d'aigua de pou amb aigua de pluja (50-50) per aconseguir una conductivitat elèctrica pròxima a 1 dS/m. A partir d'aquesta aigua de base es va afegir adob líquid fins aconseguir una conductivitat del 2,5 dS/m. L'anàlisi de l'aigua de reg es presenta a la taula 3.5.

Taula 3.5: Característiques de l'aigua de reg utilitzada en l'etapa de manteniment

CE (dS/m)	2,5
pH	5,8
NO_3^- (mmol/L)	5
$H_2PO_4^-$ (mmol/L)	1,75
SO_4^{2+} (mmol/L)	2,25
Cl^- (mmol/L)	2,98
NH_4^+ (mmol/L)	0,01
K^+ (mmol/L)	3
Ca^{2+} (mmol/L)	5
Mg^{2+} (mmol/L)	1,6
Na^+ (mmol/L)	1

Es va regar de manera manual utilitzant una regadora de raig fi. Per garantir un bon drenatge es varen col·locar les safates sobre unes caixes de la mida dels estants.

Els càlculs per estimar la dosi de reg es mostren seguidament tenint en compte les següents dades:

Densitat Aparent del substrat (g L^{-1})= 70
Espai Porós Total (%)= 95
Capacitat d'Aireació (%)= 15
Volum d'aigua (% v/v) = 80
Retenció d'aigua = 8 g aigua/1 g substrat sec
Volum alvèol (mL)= 120
nº alvèols per safata= 40

$$\text{Volum de substrat per safata.} = \frac{120\ mL}{1\ alvèol} x \frac{40\ alveols}{1\ safata} = 4{,}8\ L\ substrat/safata$$

El primer que s'ha de fer es determinar el volum d'aigua que es necessita per tal d'omplir una safata fins al drenatge, es calcula en base al volum d'aigua retinguda pel substrat (Volum d'aigua= 80 %) i en base a la densitat aparent del substrat (70 g/L).

Càlculs de la dosi de reg en base al volum d'aigua retinguda pel substrat (Volum d'aigua (%) = 80):

$$\left(\frac{4.8\ L\ subst.}{1\ safata}\right)\ x\ \left(\frac{80\ mL\ aigua}{100\ mL\ substrat}\right) x\ t\left(\frac{1000\ mL\ substrat}{1\ L\ substrat}\right) x\ \left(\frac{1\ g\ aigua}{1\ mL\ aigua}\right) = \frac{3840\ g\ Aigua}{1\ safata}$$

Per tal de calcular el interval de reg, és a dir, en quin moment les safates han perdut l'aigua fàcilment disponible hem de calcular el pes total d'una safata.

Càlcul del pes estimat d'una safata després de regar:

$$PES\ TOTAL = \ pes\ substrat\ sec + pes\ safata\ seca + pes\ plantes + \ pes\ aigua\ retinguda$$

Càlcul del pes del substrat sec:

$$Pes\ \sec substrat = \left(\frac{4.8\ L\ substrat}{1\ safata}\right)\ x\ \left(\frac{70\ g\ substrat\ sec}{1\ L\ substrat}\right)\ =\ \frac{336\ g\ substrat\ sec}{1\ safata}$$

Cada planta té un pes aproximat de 5 g, seguidament es calcula el pes total de les plantes en una safata:

$$Pes\ de\ les\ plantes = \left(\frac{5\ g}{1\ planta}\right)\ x\ \left(\frac{40\ plantes}{1\ safata}\right)\ =\ 200\ g\ de\ plantes$$

Sabent que una safata buida pesa 104 g i amb els resultats dels càlculs anteriorment fets es pot calcular el pes total d'una safata després de regar:

Càlcul del pes total d'una safata després de regar en base al volum d'aigua retinguda pel substrat (Volum d'aigua (%)=80):

$$PES\ TOTAL\ \ =\ 336\ g\ substrat\ +\ 104\ g\ safata\ +\ 200\ g\ plantes\ +\ 3840\ g\ aigua\ =\ 4480\ g$$

Sabent el pes total que ha de tenir una safata a capacitat de contenidor es va determinar el interval de reg estimant la quantitat d'aigua disponible que conté cada safata, doncs controlant el pes de les safates diàriament es posà de manifest en quin moment s'havia perdut el pes corresponent a la quantitat d'aigua disponible per al cultiu. La taula de característiques del substrat utilitzat no informa de l'aigua disponible per al cultiu, es va estimar que és d'un 40 %, per tant aquesta serà de 1536 ml pel que fa als càlculs fets en base al volum d'aigua retinguda pel substrat.

La mitjana del pes de les safates després de regar i de deixar que l'aigua cessés de drenar es trobava al voltant de 4150 g, és a dir, que es procedia al reg quan les safates pesaven aproximadament 2600g.

3.3. Material vegetal utilitzat

El material vegetal utilitzat en aquest assaig ha estat cedit per l'empresa Semillas Fitó i pertany al banc de germoplasma propi de l'empresa. Els tres genotips utilitzats són accessions de les espècies *S. habrochaites*, *S. peruvianum* (espècies de tomaquera silvestre) i *S. lycopersicum* (espècie domèstica) que han estat testats en diferents observacions per tal d'incloure'ls o no en els processos de millora que l'empresa du a terme.

3.4. Metodologia d'assaig per als diferents estressos

A continuació es detallen els procediments utilitzats per a determinar la metodologia aplicada en cada estrès abiòtic.

3.4.1. Metodologia d'assaig d'estrès hídric

Per tal d'analitzar la resposta al dèficit hídric dels genotips estudiats, i atès que la tomaquera cultivada té una certa tolerància a la sequera i que encara en tenen més les espècies silvestres, s'han establert tractaments clarament restrictius de la disponibilitat hídrica: reducció del 50% de la dosi del testimoni a S1 i del 75 % a S2.

Així doncs, s'han estudiat els diferents genotips escollits sota tres nivells d'estrès hídric. El primer nivell consisteix en el testimoni, aquest s'ha mantingut en les condicions descrites anteriorment per a l'etapa de manteniment. En segon lloc, el nivell d'estrès intermedi s'ha regat amb el 50 % de la dosi de reg calculada anteriorment. Per tant, si la dosi de reg estimada en els càlculs és de 1536 ml les safates corresponents a aquest nivell d'estrès han estat rebent 768 ml mantenint el mateix interval que les safates de control. Les plantes pertanyents al tercer i més sever nivell d'estrès hídric s'ha regat amb tan sols el 25 % de la dosi de reg del testimoni. Així doncs, en cada reg la safata rebia 384 ml de solució, sempre mantenint el mateix interval de reg que la safata de testimoni.

3.4.2. Metodologia d'assaig d'estrès salí

Atès que la tomaquera cultivada té una certa tolerància a la salinitat i que aquesta és superior a les espècies silvestres, s'han establert tractaments clarament salinitzats afegint NaCl a la solució nutritiva fins a assolir conductivitats elèctriques de 7 dS/m a S1 i de 10 dS/m a S2, contrastant les seves respostes amb els testimonis tractats amb solució nutritiva de 2,5 dS/m.

El primer nivell (T), com en els altres dos casos, fa referència al control o testimoni. Les safates pertanyents a aquest grup s'han mantingut en les mateixes condicions d'abans de començar l'estrès, és a dir, en condicions de manteniment fertirrigat amb solució nutritiva de 2,5 dS/m. El segon grup d'estrès intermedi (S1) s'ha regat amb una solució nutritiva amb una concentració salina de 7 dS/m, s'han aplicat la mateixa dosi de reg en el mateix interval que el control. El nivell d'estrès més alt (S2) ha consistit en regar les safates amb una solució nutritiva amb un nivell de salinitat de 10 dS/m, també mantenint la dosi i el interval de reg.

Per preparar les dues solucions nutritives de cada nivell d'estrès s'ha partit de la solució fertilitzant que s'ha utilitzat per regar en l'etapa de manteniment i els controls, és a dir, d'una salinitat de 2,5 dS/m i per obtenir els tractaments de salinització (7 dS/m i 10 dS/m) s'ha afegit NaCl a la solució fertilitzant. Per tal determinar les quantitats de NaCl necessàries s'ha fet un assaig previ que consistia en afegir diferents quantitats de NaCl prèviament pesades a vàries mostres de solució nutritiva base. Concretament, per fer la recta patró, s'han afegit 0,5, 1, 2 i 5 g NaCl/L a la solució nutritiva. Després d'agitar intensament per dissoldre la sal i de deixar-ho reposar, s'ha determinat la conductivitat elèctrica de les dissolucions obtingudes, obtenint el corresponent gràfic (gràfic 3.1):

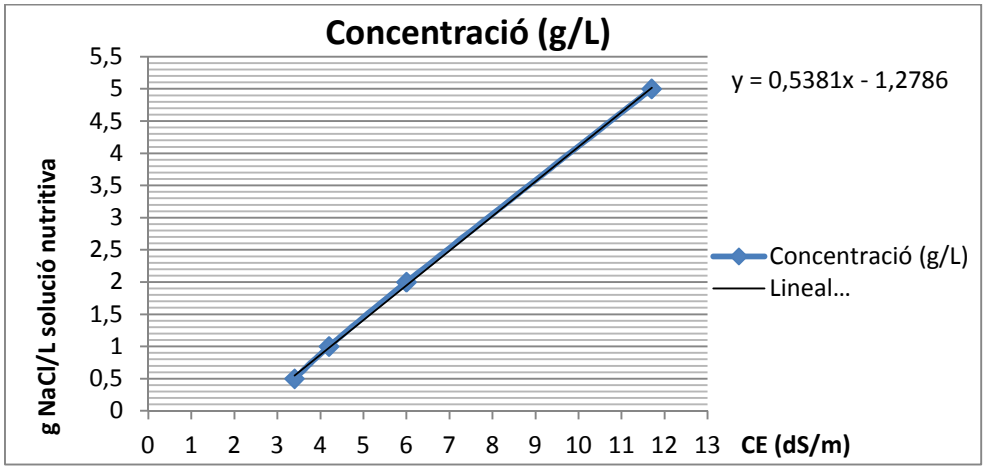

Figura 3.1: Gràfic de la conductivitat obtinguda per a cada concentració de NaCl

Amb l'equació de la recta s'ha pogut calcular quina concentració de NaCl seria necessària per a obtenir una conductivitat de 7 dS/m i 10 dS/m en les garrafes de solució nutritiva que s'han utilitzat per regar les safates pertanyents als dos nivells d'estrès. Així doncs, els càlculs són els següents:

Per a calcular la concentració necessària per a obtenir una conductivitat de 7 dS/m:

$$y = (0.5381 * x) - 1.2786$$

On y= a la concentració necessària en g/L i x la conductivitat en mS que volem obtenir. Per tant:

$$Concentració\ per\ a \frac{7\ dS}{m} = (0.5381 * 7) - 1.2786 = 2.45\ g\ NaCl/L$$

$$Concentració\ per\ a \frac{10\ dS}{m} = (0.5381 * 10) - 1.2786 = 4.04\ g\ NaCl/L$$

Per facilitar el maneig del reg amb les solucions salines s'han preparat garrafes de 25 L que permetien una autonomia de reg setmanal. A continuació es presenten els càlculs de la quantitat de NaCl que s'havia d'afegir a les garrafes per tal d'aconseguir les solucions desitjades:

$$Pes\ a\ afegir\ de\ NaCl\ (7\ dS/m) = \frac{2.45\ g\ NaCl}{1L} x \frac{25\ L}{1\ garrafa} 1 = \frac{60\ g\ NaCl}{1\ garrafa}$$

$$Pes\ a\ afegir\ de\ NaCl\ (10\ dS/m) = \frac{4.04\ g\ NaCl}{1L} x \frac{25\ L}{1\ garrafa} 1 = \frac{102.5\ g\ NaCl}{1\ garrafa}$$

3.4.3. Metodologia d'assaig d'estrès de fred nocturn

La tomaquera cultivada és sensible al refredament o "chilling", amb un llindar de fred proper als 15°C. Contràriament, les espècies silvestres mostren tolerància al fred en relació, principalment, a l'altitud de la seva distribució geogràfica de procedència. Per aquests motius s'ha establert un tractament de 5°C de curta durada al inici del període nocturn. S'ha escollit fred nocturn atès que el major risc de fred en condicions de cultiu es dóna durant la nit quan la temperatura ambiental és més baixa. Fixat el nivell tèrmic en 5°C, s'han establert dues durades: 1,5 hores a S1 i 3 hores a S2.

La programació horària de la cambra de creixement on s'han dut a terme els assajos feia coincidir el període nocturn d'aquesta amb la tarda en temps real, així doncs, per simular una baixada de temperatures nocturna cada dia s'han introduït les safates dels dos nivells estressats a la cambra de 15:00h a 16:30h (per al nivell d'estrès intermedi, 1,5 hores de fred diaris) o de 15:00h a 18:00h (per al nivell més sever d'estrès tèrmic, 3 hores de fred). Posteriorment les safates tractades s'han retornat a la cambra.

3.5. Determinació dels paràmetres de creixement

El període en que les plantes han estat sotmeses als diferents estressos ha tingut una duració de tres o quatre setmanes. Passat aquest temps s'ha procedit a desmuntar l'assaig per tal de dur a terme la presa de dades, moltes d'elles consistien en mesures destructives. S'han mesurat tots els paràmetres en cinc repeticions per a cada combinació d'estrès i tractament escollides a l'atzar de les safates sense introduir les vores en el sorteig.

La presa de mesures s'ha efectuat de la següent manera i en l'ordre que s'esmenta a continuació:

0) Separació de la part aèria de la planta per a la base de la tija mitjançant tisores de laboratori. Les arrels restaren amb el pa de substrat dins de l'alvèol fins al punt 4.

1) Recompte del número de fulles total de la planta (comptant els nusos i les fulles que hi eren presents) i dels cotiledons. El paràmetre número de fulles que s'ha estudiat en l'anàlisi estadística és el de les fulles existents a la planta en el moment de finalitzar l'assaig (imatge 3.2).

Imatge 3.2: Plantes de *S. peruvianum* en el moment de finalitzar l'assaig. Es disposen esteses per tal de comptar-ne les fulles i els cotiledons, abans de separar les distintes fraccions de la planta. Font: pròpia.

2) Determinació del pes fresc aeri, pes fresc de les fulles i pes fresc de la tija: emprant una balança de precisió pesar la part aèria i, seguidament, separar i pesar les fulles i, posteriorment, pesar la tija romanent.

3) Determinació de l'alçada: mesura de la longitud de la tija amb un regle mil·limetrat

4) Determinació del pes fresc de les arrels (imatge 3.3): rentat exhaustiu i curós de les arrels amb aigua per tal d'eliminar tot el substrat; retirar l'excés d'humitat mitjançant diverses aplicacions superficials de paper de cel·lulosa; i finalment, fer la corresponent gravimetria.

Imatge 3.3: Detall de les arrels de *S. lycopersicum* rentades abans de ser pesades per obtenir-ne el pes fresc. Font: pròpia.

5) Determinació del pes sec de les fulles, tija i arrels: el procés d'assecat de les diferents fraccions de les plantes ha consistit en l'exposició a 80°C durant 48 hores en una estufa de ventilació forçada. Transcorregut aquest període, i després de deixar refredar, s'han pesat les diferents parts de la planta amb una balança de precisió.

6) Determinació de l'àrea foliar (total, normal, cloròtica i necròtica): després de determinar els pesos frescs de les diferents fraccions de la planta s'ha procedit a determinar l'àrea foliar mitjançant el fotocopiat en color de les fulles de cada planta, estenent-les sobre un DIN-A4. Posteriorment s'han retallat seguint el contorn de les fulles, d'aquesta manera, comparant el pes dels retalls i sabent l'àrea estàndard d'un DIN-A4 i el pes de cada fotocòpia, s'ha estimat l'àrea foliar. Aquestes fotocòpies s'han realitzat en color per tal de poder diferenciar l'estat de les diferents parts de la fulla. Les fotocòpies han estat retallades no només tenint en compte l'àrea de les fulles, si no que s'han separat les parts cloròtiques i les necròtiques de la resta. D'aquesta manera s'ha pogut calcular la superfície de cada tipus de fulla per tal d'analitzar els efectes dels estressos en l'àrea total i les diferents tipologies.

3.6. Disseny experimental i tractament estadístic de les dades

Els tres assaigs s'han fet emprant un disseny totalment aleatoritzat on la unitat experimental està constituïda per una safata multialveolar de 40 alvèols per genotip i nivell d'estrès. Per a cada tipus d'estrès hi ha tres nivells (testimoni, S1 i S2, segons assaig) que es combinen amb tres genotips (G1, G2 i G3). Per tant, per a cada assaig hi ha 9 (3x3) safates.

En finalitzar cada assaig s'han extret a l'atzar 5 plantes de la part interna de cada safata sense tenir en compte les vores, és a dir, que es controlen 45 (5x9) plantes (figura 3.2):

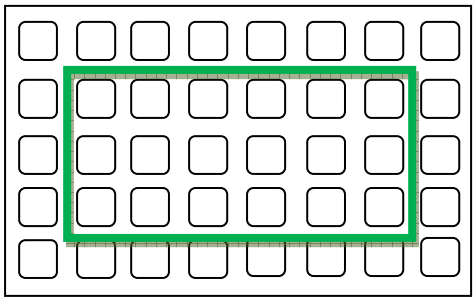

Figura 3.2: Representació de la safata multialveolar utilitzada en aquest estudi. La línia verda delimita la part d'on s'han extret les plantes que s'ha analitzat, doncs les vores no s'han tingut en compte.

Per al tractament de dades s'ha fet servir el programa R de lliure accés. Les dades obtingudes per a cada un dels paràmetres analitzats i tipus d'estrès s'ha sotmès a una anàlisi de la variància de dos factors (genotip i nivell d'estrès), cadascun d'ells amb tres nivells. Posteriorment s'ha dut a terme la separació de mitjanes corresponent mitjançant el test de Tukey. El nivell de confiança per a l'anàlisi estadística ha estat del 95 %, és a dir que $P \leq 0,05$.

4.RESULTATS I DISCUSSIÓ

4. RESULTATS I DISCUSSIÓ

4.0. Consideració inicial sobre els resultats dels diferents assaigs

Tal com s'ha indicat a Materials i Mètodes el règim lumínic existent en la cambra de cultiu durant l'assaig ha proporcionat una densitat de flux fotònic fotomètric de 183 µmol PAR/m²s. Aquest règim, tot i superar el punt de compensació lumínica està molt per sota del de saturació. Aquestes condicions d'assaig, amb règim de radiació limitant, són característiques de les cambres de cultiu, atès que és molt costós i difícil equipar aquestes instal·lacions amb iluminàries molt potents. Com a conseqüència d'això tots els tractaments assajats (testimoni, S1 i S2) per els tres factors d'estrès han crescut sota un règim lumínic limitant, la qual cosa ha provocat que es produís senescència foliar prematura i, posteriorment, l'abscisió de les fulles de més edat a mesura que l'índex d'àrea foliar ha anat augmentant. L'augment de superfície foliar concomitant amb el creixement vegetatiu fa que la radiació que arriba a les fulles de més edat estigui per sota del punt de compensació i provoqui la seva senescència i abscisió. Aquesta limitació l'han tingut totes les combinacions de tractament-genotip i, especialment, l'han sofert les plantes del testimoni que han tingut major desenvolupament foliar. És per aquest motiu que, tot i ser plantes joves (de 2 a 2,5 mesos d'edat), els testimonis dels tres assaigs presenten zones cloròtiques i/necròtiques en una part de l'àrea foliar. Com és ben sabut la senescència foliar s'inicia usualment amb clorosi tissular que, posteriorment, esdevé necròtica. Aquest condicionament experimental no invalida el resultats ja que si els estressos promouen clorosi i necrosi foliar, els valors d'aquests paràmetres en els tractaments d'estrès (S1 i S2) seran superiors als del testimoni.

4.1. Efectes de l'estrès hídric en el creixement dels genotips estudiats

4.1.1. Consideració de l'anàlisi estadística

L'anàlisi de la variància de dos factors dels efectes de l'estrès hídric en els tres genotips estudiats (taula 4.1) ha posat de manifest el següent: efecte significatiu del genotip en tots els paràmetres de creixement estudiats, excepció feta de contingut hídric de les fulles; efecte significatiu dels tractaments d'estrès a la major part dels paràmetres llevat de la relació pes fresc aeri/pes fresc radicular, pes sec de les arrels i el contingut hídric de les tres fraccions (fulles, tija i arrels). Complementàriament, s'ha observat interacció entre el factor genotip i el factor d'estrès hídric en els següents paràmetres: pes fresc aeri, pes fresc de les fulles, pes fresc de la tija, pes fresc total, relació pes fresc aeri/pes fresc radicular, pes sec total, contingut hídric de la tija i àrea foliar normal; per la resta dels paràmetres no s'ha detectat interacció.

Taula 4.1: Anàlisi de variància dels efectes de l'estrès hídric en els genotips estudiats. S: significatiu; NS: no significatiu.

Paràmetre	Efecte Genotip	Efecte Tractament	Efecte Interacció
Alçada	S	S	NS
Número fulles	S	S	NS
Pes fresc aeri	S	S	S
Pes fresc fulles	S	S	S
Pes fresc tija	S	S	S
Pes fresc arrels	S	S	NS
Pes fresc total	S	S	S
Relació p.f. aeri/p.f arrels	S	NS	S
Pes sec aeri	S	S	NS
Pes sec fulles	S	S	NS
Pes sec tija	S	S	S
Pes sec arrels	S	NS	NS
Pes sec total	S	S	NS
Relació p.s aeri/p.s arrels	S	S	NS
Contingut hídric fulles	NS	NS	NS
Contingut hídric tija	S	NS	S
Contingut hídric arrels	S	NS	NS
Àrea foliar normal	S	S	S
Àrea foliar cloròtica	S	S	NS
Àrea foliar necròtica	S	S	NS
Àrea foliar total	S	S	NS

Per cadascun dels paràmetres estudiats s'ha dut a terme la separació de mitjanes adient que es presenta en dos tipus de taules, les corresponents als paràmetres que no han mostrat interacció entre factors i les que presenten els paràmetres on si que se n'hi ha detectat.

En el primer cas les taules mostren les mitjanes per genotip (columna de la dreta, lletres majúscules) i per tractament d'estrès hídric (última fila, lletres minúscules) i les de les diferents combinacions de genotip-tractament d'estrès hídric. En aquestes combinacions la separació de mitjanes es fa en horitzontal per evidenciar les diferències dels tres tractaments d'estrès hídric (T, S1 i S2) per a cada genotip (lletres minúscules) i en vertical per mostrar les diferències dels genotips per cadascun dels tres nivells d'estrès (lletres majúscules).

Les taules dels paràmetres on s'ha detectat interacció contenen també la separació de mitjanes entre genotips (columna de la dreta, lletres minúscules) i tractament d'estrès (última fila, lletres minúscules) i la separació de mitjanes de les diferents combinacions es fa conjuntament per tots els nou tractaments (sempre lletres minúscules).

4.1.2. Efecte de l'estrès hídric en l'alçada i el número de fulles

S'han observat diferències significatives de l'alçada entre els tres genotips (taula 4.2) ordenant-se de menor a major: *S. habrochaites* < *S. peruvianum* < *S. lycopersicum* .

Taula 4.2: Efectes de l'estrès hídric en l'alçada dels genotips estudiats. S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25 % de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni (cm)	S1 (cm)	S2 (cm)	$\bar{x}$ genotip (cm)
S. habrochaites	24,72 b A	19,24 a A	17,72 a A	20,56 A
S. peruvianum	28,78 b B	21,10 a A	18,52 a A	22,80 B
S. lycopersicum	35,12 c C	29,38 b B	23,60 a B	29,37 C
$\bar{x}$ estrès (cm)	29,54 c	23,24 b	19,95 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Complementàriament l'estrès hídric ha comportat disminució de l'alçada dels genotips i essent significativament menor el tractament del 25 % de la dosi de reg que el de 50 %, és a dir que en augmentar el grau d'estrès respecte el testimoni es promou una disminució significativa i progressiva de l'alçada de les plantes. Aquest comportament del factor

estrés hídric global només es mostra en *S. lycopersicum* on s'observen diferències significatives entre el tractament del 25 % de la dosi de reg i el del 50 % mentre que en *S. habrochaites* i *S. peruvianum* els dos tractaments d'estrès són significativament inferiors al testimoni però no es poden diferenciar estadísticament entre sí, tot i que els valors absoluts del tractament de 25 % de la dosi de reg són inferiors als del 50 %. La separació de mitjanes dels genotips pel que fa al nivell d'estrès també indica que en els testimonis es manté l'efecte genotip general amb diferències significatives entre els tres genotips (*S. habrochaites* < *S. peruvianum* < *S. lycopersicum*). Aquesta graduació entre els tres genotips s'atenua en els tractaments del 50 % i 25 % de la dosi de reg i només s'observen diferències entre *S. lycopersicum* amb els valors màxims i els altres dos genotips, tot i que en valors absoluts l'alçada de *S. habrochaites* és inferior a la de *S. peruvianum*.

La separació de les mitjanes pel número de fulles es presenta a la taula 4.3:

Taula 4.3: Efectes de l'estrès hídric en el número de fulles dels genotips estudiats. S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25 % de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni	S1	S2	$\bar{x}$ genotip
S. habrochaites	8,0 b B	6,0 a A	6,0 a A	6,67 AB
S. peruvianum	6,2 a A	6,6 a A	5,8 a A	6,20 A
S. lycopersicum	8,4 a B	7,0 a A	7,2 a A	7,53 B
$\bar{x}$ estrès	7,53 b	6,53 a	6,33 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Els efectes de l'estrès hídric sobre el número de fulles dels genotips indica que *S. lycopersicum* presenta un número significativament superior de fulles que *S. peruvianum* mentre que *S. habrochaites* pren un valor intermedi que no es pot diferenciar estadísticament dels altres dos. L'estrès hídric fa disminuir significativament el número de fulles de les plantes en relació al testimoni però no s'observen diferències significatives entre els dos nivells de tractament, 50 % de la dosi de reg i 25 % , tot i que el valor absolut del tractament al 25 % és inferior al de 50 %. Aquest comportament global del factor estrès hídric només s'observa en *S. habrochaites* on els valors dels estressos són significativament inferiors als del testimoni, sense diferenciar-se entre ells. Contràriament, en *S. peruvianum* i *S. lycopersicum* no es detecten diferències significatives entre el testimoni i els dos nivells d'estrès, tot i que els valors absoluts dels tractaments d'estrès a

S. lycopersicum són inferiors als del testimoni. La separació de mitjanes pel factor d'estrès pel que fa als testimonis indica que *S. peruvianum* té significativament menys fulles que *S. habrochaites* i *S. lycopersicum* sense diferències entre aquests dos. En els nivells d'estrès 50 % i 25 % ja no s'observen diferències significatives en el número de fulles dels genotips, tot i que els valors absoluts de *S. lycopersicum* són superiors als dels altres dos genotips.

