

Efecte del pH i la salinitat en el creixement de la carxofa.

Alumne: Sandra Rasero López
Tutor: Albert Montori
INS. Salvador Dalí

Treball de Recerca

Efecte del pH i la salinitat en el creixement de la carxofa

Departament de biologia

Sandra Rasero López

Dirigit per Albert Montori

Institut Salvador Dalí

Desembre 2016

Índex

1. Introducció	4
2. Objectius	5
3. La carxofa del Prat, una carxofa amb història	6
4. La carxofa	8
4.1. Classificació científica	8
4.2. Morfologia	8
4.3. Requeriments edafoclimàtics	9
4.4. Conreu	9
4.5. Malalties i plagues	10
4.6. Fisiopaties	10
4.7. Valor nutricional i usos	11
5. Tipus de sols per a un bon conreu	12
5.1. La salinitat	12
5.1.1. Problemes i efectes per a la planta	13
5.1.2. Adaptacions i mecanismes de defensa de la planta	13
5.2. El pH	14
5.2.1. Problemes i efectes per a la planta	15
5.2.2. Factors causants del canvi de pH en la solució de nutrients i adaptacions de la planta	15
5.2.3. Influència en la disponibilitat de nutrients per a la planta	16
6. Pigments vegetals	17
6.1. La clorofil·la	17
6.1.1. Tipus de clorofil·les	17
6.2. Els carotenoides	18
6.2.1. Tipus de carotenoides	18
6.3. Espectres d'absorció i color	19
7. Metodologia experimental	20
7.1. Paràmetres a estudiar i tractament de les dades	20
7.2. Disseny experimental per analitzar la germinació i el creixement de la carxofa sota els efectes de la salinitat i el pH del sòl	21
7.2.1. Pregunta	21
7.2.2. Hipòtesis	21
7.2.3. Plantejament	21
7.2.4. Preparació de les diferents dissolucions de pH	22
7.2.4.1. Elaboració de les solucions	22
7.2.4.1.1. Solució aquosa amb àcid clorhídric	22
7.2.4.1.1.1. Materials	23
7.2.4.1.1.2. Procediment	23
7.2.4.1.2. Solució aquosa amb hidròxid de sodi	23
7.2.4.1.2.1. Materials	23
7.2.4.1.2.2. Procediment	24
7.2.5. Preparació de les diferents dissolucions de salinitat	24
7.2.5.1. Elaboració de les dissolucions	24
7.2.5.1.1. Solució de la salinitat alta	24

7.2.5.1.1.1. Materials	24
7.2.5.1.1.2. Procediment	25
7.2.5.1.2. Solució de la salinitat mitjana	25
7.2.5.1.2.1. Materials	25
7.2.5.1.2.2. Procediment	25
7.2.6. Metodologia per analitzar la superfície foliar	26
7.2.6.1. Plantejament	26
7.2.6.2. Metodologia	27
7.2.7. Resultats i conclusions	28
7.2.7.1. Germinació de les llavors de salinitat	28
7.2.7.1.1. Percentatge de llavors germinades	28
7.2.7.2. Germinació de les llavors de pH	29
7.2.7.2.1. Percentatge de llavors germinades	29
7.2.7.3. Seguiment del creixement salinitat	30
7.2.7.3.1. Creixement de la planta	30
7.2.7.3.2. Superfície foliar	31
7.2.7.4. Seguiment del creixement pH	32
7.2.7.4.1. Creixement de la planta	32
7.2.7.4.2. Superfície foliar	33
7.3. Disseny experimental per analitzar els continguts de clorofil·la	34
7.3.1. Pregunta	34
7.3.2. Hipòtesis	34
7.3.3. Plantejament	34
7.3.4. Materials	34
7.3.5. Procediments	35
7.3.6. Resultats i conclusions	37
7.4. Disseny experimental per analitzar les mostres de terra	39
7.4.1. Pregunta	39
7.4.2. Hipòtesis	39
7.4.3. Plantejament	39
7.4.4. Metodologia	39
7.4.4.1. Materials	39
7.4.4.2. Procediment	40
7.4.5. Resultats i conclusions	40
7.4.5.1. Resultats del pH	41
7.4.5.2. Resultats de la salinitat	43
7.4.5.3. Resultats de l'absorció	45
8. Conclusió del treball i anàlisi dels resultats	47
9. Bibliografia i Webgrafia	49

1. Introducció

Des del primer moment que vaig sentir parlar del treball de recerca em van dir que per realitzar una bona feina era fonamental trobar algun tema que t'agradés i estiguessis interessat en aprendre més coses. Quan va arribar el moment d'anar escollint el tema encara no ho tenia massa clar, però estava segura que volia que estigués relacionat amb la biologia i la investigació a partir de l'aplicació del mètode científic. Vaig valorar varies propostes de treball de recerca a fer i amb l'ajuda del meu tutor del treball, l'Albert Montori, vam arribar a una decisió que a tots dos ens agradava i que es basava en investigar els efectes del pH i la salinitat sobre les plantes. Tot seguit vam haver d'escollir una planta amb la qual poder realitzar el treball. Havia de ser una espècie fàcil de mantenir al laboratori i que estigués en l'entorn de delta del Llobregat. Degut a la importància i presència social de la carxofa al municipi on visc vam decidir treballar amb la carxofa i els possibles efectes que la salinitat i el pH podien tenir sobre la seva germinació i el seu creixement.