4.1.3. Efecte de l'estrès hídric en el pes fresc

Pel que fa als resultats obtinguts en el pes fresc aeri (taula 4.4) cal indicar que s'observen diferències significatives entre els tres genotips, ordenant-se de menor a major: *S. peruvianum* < *S. habrochaites* < *S. lycopersicum*.

Taula 4.4: Efectes de l'estrès hídric en el pes fresc aeri dels genotips estudiats. S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25 % de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	5,86 ab	4,31 a	3,20 a	4,45 b
S. peruvianum	2,96 a	2,29 a	2,38 a	2,54 a
S. lycopersicum	12,54 c	9,23 bc	5,29 ab	9,02 c
$\bar{x}$ estrès (g)	7,12 b	5,28 a	3,62 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

El grau d'estrès per als diferents genotips també evidencia valors significativament diferents entre els testimonis i els dos nivells d'estrès hídric, amb un valor superior en el primer. Entre els dos nivells d'estrès no es mostren diferències que resultin significatives però en valors absoluts el tractament del 50% de la dosi de reg obté un valor superior al del tractament del 25 %. La separació de mitjanes entre les nou combinacions resultant de l'estudi del pes fresc aeri posa de manifest que el pes fresc aeri de *S. lycopersicum* és significativament superior al dels altres dos genotips en els tractaments testimoni i 50 % d'estrès, però que amb l'estrès més sever (25 %) ja no es detecten diferències significatives entre els tres genotips. Entre *S. habrochaites i S. peruvianum* es manté l'ordre (*S. peruvianum* < *S. habrochaites*) però no es mostren diferències significatives. En qualsevol cas els valors absoluts dels testimonis dels tres genotips són sempre superiors als dels que han patit estrès hídric.

Un cop comentat l'efecte de l'estrès hídric en la part aèria ens centrarem en el pes fresc de fulles i tija per separat.

Pel que fa al pes fresc de les fulles (taula 4.5) observem que el valor de la mitjana de *S. lycopersicum* és significativament major que el de les mitjanes per genotip de *S. habrochaites* i *S. peruvianum*, sense detectar diferències significatives entre aquests dos.

Taula 4.5: Efectes de l'estrès hídric en el pes frecs de les fulles dels genotips estudiats. S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25 % de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	3,68 ab	2,42 a	2,05 a	2,72 a
S. peruvianum	1,96 a	1,65 a	1,65 a	1,62 a
S. lycopersicum	7,75 c	5,62 bc	3,18 ab	5,52 b
$\bar{x}$ estrès (g)	4,46 b	3,23 a	2,15 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

Si ens fixem en la separació de mitjanes pel que fa als diferents tractaments podem veure que l'estrès hídric fa disminuir significativament el pes fresc de les fulles en relació al testimoni amb els grups que han patit estrés. D'altra banda, entre els dos nivells d'estrès no hi apareixen diferències significatives. A més, la separació de mitjanes de les diferents combinacions de genotip-tractament tornen a posar de manifest, de la mateixa manera que en la taula de pes fresc aeri, que el pes fresc de les fulles de *S. lycopersicum* és superior als dels altres dos genotips en els tractaments testimoni i 50 %, però no és així en el del 25 % d'estrès. Contràriament, a *S. peruvianum i S. habrochaites* no s'observen diferències estadístiques entre genotips ni nivell d'estrès. No obstant, els valors absoluts dels testimonis són superiors als dels tractaments d'estrès en els tres genotips.

Els resultats del pes fresc de la tija es presenten a la taula 4.6:

Taula 4.6: Efecte de l'estrès hídric en el pes fresc de la tija dels genotips estudiats. S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25 % de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	2,18 a	1,89 a	1,15 a	1,74 b
S. peruvianum	1,00 a	0,64 a	1,14 a	0,93 a
S. lycopersicum	4,78 c	3,60 b	2,11 a	3,50 c
$\bar{x}$ estrès (g)	2,66 b	2,05 ab	1,47 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

S'han observat diferències significatives en les mitjanes del pes fresc de la tija entre els tres genotips, seguint el següent ordre de menor a major: *S. peruvianum* < *S. habrochaites*

< *S. lycopersicum*. Pel que fa a les mitjanes referents al pes fresc de les tiges dels genotips per cada nivell d'estrès també s'observen diferències estadístiques, però només significatives entre el testimoni i el tractament del 25%, quedant-se entremig el valor del tractament del 50 % de dosi de reg sense diferències significatives amb els altres dos, evidenciant que l'estrès hídric fa disminuir el pes fresc de les fulles. La separació de mitjanes de les nou combinacions segueix un patró similar al del pes fresc aeri (taula 4.4) i el pes fresc de les fulles (taula 4.5), on *S. lycopersicum* mostra un pes fresc de la tija superior al dels altres dos genotips per els tractaments testimoni i 50 % d'estrès, desapareixent les diferències significatives entre genotips quan l'estrès és més fort (25 %). Complementàriament, *S. lycopersicum* mostra una disminució progressiva i significativa del pes fresc de la tija a mesura que augmenta l'estrès, mentre que els altres dos genotips no s'afecten significativament, tot i que els valors absoluts disminueixen amb la intensitat de l'estrès hídric.

Els efectes de l'estrès hídric sobre el pes fresc de les arrels (taula 4.7) ha produït diferències significatives entre *S. lycopersicum* i les altres dues espècies, doncs la mitjana d'aquest duplica els valors obtinguts en la mitjana de *S. habrochaites* i *S. peruvianum*. Les mitjanes conjuntes dels genotips per als diferents tractaments són significativament diferents entre el testimoni i el tractament del 25 % de dosi de reg; al mig d'aquestes dues s'hi pot trobar la mitjana referent al tractament del 50 % que mostra diferències amb els altres dos en termes de valor absolut, però no en termes estadístics.

Taula 4.7: Efecte de l'estrès hídric en el pes fresc de les arrels dels genotips estudiats. S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25 % de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	0,79 a A	0,64 a A	0,75 a A	0,73 A
S. peruvianum	0,86 a A	0,72 a A	0,56 a A	0,72 A
S. lycopersicum	1,95 b B	1,53 b B	0,89 a A	1,46 B
$\bar{x}$ estrès (g)	1,20 b	0,96 ab	0,73 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Pel que fa a la diferenciació de mitjanes entre els diferents nivell d'estrès per a cada genotip podem observar que en *S. habrochaites* i *S. peruvianum* no es mostren diferències significatives ni tan sols entre testimoni i grups estressats. En canvi, *S. lycopersicum*

mostra diferències significatives entre el grup regat amb el 25 % de la dosi i els altres dos nivell d'estrès, evidenciant una afectació en el pes de les arrels quan aquesta espècies és sotmesa a una severa mancança hídrica. En els tres genotips els valors absoluts del tractament testimoni són superiors als dels tractaments d'estrès. Pel que fa a l'efecte genotip segons tractament, s'observa que en el testimoni i amb el 50 % de la dosi *S. lycopersicum* presenta valors significativament superiors als dels altres dos genotips i que amb el tractament més sever ja no hi ha diferències.

A la taula 4.8 s'hi poden veure els resultats de les mitjanes per al pes fresc total de les plantes:

Taula 4.8: Efecte de l'estrès hídric en el pes fresc total dels genotips estudiats. S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25 % de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	6,66 ab	4,95 a	3,95 a	5,19 a
S. peruvianum	3,83 a	3,01 a	2,94 a	3,26 a
S. lycopersicum	14,5 c	10,75 bc	6,17 ab	10,47 b
$\bar{x}$ estrès (g)	8,33 b	6,24 ab	4,36 b	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

Una vegada més, la mitjana del pes fresc *de S. lycopersicum* és significativament superior a la de les altres dues espècies i, entre *S. habrochaites* i *S. peruvianum* no hi ha diferències significatives, tot i que el valors absolut del primer sigui superior al segon. Pel que fa a les mitjanes provinents dels genotips per a cada tractament podem observar que la del grup testimoni obté el valor més gran, seguida de la mitjana pel tractament del 50 % de la dosi de reg, amb el que no hi ha diferències significatives, i acabant pel grup tractat amb el 25 % de la dosi de reg, el qual si que té diferències significatives amb el testimoni però no amb el tractament intermedi. La norma general dels valors absoluts de les mitjanes de les combinacions genotip-tractament és, com s'observa a la taula 4.8, de disminució del pes total de la planta proporcional a la gravetat de l'estrès, amb un pes superior pel que fa a les mitjanes de *S. lycopersicum*. No obstant, només s'observen diferències significatives entre *S. lycopersicum* (valors màxims) i els altres dos genotips en els tractaments testimoni i 50 %, mentre que amb l'estrès més intens ja no es diferencien els tres genotips. Complementàriament a *S. lycopersicum* el pes fresc de la tija del testimoni és significativament superior al dels tractaments amb més estrès. No s'observa reducció

significativa del pes fresc total amb l'estrès hídric a *S. habrochaites* i *S. peruvianum*, tot i que els valors absoluts disminueixen amb el grau de salinitat.

Per últim, es mostra la taula 4.9 amb les mitjanes de la relació entre el pes fresc de la part aèria i el pes fresc de la part radicular.

Taula 4.9: Efecte de l'estrès hídric en la relació entre el pes fresc de part aèria i part pes fresc de la part radicular dels genotips estudiats. S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25% de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni	S1	S2	$\bar{x}$ genotip
S. habrochaites	7,75 d	6,91 cd	4,67 abc	6,34 b
S. peruvianum	3,41 a	3,20 a	4,24 ab	3,62 a
S. lycopersicum	6,81 bcd	6,19 bcd	5,99 bcd	6,33 b
$\bar{x}$ estrès	5,99 b	5,43 ab	4,87 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

Els valors de les mitjanes genotípiques globals mostren una diferència significativa entre *S. peruvianum* i els altres dos genotips, sent el valor d'aquest primer la meitat que *S. habrochaites* i *S. lycopersicum*, els quals tenen valors molt semblants. Pel que fa als valors generals de cada nivell d'estrès s'estableixen diferències significatives entre el testimoni i el tractament del 25 %, però el tractament del 50 % de la dosi no mostra resultats significativament diferenciats dels altres dos nivells, trobant-se just al mig. És a dir, que l'estrès hídric promou, globalment, una disminució progressiva de la relació pes fresc aeri/ pes fresc radicular. Els valors absoluts de la relació del pes fresc de la part aèria i la part radicular de la planta evidencien que *S. lycopersicum* obté resultats no gaire diferenciats entre tractaments, tot i que van disminuint a mesura que augmenta el grau d'estrès. En canvi, *S. habrochaites* es veu més afectat per l'estrès hídric, doncs en augmentar el nivell d'estrès la relació del pes fresc de la part aèria i la part radicular disminueix i ho fa de manera significativa per al tractament del 25 % de al dosi de reg en relació al testimoni.

Per finalitzar aquest apartat la figura 4.1 mostra la distribució del pes fresc dels genotips per fraccions (fulla, tija i arrel) i total (alçada dels histogrames), en els diferents tractaments d'estrès hídric. La figura permet apreciar les diferències entre els pesos frescs que cada genotip ha obtingut en cada nivell d'estrès hídric.

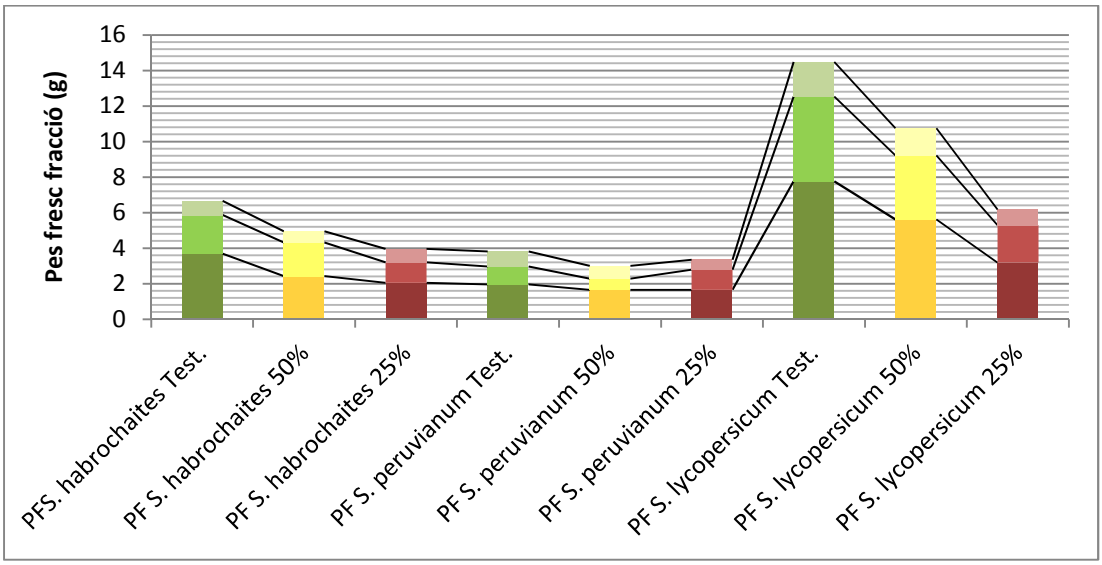

Figura 4.1: Efecte de l'estrès hídric en les fraccions del pes fresc dels genotips estudiats. De baix a dalt de cada histograma: fulla, tija i arrel. Testimoni: verd; S1(50%): groc; S2(25%): vermell.

A la figura s'observa clarament com el pes fresc del genotip *S. lycopersicum* és superior al dels altres dos genotips en els tres tractaments (T, S1 i S2), també s'observa que les fulles són els òrgans on es distribueix la major part del pes fresc.

4.1.4. Efecte de l'estrès hídric en el pes sec

S'han observat diferències significatives en les mitjanes del pes sec aeri (taula 4.10) de *S. lycopersicum* i els altres dos genotips. Pel que fa a les mitjanes del pes sec aeri per a cada nivell d'estrès el testimoni mostra diferències significatives amb el tractament del 25 % de la dosi de reg, però no amb el tractament del 50 %, i aquest últim tampoc difereix significativament del nivell més sever d'estrès, 25% de la dosi de reg.

Taula 4.10: Efectes de l'estrès hídric en el pes sec aeri dels genotips estudiats. S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25 % de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	0,82 a A	0,57 a A	0,55 a A	0,65 A
S. peruvianum	0,56 a A	0,46 a A	0,33 a A	0,45 A
S. lycopersicum	1,90 b B	1,50 b B	0,90 a A	1,44 B
$\bar{x}$ estrès (g)	1,09 b	0,84 ab	0,59 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Si ens fixem amb les mitjanes del pes sec de *S. habrochaites* a la taula 4.10 veiem que, tot i que mostren una disminució en valors absoluts a mesura que l'estrès hídric augmenta, no podem dir que hi hagin diferències significatives entre els valors de cada tractament. El mateix ocorre en el cas de *S. peruvianum*, on tampoc hi ha diferències significatives però es mostra una disminució dels valors de les mitjanes del pes sec aeri en els grups estressats. *S. lycopersicum* sí que mostra uns resultats significativament diferenciats entre el grup amb 25 % de la dosi de reg i els altres dos grups de tractament, que tot i ser homogenis estadísticament el valor absolut del testimoni és superior al del 50 %.

En els testimonis i els tractaments 50 % les mitjanes genotípiques mostren el mateix comportament que les mitjanes generals: els valors de *S. lycopersicum* són significativament superiors als dels altres genotips. Amb l'estrès més sever ja no es detecten diferències significatives entre els tres genotips, tot i que el valor absolut de *S. lycopersicum* és superior al dels altres dos genotips.

A continuació analitzem els resultats obtinguts de l'efecte de l'estrès hídric en el pes sec de les diferents parts de la planta (fulla, tija i arrel).

Els resultats de l'efecte de l'estrès hídric en el pes sec de les fulles es mostren a la taula 4.11:

Taula 4.11: Efecte de l'estrès hídric en el pes sec de les fulles dels genotips estudiats. S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25 % de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	0,52 a A	0,37 a A	0,33 a A	0,40 A
S. peruvianum	0,34 a A	0,29 a A	0,19 a A	0,27 A
S. lycopersicum	1,14 b B	0,94 ab B	0,56 a A	1,03 B
$\bar{x}$ estrès (g)	0,67 b	0,53 ab	0,36 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

La mitjana del pes sec de les fulles per cada espècies mostra diferències notòries en valors absoluts, però si parlem de resultats significativament diferents només trobem diferències entre *S. lycopersicum* i els altres dos genotips, evidenciant sempre la superioritat dels valors de la tomaquera de cultiu. La mitjana del pes sec de les fulles per als diferents tractaments posa de manifest la desavinença dels resultats del grup testimoni en vers el

tractament del 25 % de la dosi de reg, amb el que difereix significativament degut a una clara disminució del valors quan l'estrès hídric és més intens. No obstant, el tractament del 50 % mostra una mitjana intermèdia entre els dos extrems i no mostra diferències significatives ni amb un ni amb l'altre. Això mostra que l'estrès hídric fa disminuir progressivament el pes sec foliar.

Pel que fa a les mitjanes de cada genotip per cada tractament la taula 4.11 mostra els següent resultats*: S. habrochaites i S. peruvianum* no mostren diferències significatives entre els valors dels diferents nivells d'estrès, tot i que els valors absoluts van disminuint amb el grau d'estrès*; S. lycopersicum*, en canvi, mostra diferències significatives entre testimoni i el tractament de 25 % quedant entremig el tractament del 50 % de la dosi de reg, el qual no mostra resultats significativament diferents amb els altres dos nivell d'estrès. Els valors de les mitjanes de cada tractament per a cada genotip posen de manifest diferències significatives entre *S. lycopersicum* i les espècies silvestres de tomàquet tant en el grup testimoni com en el grup regat amb el 50 % de la dosi, sent la primera la que mostra valors més elevats. En el grup del 25 % de la dosi de reg no es mostra cap diferència significativa entre els tres genotips, tot i que en valors absoluts si que n'hi han i l'ordre dels valors de les mitjanes de major a menor seria el següent: *S. lycopersicum* > *S. habrochaites* > *S. peruvianum*.

Els efectes de l'estrès hídric sobre el pes sec de la tija (taula 4.12) indiquen que, pel que fa les mitjanes per genotip no hi ha diferències significatives entre les dues espècies silvestres de tomàquet (*S. habrochaites* i *S. peruvianum*) però si que n'hi ha entre *S. lycopersicum* i aquestes. En valors absoluts, no obstant, les mitjanes del pes sec de la tija si que difereixen (*S. lycopersicum* > *S. habrochaites* > *S. peruvianum*).

Taula 4.12: Efecte de l'estrès hídric en el pes sec de la tija dels genotips estudiats. S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25 % de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	0,29 a	0,21 a	0,23 a	0,24 a
S. peruvianum	0,22 a	0,17 a	0,14 a	0,18 a
S. lycopersicum	0,76 c	0,56 bc	0,34 ab	0,56 b
$\bar{x}$ estrès (g)	0,43 b	0,32 ab	0,24 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

Les mitjanes de l'estrès per a cada grup de tractament mostren diferències entre el testimoni i el 25 % de la dosi de reg i la mitjana provinent del pes sec de la tija de les

plantes tractades amb el 50 % de la dosi es troba entremig sense mostrar diferències estadístiques amb els altres dos grups. Globalment, per tant, l'estrès hídric provoca una disminució progressiva del pes sec de la tija. En la separació de les mitjanes per les diferents combinacions de tractament-genotip podem observar que *S. habrochaites* i *S. peruvianum* no mostren diferències significatives entre sí i entre els diferents tractaments i *S. lycopersicum* si que ho fa, presentant valors significativament superiors als dels altres dos genotips en els tractaments testimoni i 50 %. En el grau d'estrès més elevat ja no hi ha cap diferència significativa entre genotips. A més, podem veure una disminució global dels valors absoluts del pes sec de la tija a mesura que augmenta l'estrès hídric. A la taula 4.12 també s'hi veu que en els tres tractaments no hi ha diferències entre el pes sec de la tija de *S. habrochaites* i *S. peruvianum*; en canvi, *S. lycopersicum* si que mostra diferències significatives amb aquestes altres espècies, en els testimonis i 50 % però no ho fa amb el 25 % de la dosi.

L'última fracció de la planta que comentarem seran les arrels. Així doncs, a la taula 4.13 s'hi poden veure els efectes de l'estrès hídric en el pes sec de les arrels de les tres espècies de tomàquet tractades en l'estudi.

Taula 4.13: Efecte de l'estrès hídric en el pes sec radicular dels genotips estudiats. S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25 % de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	0,046 a A	0,032 a A	0,047 a A	0,042 A
S. peruvianum	0,055 a A	0,056 a A	0,049 a A	0,054 A
S. lycopersicum	0,169 b B	0,141 b B	0,082 a A	0,131 B
$\bar{x}$ estrès (g)	0,090 a	0,073 a	0,059 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

S'han observat diferències significatives globals en el pes sec de les arrels entre *S. lycopersicum* i les dues espècies de tomaquera silvestre utilitzades en l'estudi. En les mitjanes de l'estrès no s'han observat diferències significatives entre tractaments, tot i que l'ordre dels valors obtinguts seria el següent: testimoni > grup 50 % > grup 25 %. Així doncs es posa de manifest que no hi ha efecte significatiu dels diferents nivells d'estrès en el pes sec de les arrels, tot i que els valors absoluts mostren una tendència a la disminució.

Pel que fa a les diferències per *S. habrochaites* i *S. peruvianum* en els tres tractaments no són significatives. No obstant, *S. lycopersicum* si que mostra resultats estadísticament significatius entre el tractament del 25 % de la dosi de reg i els altres dos nivell d'estrès hídric, evidenciant una pèrdua de massa radicular en el nivell més sever. Quan comparem els valors de les mitjanes de cada tractament per a les diferents espècies ens adonem que es mostren diferències significatives entre *S. lycopersicum* i les altres dues espècies en els grups testimoni i 50 %, mentre que en el tractament del 25 % no s'hi mostren diferències estadísticament importants.

Un cop hem detallat l'anàlisi de les diferents fraccions de la planta, ens centrarem en parlar del pes sec total de les plantes. Les afectacions que l'estrès hídric ha produït en aquests es mostren a la taula 4.14.

Taula 4.14: Efectes de l'estrès hídric en pes sec total dels genotips estudiats. S1: 50% de la dosi de reg del testimoni; S2: 25% de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	0,86 a A	0,61 a A	0,60 a A	0,69 A
S. peruvianum	0,62 a A	0,52 a A	0,84 a A	0,51 A
S. lycopersicum	2,07 b B	1,36 b B	0,98 a A	1,57 B
$\bar{x}$ estrès (g)	1,19 b	0,92 ab	0,66 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Les mitjanes dels genotips mostren uns valors significativament iguals entre *S. habrochaites* i *S. peruvianum* i, en canvi, hi ha diferències significatives entre aquestes dues i *S. lycopersicum*, que presenta el valor màxim. Pel que fa a les mitjanes dels tractaments el nivell d'estrès 50 % de la dosi de reg no mostra diferències significatives amb els altres dos nivells. En canvi, el grup testimoni i el grup d'estrès 25 % de la dosi de reg si que tenen diferències significatives entre ells, però no amb el grup anteriorment mencionat. Per tant, de forma global, s'observa un efecte de disminució del pes sec total de la planta amb l'augment del grau d'estrès hídric.

Fixant-nos en les diferències de cada espècie en cada tractament veiem que *S. habrochaites* i *S. peruvianum* no mostren valors suficientment diferenciats, així doncs no són estadísticament dispars, tot i que mirant la taula 4.14 es posa de manifest una

tendència a la disminució del pes sec total de la planta quan augmenta el nivell d'estrès. A *S. lycopersicum* s'observa que el tractament més sever d'estrès (25 %) té un pes sec total inferior al del testimoni i del 50 %, sense diferències entre aquests, tot i que el valor del testimoni és superior que el del 50 %. En els tres tractaments el genotip amb pes superior és *S. lycopersicum*, que mostra resultats significativament diferents amb els altres dos genotips en els tractaments testimoni i 50 % de la dosi de reg, desapareixent aquestes diferències en el tractament d'estrès més sever.

Per últim, es mostren els efectes de l'estrès hídric en la relació del pes sec aeri/ pes sec radicular en la taula 4.15:

Taula 4.15: Efectes de l'estrès hídric en la relació pes sec entre part aèria i part radicular dels genotips estudiats, S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25 % de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni	S1	S2	$\bar{x}$ genotip
S. habrochaites	21,22 b B	18,93 b B	11,78 a A	17,30 B
S. peruvianum	10,18 a A	8,39 a A	6,73 a A	8,43 A
S. lycopersicum	11,20 a A	11,44 a A	11,05 a A	11,23 A
$\bar{x}$ estrès	14,20 b	12,92 ab	9,85 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

S'observa una diferència significativa entre el valor de la mitjana de *S. habrochaites* i les altres dues espècies. Pel que fa a la mitjana per a cada tractament el valor del testimoni és significativament superior al del valor del tractament més sever (25 %), però no ho és del tractament al 50 % de la dosi de reg, que tampoc es diferencia estadísticament del 25 % de la dosi de reg. Globalment, per tant, l'estrès hídric promou una disminució progressiva de la relació pes sec aeri/pes sec radicular. Quan ens fixem en la separació de les mitjanes per genotip i tractament s'evidencia que a *S. habrochaites* l'estrès més sever (25 %) fa disminuir significativament la relació entre pes sec aeri/pes sec radicular en relació als altres dos tractaments (testimoni i 50 %), tot i que el valors absolut del del 50 % es inferior al del testimoni. A *S. peruvianum* no hi ha diferències significatives entre els tres genotips però els valors absoluts van disminuint a mesura que incrementa l'estrès hídric. El genotip no silvestre, *S. lycopersicum*, no veu afectada aquesta relació i els valors absoluts es mantenen tot i que s'imposi l'estrès. L'efecte del genotip per a cada nivell d'estrès segueix la mateixa pauta estadística que la mitjana general (*S. habrochaites* és

superior als altres dos genotips en els tractaments testimoni i 50 % de la dosi), però amb l'estrès més sever els tres genotips no es poden diferenciar.

Per últim, a figura 4.2 mostra la distribució del pes sec dels genotips per fraccions (fulla, tija i arrel) i total (alçada dels histogrames), en els diferents tractaments d'estrès hídric. La figura permet apreciar les diferències entre els pesos secs que cada genotip:

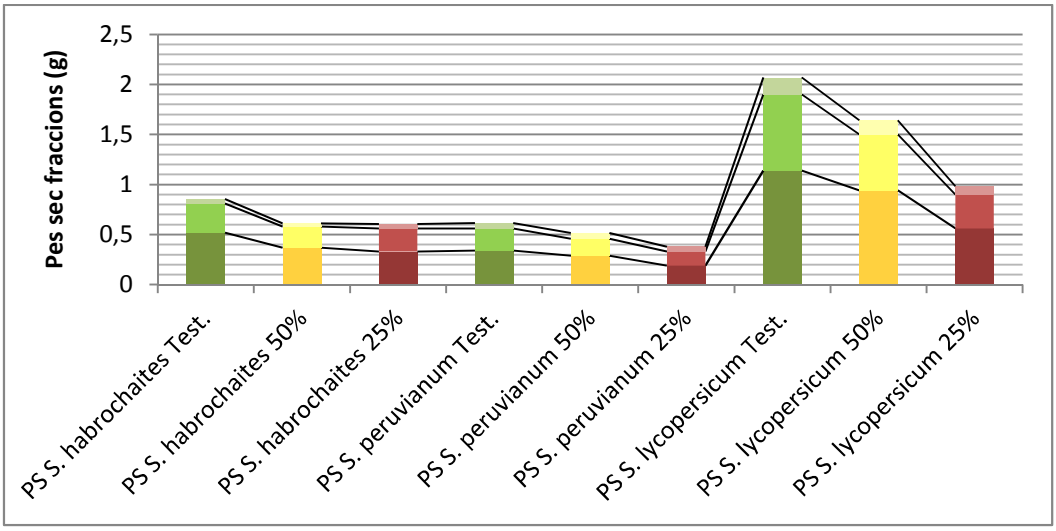

Figura 4.2: Efecte de l'estrès hídric en eles fraccions del pes sec dels genotips estudiats. De baix a dalt de cada histograma: fulla, tija i arrel. Testimoni: verd; S1(50%): groc; S2(25%): vermell.

4.1.5. Efecte de l'estrès hídric en contingut hídric

La taula 4.16 mostra els efectes de l'estrès hídric en el contingut hídric de les fulles:

Taula 4.16: Efectes de l'estrès hídric en el contingut hídric de les fulles dels genotips estudiats. S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25 % de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni (%)	S1 (%)	S2 (%)	$\bar{x}$ genotip (%)
S. habrochaites	86 a A	85 a A	84 a A	85 A
S. peruviannum	83 a A	83 a A	84 a A	83 A
S. lycopersicum	85 a A	83 a A	83 a A	84 A
$\bar{x}$ estrés (%)	85 a	84 a	84 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanesa companyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Com es pot observar no es mostren diferències significatives en les mitjanes dels genotips ni tampoc dels diferents tractaments. Això significa que, aparentment, l'estrès hídric i el

genotip no tenen un efecte significatiu en el contingut hídric de les fulles. D'altra banda, en *S. habrochaites* i *S. lycopersicum* s'observa una tendència a la disminució del contingut hídric en augmentar el nivell d'estrès pel que fa a valors absoluts.

En el contingut hídric de la tija (taula 4.17) no s'han observat diferències significatives per a les mitjanes dels genotips, que són força semblants. Les mitjanes dels diferents tractaments tampoc mostren valors estadísticament diferents entre si. L'anàlisi de les nou combinacions de tractament-genotip tampoc detecta diferències entre ells.

Taula 4.17: Efectes de l'estrès hídric en el contingut hídric de la tija dels genotips estudiats. S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25 % de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni (%)	S1 (%)	S2 (%)	$\bar{x}$ genotip (%)
S. habrochaites	86 a	89 a	80 a	85 a
S. peruvianum	75 a	84 a	86 a	82 a
S. lycopersicum	84 a	84 a	84 a	84 a
$\bar{x}$ estrès (%)	82 a	86 a	83 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

Per acabar aquest apartat, es procedirà a analitzar els resultats obtinguts pel contingut hídric de les arrels (taula 4.18).

Taula 4.18: Efectes de l'estrès hídric en el contingut hídric de les arrels dels genotips estudiats. S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25 % de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni (%)	S1 (%)	S2 (%)	$\bar{x}$ genotip (%)
S. habrochaites	94 a B	95 a B	94 a B	94 C
S. peruvianum	93 b B	92 ab A	91 a A	92 B
S. lycopersicum	91 a A	91 a A	91 a A	91 A
$\bar{x}$ estrès (%)	93 a	93 a	92 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

S'han detectat diferències entre les mitjanes generals dels tres genotips, doncs es presenten valors significativament diferenciats i seguint el següent ordre de menor a major*: S. lycopersicum* < *S. peruvianum* < *S. habrochaites*. No obstant, aquestes diferències tot i ser significatives no tenen valor agronòmic ja que estan dins un interval

molt petit (91-94 %). En les mitjanes dels tractaments no s'observen diferències significatives. Si ens fixem en els valors obtinguts per a *S. habrochaites* i *S. lycopersicum* en els diferents nivells d'estrès podem observar que no s'hi presenten diferències significatives i, a més, són valors absoluts bastant semblants. *S. peruvianum*, en canvi, té uns valors resultants que marquen diferències estadístiques entre el grup testimoni i el grup tractat amb el 25 % de la dosi, mentre que el nivell d'estrès intermedi presenta un valor mitjà que no difereix significativament dels altres dos. És a dir, que a *S. peruvianum* l'estrès hídric promou una disminució progressiva del contingut hídric de les arrels. A nivell de tractament si que es presenten diferències significatives entre les diferents combinacions amb cada espècie. En el grup testimoni *S. lycopersicum* presenta un contingut hídric radicular significativament inferior al dels altres dos genotips. En els grups de tractament del 50 % i el 25 % de la dosi de reg s'hi mostren diferències entre *S. habrochaites* i els altres dos genotips, presentant aquesta espècie uns valors més alts.

4.1.6. Efecte de l'estrès hídric en l'àrea foliar

A continuació es posen de manifest els resultats obtinguts pel que fa als efectes de l'estrès hídric en l'àrea foliar total dels genotips (taula 4.19). Primerament analitzarem l'efecte genotip, on podem observar diferències significatives entre les tres espècies. L'efecte estrès també ha mostrat valors estadísticament diferenciats entre els diferents grups d'estrès, amb disminució progressiva i significativa de l'àrea foliar total en augmentar el grau d'estrès hídric. Pel que fa a les mitjanes de cada genotip per a cada nivell d' estrès podem observar que *S. peruvianum* no presenta diferències estadístiques entre els tres tractaments, tot i que en valors absoluts mostra una reducció de l'àrea foliar total en augmentar l'estrès hídric. S'ha observat l'efecte sequera en *S. lycopersicum* i *S. habrochaites*, doncs aquests genotips presenten diferències significatives entre els nivells d'estrès de la manera següent: *S. habrochaites* obté valors significativament diferents entre el grup testimoni i el grup 25%, i el nivell intermedi d'estrès el trobem entre aquests dos i no es diferencia significativament dels altres dos grups; *S. lycopersicum* posa de manifest una diferenciació estadísticament rellevant entre el grup 25 % i els altres dos nivells d'estrès. En tots els casos, el valor més alt correspon al testimoni, així doncs, s'estaria evidenciant un efecte reductor de l'àrea foliar causat per l'estrès hídric. Les diferències genotípiques per a cada tractament mostren una significativa diferenciació de valors en el grup testimoni on *S. lycopersicum* obté el valor més alt, seguit de *S. habrochaites* i *S. peruvianum* en última posició. Aquest ordre es repeteix en els altres tractaments, però ja no s'observen diferències significatives entre els tres grups. En el tractament de 50 % de la dosi de reg *S. lycopersicum* presenta un valor significativament

superior als altres dos genotips i, en el grup tractat amb el 25 % de la dosi de reg *S. peruvianum* es diferencia de *S. lycopersicum* però *S. habrochaites* pren un valor intermedi no diferenciable de les altres dues espècies.

Taula 4.19: Efecte de l'estrès hídric en l'àrea foliar total dels genotips estudiats. S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25 % de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni (cm^2)	S1 (cm^2)	S2 (cm^2)	$\bar{x}$ genotip (cm^2)
S. habrochaites	131,70 b B	90,11 ab A	76,18 a AB	99,33 B
S. peruvianum	72,60 a A	57,06 a A	45,75 a A	58,47 A
S. lycopersicum	203,91 b C	167,96 b B	114,31 a B	162,06 C
$\bar{x}$ estrés (cm^2)	136,07 c	105,04 b	78,75 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

A continuació es presenten les taules de resultats dels efectes de l'estrès hídric en els diferents tipus d'àrea foliar corresponents a teixit normal, teixit cloròtic i teixit necròtic (taules 4.20, 4.21 i 4.22, respectivament). En primer lloc es mostren les àrees foliars de teixit normal (taula 4.20). S'observen diferències significatives entre els tres genotips i també entre els tres tractaments, obtenint *S. lycopersicum* un valor sempre superior, seguit de *S. habrochaites* i *S. peruvianum* en última posició. Complementàriament, l'àrea foliar normal disminueix de forma significativa i progressiva quan avança el grau d'estrès hídric. S'han detectat valors estadísticament distints entre les mitjanes de cada estrès per al genotip *S. lycopersicum*, mentre que *S. peruvianum* no mostra afectacions significatives de la sequera en l'àrea foliar normal. Complementàriament *S. habrochaites* presenta només diferències significatives entre el testimoni i els dos grups estressats.

Taula 4.20: Efecte de l'estrès hídric en l'àrea foliar normal dels genotips estudiats. S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25 % de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni (cm^2)	S1 (cm^2)	S2 (cm^2)	$\bar{x}$ genotip (cm^2)
S. habrochaites	112,09 b	50,59 a	45,30 a	69,33 b
S. peruvianum	66,78 a	37,92 a	23,66 a	42,69 a
S. lycopersicum	172,68 c	123,48 b	56,17 a	117,44 c
$\bar{x}$ estrés (cm^2)	117,09 c	70,66 b	41,71 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

L'àrea foliar cloròtica (Taula 4.21) mostra diferències genotípiques entre *S. lycopersicum* i les altres dues espècies, mostrant la primera un valor significativament superior. El factor estrès també presenta valors significativament diferents entre el testimoni i els altres dos grups. La tendència global de la mitjana de l'àrea foliar cloròtica és l'augment d'aquesta a amb la sequera respecte al testimoni, però sense diferències entre els dos graus d'estrès. Complementàriament s'ha observat que *S. peruvianum* i *S. lycopersicum* no mostren diferències significatives entre els diferents valors corresponents a les mitjanes de cada nivell d'estrès, així doncs, podríem dir que no hi ha hagut efecte significatiu de l'estrès hídric en l'àrea foliar d'aquests dos genotips però sí una tendència a augmentar aquesta a mesura que disminueix la disponibilitat hídrica. En *S. habrochaites* si que s'han detectat diferències significatives entre el grup testimoni i el grup tractat amb el 50 % de la dosi de reg, mentre que el grup més estressat presenta un valor intermedi. Aquest genotip (*S. habrochaites*) trenca el patró general d'augment de l'àrea foliar cloròtica quan l'estrès també augmenta, doncs l'àrea foliar cloròtica del tractament més sever és inferior al del 50 % de la dosi de reg.

Taula 4.21: Efecte de l'estrès hídric en l'àrea foliar cloròtica dels genotips estudiats. S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25 % de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni (cm^2)	S1 (cm^2)	S2 (cm^2)	$\bar{x}$ genotip (cm^2)
S. habrochaites	11,01 a AB	32,40 b A	22,16 ab AB	21,86 A
S. peruvianum	4,31 a A	16,32 a A	17,10 a A	12,58 A
S. lycopersicum	27,27 a B	32,46 a A	40,38 a B	33,37 B
$\bar{x}$ estrés (cm^2)	14,20 a	27,06 b	26,55 b	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Seguidament es posen de manifest els efectes de l'estrès hídric en l'àrea foliar necròtica (taula 4.22) dels genotips estudiats en l'assaig. S'han detectat diferències genotípiques significatives entre *S. peruvianum* (on es presenta el valor mínim) i les altres dues espècies (*S. lycopersicum* i *S. habrochaites*). Pel que fa a l'efecte estrès general s'han detectat diferències significatives entre el testimoni i els el grup 25 %, quedant entremig el valor referent al grup 50 % que no presenta diferències significatives entre els altres dos extrems. Aquests resultats ens indiquen, en termes generals, que la sequera ha afectat al paràmetre àrea foliar necròtica augmentant-ne els valors a mesura que l'estrès hídric es fa

més notori. Les mitjanes de les diferents combinacions de tractament-genotip mostren el següent: *S. habrochaites* i *S. peruvianum* obtenen valors significativament no diferenciables entre els tres tractaments, tot i que els valors absoluts van augmentant quan hi ha més estrès. A *S. lycopersicum* si que s'observen diferències estadísticament significatives entre el testimoni i el grup més estressat (25 % de la dosi de reg), posicionant el valor del grup 50 % entremig, indicant que a *S. lycopersicum* l'estrès hídric promou un augment d'àrea foliar necròtica.

Taula 4.22: Efectes de l'estrès hídric en l'àrea foliar necròtica dels genotips estudiats. S1: 50 % de la dosi de reg del testimoni; S2: 25 % de la dosi de reg del testimoni.

Genotip	Testimoni (cm^2)	S1 (cm^2)	S2 (cm^2)	$\bar{x}$ genotip (cm^2)
S. habrochaites	8,59 a A	7,11 a AB	8,71 a A	8,14 B
S. peruvianum	1,81 a A	2,82 a A	4,98 a A	3,20 A
S. lycopersicum	3,96 a A	12,02 ab B	17,76 b B	11,25 B
$\bar{x}$ estrés (cm^2)	4,78 a	7,32 ab	10,49 b	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Per finalitzar aquest apartat la figura 4.3 mostra la distribució de l'àrea foliar dels genotips per tipus (normal, cloròtica i necròtica) i total (alçada dels histogrames), en els diferents tractaments d'estrès hídric.

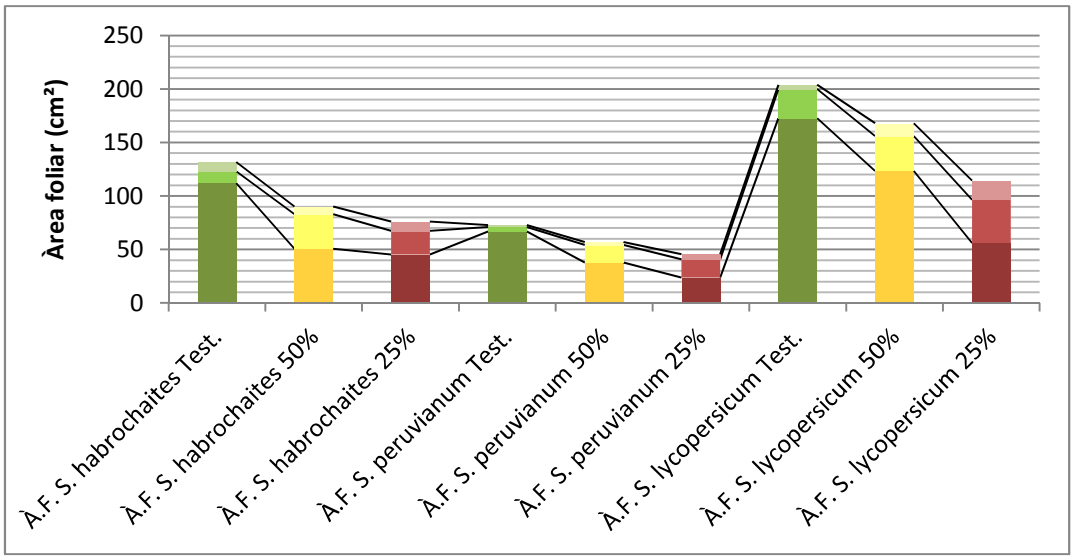

Figura 4.3: Efecte de l'estrès hídric en l'àrea foliar dels genotips estudiats. De baix a dalt de cada histograma: àrea foliar normal, àrea foliar cloròtica i àrea foliar necròtica. Testimoni: verd; S1(50%): groc; S2(25%): vermell.

L'àrea foliar de *S. lycopersicum,* com s'observa a la figura 4.3, obté els valors més alts i mostra un augment de l'àrea foliar afectada (cloròtica o necròtica) amb la intensitat de l'estrès hídric major que les espècies silvestres (*S. peruvianum* i *S. habrochaites*).

4.1.7. Consideració conjunta dels efectes de l'estrès hídric en els genotips estudiats

En aquest apartat es presentaran, en primer lloc, les característiques de creixement dels tres genotips estudiats per tal de posar de manifest si existeixen diferències entre ells. En segon lloc, es comentaran els efectes dels nivells d'estrès hídric imposats (50 i 25 % de la dosi total de reg) sobre el creixement en relació al tractament sense estrès, sense tenir en compte l'efecte genotip. En tercer i últim terme, s'analitzarà la sensibilitat a l'estrès hídric de les diferents espècies.

4.1.7.1. Efecte del genotip

L'estudi dels efectes genotípics generals en els paràmetres de creixement permet diferenciar el comportament de les tres accessions, detectant-se el màxim creixement a *S. lycopersicum* i el mínim a *S. peruvianum*, restant *S. habrochaites* en una posició intermèdia, tot i que més propera a *S. peruvianum* que a *S. lycopersicum*. A continuació s'indiquen els resultats que avalen aquesta consideració general, començant per *S. lycopersicum*, seguint amb *S. peruvianum* i finalment *S. habrochaites*.

S. lycopersicum obté els valors màxims en 16 dels 21 paràmetres de creixement analitzats, aquests són: alçada, número de fulles, pes fresc total i per fraccions (aeri, foliar, de tija i radicular) i pes sec total i per fraccions (aeri, foliar, de tija i arrel) i àrea foliar (total, normal, cloròtica i necròtica). Contràriament, presenta valors mínims en el contingut hídric radicular. Per últim, aquesta espècie mostra valors intermedis en la relació par aèria/part radicular, tan en pes fresc com en sec, i també en el contingut hídric de la tija i les fulles.

S. peruvianum presenta els valors mínims en 18 paràmetres dels 21 analitzats: número de fulles, pes fresc total i per fraccions (aeri, foliar, de tija i radicular) i pes sec total i per fraccions (fulles, tija i aeri), excepte l'arrel, contingut hídric de la tija i les fulles i relació part aèria/part radicular en pes fresc i sec, també en l'àrea foliar total i per fraccions (normal, cloròtica i necròtica). D'altra banda, aquest genotip obté valors intermedis en alçada, pes sec arrels i contingut hídric radicular.

Finalment, el genotip ***S. habrochaites*** presenta valors intermedis en els paràmetres següents: número de fulles, pes fresc total i per fraccions, pes sec total i per fraccions excepte arrel i àrea foliar total i per fraccions. D'altra banda, presenta els valors màxims en

la relació en pes fresc i sec entre part aèria i part radicular i contingut hídric de les fulles, la tija i l'arrel. Contràriament, mostra el valor mínim pels paràmetres alçada i pes sec radicular.

Per tal d'evidenciar les diferències entre genotips abans comentades, s'ha confeccionat una taula (taula 4.A) on es recullen els valors numèrics i la separació de mitjanes dels 21 paràmetres analitzats del tractament testimoni, és a dir, sense patir estrès hídric. Cal indicar que aquests testimonis reflecteixen el potencial de creixement sense estrès i els valors no són els mateixos que els comentats anteriorment, ja que aquells referien la mitjana genotípica de testimoni, S1 i S2 i, per tant, contenien el possible efecte depressor de l'estrès hídric sobre el potencial de creixement inicial. La taula 4.A presenta en fons verd el valor més alt,en vermell el més baix i en groc el valor intermedi.

Els testimonis de cada espècie tenen un comportament molt similar al descrit per les mitjanes genotípiques, amb algunes diferències degudes a l'efecte estrès hídric. Les diferències a *S. lycopersicum* afecten a només dos paràmetres: àrea foliar necròtica que passa de màxim a intermedi i contingut hídric foliar, que passa d'intermedi a mínim. En *S. peruvianum* el pes fresc de les arrels passen de ser un valor mínim a intermedi i el contingut hídric foliar, que canvia de mínim a valor màxim. Per últim, *S. habrochaites* mostra variacions en tres paràmetres: el pes sec de les arrels canvia de intermedi a mínim i l'àrea foliar necròtica canvia de valor intermedi a màxim.

Taula 4.A: Mitjanes dels tres genotips obtingudes pel testimoni

EFECTE GENOTIP ESTRÈS HÍDRIC			
Paràmetre	***S. habrochaites***	***S. peruvianum***	***S. lycopersicum***
Número fulles	8,0 B	6,2 A	8,4 B
Alçada (cm)	24,72 A	28,78 B	35,12 C
Pes fresc aeri (g)	5,86 ab	2,96 a	12,54 c
Pes fresc fulles (g)	3,68 ab	1,96 a	7,75 c
Pes fresc tija (g)	2,18 a	1,00 a	4,78 c
Pes fresc arrels (g)	0,79 A	0,86 A	1,95 B
Pes fresc total (g)	6,66 ab	3,83 a	14,5 c
R.PFA/PFR	7,75 d	3,41 a	6,81 bcd
Pes sec aeri (g)	0,82 A	0,56 A	1,90 B
Pes sec fulles (g)	0,52 A	0,34 A	1,14 B
Pes sec tija (g)	0,29 a	0,22 a	0,76 c
Pes sec arrels (g)	0,046 A	0,055 A	0,169 B
Pes sec total (g)	0,86 a A	0,62 A	2,07 B
R.PSA/PSR	21,22 B	10,18 A	11,20 A
CH fulles (%)	0,93 A	83 A	0,88 A
CH tija (%)	0,86 b	0,75 ab	0,84 b
CH arrels (%)	0,94 B	0,93 B	0,91 A
ÀF normal (cm²)	112,09 b	66,78 a	172,68 c
ÀF cloròtica (cm²)	11,01 AB	4,31 A	27,27 B
ÀF necròtica (cm²)	8,59 a A	1,81 A	3,96 A
ÀF total (cm²)	131,70 B	72,60 A	203,91 C

Les lletres comparen valors de la mateixa fila. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives. Valor màxim, verd; valor mínim, vermell; valor intermedi, groc.

4.1.7.2. Efectes generals de l'estrès hídric

L'efecte general de l'estrès hídric ha propiciat una superioritat del **testimoni** en els valors obtinguts dels paràmetres de creixement següents: tots els paràmetres de creixement mètrics i ponderals (alçada, número de fulles, pes fresc i sec totals i per fraccions i relació en pes frecs i sec de la part aèria /part radicular), tot i que només es presenten diferències significatives entre els valors del testimoni i els altres dos nivells d'estrès en l'alçada, número de fulles, pes fresc aeri i foliar i àrea foliar normal i total. Contràriament, el grup testimoni mostra valors mínims en l'àrea foliar cloròtica i necròtica, tot i que no s'observen diferències significatives entre la superfície necròtica dels dos nivells exposats a condicions de sequera i el testimoni. En el cas de l'àrea foliar cloròtica, però, si que es posa de manifest que el testimoni té una superfície cloròtica significativament inferior la dels dos grups estressats (50 i 25%). D'aquesta manera s'evidencia un augment de l'àrea cloròtica quan el grau de sequera augmenta. El testimoni també presenta valors

intermedis en el contingut hídric de la tija, però sense diferències significatives amb els dos nivells d'estrès hídric.

Per evidenciar el contrast, s'exposaran els efectes de la sequera en el **nivell d'estrès més sever**, el que s'ha tractat amb el 25 % de la dosi de reg. Aquest grup presenta valors mínims en tots els paràmetres de creixement mètrics i ponderals i, en la majoria d'aquests paràmetres el grup 25 % mostra valors estadísticament inferiors als del testimoni i en alguns casos també del tractament d'estrès intermedi (50 %), s'observa una tendència a la disminució del número de fulles i els pesos frescs i secs (totals i de les fraccions) quan el grau d'estrès de sequera augmenta. El nivell d'estrès més sever també presenta valors mínims en la relació de pes fresc i sec de la part aèria/radicular i, tot i que no es mostren valors estadísticament diferenciats dels que presenten els altres dos nivells d'estrès, hi ha una tendència a disminuir aquesta relació quan el grau d'estrès hídric augmenta. Aquesta situació es relaciona amb un dels mecanismes habituals que adopten algunes plantes per tal d'esdevenir tolerants a la sequera, doncs quan les plantes experimenten una manca de disponibilitat hídrica redueixen el seu creixement aeri per tal que el sistema radicular hagi de proporcionar menys quantitat d'aigua a la planta. D'altra banda, el grup més estressat obté valors màxims en el contingut hídric de la tija (sense diferències amb els altres dos nivells d'estrès hídric) i en l'àrea foliar necròtica, també sense diferències amb els nivells que han disposat de més quantitat d'aigua, tot i que s'observa una tendència a l'augment progressiu de la superfície foliar necròtica quan les plantes són exposades a condicions de sequera. Per últim, el tractament 25 % mostra el valor intermedi en el paràmetre àrea foliar cloròtica, esdevenint significativament superior que el valor que presenta el testimoni però sense diferències significatives amb el grup 50 %.

Per finalitzar es comentaran els resultats del **nivell hídric intermedi** (50 % de la dosi de reg). S'obté, tal i com s'esperava, valors intermedis en tots els paràmetres de creixement estudiats, a excepció de l'àrea foliar cloròtica; en aquests obté el valor més gran, sense mostrar diferències estadístiques amb el nivell d'estrès 25 % de la dosi de reg però sí amb el testimoni, que presenta una superfície foliar cloròtica significativament inferior. El tractament S1 (50 %) també mostra un valor intermedi en el contingut hídric de la tija, però sense mostrar diferències amb els altres dos nivells d'estrès hídric.