Així doncs, la memòria del treball consta d'una primera part teòrica sobre la carxofa, la importància de la salinitat i el pH i el fonamental paper de la clorofil·la a les plantes, per tal de fer més comprensible la part experimental. A més, la segona part del treball dividida en 3 grups d'experiments amb la finalitat de poder respondre les preguntes plantejades i acceptar o rebutjar les hipòtesis derivades d'aquestes preguntes formulades. El primer grup experimental pretén realitzar un estudi de la germinació i el creixement de la planta sotmesa a nivells de pH i salinitat diferents, observant les diferències entre unes plantes i altres, el percentatge de llavors germinades o les plantes que moren. El segon grup d'experiments pretén fer un estudi dels efectes de la salinitat i el pH, fent ús d'un espectrofotòmetre, l'absorbància dels pigments fotosintètics de cada planta, per poder observar els possibles efectes com a conseqüència d'un manteniment amb una aigua de reg amb nivells de pH i conductivitat a priori poc òptims, és a dir, per comprovar si la quantitat de clorofil·la de les fulles varia segons el medi de cultiu. Per últim, un tercer grup d'experiments està centrat en la caracterització dels sòls de conreu de la carxofa dels camps del Baix Llobregat agafant mostres de les terres dels camps de carxofes per poder-ne fer l'anàlisi.

Per finalitzar, al final del treball hi ha la meua valoració personal sobre com m'he sentit durant el projecte, les expectatives que tenia i els resultats, els agraïments a aquelles persones que m'han ajudat a realitzar aquest treball i un CD amb les dades emprades per fer els càlculs i els gràfics, per si algú en un futur precisa de la seva utilització.

2. Objectius

Com ja he introduït abans, aquest treball es basa en determinar l'efecte del pH i la salinitat en el creixement, germinació i estat de la carxofera plantejant experiments que han seguit el mètode científic ja que és la única forma de donar validesa als resultats obtinguts. Per tant, els objectius del treball són:

- 1) Estudiar la influència del pH en la germinació de la carxofa, determinant així quina és la franja de pH òptim per el seu conreu. Aquest estudi s'ha realitzat utilitzant tres valors de pH diferents: 3,5 (àcid), 7 (neutre) i 10,5 (bàsic) -veure apartat 7.2.4-.
- 2) Estudiar la influència del pH en el creixement i desenvolupament de la carxofera, determinant així quina és la franja de pH òptim per el seu conreu. Aquest estudi es durà a terme amb tres valors de pH diferents: 3,5 (àcid), 7 (neutre) i 10,5 bàsic) -veure apartat 7.2.4-.
- 3) Estudiar la influència de la salinitat en la germinació de la carxofera, determinant així quina seria l'òptima per el seu conreu. Aquest estudi es durà a terme amb tres valors de salinitat diferents: 1351 $\mu S/cm$ (baixa), 4500 $\mu S/cm$ (mitja) i 8000 $\mu S/cm$ (alta) -veure apartat 7.2.5-.
- 4) Estudiar la influència de la salinitat en el creixement i desenvolupament de la carxofera, determinant així quina seria l'òptima per el seu conreu. Aquest estudi es durà a terme amb tres valors de salinitat diferents: 1351 $\mu S/cm$ (baixa), 4500 $\mu S/cm$ (mitja) i 8000 $\mu S/cm$ (alta) -veure apartat 7.2.5-.
- 5) Fer observacions morfològiques i fisiològiques (pigments fotosintètics) de diferents parts de la planta i comparar els resultats amb les diferents condicions experimentals a que ha estat sotmesa (les fulles, la mida de les fulles, nombre de ramificacions, pigments fotosintètics (clorofil·les, carotens i xantofil·les)). -veure apartats 7.2.6.1 , 7.2.6.2 i 7.3-
- 6) Observar els tipus de sòls de les terra dels camps de conreu de carxofa del delta del Llobregat, per arribar a entendre per què la carxofa del Prat es tan ben reconeguda i per què és la zona on predominen aquests conreus. (veure apartat 7.4).

3. La carxofa del Prat, una carxofa amb història

La Carxofa del Prat és un dels cultius més destacats i emblemàtics del Parc Agrari del Baix Llobregat, especialment del municipi del Prat de Llobregat, Sant Boi de Llobregat i Viladecans, amb una extensió de cultiu del 19% de la superfície agrària útil del parc. Té una producció anual de 15-20 t/ha de les quals un 75% del total de la producció es comercialitza a Mercabarna i la resta es distribuïda a través de la venda directa dels productors al detall en botigues i mercats locals orientats a la venda de productes frescos.

L'origen se situa al nord d'Àfrica, probablement a Egipte, els àrabs la van estendre per l'Europa occidental durant el període de la invasió musulmana a la península Ibèrica on s'han trobat nombrosos escrits que testimonien la importació de la carxofa.



Figura 3..1: Fotografia de pagesos recollint carxofes.