4.1.7.3. Sensibilitat dels genotips estudiats a l'estrès hídric

S. lycopersicum és el genotip que ha presentat un comportament més sensible a l'estrès hídric en comparació amb les altres dues espècies estudiades, doncs s'ha mostrat afectat significativament per la sequera en 14 dels 21 paràmetres analitzats. Pel que fa a l'alçada

s'ha detectat una disminució significativa i progressiva dels valors entre els tres nivells d'estrès quan aquest augmenta. Els pesos frescs i secs també mostren afectació a causa de la sequera i s'ha detectat una disminució significativa general del creixement en *S. lycopersicum* quan és sotmès a deficiència hídrica. En el cas del pes fresc de la tija es mostren valors significativament diferenciats entre els tres nivells d'estrès. En canvi, els pesos frescs aeri, foliar i total i els pesos secs foliar i de tija disminueixen amb l'estrès, però el tractament 50 % no presenta diferències amb els dos tractaments extrems. El pes fresc radicular i els pesos secs aeri, radicular i total, tot i esdevenir també sensibles a la sequera, només mostren una disminució significativa en el grup d'estrès més sever (25 % de la dosi de reg). *S. lycopersicum* també ha mostrat sensibilitat pel que fa a l'àrea foliar normal i total, on la superfície de les fulles s'ha vist reduïda significativa i progressivament en relació al testimoni amb els efectes de l'estrès salí. Així doncs, podríem afirmar que la manca d'aigua disponible per al cultiu produeix, en *S. lycopersicum*, una reducció significativa de quasi tots els paràmetres de creixement analitzats, fent que tant les mesures mètriques com ponderals experimentin uns valors estadísticament inferiors en els tractaments d'estrès en relació al testimoni, que no ha patit sequera. A més, aquest genotip també presenta afectació pel paràmetre superfície foliar necròtica, que augmenta el valor a mesura que el nivell d'estrès hídric es fa més sever, mostrant-se diferències significatives entre els valors del testimoni i el 25 %, tot i que el valor obtingut del tractament 50 % no és estadísticament distint del dels dos extrems. Tal com es descriu a la introducció la disminució del creixement és una resposta habitual en les plantes sotmeses a estrès hídric, doncs les cèl·lules perden volum i les parets cel·lulars es debiliten i, a més, la planta acumula soluts per tal de disminuir el potencial hídric i seguir absorbint aigua del sòl. La disminució de la superfícies foliar i la senescència foliar són també respostes típiques a la sequera, és per això que les plantes de *S. lycopersicum* de S1 i S2 mostren un increment d'àrea foliar necròtica.

Contràriament, *S. lycopersicum* no ha mostrat afectació significativa en els 7 paràmetres següents: número de fulles, relació pes fresc de part aèria/radicular, relació pes sec de part aèria/radicular, contingut hídric foliar, de tija i radicular, tot i que, en valors absoluts, el número de fulles i la relació part aèria/part radicular pes fresc tendeixen a disminuir. En el cas de l'àrea foliar cloròtica, tot i no mostrar-se diferències significatives en els tractaments d'estrès en relació al testimoni, si que s'observa una tendència a l'augment de la superfície que presenta clorosi quan l'estrès hídric esdevé més sever.

A ***S. habrochaites***, s'han detectat efectes significatius en 6 dels 21 paràmetres estudiats. Els valors obtinguts presenten una sensibilitat intermèdia, inferior a la de *S. lycopersicum* però superior a la de *S. peruvianum*, com ja veurem més endavant. El número de fulles i l'alçada dels tractaments estressats (50 i 25 %) han experimentat una disminució significativa en relació al testimoni. D'altra banda, un fet a destacar és l'afectació de la sequera en la relació en pes fresc i sec de part aèria/radicular que aquest genotip mostra, doncs indica que a mesura que l'estrès augmenta aquesta relació disminueix. Aquesta tendència està, probablement, relacionada amb un mecanisme de tolerància que les plantes duen a terme quan són sotmeses a condicions d'estrès hídric. Com ja s'ha detallat en la introducció (1.5.2.1), quan la planta pateix sequera el seu creixement global disminueix i, en concret, el creixement vegetatiu aeri ho fa accentuadament. D'aquesta manera el sistema radicular ha de proveir de menys quantitat d'aigua a la planta, és per això, que observem una reducció de la relació entre aquestes dues parts quan *S. habrochaites* és sotmès a estrès hídric. Aquesta situació concorda amb els resultats obtinguts en l'estudi de D. Poudyala (2015), que constata una tolerància d'aquest genotip a la sequera i afirma que uns introgressió de *S. habrochaites* en el portaempelt pot dotar a la tomaquera cultivada d'una bona regulació estomàtica en condicions d'estrès hídric. La superfície foliar normal i total també s'han vist reduïdes significativament; la superfície foliar total presenta diferències entre els tractaments extrems quedant entremig el tractament del 50 % i, en canvi, la superfície foliar normal presenta només diferències entre el testimoni i els dos grups estressats. La reducció de l'àrea foliar és un mecanisme que adopten algunes plantes per tal de ajustar la relació part aèria/part radicular, d'aquesta manera la planta por subsistir amb menys quantitat d'aigua.

S. peruvianum és el genotip que presenta menys sensibilitat, és a dir, més tolerància a l'estrès hídric, i només s'ha vist afectat de forma significativa en 2 paràmetres (alçada i contingut hídric radicular) dels 21 paràmetres que s'han analitzat. Pel que fa a l'alçada, aquest genotip presenta valors significativament inferiors al testimoni sense diferències estadístiques amb S1 (50 %), posant de manifest una reducció de l'alçada de les plantes quan *S. peruvianum* és sotmès a estrès hídric. El contingut hídric foliar i radicular també s'han vist afectats per la sequera però, en aquest cas, el testimoni presenta diferències significatives amb el tractament d'estrès més sever i no amb el tractament del 50 % (aquest obté un valor intermedi que no difereix dels dos extrems). El fet que el contingut hídric disminueixi és degut a una acumulació de soluts per tal de disminuir el potencial hídric de la planta per sota del del sòl i que la aquesta pugui seguir proveint-se d'aigua. *S. peruvianum* no ha mostrat afectacions en el creixement foliar sinó únicament en l'alçada,

això indica que aquesta espècia ha sigut capaç de mantenir la hidratació en els teixits de manera més eficaç que *S. lycopersicum*. És interessant destacar que *S. peruvianum* mostra valors més baixos de la relació de pas aeri/pes radicular, tan en fresc com en sec. Aquest comportament posa de manifest que aquest genotip té una major aptitud per tolerar la sequera que els altres dos, ja que exposa menys massa aèria per unitat de massa radicular, la qual cosa comporta un avantatge per tolerar l'estrès hídric. S. Ünyayar corroborà a l'any 2005 que aquesta espècie silvestre de tomàquet és capaç de tolerar la sequera, mostrant un major creixement radicular i menys disminució de clorofil·la en condicions de dèficit hídric en comparació amb el tomàquet cultivat.

4.2. Efectes de l'estrès salí en el creixement dels genotips

4.2.1. Consideració de l'anàlisi estadístic

L'anàlisi de la variància de dos factors dels efectes de l'estrès salí en els tres genotips estudiats (taula 4.23) ens mostra el següent: efecte significatiu del genotip en tots els paràmetres de creixement estudiats a excepció feta de la relació en pes sec entre la part aèria i la radicular, contingut hídric de les fulles i contingut hídric de les arrels; efecte significatiu dels tractaments d'estrès a la major part dels paràmetres llevat del pes fresc de les arrels, tots els paràmetres referents al pes sec (aeri, fulles, tija, arrels, total i relació en pes sec entre la part aèria i la part radicular). No s'ha observat interacció entre el factor genotip i el factor d'estrès hídric pels següents paràmetres: número de fulles, relació pes fresc entre la part aèria i la part radicular, pes sec fulles, pes sec arrel, relació pes sec entre la part aèria i la part radicular, contingut hídric de les fulles, contingut hídric de les arrels, àrea foliar cloròtica, àrea foliar necròtica i àrea foliar total.

Taula 4.23: Anàlisi de la variància dels efectes de l'estrès salí en els genotips estudiats. S: significatiu; NS: no significatiu.

Paràmetre	Efecte Genotip	Efecte Tractament	Efecte Interacció
Alçada	S	S	S
Número fulles	S	S	NS
Pes fresc aeri	S	S	S
Pes fresc fulles	S	S	S
Pes fresc tija	S	S	S
Pes fresc arrels	S	NS	S
Pes fresc total	S	S	S
Relació p.f. aeri/p.f arrels	S	S	NS
Pes sec aeri	S	NS	S
Pes sec fulles	S	NS	NS
Pes sec tija	S	NS	S
Pes sec arrels	S	NS	NS
Pes sec total	S	NS	S
Relació p.s aeri/p.s arrels	NS	S	NS
Contingut hídric fulles	NS	S	NS
Contingut hídric tija	S	S	S
Contingut hídric arrels	NS	NS	NS
Àrea foliar normal	S	S	S
Àrea foliar cloròtica	S	S	NS
Àrea foliar necròtica	S	S	NS
Àrea foliar total	S	S	NS

Per cadascun dels paràmetres estudiats s'ha dut a terme, com en l'apartat anterior, la separació de mitjanes adient que es presenta en dos tipus de taules: les corresponents als paràmetres que no han mostrat interacció entre factors i les que presenten els paràmetres on si que se n'hi ha mostrat.

4.2.2. Efecte de l'estrès salí en l'alçada i el número de fulles

S'han observat diferències significatives de l'alçada entre els tres genotips (taula 4.24) ordenant-se de menor a major: *S. peruvianum* (21,63 cm*), S. habrochaites* (25,83 cm) i *S. lycopersicum* (31,14 cm). D'altra banda l'estrès salí ha comportat una disminució significativa de l'alçada en relació al testimoni sense diferències significatives entre els dos nivells d'estrès salí, tot i que els valors absoluts disminueixen amb el grau d'estrès. Així que podem afirmar que l'augment de la salinitat en l'aigua de reg afecta al paràmetre alçada.

Taula 4.24: Efectes de l'estrès salí en l'alçada dels genotips estudiats. S1: aigua de reg de conductivitat 7 dS/m; S2: aigua de reg de conductivitat 10 dS/m.

Genotip	Testimoni (cm)	S1 (cm)	S2 (cm)	$\bar{x}$ genotip (cm)
S. habrochaites	29,90 cd	24,86 bc	22,74 ab	25,83 b
S. peruvianum	18,30 a	22,56 ab	24,02 b	21,63 a
S. lycopersicum	38,88 e	30,26 d	24,28 b	31,14 c
$\bar{x}$ estrès (cm)	29,03 b	25,89 a	23,68 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

Pel que fa al genotip *S. habrochaites* la mitjana de l'alçada disminueix amb l'augment de la salinitat, però el tractament amb 7 dS/m no mostra diferències significatives amb els altres dos tractaments, tot i que el grup testimoni i el grup regat amb 10 dS/m sí que difereixen significativament pel que fa les mitjanes de l'alçada. *S. peruvianum*, en canvi, presenta un augment de l'alçada en augmentar la salinitat de l'aigua de reg i, de la mateixa manera que *S. habrochaites*, mostra diferències significatives únicament entre els dos tractaments extrems. Per últim, *S. lycopersicum* obté valors significativament diferents entre els tres nivell d'estrès, disminuint la seva alçada en augmentar l'estrès salí.

Els resultats referents al número de fulles en el moment de finalitzar l'assaig són els següents:

Taula 4.25: Efectes de l'estrès salí en el número de fulles dels genotips estudiats. S1: aigua de reg de conductivitat 7 dS/m; S2: aigua de reg de conductivitat 10 dS/m.

Genotip	Testimoni	S1	S2	$\bar{x}$ genotip
S. habrochaites	8,0 a B	7,0 a B	6,4 a B	7,13 B
S. peruvianum	5,2 a A	4,6 a A	4,4 a A	4,73 A
S. lycopersicum	7,4 a B	5,8 a AB	6,6 a B	6,60 B
$\bar{x}$ estrès	6,87 b	5,80 a	5,80 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Les mitjanes globals del número de fulles pel que fa als genotips mostren diferències significatives entre *S. peruvianum* i les altres dues espècies, sent aquesta la que té menys nombre de fulles. Per a les mitjanes dels genotips per a cada tractament s'observa una disminució del número de fulles quan la planta pateix estrès per salinitat, però que no s'agreuja amb l'augment d'aquest, doncs els tractaments de 7 dS/m i 10 dS/m són estadísticament homogenis i tenen el mateix valor absolut. En valors absoluts s'observa una tendència a la disminució del número de fulles que hi havia a la planta en el moment de finalitzar l'assaig quan s'aplica estrès a les tres espècies, però les diferències no són significatives. La mitjana dels diferents tractaments per a cada genotip mostra en cada nivell d'estrès valors significativament diferents entre *S. peruvianum* (amb un valor menor) i els altres dos genotips (*S. lycopersicum* i *S. habrochaites*), seguint el mateix patró que l'indicat per les mitjanes genotípiques generals.

4.2.3. Efecte de l'estrès salí en el pes fresc

Els valors de les mitjanes del pes fresc aeri per cada genotip (taula 4.26) són significativament diferents i s'ordenen de la manera següent: amb el pes aeri més elevat trobem *S. lycopersicum*, seguit de *S. habrochaites*, per últim, *S. peruvianum*. A la taula també observem que l'augment de la salinitat de la solució nutritiva ha fet disminuir el pes frecs de la part aèria de les plantes de l'estudi, doncs hi ha diferències significatives entre la mitjana del grup testimoni i els altres grups. Entre els dos nivells d'estrès (7 dS/m i 10 dS/m) hi ha diferències significatives però s'observa disminució amb la intensitat de l'estrès.

Taula 4.26: Efecte de l'estrès salí en el pes fresc aeri dels genotips estudiats. S1: Solució nutritiva de conductivitat elèctrica 7 dS/m; S2: solució nutritiva de conductivitat elèctrica10 dS/m.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	5,70 bc	4,99 abc	4,39 ab	5,03 b
S. peruvianum	2,47 a	2,34 a	1,91 a	2,24 a
S. lycopersicum	12,27 d	8,02 c	6,09 bc	8,79 c
$\bar{x}$ estrés (g)	6,81 b	5,12 a	4,13 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

Pel que fa a les combinacions de tractament-genotip la única espècie que presenta diferències significatives entre tractament és *S. lycopersicum*, amb un valor del grup testimoni estadísticament major que el dels dos nivells d'estrès. De tota manera, els tres genotips presenten una certa sensibilitat a la salinitat, perquè, com es veu a la taula anterior, el pes fresc de la part aèria de la planta en valors absoluts es veu reduït quan augmenta la conductivitat de l'aigua de reg.

Després de parlar del pes aeri ens centrarem més detalladament en el pes fresc de les fulles i la tija per separat. Les mitjanes del pes frecs de les fulles es veuen reflectides a la taula 4.27:

Taula 4.27: Efecte de l'estrès salí en el pes fresc de les fulles dels genotips estudiats. S1: Solució nutritiva de conductivitat elèctrica 7 dS/m; S2: solució nutritiva de conductivitat elèctrica 10 dS/m.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	3,04 abc	3,00 abc	2,78 abc	2,94 b
S. peruvianum	1,71 ab	1,39 a	1,05 a	1,39 a
S. lycopersicum	7,46 d	4,90 c	3,68 bc	5,35 c
$\bar{x}$ estrés	4,07 b	3,10 a	2,50 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

Com es pot observar, es troben diferències globals significatives entres els tres genotips, sent *S. lycopersicum* el que mostra un pes fresc de les fulles major, seguit de *S. habrochaites* i *S. peruvianum*. Les mitjanes dels genotips per a cada tractament també mostren diferències significatives entre el grup testimoni i els grups estressats, tot i que entre aquest dos últims no s'observen diferències significatives, tot i que en valors absoluts hi ha disminució en augmentar el grau de salinitat. De tota manera, podem dir que l'estrès salí afecta al pes fresc de les fulles fent que aquest disminueixi en augmentar

la conductivitat de la solució nutritiva. Pel que fa a l'anàlisi estadística de les diferents combinacions d'espècie-tractament observem que, pel que fa al pes frecs de les fulles, *S. habrochaites* i *S. peruvianum* no mostren diferències significatives entre els tres nivells d'estrès, tot i que els valors absoluts disminueixen en augmentar l'estrès salí. En canvi, *S. lycopersicum* sí que es veu afectat significativament per l'estrès salí, doncs les mitjanes dels dos grups que han patit estrès són significativament inferiors al grup testimoni, sense diferències significatives entre aquells dos, tot i que en valors absoluts hi ha disminució a l'incrementar la salinitat.

A continuació es detallen les mitjanes provinents del pes frec de la tija:

Taula 4.28: Efectes de l'estrès salí en el pes frecs de la tija dels genotips estudiats. S1: Solució nutritiva de conductivitat elèctrica 7 dS/m; S2: solució nutritiva de conductivitat elèctrica10 dS/m.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	2,65 cd	1,99 bc	1,62 abc	2,09 b
S. peruvianum	0,75 a	0,94 ab	0,86 a	0,85 a
S. lycopersicum	4,81 e	3,12 d	2,41 cd	3,45 c
$\bar{x}$ estrés (g)	2,74 b	2,02 a	1,63 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

S'han detectat també diferències significatives entre les mitjanes dels tres genotips (taula 4.28), doncs els pesos frescs de la tija varien notòriament depenent de l'espècie, com es pot veure a la taula anterior (*S. lycopersicum* > *S. habrochaites* > *S. peruvianum*). L'estrès salí ha afectat al pes frecs de la tija reduint-lo a mesura que l'estrès és més sever. Malgrat això, només s'han trobat diferències significatives entre la mitjana del grup testimoni i els altres dos grups i no entre el tractament 7 dS/m i 10 dS/m. Si ens fixem en les diferents combinacions de tractaments per cada genotip podem observar que, *S. peruvianum* mostra valors semblants entres els tres tractaments i, a més, el valor del pes fresc de la tija més elevat el mostra en el tractament de 7 dS/m, tot i que sense diferències significatives entre els dos tractaments. *S. habrochaites* i *S. lycopersicum* si que mostren una disminució del valor absolut del pes fresc de la tija en augmentar el nivell d'estrès salí, tot i que la única diferència significativa la trobem entre el grup testimoni i els dos tractaments d'estrès a *S. lycopersicum*.

Pel que fa al pes fresc de les arrels (taula 4.29) hi podem veure que no s'han detectat diferències significatives entre els tres tractaments i, pel que fa a les mitjanes de cada

genotip, només n'hi han entre *S. lycopersicum* (amb el valor màxim) i les altres dues espècies de tomàquet silvestre.

Taula 4.29: Efectes de l'estrès salí en el pes fresc de les arrels dels genotips estudiats. S1: Solució nutritiva de conductivitat elèctrica 7 dS/m; S2: solució nutritiva de conductivitat elèctrica10 dS/m.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	0,38 a	0,49 ab	0,56 abc	0,48 a
S. peruviannum	0,29 a	0,45 ab	0,54 abc	0,43 a
S. lycopersicum	1,34 d	0,91 c	0,6 bc	1,00 b
$\bar{x}$ estrés (g)	0,67 a	0,62 a	0,62 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, p≤0,05)

Les mitjanes de cada genotip per a cada tractament tampoc mostren afectació significativa amb l'estrès salí en *S. habrochaites* i *S. peruvianum* però els valors absoluts tendeixen a augmentar. En canvi a *S. lycopersicum* la mitjana del testimoni és superior a la dels grups estressats amb salinitat, on el valor absolut disminueix amb la intensitat de l'estrès. Aquestes dades demostren que l'espècie més sensible a l'estrès salí pel que fa al pes fresc de les arrels és la planta de la tomaquera, *S. lycopersicum* i que les altres dues espècies, contràriament, tendeixen a augmentar el pes fresc de l'arrel amb la salinitat, segurament com a estratègia de tolerància.

Taula 4.30: Efectes de l'estrès salí en el pes fresc total dels genotips estudiats. S1: Solució nutritiva de conductivitat elèctrica 7 dS/m; S2: solució nutritiva de conductivitat elèctrica10 dS/m.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	6,07 bcd	5,49 abc	4,95 abc	5,51 b
S. peruvianum	2,76 ab	2,79 ab	2,45 a	2,67 a
S. lycopersicum	13,61 e	8,93 d	6,86 cd	9,80 c
$\bar{x}$ estrés (g)	7,48 b	5,74 a	4,75 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, p≤0,05)

A la taula 4.30 hi podem veure les diferents mitjanes que fan referència al pes frecs total de les plantes de l'assaig de l'estrès salí d'aquest estudi. S'han observat diferències significatives del pes fresc total entre els tres genotips ordenant-se de major a menor: *S. lycopersicum* > *S. habrochaites* > *S. peruvianum*. Complementàriament l'estrès salí ha comportat una disminució del pes fresc total de les plantes i, tot i que globalment només es mostren diferències significatives entre el testimoni i els altres dos tractaments i no entre

aquests, en valors absoluts podem observar com l'augment de la salinitat en l'aigua de reg redueix el pes frecs de les plantes. Aquesta tendència global l'observem en els tres genotips però només en *S. lycopersicum* són significatives, on el testimoni té un pes fresc total superior al dels tractaments d'estrès salí. Un altre factor global que es visualitza a la taula 4.30 és la tendència a l'aproximació de valors de cada espècie per a cada tractament en augmentar la salinitat, doncs el pesos frescs totals difereixen cada cop menys entre els tres genotips.

Per finalitzar aquest apartat on s'analitza el pes fresc de les diferents parts de la planta per a l'estrès de salinitat es comentaran les diferents mitjanes obtingudes del càlcul de la relació en pes fresc de la part aèria i la part radicular de les plantes.

Taula 4.31: Efectes de l'estrès salí en la relació en pes fresc entre part aèria i radicular. S1 S1: Solució nutritiva de conductivitat elèctrica 7 dS/m; S2: solució nutritiva de conductivitat elèctrica10 dS/m.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	15,83 b B	11,07 ab A	8,61 a A	11,84 B
S. peruvianum	10,78 b AB	6,42 ab A	3,56 a A	6,92 A
S. lycopersicum	9,22 a A	8,90 a A	7,85 a A	8,66 AB
$\bar{x}$ estrés (g)	11,94 b	8,80 ab	8,62 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Els efectes de l'estrès salí sobre la relació en pes frecs entre la part aèria i radicular (taula 4.31) indica que *S. habrochaites* presenta el valor més gran pel que fa a la relació en pes fresc entre la part aèria i la part radicular, mostrant diferències significatives amb *S. peruvianum*, que presenta el valor més petit, quedant enmig *S. lycopersicum* amb un valor que no es diferència estadísticament de les altres dues espècies. A més, podem observar que els genotips han estat afectats per l'estrès salí perquè el valor del testimoni és significativament superior al dels tractament d'estrès més sever (10 dS/m), i el tractament de salinitat intermedi (7 dS/m) obté valors intermedis que no es diferencien significativament dels dos extrems. És a dir, que l'estrès salí, globalment, promou una disminució progressiva de la relació pes fresc aeri/per fresc radicular, la qual cosa millora la tolerància a la salinitat fent disminuir les pèrdues d'aigua cap a l'atmosfera en relació a les aportacions des del sòl per les arrels. D'altra banda, si ens fixem més acuradament en la separació de mitjanes per a cada espècie i els diferents tractaments observem que aquest

comportament d'afectació global per a aquest paràmetre és fa efectiu en *S. habrochaites* i *S. peruvianum*, on s'observa disminució progressiva de la relació de la part aèria i la part radicular de la planta en augmentar la salinitat, amb diferències significatives entre el testimoni i el màxim nivell de salinitat. Això permet indicar que les espècies silvestres tenen major aptitud que *S. lycopersicum* per tolerar una salinitat elevada. A *S. lycopersicum* no hi ha diferències significatives entre els diferents tractaments, tot i que els valors absoluts disminueixen lleugerament en aplicar els diferents tractaments d'estrès. Complementàriament les mitjanes dels tractaments per a cada espècie estudiada en l'assaig presenten només diferències en el grup testimoni, on la relació de *S. habrochaites* és significativament superior a la de *S. lycopersicum*. Contràriament, en els dos grups que han patit estrés no s'hi observen valors que difereixin estadísticament entre si.

Per finalitzar aquest apartat la figura 4.4 mostra la distribució del pes fresc dels genotips per fraccions (fulla, tija i arrel) i total (alçada dels histogrames), en els diferents tractaments d'estrès salí. La figura permet apreciar les diferències entre els pesos frescs que cada genotip ha obtingut en cada nivell de salinitat.

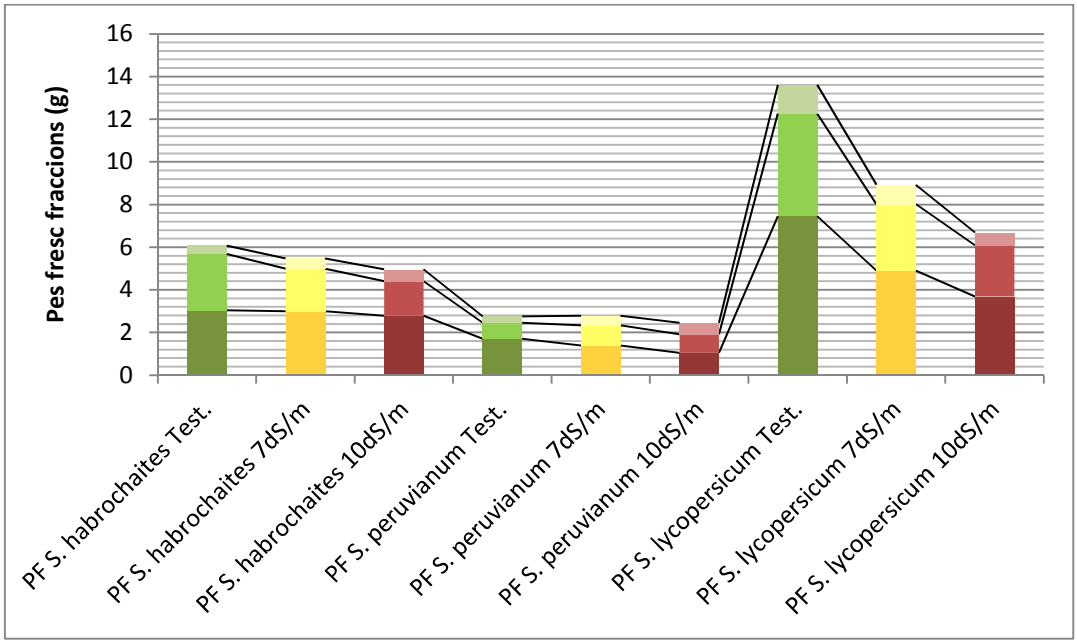

Figura 4.4: Efecte de l'estrès salí en les fraccions del pes fresc dels genotips estudiats. De baix a dalt de cada histograma: fulles, tija i arrels. Testimoni: verd; S1(7dS/m): groc; S2(10dS/m): vermell.

A la figura 4.4 s'observa, de la mateixa manera que s'havia observat en l'estrès hídric, que *S. lycopersicum* presenta un pes fresc superior a les dues espècies silvestres, així com

també una forta reducció general de les diferents fraccions. Aquesta disminució és clarament menys intensa en les espècies silvestres.

4.2.4. Efecte de l'estrès salí en el pes sec

La separació de mitjanes de l'efecte de l'estrès salí en el pes sec de la part aèria de la planta es presenta a la taula 4.32. En aquesta s'observen diferències significatives entre els tres genotips, seguin l'ordre següent de major de menor: *S. lycopersicum* > *S. habrochaites* > *S. peruvianum*. Pel que fa a les mitjanes referents a cada tractament no s'observa efecte significatiu de l'estrès salí, tot i que els valors absolut van disminuint. En analitzar les combinacions genotip-tractament s'observen comportaments diferents segons l'espècie. A *S. habrochaites* i a *S. peruvianum* el pes sec aeri no s'afecta significativament amb l'estrès salí, però els valors absoluts tendeixen a augmentar amb el grau d'estrès en *S. habrochaites* i a *S. peruvianum* aquesta tendència només es detecta amb el tractament de 7 dS/m. Contràriament, *S. lycopersicum* segueix la tendència de disminució del pes sec aeri quan s'aplica estrès i presenta diferències significatives entre el testimoni i el tractament 10 dS/m, mentre que el tractament 7 dS/m pren un valor intermedi que no es pot diferenciar de la resta.

Taula 4.32: Efecte de l'estrès salí en el pes sec aeri dels genotips estudiats. S1: Solució nutritiva de conductivitat elèctrica 7 dS/m; S2: solució nutritiva de conductivitat elèctrica10 dS/m.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	0,51 abc	0,60 abc	0,67 abc	0,57 b
S. peruvianum	0,30 a	0,35 ab	0,29 a	0,31 a
S. lycopersicum	1,51 d	0,96 cd	0,91 bc	1,13 c
$\bar{x}$ estrès (g)	0,78 a	0,64 a	0,62 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

Seguidament es mostren les taules que contenen la separació de mitjanes per al pes sec de les fulles i el pes sec de la tija. D'aquesta manera podrem fer un anàlisi més detallat dels efectes de l'estrès salí en el pes sec de les diferents parts de la planta per a cada espècies utilitzada en aquest l'assaig.

Taula 4.33: Efectes de l'estrès salí en el pes sec de les fulles dels genotips estudiats. S1: Solució nutritiva de conductivitat elèctrica 7 dS/m; S2: solució nutritiva de conductivitat elèctrica 10 dS/m.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	0,36 a A	0,40 a AB	0,46 a AB	0,41 B
S. peruvianum	0,21 a A	0,21 a A	0,17 a A	0,20 A
S. lycopersicum	0,96 b B	0,60 a B	0,59 a B	0,72 C
$\bar{x}$ estrés (g)	0,51 a	0,40 a	0,41 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

A la taula 4.33 veiem com s'han detectat diferències significatives entre els tres genotips pel que fa al pes sec de les fulles amb valor màxim a *S. lycopersicum*, mínim a *S. peruvianum* i intermedi a *S. habrochaites*. En canvi, podem observar que no hi han hagut afectació significativa del pes sec de les fulles amb l'estrès salí, doncs les mitjanes dels tres tractaments presenten valors estadísticament no diferenciables, tot i que els valors absoluts dels tractaments salinitzats són inferiors als del testimoni. La separació de mitjanes per a cada espècie i tractament mostra que en *S. habrochaites* i *S. peruvianum* no s'hi presenten els efectes de l'estrès salí en cap dels nivells, doncs els valors no difereixen massa uns dels altres i, en el cas de *S. habrochaites* els pes sec foliar tendeix a augmentar en incrementar la salinitat de la solució nutritiva. Contràriament veiem que *S. lycopersicum* si que mostra els efectes de l'estrès, ja que el testimoni presenta valors significativament superiors als dos grups que han patit l'estrès salí, sense diferències significatives entre ells. El anteriorment exposat indica que *S. lycopersicum* mostra més sensibilitat a la salinitat que els genotips silvestres.

A la taula 4.34 s'hi mostren els valors obtinguts de les mitjanes pel que fa al pes sec de la tija en l'assaig d'estrès salí. S'han observat diferències significatives en el pes sec de la tija entre els dos genotips pertanyents a espècies silvestres de tomàquet i *S. lycopersicum*, aquest últim presenta un valor superior. Complementàriament, l'estrès salí no ha comportat una disminució significativa del pes sec de la tija a nivell global, ja que com es pot observar a la taula 4.34 els valors de les mitjanes no difereixen significativament unes d'altres, tot i que la del grup testimoni és lleugerament més gran. Aquest comportament del factor estrés salí global es mostra en *S. habrochaites* i *S. peruvianum*, on no s'observen diferències significatives entre els tres tractaments d'estrès, tot i que en valors absoluts

s'observa una tendència a l'augment del pes sec de la tija. L'espècie que no adopta aquest comportament és *S. lycopersicum*, on el testimoni presenta valors significativament superiors dels dos grups que han estat regats amb solució nutritiva amb elevades concentracions de sal. Un cop més podem observar que *S. lycopersicum* es mostra més sensible a l'estrès per salinitat, mentre que les altres dues espècies estudiades en l'assaig hi mostren una més alta tolerància.

Taula 4.34: Efectes de l'estrès salí en el pes sec de la tija dels genotips estudiats. S1: Solució nutritiva de conductivitat elèctrica 7 dS/m; S2: solució nutritiva de conductivitat elèctrica 10 dS/m.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	0,16 ab	0,19 abc	0,21 abc	0,19 a
S. peruvianum	0,09 a	0,15 a	0,12 a	0,12 a
S. lycopersicum	0,55 d	0,36 c	0,33 bc	0,41 b
$\bar{x}$ estrés	0,27 a	0,23 a	0,22 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

Els resultats obtinguts del pes sec de les arrels es poden de manifest a la taula 4.35:

Taula 4.35: Efectes de l'estrès salí en el pes sec de les arrels dels genotips estudiats. S1: Solució nutritiva de conductivitat elèctrica 7 dS/m; S2: solució nutritiva de conductivitat elèctrica 10 dS/m.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	0,064 a A	0,038 a A	0,053 a A	0,052 A
S. peruvianum	0,019 a A	0,033 a A	0,049 a A	0,034 A
S. lycopersicum	0,119 a B	0,076 a A	0,082 a A	0,092 B
$\bar{x}$ estrés (g)	0,068 a	0,049 a	0,061 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

S'observa que, de manera global, l'únic valor que destaca de la resta és el pes sec de les arrels *de S. lycopersicum*. La mitjana d'aquest paràmetre és clarament superior a la de la resta i és l'única que mostra diferències significatives amb les altres dues mitjanes corresponents a *S. habrochaites* i *S. peruvianum*, amb valors que ronden la meitat del que presenta *S. lycopersicum*. Tampoc podem observar efectes de l'estrès salí que diferenciïn els valors de les mitjanes per a cada tractament, així doncs, sembla que, des d'un punt de

vista global, els diferents graus de salinitat no han afectat significativament al pes sec de les arrels d'aquest cultiu. Pel que fa a la separació de mitjanes per a les diferents combinacions de genotip-tractament no s'han trobat diferències significatives entre els diferents nivell de tractament en cap dels tres genotips, tot i que a *S. peruvianum* els valors absoluts presenten una tendència d'incrementar el pes sec de les arrels en augmentar el grau d'estrès salí. Si més no, podem observar que *S. lycopersicum* és l'única espècie de les tres que presenta, en valors absoluts, una disminució del pes sec de les arrels en augmentar el grau d'estrès. L'efecte de l'estrès salí només ha causat diferències, pel que fa a les mitjanes dels tractament per a cada genotip, en el grup testimoni, on s'observa que *S. lycopersicum* mostra un valor notòriament major i estadísticament diferenciat de la resta. Aquest comportament es repeteix en els altres dos tractaments, però la diferència entre valors disminueix al augmentar l'estrès i les diferències deixen de ser significatives.

Per acabar d'analitzar els resultats obtinguts dels efectes de l'estrès salí en el pes sec dels genotips estudiats comentarem la separació de mitjanes referents al paràmetre pes sec total, que es presenten en la taula 4.36:

Taula 4.36: Efectes de l'estrès salí en el pes sec total dels genotips estudiats. S1: Solució nutritiva de conductivitat elèctrica 7 dS/m; S2: solució nutritiva de conductivitat elèctrica 10 dS/m.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	0,58 abc	0,64 abc	0,72 abc	0,65 b
S. peruvianum	0,32 a	0,39 ab	0,34 a	0,35 a
S. lycopersicum	1,63 d	1,04 cd	0,99 bc	1,22 c
$\bar{x}$ estrés (g)	0,85 a	0,69 a	0,69 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

Com es pot observar s'han detectat diferències significatives pel que fa als valors de les mitjanes de cada genotip, seguint el següent ordre de menor a major*: S. peruvianum* < *S. habrochaites* < *S. lycopersicum*. En canvi, l'estrès salí no ha afectat a significativament al pes sec total dels genotips, doncs no s'observen diferències significatives entre les mitjanes dels tres tractaments, tot i que el valor absolut del testimoni és superior al dels tractaments salinitzats. De la mateixa manera que en el cas de l'estudi del pes sec de cada part de la planta, aquest patró global de no resposta a l'estrès salí es compleix només en *S. habrochaites* i *S. peruvianum,* tot i que a *S. habrochaites* els valors absoluts tendeixen a augmentar amb el grau d'estrès.. En el cas de *S. lycopersicum* s'han detectat diferències significativament importants entre el tractament testimoni i el grup tractat amb aigua de

reg amb 10dS/m i s'observa una clara tendència a disminuir el pes sec de la planta quan augmenta el greu d'estrès salí. Això ens indica que aquest genotip demostra ser, un cop més, el menys tolerant a la salinitat aplicada en aquest assaig.

Per finalitzar aquest apartat es mostren les mitjanes de la relació en pes sec de la part aèria i la part radicular (taula 4.37).

Taula 4.37: Efectes de l'estrès salí en la relació en pes sec entre part aèria i part radicular dels genotips estudiats. S1: Solució nutritiva de conductivitat elèctrica 7 dS/m; S2: solució nutritiva de conductivitat elèctrica 10 dS/m.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	18,52 a A	17,43 a A	14,09 a A	16,698 A
S. peruvianum	17,93 b A	13,16 ab A	5,78 a A	12,29 A
S. lycopersicum	12,59 a A	12,77 a A	10,698 a A	12,11 A
$\bar{x}$ estrés (g)	16,35 b	14,45 ab	10,29 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Pel que fa a la relació en pes sec entre la part aèria i la part radicular no es mostren afectacions globals importants que hagin produït diferències entre els genotips, el que si que s'observa és una diferència en valors absoluts entre *S. habrochaites* (amb un valor superior) i les altres dues espècies, amb valors molt semblants. L'estrès salí si que ha afectat la relació en pes sec entre part aèria i part radicular, promovent una disminució progressiva a mesura que la salinitat augmenta, doncs si mirem a la taula les mitjanes globals per a cada tractament veurem que es mostren diferències significatives entre el tractament testimoni i el grup 10 dS/m, quedant entre aquests dos el grup 7 dS/m amb un valor intermedi que no mostra diferències significatives amb els altres dos. En aquest cas, l'únic genotip que segueix la tendència global és *S. peruvianum*, mentre que els altres dos no presenten cap diferència significativa. Tot i així, els valors absoluts de *S. habrochaites* i *S. lycopersicum* també mostren una tendència a la reducció de la relació en pes sec entre part aèria i part radicular en augmentar la severitat de l'estrès salí. Els resultats anteriors permeten esbrinar que *S. peruvianum* té una major capacitat d'adaptació a l'estrès salí que els altres dos genotips, ja que en augmentar la salinitat disminueix la relació pes sec aeri/pes sec radicular, comportament que permet reduir les pèrdues d'aigua a l'atmosfera i incrementar la captació d'aigua del sòl. Per als diferents tractaments (testimoni, 7 i 10

dS/m) no s'observen diferències entre genotips tal com ja s'observava a les mitjanes generals de les tres espècies.

Per últim, a figura 4.5 mostra la distribució del pes sec dels genotips per fraccions (fulla, tija i arrel) i total (alçada dels histogrames), en els diferents tractaments d'estrès salí. La figura permet apreciar les diferències entre els pesos secs que cada genotip ha obtingut en cada nivell de salinitat:

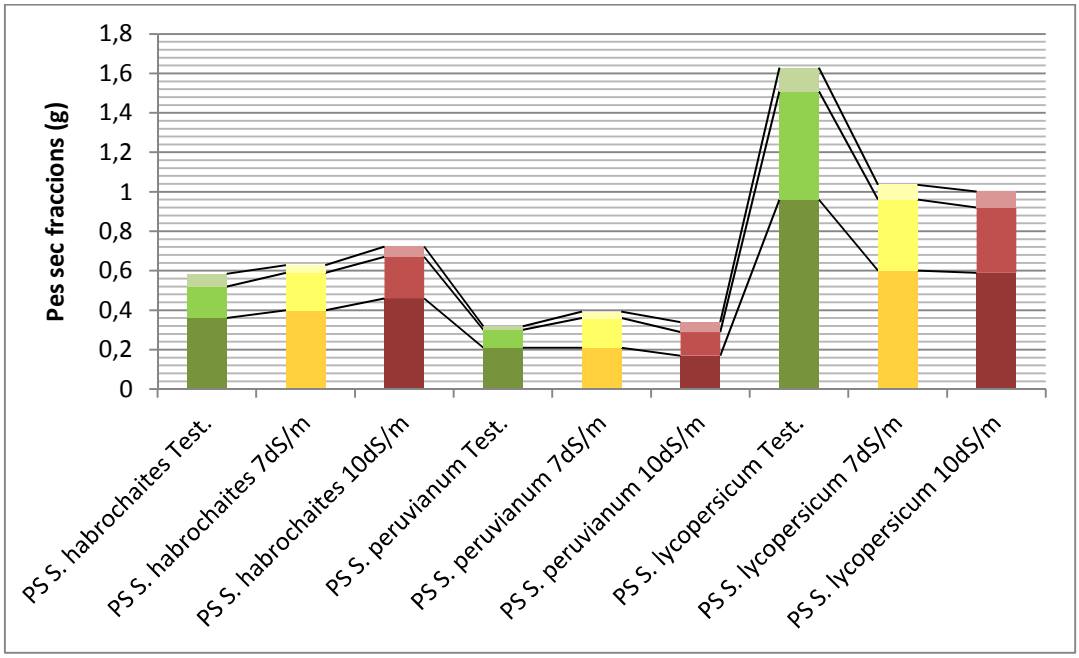

Figura 4.5: Efecte de l'estrès salí en les fraccions del pes sec dels genotips estudiats. De baix a dalt de cada histograma: fulles, tija i arrels. Testimoni: verd; S1(7dS/m): groc; S2(10dS/m): vermell.

En la figura 4.5 s'hi veuen molt bé els diferents efectes de l'estrès salí sobre la distribució del pes sec de les tres fraccions de la planta i del seu total. *S. lycopersicum* redueix el pes sec a mesura que l'estrès salí s'agreuja i segueix sent el genotip amb un pes sec total superior. *S. habrochaites*, en canvi, mostra un augment del pes sec quan l'estrès salí augmenta. Més endavant analitzarem aquesta resposta. I *S. peruvianum* obté un pes sec total superior en el tractament intermedi en comparació amb els dos nivells d'estrès extrems.

4.2.5. Efecte de l'estrès salí en contingut hídric

Seguidament es mostren els resultats dels efectes de l'estrès salí en el contingut hídric de les fulles (taula 4.38).

Taula 4.38: Efectes de l'estrès salí en el contingut hídric de les fulles dels genotips estudiats. S1: Solució nutritiva de conductivitat elèctrica 7 dS/m; S2: solució nutritiva de conductivitat elèctrica 10 dS/m.

Genotip	Testimoni (%)	S1 (%)	S2 (%)	$\bar{x}$ genotip (%)
S. habrochaites	88 b A	87 b AB	83 a A	86 A
S. peruvianum	88 b A	85 ab A	84 a A	85 A
S. lycopersicum	87 ab A	88 b B	84 a A	87 A
$\bar{x}$ estrés (%)	88 b	86 b	84 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

No s'han detectat diferències significatives entre les tres espècies pel que fa al contingut hídric i els valors absoluts de les mitjanes són molt semblants, però si que es mostra una disminució dels valors pel que fa a l'efecte general de l'estrès salí. En analitzar el comportament de cadascuna de les tres espècies s'observa que *S. habrochaites* segueix un patró idèntic al de les mitjanes per tractament i que a *S. peruvianum* el valors del tractament amb 10 dS/m és significativament menor que el del testimoni i que el de 7 dS/m és intermedi sense diferències significatives amb els dos extrems anteriors. A *S. lycopersicum* el menor contingut hídric foliar es detecta també a el tractament més salí però en aquest cas el valor màxim es troba a la salinitat intermèdia, que és significativament inferior al de la salinitat màxima, però que no es diferencia del testimoni.

El contingut hídric de la tija es veu reflectit en la taula 4.39. En el cas de les mitjanes globals per a cada genotip es presenten valors significativament diferents entre *S. habrochaites* i *S. peruvianum,* i el valor de la mitjana de *S. lycopersicum* no esdevé significativament diferent de cap dels dos extrems. Observem els efectes de la salinitat en les mitjanes globals per a cada tractament, on es pot veure com l'augment de la salinitat ha provocat una disminució del contingut hídric de la tija dels genotips estudiats. Una vegada més es mostren diferències significatives entre els dos tractaments extrems i el valor del grup 7 dS/m queda entre mig, sense diferir significativament dels altres dos. Les mitjanes de les nou combinacions de genotip-tractament només presenten diferències significatives en el cas de *S. habrochaites* amb valor màxim al testimoni i mínim a l'estrès més sever

existint entre ells diferències significatives, mentre que el de salinitat intermèdia (7 dS/m) no es pot diferenciar dels altres dos nivells. En els altres dos genotips no s'han detectat valors estadísticament diferents i tampoc s'hi observa una afectació notòria deguda l'estrès, doncs en valors absoluts tampoc s'hi mostra cap tendència concreta a disminuir o augmentar quan els nivells de salinitat són cada cop més alts.

Taula 4.39: Efectes de l'estrès salí en el contingut hídric de la tija dels genotips estudiats. S1: Solució nutritiva de conductivitat elèctrica 7 dS/m; S2: solució nutritiva de conductivitat elèctrica 10 dS/m.

Genotip	Testimoni (%)	S1 (%)	S2 (%)	$\bar{x}$ genotip (%)
S. habrochaites	94 c	90 bc	87 ab	90 b
S. peruvianum	88 ab	85 a	87 ab	86 a
S. lycopersicum	88 ab	89 abc	87 ab	88 ab
$\bar{x}$ estrés (%)	90 b	88 ab	87 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

Per completar aquest apartat s'analitzen els efectes de l'estrès salí en el contingut hídric de les arrels (taula 4.40). L'estudi estadístic d'aquest paràmetre no detecta efecte significatiu de cap dels dos factors estudiats (genotip i tractament d'estrès salí). És per això que les mitjanes de cada genotip són molt properes entre si i estadísticament no diferenciables. Tot i així, en valors absoluts, *S. peruvianum* és el genotip que presenta un contingut hídric de les arrels més elevat, seguit de *S. lycopersicum* i *S. habrochaites*. Les mitjanes globals de cada tractament tampoc difereixen significativament entre si i l'ordre dels valors absoluts, de major a menor, és el següent: Grup regat amb 7 dS/m > grup regat amb 10 dS/m > testimoni.

Taula 4.40: Efectes de l'estrès salí en el contingut hídric de les arrels dels genotips estudiats. S1: Solució nutritiva de conductivitat elèctrica 7 dS/m; S2: solució nutritiva de conductivitat elèctrica 10dS/m.

Genotip	Testimoni (%)	S1 (%)	S2 (%)	$\bar{x}$ genotip (%)
S. habrochaites	83 a A	92 a A	91 a A	89 A
S. peruvianum	92 a A	93 a A	91 a A	92 A
S. lycopersicum	91 a A	92 a A	90 a A	91 A
$\bar{x}$ estrés (%)	89 a	92 a	90 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Com és d'esperar tampoc s'han detectat valors significativament diferenciats en les mitjanes de les diferents combinacions de cada tractament per a cada espècie estudiada.

4.2.6. Efecte de l'estrès salí en l'àrea foliar

En la taula següent (taula 4.41) es posen de manifest els resultats obtinguts pel que fa als efectes de l'estrès salí en l'àrea foliar total dels genotips. Primerament analitzarem l'efecte genotip, on podem observar diferències significatives entre les tres espècies ordenant-se, de menor a major: *S. peruvianum* < *S. habrochaites* < *S. lycopersicum*. L'efecte estrès ha mostrat reducció significativa de l'àrea foliar només des del grup testimoni als altres dos nivells d'estrès. De tota manera, en valors absoluts podem veure com l'estrès salí ha afectat a les mitjanes globals disminuint progressivament l'àrea foliar total quan aquest augmenta. Pel que fa a les mitjanes de cada genotip per a cada nivell estrès podem observar que *S. peruvianum* i *S. habrochaites* no presenten diferències estadístiques entre els tres tractaments, tot i que s'ha observat una reducció de la superfície foliar total en valors absoluts en augmentar el grau de salinitat en les dues espècies.

Taula 4.41: Efectes de l'estrès salí en l'àrea foliar total dels genotips estudiats. S1: Solució nutritiva de conductivitat elèctrica 7 dS/m; S2: solució nutritiva de conductivitat elèctrica 10 dS/m.

Genotip	Testimoni (cm^2)	S1 (cm^2)	S2 (cm^2)	$\bar{x}$ genotip (cm^2)
S. habrochaites	189,06 a B	152,72 a B	149,44 a B	163,74 B
S. peruvianum	84,83 a A	66,73 a A	56,36 a A	69,31 A
S. lycopersicum	259,23 b C	202,39 ab B	146,72 a B	202,78 C
$\bar{x}$ estrés (cm^2)	177,70 b	140,61 a	117,5 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades delletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Contràriament, a *S. lycopersicum* s'ha observat efecte significatiu de l'augment de la salinitat en la reducció de l'àrea foliar total, doncs aquest genotip presenta diferències significatives entre el grup testimoni i el grup 10 dS/m; i el nivell intermedi d'estrès el trobem entre aquests dos i no es diferencia significativament dels altres dos grups. El valor més alt correspon al testimoni, així doncs, estaríem parlant d'un efecte reductor de l'àrea foliar causat per l'estrès salí. Les diferències genotípiques per a cada tractament mostren una diferenciació significativa de les tres espècies en el grup testimoni, on *S. lycopersicum* obté el valor més alt seguit de *S. habrochaites* i *S. peruvianum* obté la última posició seguint la mateixa pauta que les mitjanes generals. Aquesta diferenciació entre genotips

s'atenua en els dos tractaments salins, on només es diferencia *S. peruvianum* (amb els valors més baixos) dels altres dos genotips (amb valors més alts).

A continuació es presenten les taules de resultats dels efectes de l'estrès salí en els diferents tipus d'àrea foliar corresponents a teixit normal, teixit cloròtic i teixit necròtic. En primer lloc es mostren les àrees foliars de teixit normal (taula 4.42) on s'observen diferències significatives entre els tres genotips i també entre els tres tractaments. Pel que fa al genotip l'àrea foliar normal de *S. lycopersicum* és significativament superior a la de *S. habrochaites* i aquesta ho és també de *S. peruvianum*. Pel que fa a l'estrès també hi ha reducció progressiva i significativa de l'àrea foliar des del testimoni a 7 dS/m i des d'aquest tractament al de màxima salinitat. S'han detectat només valors estadísticament distints entre les mitjanes de cada estrès per al genotip *S. lycopersicum* (amb reducció progressiva i significativa en augmentar la salinitat), mentre que les dues espècies silvestres de tomaquera (*S. habrochaites* i *S. peruvianum*) no mostren diferències significatives entre l'àrea foliar normal dels diferents tractaments, tot i que el patró que es compleix en els valors absoluts de les dues espècies és la disminució de l'àrea foliar quan el nivell d'estrès augmenta.

Taula 4.42: Efectes de l'estrès salí en l'àrea foliar normal dels genotips estudiats. S1: Solució nutritiva de conductivitat elèctrica 7 dS/m; S2: solució nutritiva de conductivitat elèctrica 10 dS/m.

Genotip	Testimoni (cm^2)	S1 (cm^2)	S2 (cm^2)	$\bar{x}$ genotip (cm^2)
S. habrochaites	143,55 cd	115,05 bcd	103,24 bcd	120,61 b
S. peruvianum	79,22 ab	58,70 ab	38,40 a	58,77 a
S. lycopersicum	235,34 e	155,41 d	92,39 abc	161,04 c
$\bar{x}$ estrés (cm^2)	152,70 c	109,71 b	78,00 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

L'àrea foliar cloròtica (taula 4.43) mostra diferències genotípiques entre *S. peruvianum* i les altres dues espècies, mostrant la primera un valor significativament inferior. El factor estrès també presenta valors significativament diferents entre el testimoni i el grup 10 dS/m, mostrant-se el grup 7dS/m com a valor intermedi i no significativament diferent dels grups extrems. La tendència global de la mitjana de l'àrea foliar cloròtica és l'augment d'aquesta a mesura que l'estrès esdevé més sever. Complementàriament, s'ha observat que cap dels genotips mostra diferències significatives entre els diferents valors corresponents a les mitjanes de cada nivell d'estrès, així doncs, podríem dir que no hi ha hagut efecte significatiu de l'estrès salí en l'àrea foliar cloròtica dels tres genotips però sí

una tendència a augmentar aquesta a mesura que augmenta també el nivell d'estrès a *S. habrochaites* i *S. lycopersicum*. També cal comentar que la mitjana referent al nivell d'estrès 7 dS/m per al genotip *S. peruvianum* obté un valor pràcticament nul que podria ser degut a algun error experimental en l'anàlisi de dades. Això fa que no sigui adequat fer cap comentari sobre aquesta espècie.