El conreu constant de les carxofes al delta del Llobregat està registrat des del segle XVI on es va començar a conèixer als camps dedicats al cultiu d'aquesta hortalissa com a "carxofers", aquest cultiu sempre ha conviscut amb la resta de produccions agrícoles.

A mitjans del segle XIX al Baix Llobregat les carxofes no ocupaven molt terreny però eren molt presents i eren un dels conreus més importants de la comarca.

Al llarg del segle XIX i XX gràcies a les noves maquinàries i tècniques de conreu com l'extensió del regadiu la seva producció va augmentar notablement i degut a aquest increment de producció i la creació de sindicats agrícoles van començar les primeres exportacions de carxofes del Delta a partir de l'any 1919 cap a França, la Gran Bretanya, Alemanya i Suïssa, arribant al màxim d'exportacions als anys 30 amb una mitjana de 40 vagons diaris de carxofes.



Figura 3.2: Dones seleccionant les carxofes per enviar-les als mercats

La Guerra Civil espanyola i el franquisme van provocar una davallada en el procés de cultiu, i per tant, van aturar les exportacions i als anys 60, com a conseqüència de la industrialització es va originar una gran pèrdua de sòl agrícola pel conreu i es va començar a oferir la comercialització de les carxofes en conserva degut a la producció no vendible en fresc o que el mercat no podia absorbir, això va comportar que al mercat, com a producte fresc, només anessin les carxofes de més qualitat, que va tenir com a conseqüència l'aportació de més prestigi cap a la carxofa pratencsa degut a l'augment de les exigències de qualitat dels consumidors.

Després d'una dura llarga etapa, avui en dia la superfície dedicada al conreu de les carxofes al Baix Llobregat és molt extensa, superant les 500 ha i és la plantació que més sòl ocupa en el municipi del Prat de Llobregat fins al punt que a la resta de Catalunya al conjunt de conreus del Delta se'ls anomena "l'horta del Prat".

Al 2006 degut a una tramitació d'indicació geogràfica protegida de la Unió Europea (IGP), es va formar l'Associació de Promotors de la IGP Carxofa Prat composta per les cooperatives agrícoles i agràries del Prat de Llobregat i de Sant Boi que van arribar a l'acord de nombrar la carxofa produïda en l'espai de la IGP com a Carxofa Prat. Finalment es va dissenyar un gràfic a mode de logotip que la identifica.



Figura 3.3: Logotip d'identificació de la carxofa Prat

4. La carxofa

La planta utilitzada per a realitzar l'experiment és la carxofera, conreu característic del Prat de Llobregat i vegetal comestible i útil a la nostra societat. La tria de la varietat és conseqüència de la seva gran importància al municipi, encara que la carxofera no és una planta idònia per realitzar un experiment de poca durada ja que té un cicle vital llarg. A l'hora d'escollir la planta també vam tenir en compte que fos una espècie sensible a les variables proposades per l'experiment, el pH i la salinitat. La carxofera és una espècie resistent a la salinitat i el pH però fins a uns certs punts.



Figura 4.1: Carxofes de la varietat blanca de Tudela

4.1. Classificació científica

Nom científic: *Cynara scolymus*, L.

Nom vulgar: català > carxofera

El seu nom prové de l'àrab "al-kharshûf" i es una planta de la família del card comú amb moltes varietats com poden ser:

- Blanca de Tudela
- Madrilenyà
- Violeta de Provença
- Camús de Bretanya
- Romanesco
- Espinós Sard
- Californiana

Però entre totes les varietats existents la més conreada tant al Delta com a la resta d'Espanya és la carxofa Blanca de Tudela, de forma ovalada i color verd intens.

4.2. Morfologia

La carxofa és la flor, encara no madura, de la carxofera. La carxofera principalment consta de cinc parts: les arrels, la soca, els cardets i les fulles, la flor i la carxofa (refillola, la fillola i la capça). Aquesta és una planta perenne bianual o triannual d'una alçada d'entre els seixanta i els vuitanta centímetres. Com ja he dit abans, la carxofa conreada al Prat es la Blanca de Tudela, caracteritzada per tenir unes fulles llargues, dels

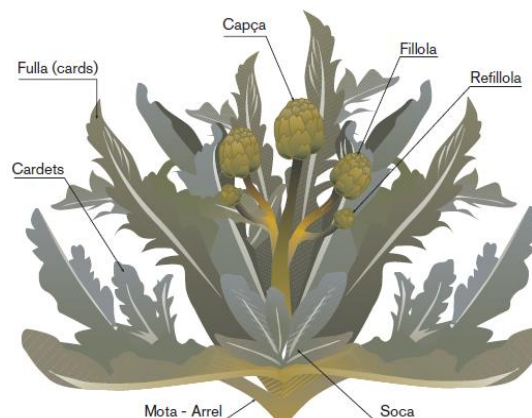


Figura 4.2: Il·lustració amb les parts de la carxofera

0,9 cm a un metre, de color verd clar a l'anvers i blanquinós al revers, i a l'arribar l'hivern, degut al fred ambiental l'anvers tendeix a un color verd blavós. Cada brot de carxofera produeix entre dos i quatre carxofes amb forma de capítols i quan s'acaba l'època de producció la planta crea brots nous des de la soca.