Taula 4.43: Efectes de l'estrès salí en l'àrea foliar cloròtica dels genotips estudiats. S1: Solució nutritiva de conductivitat elèctrica 7 dS/m; S2: solució nutritiva de conductivitat elèctrica 10 dS/m.

Genotip	Testimoni (cm^2)	S1 (cm^2)	S2 (cm^2)	$\bar{x}$ genotip (cm^2)
S. habrochaites	16,68 a A	31,60 a B	33,34 a A	27,21 B
S. peruvianum	2,71 a A	0,00 a A	15,60 a A	6,10 A
S. lycopersicum	20,24 a A	34,75 a B	40,41 a A	31,80 B
$\bar{x}$ estrés (cm^2)	13,21 a	22,12 ab	29,78 b	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

En la taula que es mostra seguidament (taula 4.44) es posen de manifest els efectes de l'estrès salí en l'àrea foliar necròtica dels genotips estudiats en l'assaig. S'han detectat diferències genotípiques significatives entre *S. peruvianum* i *S. lycopersicum* i la mitjana general de l'àrea foliar necròtica de *S. habrochaites* pren un valor mitjà que no es diferencia estadísticament dels altres dos genotips. Pel que fa a l'efecte estrès general s'han detectat diferències significatives entre el testimoni i els altres dos grups (7 dS/m i 10 dS/m), mostrant el grup testimoni un valor més baix; els valors absoluts dels tractaments salins augmenten amb el grau de salinitat tot i que sense diferències significatives. Això ens indica que, en termes generals, l'augment de salinitat ha promogut la necrosis del teixit foliar. Les mitjanes de les diferents combinacions de tractament-genotip mostren el següent: *S. habrochaites* i *S. lycopersicum* obtenen valors significativament inferiors en el testimoni en relació al grup més estressat (10 dS/m), però el nivell d'estrès intermedi no es diferencia d'aquests dos, tot i que mostri un valor intermedi. En canvi, *S. peruvianum* no mostra valors estadísticament diferenciats entre els tres , tot i que el valor absolut amb 7 dS/m és superiors al del testimoni, seguint la pauta general d'increment de la necrosi amb la salinitat. no obstant, el tractament amb màxima salinitat presenta un valor absolut tan baix com el del testimoni.

Taula 4.44: Efectes de l'estrès salí en l'àrea foliar necròtica dels genotips estudiats. S1: Solució nutritiva de conductivitat elèctrica 7 dS/m; S2: solució nutritiva de conductivitat elèctrica 10 dS/m.

Genotip	Testimoni (cm^2)	S1 (cm^2)	S2 (cm^2)	$\bar{x}$ genotip (cm^2)
S. habrochaites	3,20 a A	6,07 ab A	12,86 b B	7,37 AB
S. peruvianum	2,89 a A	8,04 a A	2,36 a A	4,43 A
S. lycopersicum	3,65 a A	12,23 ab A	13,93 b B	9,93 B
$\bar{x}$ estrés (cm^2)	3,25 a	8,78 b	9,72 b	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Per finalitzar aquest apartat la figura 4.6 mostra la distribució de l'àrea foliar dels genotips per tipus (normal, cloròtica i necròtica) i total (alçada dels histogrames), en els diferents tractaments d'estrès salí. La figura permet apreciar les diferències entre les superfícies foliars que cada genotip ha obtingut en cada nivell de salinitat.

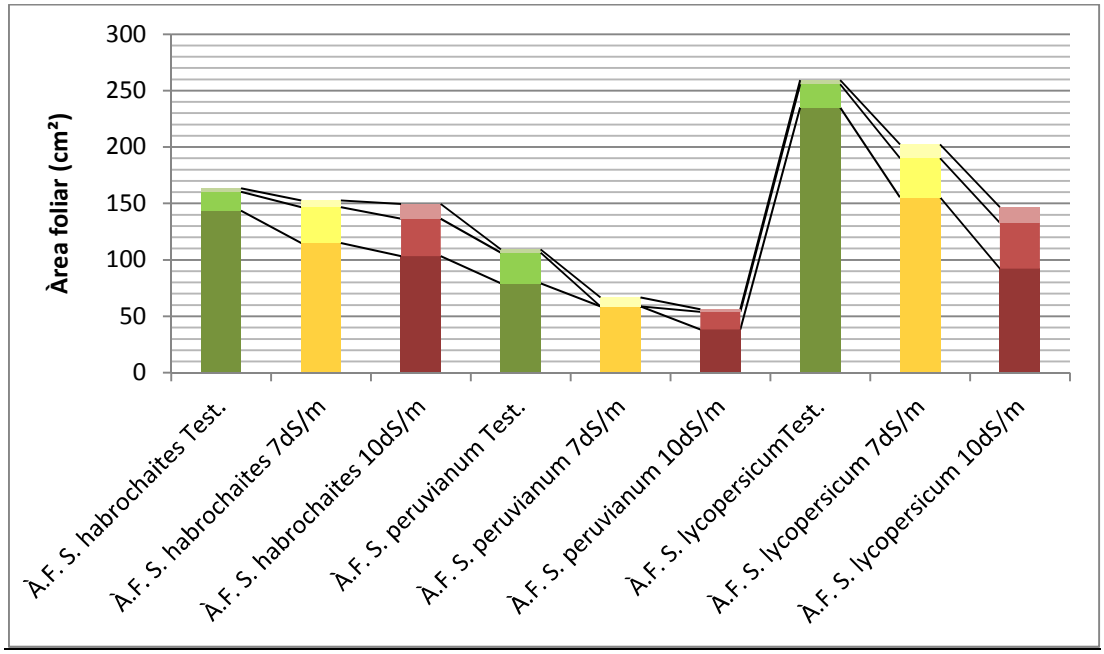

Figura 4.6: Efecte de l'estrès salí en les àrea foliar dels genotips estudiats. De baix a dalt: àrea foliar normal, àrea foliar cloròtica i àrea foliar necròtica. Testimoni: verd; S1(7dS/m): groc; S2(10dS/m): vermell.

De la figura 4.6 cal destacar que *S. habrochaites* no mostra una davallada tan intensa de la superfície de l'àrea foliar com els altres dos genotips. També s'observa que, un cop més, *S. lycopersicum* obté una superfície foliar total superior a les dues espècies silvestres.

4.2.7. Consideració conjunta dels efectes de l'estrès salí en els genotips estudiats

De la mateixa manera que s'ha fet en l'estrès hídric, en aquest apartat es posaran de manifest les principals característiques referents als genotips estudiats, seguit dels efectes generals de l'estrès salí en el material vegetal. Per últim, s'analitzarà la sensibilitat a l'estrès salí dels diferents genotips.

4.2.7.1. Efecte genotip

De forma similar al que s'ha comentat en l'apartat d'estrès hídric els genotips estudiats presenten grans diferències de creixement, amb valors màxims a *S. lycopersicum*, mínims a *S. peruvianum* i intermedis a *S. habrochaites*, coincidint amb el que ja s'havia observat a l'estrès hídric.

S. lycopersicum és el genotip que mostra el major creixement vegetatiu, atès que obté els valors màxims en 16 dels 21 paràmetres de creixement estudiats: alçada, pesos frescs i secs totals i per fraccions (aeri, foliar, de tija i radicular), àrea foliar (total, normal, cloròtica i necròtica) i contingut hídric foliar. Contràriament, presenta valors mínims en les mitjanes obtingudes de la relació en pes sec aeri/radicular, tot i que no presenta diferències significatives amb els altres dos genotips. Per últim, aquesta espècie mostra valors intermedis en els paràmetres número de fulles (on presenta un valor estadísticament indistingible del de *S. habrochaites*), contingut hídric de tija i arrels, i relació pes fresc aeri/radicular (sense presentar valors significativament inferiors al dels altres dos genotips).

Contràriament, ***S. peruvianum*** presenta el menor creixement vegetatiu, atès que assoleix els valors mínims en 19 dels 21 paràmetres analitzats: número de fulles, alçada, pesos frescs i secs total i per fraccions (aeri, fulles, tija i arrels), àrea foliar (total, normal, cloròtica i necròtica) i en la relació pes fresc aeri/pes fresc radicular (amb diferències significatives només amb *S. habrochaites*). Així mateix també presenta els valors mínims pel contingut hídric foliar (sense diferències significatives amb els altres dos genotips) i en el contingut hídric de tija. Aquesta espècie silvestre presenta només un valor màxim, concretament en el contingut hídric radicular (sense diferències significatives amb els altres genotips). Complementàriament, *S. peruvianum* presenta un valor intermedi en la relació en pes sec aeri/pes sec radicular, tot i que sense diferències significatives amb els altres dos genotips.

Finalment es descriuen les característiques de ***S. habrochaites***, que és el genotip que ha mostrat un creixement intermedi, atès que ha mostrat valors intermedis en 16 dels 21 paràmetres analitzats: alçada, pesos frescs i secs total i per fraccions (aeri, fulla, tija i arrels) i àrea foliar (total, normal, cloròtica i necròtica). Aquesta espècie silvestre ha presentat també 4 paràmetres amb valors màxims i 1 amb valor mínim. Els valors màxims s'han observat al número de fulles (sense diferències significatives amb *S. lycopersicum*), relació pes fresc aeri/pes fresc radicular (major que *S. peruvianum* però igual que *S. lycopersicum*), relació en pes sec aeri/pes sec radicular (sense diferències entre els tres genotips) i contingut hídric de la tija (superior que al de *S. peruvianum* però sense diferenciar-se de *S. lycopersicum*) i el valor mínim s'ha assolit en el contingut hídric de les arrels (sense diferències significatives amb els altres dos genotips).

Per tal d'evidenciar les diferències entre genotips abans comentades, s'ha confeccionat una taula on es recullen els valors numèrics i la separació de mitjanes dels 21 paràmetres analitzats del tractament testimoni, és a dir, sense patir estrès salí. Cal indicar que aquests testimonis reflecteixen el potencial de creixement sense estrès i els valors no són els mateixos que els comentats anteriorment, ja que aquells referien la mitjana genotípica de testimoni, S1 i S2 i, per tant, contenien el possible efecte depressor de l'estrès salí sobre el potencial de creixement inicial. La taula presenta en fons verd el valor més alt, en vermell el més baix i en groc el valor intermedi.

Els testimonis de cada espècie tenen un comportament molt similar al descrit per les mitjanes genotípiques, amb algunes diferències degudes a l'efecte estrès salí.

Taula 4.B: Mitjanes dels tres genotips obtingudes pel testimoni

EFECTE GENOTIP ESTRÈS SALÍ			
Paràmetre	***S. habrochaites***	***S. peruvianum***	***S. lycopersicum***
Número fulles	8,0 B	5,2 A	7,4 B
Alçada (cm)	29,90 cd	18,3 a	38,88 e
Pes fresc aeri (g)	5,70 bc	2,47 a	12,27 d
Pes fresc fulles (g)	3,04 abc	1,71 ab	7,46 d
Pes fresc tija (g)	2,65 cd	0,75 a	4,81 e
Pes fresc arrels (g)	0,38 a	0,29 a	1,34 d
Pes fresc total (g)	6,07 bcd	2,76 ab	13,61 e
R.PFA/PFR	15,83 A	10,78 AB	9,22 A
Pes sec aeri (g)	0,51 abc	0,30 a	1,51 d
Pes sec fulles (g)	0,36 A	0,21 A	0,96 B
Pes sec tija (g)	0,16 ab	0,09 a	0,55 d
Pes sec arrels (g)	0,064 A	0,019 A	0,119 B
Pes sec total (g)	0,58 abc	0,32 a	1,63 d
R.PSA/PSR	18,52 A	17,93 A	12,59 A
CH fulles (%)	58 b A	88 A	87 A
CH tija (%)	94 c	88 ab	88 ab
CH arrels (%)	83 A	92 A	91 A
ÀF normal (cm²)	143,55 cd	79,22 ab	235,34 e
ÀF cloròtica (cm²)	16,68 A	2,71 A	20,24 A
ÀF necròtica (cm²)	3,20 A	2,89 A	3,65 A
ÀF total (cm²)	189,06 B	84,83 A	177,70 b

Les lletres comparen valors de la mateixa fila. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives. Valor màxim, verd; valor mínim, vermell; valor intermedi, groc.

4.2.7.2. Efectes generals de l'estrès salí:

En relació al **testimoni**, els tractaments d'estrès salí (7 i 10 dS/m) han provocat la disminució significativa d'una bona part dels paràmetres de creixement vegetatiu dels genotips estudiats: número de fulles, alçada, pes fresc aeri, foliar, de tija i total i àrea foliar total. La reducció de creixement en aquests paràmetres no ha permès diferenciar significativament el **tractament de màxima salinitat** (10 dS/m) del de salinitat intermèdia (7 dS/m), però els valors absoluts del primer grup sempre són inferiors al del segon. L'únic paràmetre on s'ha observat disminució progressiva i significativa amb l'augment del grau d'estrès salí ha estat l'àrea foliar normal establint tres grups de significació: T>7 ds/m>10 dS/m. En les relacions de pes aeri/pes radicular, tan en el pes fresc com en el pes sec i en el contingut hídric de la tija, s'observa una disminució progressiva des del testimoni fins a 10 dS/m, situant-se el tractament de 7 dS/m amb valors intermedis que no es diferencien dels dos extrems anteriors.

Complementàriament, l'estrès salí ha comportat un augment de l'àrea foliar cloròtica i també de la necròtica. En la cloròtica s'observa augment progressiu des del testimoni fins al grup 10 dS/m, però el **tractament intermedi** no es diferencia estadísticament dels extrems. Contràriament en l'àrea necròtica no hi ha diferències significatives entre 7 i 10 dS/m, sent el valor absolut de 10 dS/m superior al que es presenta amb 7dS/m.

Els paràmetres de creixement expressats en pes sec (aeri, fulles, tija, arrel i total), així com el contingut hídric de les arrels, no s'han vist afectats significativament per l'estrès salí, tot i que els valors absoluts màxims de les fraccions del pes sec s'observen sempre en el testimoni i la major part dels mínims en el tractament més salí (10 dS/m).

4.2.7.3. Sensibilitat dels genotips estudiats a l'estrès salí

S. lycopersicum és el genotip que ha mostrat més sensibilitat a l'estrès de salinitat presentant afectació significativa en 14 dels 21 paràmetres de creixement estudiats. La salinitat en aquets genotip domèstic ha provocat una disminució significativa i progressiva de l'alçada i de l'àrea foliar normal en augmentar el grau d'estrès, diferenciant els tres tractaments (testimoni>7 dS/m>10 dS/m). Complementàriament, també s'ha observat una reducció significativa de totes les fraccions del pes fresc (aeri, foliar, de tija, radicular i total) i del pes sec de les fulles i tiges en els tractaments salinitzats (7 i 10 dS/m) en relació al testimoni, sense diferències entre aquests dos, tot i que els valors absoluts de 10 dS/m són inferiors als de 7 dS/m. També s'ha observat disminució progressiva dels pesos secs aeri i total i de l'àrea foliar total en augmentar el nivell d'estrès salí, però en aquests paràmetres només es diferencien significativament el testimoni del tractament més salí (10 dS/m), essent els valors del 7 dS/m indistingibles dels altres dos. L'anterior comportament estadístic també es presenta en l'àrea foliar necròtica però en aquest cas la salinitat la fa augmentar. Com s'observa, la resposta que *S. lycopersicum* ha tingut en vers l'estrès salí és similar a la de l'estrès hídric. Aquest fet, tal com s'exposa a la introducció (apartat 1.5.5. Bases fisiològiques generals de l'estrès salí) és degut a que la salinitat té un efecte osmòtic sobre els cultius, a més de la toxicitat pròpia de l'acumulació de ions. Així doncs, la disminució del creixement que aquesta espècie ha patit és una resposta habitual de les plantes quan són sotmeses a l'estrès de salinitat i és deguda a la deshidratació cel·lular i a la necessitat d'equilibrar la relació part aèria/part radicular. Pel que fa a l'augment de l'àrea foliar necròtica que s'observa en aquesta espècie es pot relacionar amb els efectes de la toxicitat deguts a l'acumulació de ions a les fulles, causant cremades que necrosen el teixit.

En els 7 paràmetres que *S. lycopersicum* no ha estat afectat significativament per la salinitat, s'observa que el testimoni presenta els valors absoluts màxims en 4 d'ells (número de fulles, pes sec aeri i relació pes aeri/pes radicular, tant en pes fresc com en sec), suggerint una tendència a la reducció d'aquests paràmetres amb la salinitat. Contràriament, els valors absoluts mínims de l'àrea foliar cloròtica els presenta el testimoni, suggerint una tendència a l'augment de la clorosi amb la salinitat. Tampoc es veuen afectats per la salinitat el contingut hídric de la tija i de l'arrel, mentre que en el contingut hídric foliar s'observen diferències significatives entre el tractament més salí (10 dS/m) i el de 7 dS/m, prenent el testimoni un valor intermedi.

Les dues espècies silvestres mostren clarament menor sensibilitat a la salinitat que la observada en *S. lycopersicum*. A *S. habrochaites* només s'afecten significativament 5 dels 21 paràmetres de creixement analitzats, mentre que *S. peruvianum* encara mostra menys afectació (4 dels 21 paràmetres).

S. habrochaites i *S. peruvianum* presenten vuit respostes comunes a la salinitat. En primer lloc s'observa reducció progressiva de l'alçada i de la relació en pes fresc aeri/radicular, des del testimoni fins al tractament més salí (10 dS/m), amb diferències significatives entre aquests dos, mentre que el de salinitat intermèdia (7 dS/m) no es diferència dels altres tractaments. Segonament, en ambdues espècies no s'afecten el número de fulles, els pesos frescs aeri i foliar i l'àrea foliar total i normal, essent els valors absoluts dels testimonis superiors als de 7 dS/m i aquest majors que els de 10 dS/m. És a dir, que hi ha una tendència a la disminució en augmentar la salinitat, tot i no afectar-se significativament. A més a més, el pes fresc de l'arrel d'ambdues espècies tampoc s'afecta significativament, però els valors absoluts tendeixen a augmentar en incrementar la salinitat. Aquest comportament, com ja s'ha indicat abans, és una resposta típica a l'estrès salí, doncs com que aquest causa desajusts osmòtics, les plantes reaccionen de manera semblant a com ho fan davant l'estrès hídric: reduint el creixement, acumulant soluts i disminuint la relació part aèria/part radicular.

S. habrochaites presenta, a més de les respostes comunes amb *S. peruvianum* ja mencionades, 13 respostes específiques a la salinitat i afectació significativa en 3 dels paràmetres analitzats (contingut hídric de les fulles i la tija i àrea foliar necròtica) i no afectació de 10. El tractament més salí (10 dS/m) presenta els valors mínims de contingut hídric foliar i de la tija, que és significativament inferior al dels altres dos tractaments en el cas del contingut hídric de les fulles, o al del testimoni en el cas del contingut hídric de la tija, indicant una deshidratació de fulles i tija amb l'augment de la salinitat.

Complementàriament, l'àrea foliar necròtica augmenta amb la salinitat, amb diferències significatives entre el tractament més salí i el testimoni. La disminució del contingut hídric foliar és deguda a l'acumulació de soluts en la fulla i, concretament, de sals, doncs les sals dissoltes són absorbides per les arrels i transportades fins les fulles, on causaran cremades. És per això que en aquesta espècie també s'observa l'augment significatiu d'àrea foliar necròtica amb l'estrès salí.

Els paràmetres específics de *S. habrochaites* que no es veuen afectats significativament per la salinitat són la major part de les fraccions del pes sec (aeri, fulles, tija i total) i l'àrea foliar cloròtica. En aquests 5 paràmetres els valors absoluts indiquen una tendència a l'augment a mesura que s'incrementa la salinitat. Tampoc s'afecten significativament els pesos frescs de la tija i total, la relació en pes sec entre part aèria i part radicular i el pes sec de l'arrel, observant-se en el testimoni els valors absoluts màxims d'aquests 4 paràmetres. Finalment, tampoc es veu afectat el contingut hídric de les arrels, però en aquest cas el testimoni presenta el valor absolut mínim.

L'any 2015 C. Kissoudis, mitjançant la realització de l'estudi de la resposta a estrès biòtic i abiòtic de plantes de tomaquera va determinar que moltes regions genòmiques de l'accessió de *S. habrochaites* estudiada podrien contribuir a incrementar la resistència a la salinitat en la planta de tomaquera cultivada, corroborant, amb aquesta afirmació, la tolerància que aquesta espècie silvestre mostra. Els resultats obtinguts per Kissoudis quadren amb els resultats obtinguts en aquest estudi, doncs *S. habrochaites* presenta una certa tolerància a la sequera en relació amb la resposta obtinguda per part de *S. lycopersicum.*

A ***S. peruvianum*** s'observen 12 respostes específiques a la salinitat i afectació significativa de dos paràmetres (relació en pes sec de part aèria/part radicular i contingut hídric de les fulles) i manca d'afectació de 10.

Tant la relació pes sec aeri/pes sec radicular com el contingut hídric foliar disminueixen progressivament en augmentar la salinitat, presentant diferències significatives entre el testimoni i el tractament més salí. Sembla doncs que la salinitat en *S. peruvianum* redueix la relació pes sec aeri/pes sec radicular i el contingut hídric foliar com a estratègia de tolerància a la salinitat. Els paràmetres que no es veuen afectats per la salinitat a *S. peruvianum* són el pes fresc total, el pes sec de les fulles, el pes sec aeri, el contingut hídric de l'arrel i l'àrea foliar necròtica, detectant-se el valors absolut mínims d'aquest 5 paràmetres en el tractament més salí (10 dS/m). Complementàriament, tampoc s'afecten

els pesos frescs i secs de la tija, pes sec total i el pes sec radicular, presentant el tractament testimoni el valor absolut mínim d'aquest 4 paràmetres. Finalment, el contingut hídric de la tija tampoc es veu afectat, però en aquest cas el valor absolut màxim es troba en el testimoni. De tot l'anterior se'n dedueix que l'accessió de *S. lycopersicum* estudiada té una alta sensibilitat a la salinitat, mentre que els de les espècies silvestres presenten més tolerància. Els resultats indiquen que la tolerància de S. peruvianum és superior a la de *S. habrochaites.*

M. Tal i M.C. Sannon (1983), ja confirmaren la tolerància que S. peruvianum presenta a altes concentracions de sal en el sòl, mostrant un major creixement en condicions d'estrès salí sever que espècies domesticades de tomàquet, així com també una major elongació de la tija i acumulació de Na^+ a les fulles (concretament als vacúols) i una disminució de K^+.

4.3. Efectes de l'estrès de fred nocturn en el creixement dels genotips

4.3.1. Consideració de l'anàlisi estadístic

L'anàlisi de la variància de dos factors de l'estrès tèrmic en els genotips estudiats, la síntesi de la qual es presenta en la taula 4.45, ha posat de manifest el següent: efecte significatiu del genotip en tots els paràmetres estudiats, efecte no significatiu dels tractaments de fred nocturn en tots els paràmetres estudiats llevat de l'alçada i la relació en pes fresc entre la part aèria i radicular. S'ha observat interacció entre el factor genotip i el factor tractament en els següents paràmetres: alçada, pres fresc arrels i pes sec arrels.

Taula 4.45: Anàlisi de variància dels efectes de l'estrès de fred nocturn en els genotips estudiats. S: significatiu; NS: no significatiu

Paràmetre	Efecte Genotip	Efecte Tractament	Interacció
Alçada	S	S	S
Número fulles	S	NS	NS
Pes fresc aeri	S	NS	NS
Pes fresc fulles	S	NS	NS
Pes fresc tija	S	NS	NS
Pes fresc arrels	S	NS	S
Pes fresc total	S	NS	NS
Relació p.f. aeri/p.f arrels	S	S	NS
Pes sec aeri	S	NS	NS
Pes sec fulles	S	NS	NS
Pes sec tija	S	NS	NS
Pes sec arrels	S	NS	S
Pes sec total	S	NS	NS
Relació p.s aeri/p.s arrels	S	NS	NS
Contingut hídric fulles	S	NS	NS
Contingut hídric tija	S	NS	NS
Contingut hídric arrels	S	NS	NS
Àrea foliar normal	S	NS	NS
Àrea foliar cloròtica	S	NS	NS
Àrea foliar necròtica	S	NS	NS
Àrea foliar total	S	NS	NS

Per cadascun dels paràmetres estudiats s'ha dut a terme, com en els altres dos apartats, la separació de mitjanes adient que es presenta en dos tipus de taules: les corresponents als paràmetres que no han mostrat interacció entre factors i les que presenten els paràmetres on si que se n'hi ha mostrat.

4.3.2. Efecte de l'estrès de fred nocturn en l'alçada i el número de fulles

Els efectes de l'estrès de fred nocturn en l'alçada dels genotips es presenten a la 4.46:

Taula 4.46: Efectes d'estrès de fred nocturn en l'alçada dels genotips estudiats. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni (cm)	S1 (cm)	S2 (cm)	$\bar{x}$ genotip (cm)
S. habrochaites	29,46 a	29,76 a	28,74 a	29,32 a
S. peruvianum	32,3 ab	38,16 b	31,3 ab	33,92 b
S. lycopersicum	34,22 ab	31,3 ab	27,3 a	30,94 ab
$\bar{x}$ estrés (cm)	31,99 ab	33,07 b	29,11 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, p≤0,05)

S'han detectat diferències significatives entre l'alçada de *S. peruvianum* i *S. habrochaites*, quedant entre mig el valor de l'alçada de *S. lycopersicum*. En aquest cas i en contraposició amb els resultats obtinguts en els altres estressos, l'alçada de *S. peruvianum* pren el valor superior, seguit de *S. lycopersicum* i *S. habrochaites*. Pel que fa al factor estrès es presenten diferències significatives entre el grup exposat a fred 3 hores i 1,5 hores, i el grup testimoni presenta un valor intermedi que no es diferencia de la resta de manera significativa. S'observa un augment de l'alçada en el primer nivell d'estrès i una disminució en el segon o de més durada de fred nocturn, que fa diferenciar ambdós tractaments de fred. Pel que fa a els diferents combinacions de tractament per a cada genotip no s'observen diferències significatives, però a *S. peruvianum* s'observa una tendència a l'augment de l'alçada amb 1,5 hores de fred nocturn.