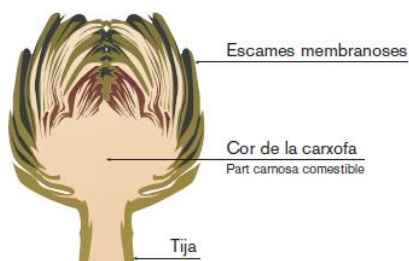


Figura 4.3: Il·lustració amb les parts de la carxofera

Les carxofes són compactes i tenen forma de pinya, presentant així la forma oval característica. Durant el període hivernal tenen tendència a formar un clot que indica la seva tendresa. Tant les flors com la planta són gruixudes. Les flors estan recobertes per escames membranoses carneses.

4.3. Requeriments edafoclimàtics

La carxofera del Delta del Llobregat és una planta que té facilitat en ser conreada en aquesta àrea gracies al microclima que té el Baix Llobregat a conseqüència de la seva proximitat al mar. Encara que la carxofera és una planta d'hivern necessita climes temperats i no suporta les gelades, per tant, aguanta temperatures situades entre els 7 i els 29 °C, ja que per sota dels 4°C és molt difícil que la planta sobrevisqui o li proporcionarà un color blanquinós a la fulla que més tard es tornarà marró, encara que aquestes lesions només són superficials i estètiques ja que no perjudica la qualitat culinària de la carxofera. Per altre banda, els climes secs i càlids fan que la carxofera s'obri ràpidament provocant la pèrdua de la tendresa de la part comestible. El pH òptim ha d'oscil·lar entre 6.5 i 7.5 i encara que es troba dins de la tolerància moderada de salinitat un excés d'aquesta pot provocar efectes negatius com toxicitat, dèficit hídric, falta de nutrients per a la planta i malalties com Botrytis¹ y Erwinia².

4.4. Conreu

La carxofera es comença a produir cap a al final de la tardor, després de deixar descansar el terreny de conreu, al juliol i l'agost es comença a prepara la terra i es planten els esqueixos extrets de la soca de la carxofera vella. Al mes de Setembre és quan la planta creix i es desenvolupa i a l'octubre apareixen les primeres capces que són recollides al Novembre, a partir d'aquí creixen les filloles, que són collides al Desembre i un cop recol·lectades aquestes, apareixen les

¹ És un fong que apareix degut a l'excés d'humitat i que provoca que les fulles s'assequin, si ataca al tronc de la planta la debilita i pot acabar matant-la.

² És un gènere de bacteries que apareix degut a la humitat i provoca que la planta es podreixi lentament.

refillolles, collides al Gener. Llavors s'agafen els cardets de la soca mare, que es replantaran més endavant. Quan la planta ja s'ha assecat del tot es sega el camp i es generen camps joves amb la replantació de cardets. A vegades aquest es perllonga fins a final de la primavera, però molts pagesos inicien un nou cicle al mes de Febrer, aquest segon cicle és més ràpid però menys productiu.

4.5. Malalties i plagues

Entre les malalties més freqüents cal destacar el míldiu de l'enciam (*Bremia lactucae* Regel) que és un infecció fúngica que comença a les fulles més externes, amb petites taques aïllades de color entre marró i groc i a mesura que avança la infecció les taques creixen ocupant tota la fulla fins que aquestes s'assequen i moren . Una altra malaltia és el greix de la carxofa (*Xanthomonas* sp.) que provoca l'aparició de taques olioses a les bràctees³ de les filloles i sol aparèixer en períodes de grans gelades seguides de un altre període de temperatures altes, provocant així el desprendiment de l'epidermis. Per últim trobem oïdiopsis (*Leveillula taurica*) que produeix un miceli molt important en el envers de la fulla , engrogueix el feix i necrosa la fulla.

Les plagues principals son les diferents larves com "la rosquilla negra" (*Spodoptera littoralis* Boidsdouval), els cucs grisos (*Agrotis* sp.), "l'apión" de la carxofa (*Apion carduorum*) i la mosca de la carxofa (*Agromyza apfelbecki*) que es mengen les fulles de les plantes. També trobem el pulgó (*Aphis gossypii* i *Aphis fabae*), la puça (*Sphaeroderma rubidum*) i el barrinador de la carxofa (*Gortyna xanthenes*) que les larves devoren les fulles entre les dos epidermis i arriben al sistema rizomàtic⁴.

4.6. Fisiopaties

El cultiu de la carxofa en el Baix Llobregat presenta una sèrie de fisiopaties, algunes d'elles degudes als mètodes asexuals de multiplicació⁵ que es practica, i d'altre lligades a les formes de cuidar el cultiu o factors climàtics. Les principals fisiopaties que podem trobar a la carxofa són:

-ascochyta: ennegriment i necrosis de la part superior de la bràctea degut a que la carxofera es troba en zones humides, ombrejades i sense ventilació.

³ Òrgan foliaci, situat vora les flors, d'estructura més simple que la de les fulles normals i de forma, de mida, de coloració, etc., diferents d'aquestes.

⁴ És un sistema que comporta i regula el creixement de tiges subterrànies amb diverses gemmes que creixen de forma horitzontal emetent arrels i brots herbacis dels seus nusos.

⁵ Mètodes com la trasplantació per esqueixos, tècniques de reproducció per bipartició...

-atrofia i deformació dels primers capítols: l'atrofia es produeix per la parada vegetativa amb posterior alternança i necrosis dels brots mentre que la deformació és el creixement arítmic de les diferents parts degut a temperatures altes amb aire sec i calent.

-danys per descens de temperatures: despreniment parcial de l'epidermis de les bràctees exteriors, on si l'ambient és humit aquestes petites ferides es converteixen en portes d'entrada de bacteris.

-toxicitat: provocada per l'ús inadequat de herbicides que provoquen la decoloració o un arrissat a les fulles, respecte a la toxicitat ambiental, els nivells alts d'Ozó provoquen una decoloració.



Figura 4.4: Ennegriment de la part superior (ascochyta)



Figura 4.5: Deformació provocada pel creixement arítmic



Figura 4.6: Danys a l'epidermis per descens de temperatures

4.7. Valors nutricionals i usos

La carxofa aporta valors nutricionals ideals dins d'una dieta equilibrada, ja que es rica en vitamines i minerals i és baixa en calories. Aquesta és molt famosa en algunes dietes perquè, com ja he mencionat abans, es baixa en calories i és una hortalissa útil a l'hora de depurar el nostre fetge i el nostre cos en general, ajudant a metabolitzar els greixos, això es degut a la cinarina⁶ juntament amb altres substàncies, la cinarina té efecte colorant i incrementa la secreció de bilis al fetge fent que aquesta sigui més fluida i ajudi a descongessionar el fetge. A més de ser depurativa i diürètica és de gran ajuda amb problemes digestius pel fet que destaca per ser la hortalissa amb major contingut de fibra, encara que hem de tenir present que no la consumim sencera, la fibra contribueix, entre altres coses, a la regulació del trànsit intestinal i a enrederir l'absorció de nutrients, evitant així pujades brusques de glucosa en sang. També és rica en vitamina B₁, necessària pel metabolisme dels glúcids. Conté substàncies bioactives amb funcions antioxidants i antiinflamatòries.

⁶ És un àcid y un component químic biològicament actiu de la carxofa que inhibeix els receptors del gust proporcionant a la carxofa un gust amarg

Valor nutricional de la carxofa per 100 g de producte comestible	
Proteïnes	2.59 gr
Glúcids	7.3 gr
Greixos	0.1 gr
Fibra	2 gr
Aigua	85 gr
Calories	40

Figura 4.7: Taula de valors nutricionals de la carxofa per 100 grams de producte

Vitamines: vitamina C (8 mg.), vitamina B₁ (0,15 mg.) i vitamina B₆ (0,07 mg.).

Minerals: potassi (350 mg.), fòsfor (90 mg.), calci (50 mg.), magnesi (25 mg.) i ferro(1 mg.).

5. Tipus de sols per a un bon conreu.

Per poder tenir un bon conreu amb el millor rendiment possible cal tenir en compte molts factors ja que depenent d'aquests la planta disposarà de més o menys nutrients. Hi ha un fet que té implicacions directes amb la fertilitat del terreny, les càrregues del sòl, la sorra no té càrregues i com a conseqüència als cultius en terrenys arenosos les càrregues positives es perden amb més facilitat, afectant així al pH amb la disponibilitat de ions, i per aquesta raó, els terrenys argilosos són de major qualitat per al cultiu ja que emmagatzemen molts nutrients minerals i posseeix moltes càrregues negatives que atrauen a cations. A més de les dificultats que té la planta d'adquirir nutrients depenent de la solució d'aquests amb el pH corresponent també s'ha de tenir en compte l'estrès osmòtic i oxidatiu que produeix la salinitat del sòl.

5. 1. La salinitat

La salinitat és defineix amb la concentració de sals solubles que existeixen en la solució del sòl. Aquesta concentració de sals pot produir un augment osmòtic de l'aigua de la terra, aquest increment afecta a l'absorció de l'aigua per les plantes de forma que aquestes i els cultius han de consumir una energia extra per poder extraure l'aigua de la solució del sòl en el que es concentren les sals. Els principals cations que componen les sals solubles que donen lloc a la salinitat del sòl són sodi (Na⁺), calci (Ca²⁺), magnesi (Mg²⁺), potassi (K⁺) mentre que els anions són clorur (Cl⁻), sulfat (SO₄²⁻), nitrat (NO₃⁻), bicarbonat (HCO₃⁻).

Les sals que s'acumulen al sòl poden procedir de diferents llocs. Es poden diferenciar per si el seu origen és natural o com a resultat de l'activitat humana. Les principals fonts naturals són: l'aigua de la pluja ja que és una dissolució diluïda de varis ions podent arribar a 50 mg/L en zones costeres (80 dS/m), les sals fòssils o les aigües subterrànies que tenen una alta concentració de sals degut a que estan en contacte amb els minerals de les roques. Mentre que les fonts de sals degudes a l'activitat humana es centren en els fertilitzants que depenent de la seva composició química poden tenir un efecte salinitzant i l'altre factor és l'aigua dels regs ja que tenen un gran número de sals dissoltes i combinades amb un mal reg pot fer que sals s'acumulin en el sòl en unes concentracions que poden arribar a afectar als cultius.