Els resultats dels efectes de l'estrès de fred nocturn en el número de fulles s'expressen en la taula 4.47:

Taula 4.47: Efectes de l'estrès de fred nocturn en el número de fulles del genotips estudiats. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni	S1	S2	$\bar{x}$ genotip
S. habrochaites	4,2 a A	4,6 a A	4,0 a A	4,27 A
S. peruvianum	4,6 a A	5,6 a A	4,6 a A	4,93 A
S. lycopersicum	9,6 a B	9,8 a B	8,8 a B	9,40 B
$\bar{x}$ estrés	6,13 a	6,67 a	5,80 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, p≤0,05).

Pel que fa al factor genotip s'observa que *S. lycopersicum* té un número de fulles significativament superior al de les dues espècies silvestres de tomaquera, sense diferències significatives entre aquests dos. Aquest comportament succeeix també en la separació de mitjanes de cada tractament. En canvi, pel que fa al factor estrès, s'oberva que les dosis de fred nocturn aplicades no tenen efecte significatiu sobre el número de fulles de les espècies estudiades. Tot i això a *S. peruvianum* es detecta una tendència a l'augment amb 1,5 hores de fred nocturn.

4.3.3. Efecte de l'estrès de fred nocturn en el pes fresc

En el cas de l'anàlisi dels efectes de l'estrès de fred nocturn en el pes fresc dels genotips estudiats comentarem les taules que presenten la separació de mitjanes per a les diferents parts de la planta de manera conjunta, doncs s'observa el mateix comportament dels genotips en quasi totes elles (veure taules 4.48, 4.49, 4.50, 4.51 i 4.52).

Taula 4.48: Efectes de l'estrès de fred nocturn en el pes fresc aeri dels genotips estudiats. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	4,032 a A	7,46 a A	5,09 a A	5,53 A
S. peruvianum	3,24 a A	4,78 a A	3,34 a A	3,79 A
S. lycopersicum	17,09 a B	14,98 a B	15,13 a B	15,73 B
$\bar{x}$ estrés (g)	8,12 a	9,07 a	7,86 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

Taula 4.49: Efectes de l'estrès de fred nocturn en el pes frecs de les fulles dels genotips estudiats. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	1,75 a A	3,30 a A	2,26 a A	2,44 A
S. peruvianum	1,78 a A	2,58 a A	1,62 a A	1,99 A
S. lycopersicum	9,38 a B	8,03 a B	8,05 a B	8,48 B
$\bar{x}$ estrés (g)	4,30 a	4,64 a	3,98 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Taula 4.50: Efectes de l'estrès de fred nocturn en el pes frecs de la tija dels genotips estudiats. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	2,28 a A	4,16 a AB	2,83 a A	3,09 A
S. peruvianum	1,46 a A	2,19 a A	1,72 a A	1,79 A
S. lycopersicum	7,72 a B	6,95 a B	7,08 a B	7,25 B
$\bar{x}$ estrés (g)	3,82 a	4,43 a	3,88 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Taula 4.51: Efectes de l'estrès de fred nocturn en el pes fresc de les arrels dels genotips estudiats. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	0,57 a	0,86 a	0,76 a	0,73 a
S. peruvianum	0,73 a	0,63 a	0,68 a	0,68 a
S. lycopersicum	2,48 b	1,79 b	1,91 b	2,06 b
$\bar{x}$ estrés (g)	1,26 a	1,09 a	1,12 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

Taula 4.52: Efectes de l'estrès de fred nocturn en el pes fresc total dels genotips estudiats. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	4,60 a A	8,31 a A	5,86 a A	6,26 A
S. peruvianum	3,97 a A	5,41 a A	4,02 a A	4,47 A
S. lycopersicum	19,58 a B	16,76 a B	17,04 a B	17,79 B
$\bar{x}$ estrés (g)	9,38 a	10,16 a	8,97 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

L'efecte global del genotip mostra, en tots els casos, diferències significatives entre el pes fresc de *S. lycopersicum* (on el d'aquest és superior) i el de les altres dues espècies estudiades, a més, aquest comportament es manté en la separació de mitjanes per a cada combinació de tractamet-genotip. Tal com es posa de manifest en les taules anteriors, en les mitjanes globals de l'estrès no s'hi mostren efectes generals del fred nocturn. Pel que fa als diferents genotips tampoc presenten efectes provinents de l'exposició a baixes temperatures. Tot i que no s'observen diferències significatives en cap de les fraccions del pes fresc ni del total, els valors absoluts de les diferents mitjanes segueixen un patró: *S. lycopersicum* mostra un pes fresc que sempre és major en el grup testimoni, i que disminueix en els grups estrès. *S. habrochaites* i *S. peruvianum* presenten un valor superior en els grups exposats a temperatures baixes durant 1,5 hores. Un cop vistos els resultats podem determinar la no afectació de l'estrès de fred nocturn en el pes fresc dels genotips estudiats, tot i que s'insinua una tendència en *S. lycopersicum* a disminuir-lo quan és exposat a períodes de baixes temperatures. A més, sembla que l'exposició al fred durant 1,5 hores hagi estimulat el creixement vegetatiu de *S. habrochaites* i *S. peruvianum*, doncs en aquests tractament mostren en totes les taules un pes fresc superior als altres dos nivells d'estrès, essent la tendència d'increment més acusada a *S. habrochaites* que a *S. peruvianum.*

Per finalitzar aquest apartat, es posen de manifest els efectes de l'estrès de fred nocturn en la relació en pes fresc entre part aèria i part radicular a la taula 4.53:

Taula 4.53: Efectes de l'estrès de fred nocturn en la relació en pes fresc entre part aèria i part radicular dels genotips. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni	S1	S2	$\bar{x}$ genotip
S. habrochaites	7,19 a A	8,72 a A	7,19 a A	7,63 A
S. peruvianum	4,70 a A	8,35 b A	4,67 a A	5,91 A
S. lycopersicum	6,83 a A	8,38 a A	7,90 a A	7,70 A
$\bar{x}$ estrés	6,24 a	8,49 a	6,52 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

No s'han detectat diferències significatives entre les diferents mitjanes pel que fa al factor genotip ni tampoc pel factor estrès. L'únic valor a destacar és la mitjana de la relació en pes fresc entre part aèria i radicular de *S. peruvianum* en el tractament de 1,5 hores, doncs

és superior i difereix significativament de les mitjanes dels altres dos tractaments. En valors absoluts també s'observa que les altres dues espècies (*S. habrochaites* i *S. lycopersicum*) presenten una tendència a l'augment d'aquesta relació amb el tractament de 1,5 h de fred. Això sembla indicar que les baixes temperatures nocturnes en una durada de 1,5 h tendeix a incrementar el creixement aeri en relació al de l'arrel, essent aquest efecte significatiu a *S. peruvianum*.

Per últim, a figura 4.7 mostra la distribució del pes fresc dels genotips per fraccions (fulla, tija i arrel) i total (alçada dels histogrames), en els diferents tractaments d'estrès de fred nocturn.

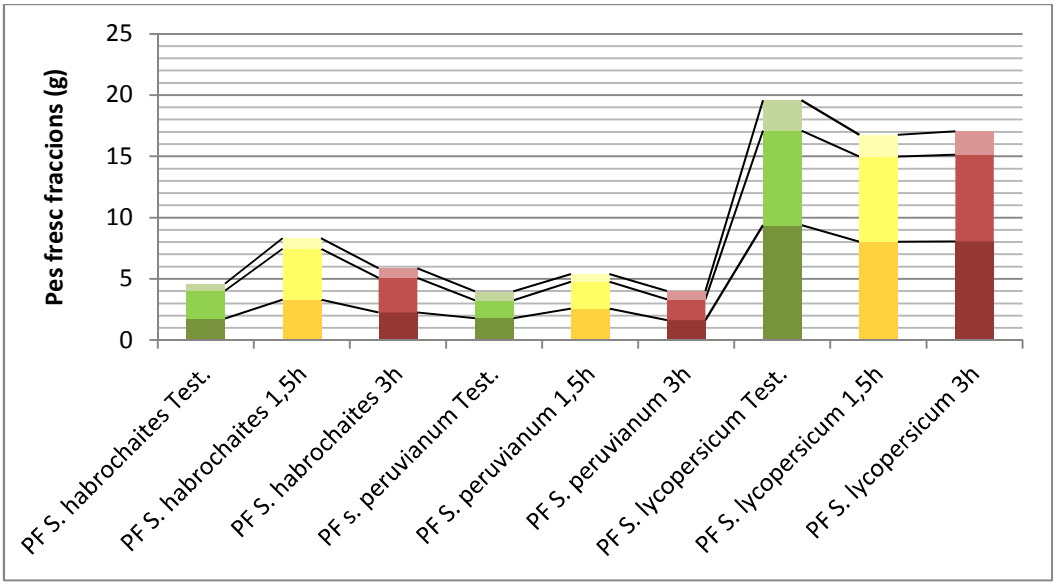

Figura 4.7: Efecte de l'estrès de fred nocturn les fraccions del pes fresc dels genotips estudiats. De baix a dalt de cada histograma: fulles, tija i arrel. Testimoni: verd; S1(1,5h): groc; S2(3h): vermell.

El pes fresc de *S. lycopersicum*, tal i com s'observa a la figura 4.7, ha obtingut valors superiors en els tres tractaments, en comparació amb els pesos frescs totals i per fraccions obtinguts per les dues espècies silvestres. Un altre comportament que es posa de manifest és la tendència a l'augment del pes fresc en el tractament intermedi de *S. habrochaites* i *S. peruvianum*, que contrasta amb la disminució progressiva que pateix el pes fresc de *S. lycopersicum* en augmentar l'exposició a baixes temperatures nocturnes.

4.3.4. Efecte de l'estrès de fred nocturn en el pes sec

Seguint el procediment utilitzat en l'apartat anterior, comentarem les taules que presenten la separació de mitjanes del pes sec per a les diferents parts de la planta de manera conjunta (taules 4.54, 4.55, 4.56, 4.57 i 4.58), doncs igual que abans, es presenta el mateix comportament dels genotips en quasi totes elles.

Taula 4.54: Efectes de l'estrès de fred nocturn en el pes sec aeri dels genotips estudiats. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	0,38 a A	0,71 a A	0,46 a A	0,52 A
S. peruvianum	0,51 a A	0,59 a A	0,48 a A	0,52 A
S. lycopersicum	1,85 a B	1,77 a B	1,38 a B	1,67 B
$\bar{x}$ estrés (g)	0,91 a	1,02 a	0,77 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Taula 4.55: Efectes de l'estrès de fred nocturn en el pes sec de les fulles dels genotips. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	0,19 a A	0,39 a A	0,23 a A	0,27 A
S. peruvianum	0,22 a A	0,39 a A	0,23 a A	0,25 A
S. lycopersicum	1,22 a B	1,20 a B	0,96 a B	1,13 B
$\bar{x}$ estrés (g)	0,55 a	0,63 a	0,47 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Taula 4.56: Efectes de l'estrès de fred nocturn en el pes sec de la tija dels genotips estudiats. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	0,18 a A	0,31 a A	0,23 a A	0,24 A
S. peruvianum	0,28 a A	0,25 a A	0,25 a A	0,27 A
S. lycopersicum	0,63 a B	0,57 a B	0,43 a A	0,54 B
$\bar{x}$ estrés (g)	0,36 a	0,39 a	0,30 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Taula 4.57: Efectes de l'estrès de fred nocturn en el pes sec de les arrels dels genotips estudiats. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	0,033 a	0,065 ab	0,047 a	0,075 a
S. peruvianum	0,065 ab	0,052 a	0,060 a	0,086 a
S. lycopersicum	0,288 d	0,182 cd	0,170 bc	0,241 b
$\bar{x}$ estrés (g)	0,159 a	0,099 a	0,092 a	

Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives (ANOVA; Test de Tukey, p≤0,05)

Taula 4.58: Efectes de l'estrès de fred nocturn en el pes sec totals dels genotips estudiats. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni (g)	S1 (g)	S2 (g)	$\bar{x}$ genotip (g)
S. habrochaites	0,41 a A	0,78 a A	0,51 a A	0,56 A
S. peruvianum	0,57 a A	0,64 a A	0,54 a A	0,79 A
S. lycopersicum	2,13 a B	1,95a B	1,55 a B	1,88 B
$\bar{x}$ estrés (g)	1,04 a	1,12 a	0,87 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, p≤0,05).

L'efecte genotip evidencia, en tots els casos, diferències significatives entre el pes sec de *S. lycopersicum* i el de les altres dues espècies estudiades (sent el de *S. peruvianum* i S. habrochaites menor sempre que el de *S. lycopersicum*). A més, tal com s'observa en les taules anteriors, en les mitjanes globals de l'estrès no s'hi mostren efectes generals de les baixes temperatures nocturnes. Pel que fa als diferents genotips tampoc presenten efectes de l'estrès de fred nocturn en la separació de mitjanes general. D'altra banda, el comportament general dels valors absoluts pel que fa a les diferents combinacions de tractament-genotip segueix un patró: *S. lycopersicum* obté un pes sec superior als altres dos genotips, aquest és sempre més alt en el grup testimoni i disminueix quan l'exposició a baixes temperatures es fa efectiva i aquesta disminució es fa significativa en el pes sec de les arrels quan el tractament de fred nocturn té una durada de 3 h. *S. habrochaites* té uns pesos secs que esdevenen superiors sempre en el grup exposat 1,5 hores a baixes temperatures i *S. peruvianum* adopta també aquest comportament en el pes sec de les fulles. Desprès d'analitzar totes les taules es pot indicar que l'estrès tèrmic en els nivells estudiats en aquest assaig no han afectat significativament al pes sec dels genotips.

Igualment que en l'apartat anterior, però, en valors absoluts s'evidencia una disminució dels pes sec de *S. lycopersicum* en augmentar l'exposició a temperatures fredes i un increment en la major part de les fraccions del pes sec de *S. habrochaites* en aplicar 1,5 h de fred nocturn..

Seguidament, es mostren els efectes de l'estrès de fred nocturn en la relació en pes sec entre part aèria i part radicular a la taula 4.59:

Taula 4.59: Efectes de l'estrès de fred nocturn en la relació en pes sec entre part aèria i part radicular dels genotips. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni	S1	S2	$\bar{x}$ genotip
S. habrochaites	12,07 a B	11,12 a A	10,17 a A	11,12 B
S. peruvianum	8,32 a AB	12,01 a A	7,91 a A	9,41 AB
S. lycopersicum	7,16 a A	9,83 a A	8,23 a A	8,41 A
$\bar{x}$ estrés	9,18 a	10,99 a	8,77 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

S'han detectat valors estadísticament distints entre la mitjana de *S. habrochaites* i *S. lycopersicum* pel que fa a l'efecte genotip, i *S. peruvianum* pren un valor intermedi que no es pot diferenciar significativament dels altres dos. Pel que fa a la resta de mitjanes no s'observen més diferències que puguin significar afectació de l'estrès de fred nocturn en els genotips estudiats, tot i que a *S. peruvianum* s'observa una tendència a incrementar en aplicar 1,5 hores de fred nocturn, que també sembla declarar-se a *S. lycopersicum.*

Per últim, a figura 4.8 mostra la distribució del pes sec dels genotips per fraccions (fulla, tija i arrel) i total (alçada dels histogrames), en els diferents tractaments d'estrès de fred nocturn. La figura permet apreciar les diferències entre els pesos secs que cada genotip ha obtingut en cada nivell de fred nocturn:

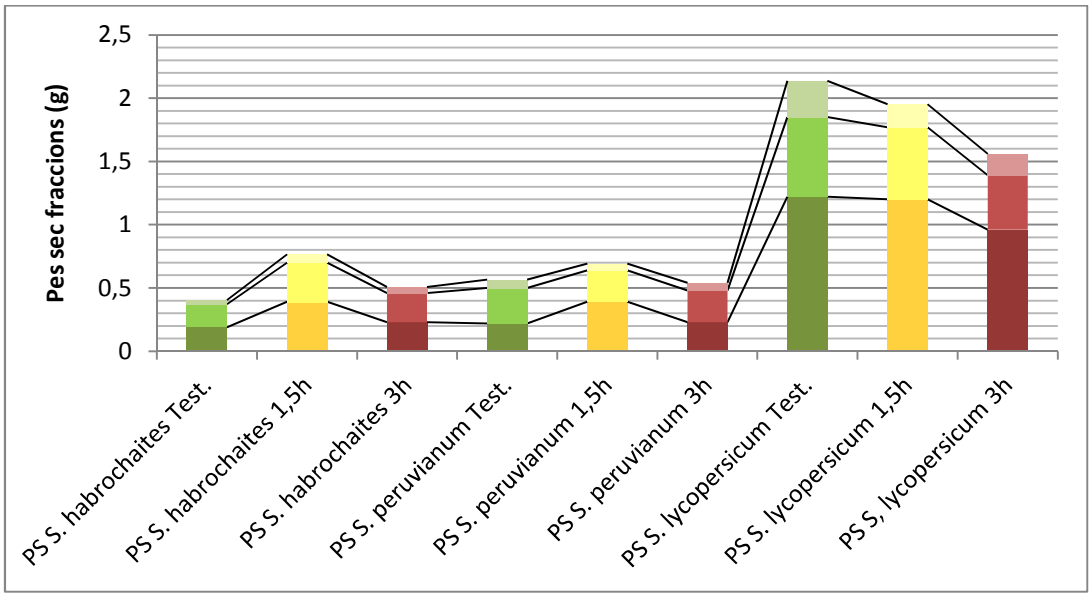

Figura 4.8: Efectes de l'estrès de fred nocturn en les fraccions de pes sec dels genotips estudiats. De baix a dalt de cada histograma: fulles, tija i arrels. Testimoni: verd; S1(1,5h): groc; S2(3h): vermell.

Un cop més, el pes sec total i per fraccions de *S. lycopersicum* és superior al dels altres dos genotips. Com en el cas de l'anàlisi del pes fresc, a la figura 4.8 s'observa la tendència a l'augment del creixement en *S. habrochaites* i *S. peruvianum*, mentre que *S. lycopersicum* presenta una disminució progressiva quan l'exposició al fred nocturn augmenta.

4.3.5. Efecte de l'estrès de fred nocturn en el contingut hídric

La taula 4.60 conté els resultats del contingut hídric de les fulles:

Taula 4.60: Efectes de l'estrès de fred nocturn en el contingut hídric de les fulles. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni (%)	S1 (%)	S2 (%)	$\bar{x}$ genotip (%)
S. habrochaites	89 a A	88 a B	90 a A	89 B
S. peruvianum	88 a A	88 a B	88 a A	88 AB
S. lycopersicum	87 ab A	85 a A	88 b A	87 A
$\bar{x}$ estrés (%)	88 a	87 a	88 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

S'observen diferències estadísticament significatives entre el contingut hídric de *S. habrochaites* i el de *S. lycopersicum* pel que fa a l'efecte global del genotip, i *S. peruvianum*

es troba al mig amb un valor que no difereix significativament del de les altres dues espècies. Pel que fa als efectes de l'estrès general no es mostra efecte significatiu de les baixes temperatures nocturnes per a aquest. En els cas de la separació de mitjanes per a les combinacions de tractament-genotip tampoc s'observen efectes de l'estrès de fred nocturn en cap de les espècies estudiades, ni tampoc es mostren diferències entre genotips pels diferents tractaments, llevat del grup 1,5 hores, que si que presenta valors significativament diferents entre *S. lycopersicum* (amb un contingut hídric de les fulles més baix) i les altres dues espècies.

La taula 4.61 que es mostra a continuació fa referència a l'anàlisi estadística del contingut hídric de la tija dels genotips:

Taula 4.61: Efectes de l'estrès de fred nocturn en el contingut hídric de la tija dels genotips estudiats. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni (%)	S1 (%)	S2 (%)	$\bar{x}$ genotip (%)
S. habrochaites	92 a B	92 a A	92 a AB	92 B
S. peruvianum	78 a A	86 a A	84 a A	83 A
S. lycopersicum	92 a B	91 a A	93 a B	92 B
$\bar{x}$ estrés (%)	87 a	89 a	89 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de letres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

En el cas de l'efecte genotip s'han detectat diferències significatives entre la mitjana del contingut hídric de les fulles entre *S. peruvianum* i els altres dos genotips, que presenten valors iguals. Aquesta situació es repeteix en la separació de mitjanes del grup testimoni per a cada genotip. Complementàriament, en les combinacions dels tres tractaments per a cada genotip diferent s'hi poden observar els comportaments següents: en el grup exposat a 1,5 hores diàries de fred no s'hi observen diferències estadístiques entre les tres espècies; en el grup exposat a 3 hores de fred diari s'observen diferències entre *S. peruvianum* i *S. lycopersicum* i *S. habrochaites* pren el valor intermedi. No s'observen efectes generals de l'estrès de fred nocturn ni tampoc en cap dels tres genotips estudiats.

A la taula 4.62 s'hi mostren els efectes de l'estrès tèrmic pel que a fa al contingut hídric de les arrels. No s'han detectat efectes de l'estrès tèrmic en aquest paràmetre que provoquin diferències significatives entre els diferents nivells d'estrès. Les úniques diferències que es

mostren a la taula són degudes al factor genotip, com en el cas del grup testimoni on s'observa que *S. habrochaites* i *S. lycopersicum* mostren mitjanes que difereixen estadísticament una de l'altra, deixant *S. peruvianum* en una posició mitjana, sense presentar diferències amb els altres dos genotips.

Taula 4.62: Efectes de l'estrès de fred nocturn en el contingut hídric de les arrels dels genotips estudiats. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni (%)	S1 (%)	S2 (%)	$\bar{x}$ genotip (%)
S. habrochaites	94 a B	93 a A	94 a A	94 B
S. peruvianum	91 a AB	92 a A	91 a A	93 AB
S. lycopersicum	87 a A	89 a A	91 a A	89 A
$\bar{x}$ estrés (%)	91 a	91 a	92 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

4.3.6. Efecte de l'estrès de fred nocturn en l'àrea foliar

Primerament es presenta la separació de mitjanes de l'àrea foliar total (taula 4.63):

Taula 4.63: Efectes de l'estrès de fred nocturn en l'àrea foliar total dels genotips estudiats. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni (cm^2)	S1 (cm^2)	S2 (cm^2)	$\bar{x}$ genotip (cm^2)
S. habrochaites	103,46 a A	96,73 a A	83,19 a A	94,46 A
S. peruvianum	92,61 a A	63,39 a A	59,51 a A	71,94 A
S. lycopersicum	278,07 a B	269,91 a B	269,51 a B	297,16 B
$\bar{x}$ estrés (cm^2)	168,46 a	133,03 a	137,40 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Els únics efectes significatius que s'observen a la taula anterior sobre l'àrea foliar total són els del efecte genotip, que evidencien la superioritat en superfície foliar del genotip *S. lycopersicum* en tots els nivells d'estrès. No s'han detectat efectes significatius de l'estrès de fred nocturn en aquest paràmetre, tot i que en valors absoluts s'observa una tendència

a disminuir l'àrea foliar amb l'exposició al fred en les tres espècies i que augmenta amb la durada del fred a les espècies silvestres de forma més aparent a *S. habrochaites.*

Seguidament s'analitzaran els resultats obtinguts dels efectes de l'estrès de fred nocturn en els diferents tipus d'àrea foliar, que es presenten en les taules 4.64, 4.65 i 4.66:

Taula 4.64: Efectes de l'estrès de fred nocturn en l'àrea foliar normal dels genotips estudiats. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni (cm^2)	S1 (cm^2)	S2 (cm^2)	$\bar{x}$ genotip (cm^2)
S. habrochaites	92,23 a A	64,89 a A	61,92 a A	73,01 A
S. peruvianum	82,59 a A	43,04 a A	35,97 a A	53,87 A
S. lycopersicum	214,68 a B	209,80 a B	197,70 a B	207,39 B
$\bar{x}$ estrés (cm^2)	129,83 a	105,91 a	98,53 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Taula 4.65: Efectes de l'estrès de fred nocturn en l'àrea foliar cloròtica dels genotips estudiats. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni (cm^2)	S1 (cm^2)	S2 (cm^2)	$\bar{x}$ genotip (cm^2)
S. habrochaites	7,76 a A	29,54 a A	18,09 a A	18,47 A
S. peruvianum	5,74 a A	15,66 a A	19,05 a A	13,48 A
S. lycopersicum	39,94 a B	40,66 a A	52,45 a B	44,35 B
$\bar{x}$ estrés (cm^2)	17,82 a	28,62 a	29,87 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

Taula 4.66: Efectes de l'estrès de fred nocturn en l'àrea foliar necròtica dels genotips estudiats. S1: 1,5 hores de fred nocturn; S2: 3 hores de fred nocturn.

Genotip	Testimoni (cm^2)	S1 (cm^2)	S2 (cm^2)	$\bar{x}$ genotip (cm^2)
S. habrochaites	3,47 a A	2,30 a A	3,18 a A	6,08 A
S. peruvianum	4,28 a A	4,99 a A	4,49 a A	4,58 A
S. lycopersicum	20,17 a B	22,73 a B	19,36 a B	20,75 B
$\bar{x}$ estrés (cm^2)	9,30 a	10,01 a	9,01 a	

Les lletres minúscules mostren diferències entre valors de la mateixa fila, les lletres majúscules comparen valors de la mateixa columna. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives entre valors (ANOVA; Test de Tukey, $p \leq 0,05$).