5.1.1. Problemes i efectes per a la planta

Un excés de salinitat provoca que les arrels de la planta no puguin absorbir l'aigua, encara que la planta o cultiu s'hagi regat s'assequen i donen símptomes de falta d'aigua, això es degut al procés d'osmosis. Els efectes de la salinitat poden arribar a ser irreversibles, com pot ser l'aparició de zones cloròtiques⁷ i més tard zones cremades a les puntes de les fulles. Per tant, els efectes de la salinitat són fisiològics i metabòlics ja que ocasiona un desequilibri iònic i estrès osmòtic, aquest estrès trenca l'homeòstasi⁸ iònica al provocar un excés de toxicitat de sodi en el citoplasma i una deficiència de ions com el potassi, a més de retardar la floració i la germinació.

5.1.2. Adaptacions i mecanismes de defensa de la planta

Per poder seguir vivint en medis amb nivells de salinitat alta les plantes han de realitzar un doble esforç, enfrontant-se així a l'efecte osmòtic, produït per l'acumulació de sals en el sòl, per poder aconseguir aigua, i també hauran d'intentar contrarestar la toxicitat iònica produïda per l'acumulació de sals (ions) dins les seves pròpies cèl·lules.

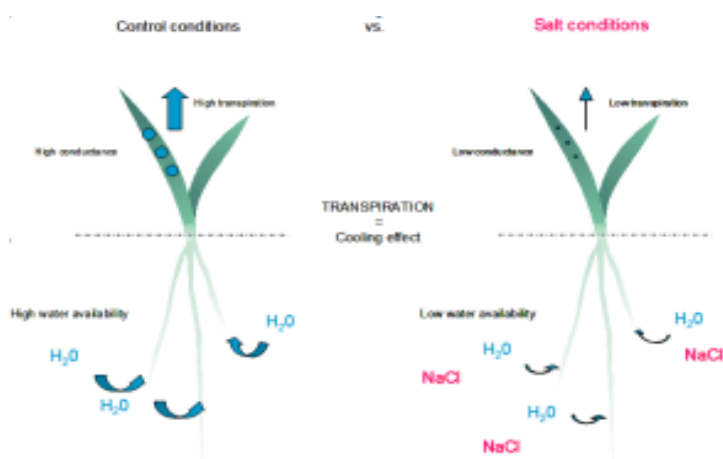


Figura 5.1: Il·lustració amb les diferències de transpiració d'una planta amb salinitat control i una altra amb condicions de salinitat.

⁷ Zones que pateixen una Síntesi deficient de clorofil·la i provoquen una decoloració de les fulles tornant-les d'un color groc clar.

⁸ Tendència al manteniment de l'equilibri i de l'estabilitat interna en els diferents sistemes biològics.

Davant aquesta situació les plantes activen uns mecanismes fisiològics per poder minimitzar els efectes de l'estrès sobre el seu desenvolupament. Un mecanisme seria el tancament d'estomes, porus localitzats en l'epidermis que tenen com a funció facilitar l'intercanvi de gasos per a la respiració i la fotosíntesis i que provoquen una reducció en l'assimilació del CO_2 . Amb aquest tancament limiten la pèrdua d'aigua per transpiració i així conserven durant més temps l'aigua, però això pot ser perjudicial perquè per produir-se la fotosíntesis, el diòxid de carboni ha d'estar disponible per activar la reacció del cicle de Calvin⁹ i així poder generar energia, però com hi ha una reducció de CO_2 degut al tancament d'estomes, per part del cloroplast, aquest es converteix també, en un recurs limitat.

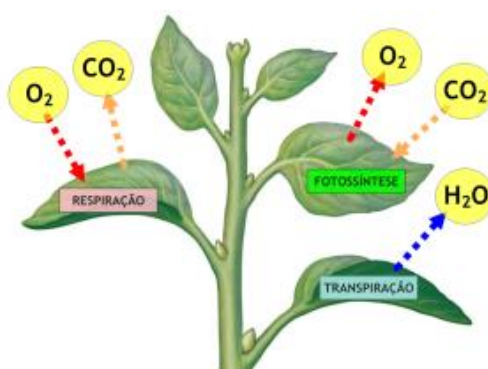


Figura 5.2: Il·lustració esquemàtica del procés de fotosíntesis, respiració i transpiració d'una planta

A més, la salinitat també produeix, a llarg període, un estrès oxidatiu en les plantes amb la generació d'espècies reactives d'oxigen (ROS)¹⁰ en el cloroplast, com a radicals superòxids O_2^- i de H_2O_2 . Aquest excés de ROS pot originar danys cel·lulars, com la peroxidació lipídica¹¹ o la inactivació d'enzims, provocant així una alteració dels àcids nucleics de la planta.

5.2. El pH

El creador del concepte de pH és Peter Lauritz Sorensen, aquestes lletres són una abreviació de potencial d'hidrogen. El pH és una mesura de la concentració d'hidrogen expressada en terminis logarítmics, això indica que per cada unitat de canvi en el pH hi ha 10 vegades més la magnitud d'acidesa o d'alcalinitat, i els valors del pH es redueixen a mesura que augmenta la concentració d'hidrògens, variant en una escala de 0 a 14. Els valors per sota de 7 són àcids, els superiors a 7

⁹ És un conjunt de reaccions bioquímiques que es produeixen a l'estroma dels cloroplasts dels organismes que fan la fotosíntesi.

¹⁰ Són generalment molècules molt petites altament reactives degut a la presència d'una capa d'electrons de valència no aparellada que es formen de manera natural com a subproducte del metabolisme normal del oxigeno i que en èpoques de estrès ambiental provoca estrès oxidatiu.

¹¹ És la degradació oxidativa dels lípids i procés a través del qual els radicals lliures capturen electrons dels lípids en les membranes cel·lulars.

són bàsics i aquells que es troben al voltant de 7 són neutres. Per tant, podríem dir que les substàncies capaces de alliberar ions d'hidrogen són àcides, i les que són capaces de cedir grups hidroxils són bàsiques.

Hi ha molts factors que afecten i varien el pH del sòl com pot ser la producció de CO_2 que passa a H_2CO_3 formant ions hidrogen, la presència d'àcids orgànics de baixa massa molecular que hi ha al sòl com a residus de certes tipus de plantes, la presència d'àcids forts, nítric i sulfúric, com a despreniment de l'activitat microbiana, abundància al terra d'òxids de ferro i alumini, que en medi àcid poden modificar el pH fàcilment i, per últim, les sals solubles que s'acumulen al sòl ja sigui per adició de certs tipus de fertilitzants, mineralització, meteorització i la pròpia composició de les aigües de reg.

5.2.1. Problemes i efectes per a la planta

El pH del sòl aporta una informació molt important ja que les plantes només poden absorbir els minerals dissolts en l'aigua i la variació del pH modifica el grau de solubilitat dels minerals, per aquesta raó normalment el pH amb més rendiment per a la agricultura es considerat entre 6 i 7, ja que la major part de les substàncies nutritives, presents al sòl, són fàcilment absorbides per les arrels de la planta. Per tant, si tenim un pH bàsic la planta tindrà problemes de disponibilitat de nutrients, tindrà deficiències de ferro, magnesi, zinc i bor, a més patirà clorosis (manca de clorofil·la), aquesta deficiència produeix taques grogues en les fulles, que es debiliten i terminen matant a la planta. Per altra banda, amb un pH àcid els metalls tòxics comencen a dissoldre's en l'aigua del sòl i la planta pot adquirir-los, en grans quantitats, i pot acabar matant-la. A més la planta tindrà dèficits de de calci, magnesi i fòsfor.

5.2.2. Factors causants del canvi de pH en la solució de nutrients i adaptacions de la planta

Les distintes espècies de cultiu mostren diferents adaptacions per al seu desenvolupament en funció del pH, existeixen espècies més acidòfiles que altres, i cadascuna presenta un pH òptim pel seu creixement i són molts els factors que afecten al pH de la solució de nutrients, un dels més importants és la relació d'absorció de nutrients de càrrega negativa (anions) i nutrients de càrrega positiva (cations). Un excés d'absorció de cations sobre anions provoca un descens del pH, mentre que un excés en l'absorció d'anions sobre cations produeix un increment del pH.

Per entendre-ho millor, posem un exemple amb el nitrogen. Aquest pot ser aportat a la planta en forma de catió amoni (NH_4^+) o com anió nitrat (NO_3^-), la relació existent entre aquestes dues formes nitrogenades en la solució de nutrients pot afectar a la direcció i magnitud del pH. Això

es degut a que les arrels de les plantes posseeixen una determinada capacitat de modificar el medi que les envolta amb la finalitat d'incrementar la disponibilitat dels nutrients. Quan la planta absorbeix preferentment cations (NH_4^+), es produeix un excés de carregues negatives que la pròpia planta intenta neutralitzar segregant cations d'hidrogen, i com a conseqüència el pH de la solució baixa. Per altra banda, quan absorbeix anions (NO_3^-), les arrels alliberen ions hidroxils (OH^-) o ions bicarbonats (HCO_3^-) per mantenir la neutralitat elèctrica en la superfície de les arrels, per tant, el pH de la solució incrementa.

5.2.3. Influència en la disponibilitat de nutrients per a la planta

Els sòls estan formats bàsicament per minerals alterats per l'efecte de la meteorització produïda pels agents externs. Els elements més abundants en un sòl típic de Catalunya són el carboni, l'oxigen, el silici, l'alumini, el calci i el ferro. El pH de sòl determina la biodisponibilitat dels nutrients per a les plantes. Aquests nutrients canvien en la seva capacitat de ser absorbit per les arrels en funció del pH del sòl.