En totes les taules on es mostren els resultats de l'estrès tèrmic en els diferents tipus d'àrea foliar s'observa el mateix comportament per part dels genotips que evidencia els següents fets: pel que fa a l'efecte genotip *S. lycopersicum* pren, en tots els casos, el valor més alt, presentant diferències significatives entre aquest i els dos genotips de tomaquera silvestre (*S. peruvianum* i *S. habrochaites*); no s'observen afectacions degudes a l'exposició a baixes temperatures, doncs la separació de mitjanes general i per genotip no mostra en cap cas diferències significatives entre tractament per a cap dels genotips estudiats. Cal indicar que *S. lycopersicum* pren un valor sempre superior al dels altres dos genotips pel que fa a la superfície foliar a seguint la pauta descrita per la mitjana general genotípica. Tot i no haver-hi indicis d'efectes produïts per l'estrès de fred nocturn, s'observa una tendència a la disminució de l'àrea foliar normal en augmentar el nivell d'estrès en els tres genotips, així com també una tendència quasi majoritària a augmentar l'àrea foliar cloròtica , sense afectació de la necròtica, tot i que s'observa una tendència a la reducció de l'àrea foliar necròtica a *S. habrochaites*.

Per finalitzar aquest apartat la figura 4.9 mostra la distribució de l'àrea foliar dels genotips per tipus (normal, cloròtica i necròtica) i total (alçada dels histogrames), en els diferents tractaments d'estrès de fred nocturn. La figura permet apreciar les diferències entre les superfícies foliars que cada genotip ha obtingut en cada nivell de fred nocturn.

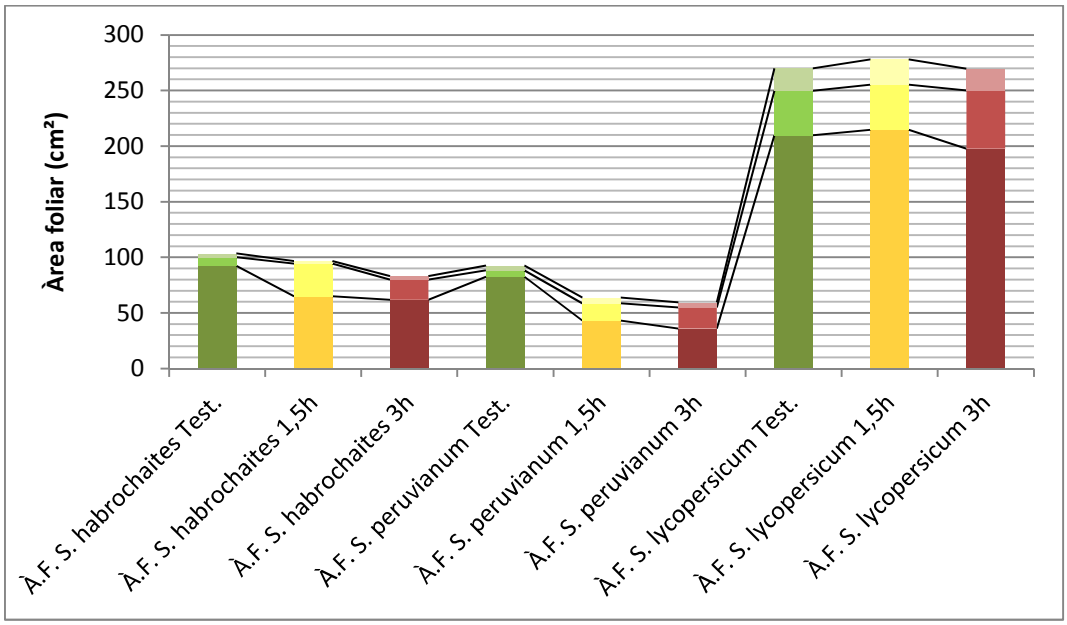

Figura 4.9: Efectes de l'estrès nocturn en l'àrea foliar dels genotips estudiats, De baix a dalt de cada histograma: àrea foliar normal, àrea foliar cloròtica i àrea foliar necròtica. Testimoni: verd; S1(1,5): groc; S2(3h): vermell.

L'àrea foliar de *S. lycopersicum* presenta uns valors molt superiors a les altres dues espècies de tomaquera. D'altra banda les dues espècies silvestres (*S. habrochaites* i *S. peruvianum*) mostren una tendència a la disminució de l'àrea foliar quan l'exposició a temperatures nocturnes baixes augmenta, en contraposició a *S. lycopersicum*.

4.3.7. Consideració conjunta dels efectes de l'estrès de fred nocturn en els genotips estudiats

4.3.7.1. Efecte genotip

En aquest assaig de fred nocturn, tal com s'ha delatat en els de sequera i salinitat, també s'observen diferències en el creixement vegetatiu dels tres genotips estudiats, tot i que no són tan acusades. *S. lycopersicum* mostra també un creixement molt superior al dels dos genotips silvestres i, dins d'aquests, *S. peruvianum* presenta un creixement menor que *S. habrochaites*, però les diferències entre ells són menors que en els anteriors estressos.

El genotip de major creixement, ***S. lycopersicum***, mostra valors màxims en 16 dels 21 paràmetres estudiats:número de fulles, pesos frescs i secs totals i per fraccions (aeri, fulla, tija i arrel), àrea foliar total i per tipologia (normal, cloròtica i necròtica) i també a la relació pes fresc aeri/pes fresc radicular. Complementàriament presenta tres valors mínims: relació en pes sec de la part aèria/part radicular i en els continguts hídrics de fulla i arrel i dos valors intermèdia (alçada i contingut hídric de la tija).

S. peruvianum, genotip en el que s'observa menys creixement, presenta valors mínims en 12 dels 21 paràmetres: les 5 fraccions del pes fresc (total, aeri,foliar, tija i arrel), el pes sec aeri, les 4 fraccions d'àrea foliar (total, normal, cloròtica i necròtica), la relació en pes fresc de part aèria/part radicular i el contingut hídric de la tija. Complementàriament, presenta valors intermedis en 8 paràmetres: número de fulles, 4 fraccions del pes sec (fulles, tija, arrel i total), relació en pes sec aeri/pes sec radicular i en els continguts hídrics de fulles i arrels. Altrament,presenta un únic valor màxim que és l'alçada i que s'atribueix al cert estímul del creixement aeri del fred nocturn que ja s'ha comentat a l'apartat 4.3.2.

Finalment, ***S. habrochaites*** presenta un creixement intermedi, tal com denota que 11 dels 21 paràmetres presentin valors també intermèdia: les 5 fraccions del pes fresc, les 4 fraccions de l'àrea foliar, el pes sec aeri i la relació de pes fresc aeri/pes fresc radicular. Complementàriament, mostra valors màxims en 6 paràmetres: número de fulles, alçada i les 4 fraccions del pes sec (fulles, tija, arrel i total). Endemés aquest genotip silvestre mostra valors màxims en 4 paràmetres: relació en pes sec de part aèria/part radicular i els continguts hídrics de fulla, tija i arrel.

Per tal d'evidenciar les diferències entre genotips abans comentades, s'ha confeccionat una taula on es recullen els valors numèrics i la separació de mitjanes dels 21 paràmetres analitzats del tractament testimoni, és a dir, sense patir estrès de fred nocturn. Cal indicar que aquests testimonis reflecteixen el potencial de creixement sense estrès i els valors no són els mateixos que els comentats anteriorment, ja que aquells referien la mitjana genotípica de testimoni, S1 i S2 i, per tant, contenien el possible efecte depressor de l'estrès de fred nocturn sobre el potencial de creixement inicial. La taula presenta en fons verd el valor més alt, en vermell el més baix i en groc el valor intermedi.

Els testimonis de cada espècie tenen un comportament molt similar al descrit per les mitjanes genotípiques, amb algunes diferències degudes a l'efecte estrès salí.

Taula 4.C: Mitjanes dels tres genotips obtingudes pel testimoni

EFECTE GENOTIP ESTRÈS DE FRED NOCTURN			
Paràmetre	***S. habrochaites***	***S. peruvianum***	***S. lycopersicum***
Número fulles	4,2 A	4,6 A	9,6 B
Alçada (cm)	29,46 a	32,3 ab	34,22 ab
Pes fresc aeri (g)	4,032 A	3,24 A	17,09 B
Pes fresc fulles (g)	1,75 A	1,78 A	9,38 B
Pes fresc tija (g)	2,28 A	1,46 A	7,72 B
Pes fresc arrels (g)	0,57 a	0,73 ab	2,48 b
Pes fresc total (g)	4,60 A	3,97 A	19,58 B
R.PFA/PFR	7,19 A	4,70 A	6,83 A
Pes sec aeri (g)	0,38 A	0,51 A	1,85 B
Pes sec fulles (g)	0,19 A	0,22 A	1,22 B
Pes sec tija (g)	0,18 A	0,28 A	0,63 B
Pes sec arrels (g)	0,033 a	0,065 ab	0,288 d
Pes sec total (g)	0,41 A	0,57 A	2,13 B
R.PSA/PSR	12,07 B	8,32 AB	7,16 A
CH fulles (%)	89 A	88 A	87 A
CH tija (%)	92 B	78 A	92 B
CH arrels (%)	94 B	91 AB	87 A
ÀF normal (cm²)	92,23 A	82,59 A	209,80 B
ÀF cloròtica (cm²)	7,76 A	5,74 A	39,94 B
ÀF necròtica (cm²)	3,47 A	4,28 A	20,17 B
ÀF total (cm²)	103,46 A	92,61 A	269,91 B

Les lletres comparen valors de la mateixa fila. Les mitjanes acompanyades de lletres diferents mostren diferències significatives. Valor màxim, verd; valor mínim, vermell; valor intermedi, groc.

4.3.7.2. Efectes generals de l'estrès de fred nocturn:

No s'han mostrat efectes significatius generals de l'estrès de fred nocturn en quasi la totalitat dels paràmetres analitzats, així doncs, podem concloure que els tres genotips estudiats presenten tolerància a les condicions de fred nocturn que s'han imposat en aquest assaig: tractament de 5ºC durant 1,5 hores o 3 hores. L'únic paràmetre que s'ha vist significativament afectat per les baixes temperatures nocturnes és l'alçada, que presenta un valor superior en el grup que ha rebut 1,5 hores de fred. Aquest valor és estadísticament superior al del que presenta el grup que ha estat exposat a un període de fred més llarg però no es distingeix del que presenta el testimoni. Aquest comportament de les mitjanes generals de l'estrès ve condicionat només pel genotip *S. peruvianum*, tal com s'ha comentat anteriorment, ja que l'alçada dels altres dos genotips no l'afecta el tractament de 1,5 hores de fred nocturn. Tot i que aquest tractament de fred nocturn no ha afectat significativament els paràmetres estudiats cal indicar que s'observen algunes

tendències d'estímul o depressió que es comenten en el següent apartat de sensibilitat dels genotips.

4.3.7.3. Sensibilitat dels genotips estudiats al fred nocturn

S. lycopersicum només ha presentat sensibilitat en dos dels paràmetres estudiats: el pes sec de les arrels i el contingut hídric foliar. En el cas del pes sec radicular es mostra una reducció dels valors amb l'augment de l'exposició a baixes temperatures nocturnes, on el tractament de 3h mostra un valor significativament inferior que el testimoni i el tractament d'1,5 h mostra un valor intermedi que no es diferencia dels dos extrems. D'altra banda, en el contingut hídric foliar el valor màxim l'obté en el tractament més sever (3h de fred nocturn), el valor mínim en el tractament d'estrès intermedi i el testimoni no difereix estadísticament dels dos extrems. Tot i que *S. lycopersicum* ha mostrat molt baixa afectació significativa pel fred nocturn, cal indicar que els valors absoluts de diversos paràmetres mostren una tendència clara a la reducció (pes fresc aeri, foliar, de tija i total, pes sec total i d'arrel i àrea foliar total i normal), mentre que la relació pes aeri/pes radicular tan en pes fresc com sec rendeixen a augmentar. Aquestes tendències permeten suggerir que si el fred nocturn hagués estat més intens (més hores a 5°C i/o temperatures menors de 5°C), *S. lycopersicum* hauria mostrat una reducció significativa al creixement.

En ***S. habrochaites*** no s'ha detectat sensibilitat en cap dels paràmetres analitzats de forma significativa. Tot i així, cal destacar que pel que fa als paràmetres mètric i ponderals s'observa un comportament que es presenta en quasi totes les fraccions de la planta: s'intueix, en valors absoluts, una tendència a l'augment de totes les fraccions del pes fresc (aeri, fulles, tija i arrels) i de la relació en pes fresc de la part aèria/part radicular dels valors obtinguts en el tractament d'1,5 hores de fred nocturn. Sembla ser, doncs, que una exposició relativament curta a temperatures fredes durant la nit estimula el creixement vegetatiu d'aquest genotip. Complementàriament, els valors absoluts de l'àrea foliar mostren una tendència a la disminució de l'àrea foliar total,normal i necròtica, acompanyades d'una tendència a l'augment de la superfície cloròtica. És a dir, que el fred nocturn tendeix a reduir l'àrea foliar total i a augmentar l'àrea foliar cloròtica.

Tot i que els resultats d' aquest TFG no són del tot conclusius degut a uns nivells de tractament poc severs, diversos autors destaquen la tolerància de S. habrochaites a les baixes temperatures. Un exemple n'és L. Hui (2015) que en el seu estudi on analitza l'expressió d'un gen dehidrina destaca la importància de S. habrochaites en la millora de la tolerància a baixes temperatures de la tomaquera. J.H. Venema (2007), també esmenta aquest genotip silvestre de tomàquet com a una introgressió molt favorable en els

portaempelts per a tomaquera cultivada, doncs dota a l'espècie d'un augment de resistència a les temperatures fredes.

Per últim, ***S. peruvianum*** només presenta afectació significativa de l'estrès de fred nocturn en la relació en pes fresc de la part aèria/part radicular, on el valor màxim correspon al tractament d'1,5 hores de fred nocturn. A més, com en el cas de *S. habrochaites*, s'observa, també en valors absoluts, una tendència a l'augment de l'alçada, número de fulles, pes fresc aeri, de tija,de fulles i total, del pes sec de fulles i total i de les relacions pes aeri/pes radicular en pes fresc i sec pel que fa al tractament d'estrès intermedi (1,5 hores de fred nocturn). Encara que aquest comportament no sigui tan freqüent com en el cas de *S. habrochaites* es podria parlar també d'un possible estímul del creixement vegetatiu degut a les baixes temperatures en aquest genotip. Com en el cas de *S. habrochaites* i *S. lycopersicum* el tractament de fred nocturn, *S. peruvianum* mostra també una tendència a la reducció de l'àrea foliar i a augmentar la clorosi foliar.

Certes fonts bibliogràfiques determinen una bona tolerància a les baixes temperatures per part de *S. peruvianum*, com per exemple W. Bruggerman (2013), que en el seu estudi on analitza la sensibilitat de plantes joves de tomaquera a baixes temperatures obté, per a aquesta espècie, una baixa afectació del "chilling" en comparació amb *S. lycopersicum*. Aquest fet és molt interessant, tenint en compte que les dues accessions d'espècies silvestres incloses en aquest TFG han estat escollides per la seva possible introducció en la millora de la tolerància de la tomaquera domèstica. Tot i així, no podem contrastar els resultats amb la bibliografia específica, doncs l'assaig d'estrès de fred nocturn que s'ha dut a terme en aquest treball no ha estat prou determinant.

5.CONCLUSIONS

5. CONCLUSIONS

Dels resultats obtinguts en aquest Treball Final de Grau, i sota les condicions experimentals que s'hi estableixen, se'n deriven les següents conclusions:

5.1. Caracterització dels genotips estudiats

1) S'han observat grans diferències en el creixement vegetatiu dels tres genotips estudiats. *S. lycopersicum* mostra un creixement molt superior al de les dues accessions silvestres, tan en paràmetres mètrics com ponderals. El menor creixement s'observa a *S. peruvianum*, mentre que el de *S. habrochaites* és superior a l'anterior però molt inferior al de *S. lycopersicum.*

2) Les relacions pes aeri/pes radicular, tant en pes fresc com en sec, de *S. habrochaites* són superiors a les dels altres dues accessions.

5.2. Efectes del dèficit hídric i de la salinitat

1)El dèficit hídric i la salinitat a *S. lycopersicum* han provocat disminució dels pesos frescs i secs totals i per fraccions, així com de l'àrea foliar total, essent aquest genotip domèstic ha estat el més sensible en ambdós tipus d'estrès. Les accessions silvestres han mostrat una restricció del creixement molt inferior a la de *S. lycopersicum*, essent la tolerància de *S. peruvianum* superior a la de *S. habrochaites* en ambdós estressos.

2) Les relacions pes aeri/pes radicular no es veuen afectades per la sequera i la salinitat a *S. lycopersicum* mentre que les accessions silvestres es promou una reducció, més intensa a *S. habrochaites* que a *S. peruvianum*.

3) La sequera i la salinitat han tendit a incrementar la clorosi i la necrosi foliar en les tres accessions amb més intensitat a *S. lycopersicum* (especialment la necròtica) que als accessions silvestres amb un efecte molt dèbil a *S. peruvianum*.

4) L'estrès salí a *S. lycopersicum* ha comportat disminució del pes sec total, mentre que en les accessions silvestres n'ha provocat l'augment.

5.3. Efectes del fred nocturn

Els tractaments de fred nocturn no han afectat significativament a cap dels paràmetres estudiats en cap dels genotips. No obstant, en valors absoluts s'observa un cert estímul del creixement amb 1,5h de fred a *S. habrochaites* i a *S. peruvianum*, mentre que a *S. lycopersicum* la tendència és a la reducció.

5.4. Consideracions per a futurs TFGs

En estudis futurs seria interessant aprofundir en els efectes del fred nocturn amb l'objectiu d'esbrinar si aquest estimula el creixement de les accessions silvestres. Altrament, també s'hauria d'ampliar la intensitat i/o durada de fred nocturn per trobar els llindars que afecten a la tomaquera domèstica de forma evident i en aquestes condicions estudiar la resposta dels genotips silvestres.

6.BIBLIOGRAFIA

6. BIBLIOGRAFIA

Amzallag, C.N.; Lerner, H.R.; Poljakoff-Mayber, A. (1990) *Induction of increased salt tolerance in Sorghum bicolor by NaCl pretreatment*. J. Exp. Bot. 41: 29-34

Azcón-Bieto, J. i Talón, M. (2008) *Fundamentos de Fisiología vegetal*. 2a Edició. Mc Graw-Hill - Interamericana de España, S.A.U. Madrid. ISBN: 978-84-481-5168-3

Bray E.A.; Bailey-Serres, J.; Weretilmyk, E. (2000) Response to abiotic stresses. A: *Biochemistry & Molecular Biology of Plants*, B.Buchanan, Q. Gruissem, R. Jones, Ed. American Society of Plant Physiologist. Rockville, MD, pàg. 1158-1203.7

Bruggeman, W. i Linger, P. (2013). *Long-Term Chilling of Young Tomato Plants under Low Light. IV. Differential Responses of Chlorophyll Fluorescence Quenching Coefficients in Lycopersicon Species of Different Chilling Sensitivity.* Dept. of Ecological Plant Physiology, Heinrich-Heine-University, Universitätsstr.

Cuartero, J., Fernández-Muñoz, R., González-Fernández, J.J. (1999) Estreses abióticos. A: *El cultivo del tomate*. Nuez, F. Madrid: Mundi-Prensa Libros, s.a. Pàg 352-383 Madrid. ISBN: 84-7114-549-9

Cruz, V. (1990) *Tolerancia a la salinidad y criterios de selección de Lycopersicon spp*. Tesis Doctoral, Universidad de Málaga.

D'Arcy W. (1991) *The Solanaceae since 1976, with a review of its biogeography. In Solanaceae III: taxonomy, chemistry, evolution.* Ed. J. G. Hawkes, R. N. Lester, M. Nee, and N. Estrada, 75–137. Kew: Royal Botanic Gardens.

Díaz de la Guardia, M. (2010) *Fisiología de las plantas*. 2a edició. Granada: Grupo Editorial Universitario. ISBN: 9788499151120.

Esquinas-Alcázar, J. i Nuez, F. (1999) Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. A: Nuez, F. *El cultivo del tomate*. Madrid: Mundi-Prensa Libros, s.a. Pàg 13-42 Madrid. ISBN: 84-7114-549-9

Ehret, D.L.; Ho, L.C. (1986) *Translocation of calcium in relation to tomato fruit growth*. Ann. Both. 58: 679-688

Greyson, R.I..; Sawhney, V.K.. (1972*) Initiation and early growth of flower organs of Nigella and Lycopersicon: insights from allometry*. Bot. Gaz. 133:184-190

Grime, J.P, (1979) *Plant Strategies and Vegetation Processes*. John Wiley, Chichester.

González-Fernandez, J.J.; Cuartero, J. (1993) *Evaluación de la producción en cuatro entradas de tomate cultivado con sal. Actas de horticultura* 10: 1067-1072.

Hudák, J. i Salajand, J. (1999). *Effect of low temperatures on the structure of* plant *cells*. A: Handbook of plant and crop stress, ed. M. Pessaraki, pp 231-270. Marcel Pehher Inc. Nova York.

Hui, L. *et al*. (2014) *Overexpression of ShDHN, a dehydrin gene from Solanum habrochaites enhances tolerance to multiple abiotic stresses in tomato*. Key Laboratory of Horticultural Plant Biology, Ministry of Education, Huazhong Agricultural University, No. 1, Shizishan Street, Hongshan District, Wuhan, Hubei 430070, Xina.

Kemp, G.A. (1968) *Low temperatures growth response of the tomato.* Can. J. Plant Sci. 48: 281-286.

Kissoudis, C. *et al*. (2015)*Combined biotic and abiotic stress resistance in tomato.* Euphytica (2015) 202: 317. doi:10.1007/s10681-015-1363.

Knapp, S. *et al.* (2004) *Solanaceae — a model for linking genomics with biodiversity*. Department of Botany, Natural History Museum. Londres.

Lane, A. (2006) *Parientes silvestres de cultivos*. Biodiversity Internacional Reproducido de Geneflow pp: 3-6 http://www.bioversityinternational.org/fileadmin/bioversity/publications/pdfs/1220.pdf.

Lester, R. (1991) *Evolutionary relationships of tomato, potato and pepino, and wild species of Lycopersicon and Solanum. In Solanaceae III: taxonomy, chemistry, evolution*, ed. J. G. Hawkes, R. N. Lester, M. Nee, and N. Estrada, 283–301. Kew: Royal Botanic Gardens.

Maroto, J.V. (2002) *Horticultura herbácea especial*. 5ª edició. Madrid: Ed. Mundi-Prensa. ISBN: 9788484760429

Morra, L. (1998*) Potencialità e limiti dell'inesto in orticoltura. L'informatore agrario*. LIV 49: 39-42

Munns, R. (2002) *Comparative physiology of salt and water stress.* Plant Cell Environ. 2002 Feb;25(2):239-250.

Müller, C. H. (1940) A *revision of the genus Lycopersicon*. U.S.D.A. Misc. Publ. 382: 1–28, + 10 pl.

Navari-Izzo, F. i Rascio, N. (1999). *Plant response to water-deficit conditions*. A: Handbook of plant and crop stress, ed. M. Pessaraki, pp 231-270. Marcel Pehher Inc. Nova York.

Peralta, I., Spooner M. i Knapp, S. (2008) *Systematic botany Monographs, Taxonomy of Wild Tomatoes and their Relatives (Solanum sect. Lycopersicoides, sect. Juglandifolia, sect. Lycopersicon; Solanaceae)*, vol:84.

Poudyala, D. *et al.* (2015) *An Introgression of Solanum habrochaites in the Rootstock Improves Stomatal Regulation and Leaf Area Development of Grafted Tomatoes under Drought and Low Root-Zone-Temperatures*

Razdan, M.; Mattoo, A. (2007) Genetic *Improvement of Solanaceous Crops*. Vol.II: Tomato. New Hampshire: Science Publishers. ISBN: 978-1-57808-179-0

Rick, C. M. (1960) *Hybridization between Lycopersicon esculentum and Solanum pennellii. Phylogenetic and cytogenetic significance*. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 46: 78–82.

Rick C.M. (1973) *Potential genetic resources in tomato species: clues from observations in native habitats.* A: "Hollaender A, Srb AM (Eds) Genes, Enzymes and Populations. Plenum Press. Nova York. EEUU"

Robertson, L.D., Labate, J.A. (2007). *Genetic resources of tomato (Lycopersicon esculentum var.esculentum) and wild relatives*. p. 25-75. A: M.K. Razdan and A.K. Mattoo (eds.) Geneticimprovement of Solanaceous crops vol. II: Tomato, Science Publishers Inc., New Hampshire,USA; Plymouth, UK.

Sánchez-Díaz, M. i Aguirreolea, J. (2008) El agua en la planta. Movimiento del agua en el sistema substrato-planta-atmosfera. A: *Fundamentos de la Fisiología vegetal*. 2ª edición. Azcón-Bieta, J. i Talón, M. Ed. McGrawhill-Interamericana España. Aravaca (Madrid). ISBN: 9788448151683

Tadeo, F.R. i Gómez, A. (2008) Fisiología de las planta y el estrés. A: *Fundamentos de la Fisiología vegetal*. 2ª edición. Azcón-Bieta, J. i Talón, M. Ed. McGrawhill-Interamericana España. Aravaca (Madrid). ISBN: 9788448151683

Taiz, L. i Zeiger, E. (2006) *Plant Physiology*, 4ª edició. California: Sinauer Associates Inc. ISBN 0878938567

Tal, M. i Shannon, M.C. (1983) *Salt Tolerance in the Wild Relatives of the Cultivated Tomato: Responses ofLycopersicon esculentum, L. cheesmanii, L. peruvianum, Solanum pennellii and F_1Hybrids to High Salinity.* Australian Journal of Plant Physiology 10(1) 109 - 117.

Ünyayar, S. *et al*. *(*2005). *The antioxidative response of two tomato species with different drought tolerances as a result of drought and cadmium stress combinations.* Science Faculty, University of Mersin, Turkey.

Venema, J.H. *et al.* (2007) *Grafting tomato (Solanum lycopersicum) onto the rootstock of a high-altitude accession of Solanum habrochaites improves suboptimal-temperature tolerance.* Laboratory of Plant Physiology, University of Groningen, P.O. Box 14, 9750 AA Haren, Països Baixos.

Zuriaga, E. (2009) *Análisis de la variabilidad en poblaciones naturales de Solanum, secciones Lycopersicon y Basarthrum*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.