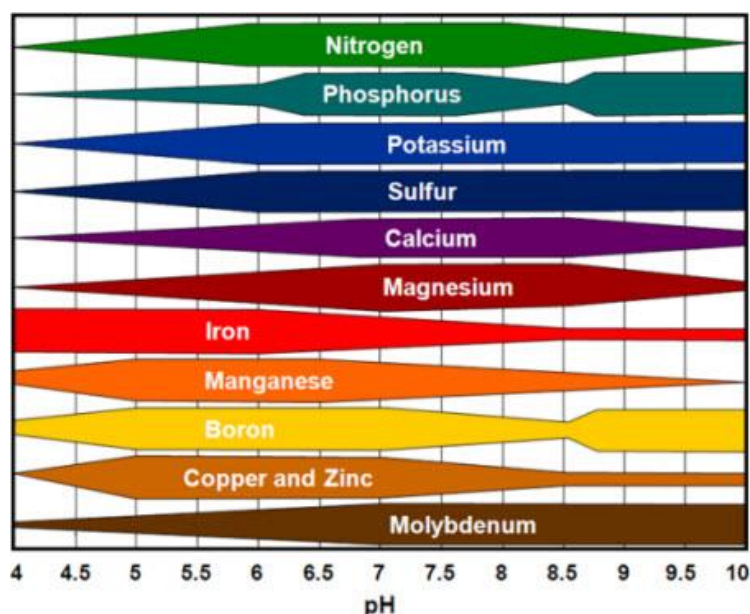


Figura 5.3: Influència del pH en la disponibilitat de nutrients per a la planta

En la imatge de dalt (Figura 5.3) es mostra la disponibilitat dels nutrients per als diferents valors de pH del sòl (quant més gruixes són les bandes, més assimilables són). Aquests gràfics són orientatius ja que aquesta disponibilitat es troba condicionada per múltiples factors del terra com per exemple la seva mineralogia.

Sota certes circumstàncies, el pH afecta a l'activitat microbiana indispensable, per exemple, en el cas del nitrogen, que és fàcilment soluble en quasi totes les seves formes independentment del pH, quan el pH excedeix valors de 8 o és inferior a 6, la activitat microbiana es veu

interrompuda, disminuint tant l'alliberament d'amoni com la seva oxidació a nitrat, per la qual cosa, disminueix la concentració de les formes assimilables d'aquest element.

La majoria de les plantes presenten una notable i àmplia adaptabilitat al pH, però els sistemes radiculars de les plantes poden patir danys sota ambients iònics molt àcids (pH inferior a 5) i, quan el pH supera el 9, poden aparèixer efectes directes sobre l'absorció de fòsfor, ferro, molibdè i altres nutrients i oligoelements.

Un dels problemes més importants té a veure amb el ferro, aquest és un element essencial i la seva solubilitat és molt sensible respecte al pH. La seva disponibilitat per a les plantes resulta ser, generalment, menor del 50% per damunt de pH 7, mentre que a pH 8 no pot ser assimilat, precipitant en forma d'hidròxid de ferro. Per el contrari, per sota del pH 6.5, més del 90% d'aquest element roman dissolt i disponible per a ser absorbit pels sistemes radiculars de les plantes. Altres elements com el manganès segueix una dinàmica similar.

6. Pigments vegetals

6.1. La clorofil·la

La clorofil·la és un pigment, localitzat en els cloroplasts de les cèl·lules vegetals i component bàsic de les plantes i algues, que intervé en la fotosíntesis. Presenta el color verd perquè es capaç d'absorbir la llum violada, vermella, i blava i reflexa el verd. Per aquest motiu les fulles i algunes altres parts de les plantes presenten una coloració verda.

Quan la clorofil·la entra en contacte amb les partícules lluminoses o fotons es produeix una excitació que desencadena una sèrie de reaccions fotoquímiques que s'encarreguen de transformar l'energia lluminosa en energia química, procés millor conegut com fotosíntesis, la qual genera durant el procés glucosa per realitzar la respiració cel·lular. Aquest procés fotosintètic absorbeix diòxid de carboni i allibera oxigen a l'atmosfera.

6.1.1. Tipus de clorofil·les

Hi ha molts pigments fotosintètics presents però les més conegudes són la clorofil·la A i la B.

La clorofil·la A és el principal tipus de clorofil·la i es la responsable de les reaccions amb les molècules que produeixen sucre. Aquest tipus de clorofil·la es troba a tots els tipus de plantes que necessitin llum solar per a la vida. Té una forma específica en forma d'anell de porfirina¹², aquests anells deixen passar als electrons deixant a la clorofil·la interactuar fàcilment amb la planta.

¹² Molècula que es troba a la clorofil·la i que la seva estructura permet que al seu interior pugin fluir lliurement electrons, els quals son transportats i actuen en el procés de la fotosíntesis.

La clorofil·la B és similar a l'estructura de la clorofil·la A, aquesta només es troba en algues i plantes verdes, amb l'única diferència estructural d'una petita cadena lateral, aquestes cadenes laterals ajuden a la clorofil·la a absorbir la llum de diferents longitud d'ones.

6.2. Els carotenoides

Els carotens són un grup molt important de pigments orgànics. Aquests components són els responsables de donar els colors grocs, vermells o taronges que es troben, principalment, a les plantes.

En els organismes fotosintètics els carotenoides tenen un paper vital en els centres de reaccions, ja sigui participant en el procés de transferència d'energia o protegint el centre de reaccions contra la autooxidació. En els organismes no fotosintètics els carotenoides han sigut associats als mecanismes de prevenció de l'oxidació.

6.2.1. Tipus de carotenoides

Els carotenoides es classifiquen en dos grups: els carotens i les xantofil·les. La principal diferència entre aquests dos és que els carotens només contenen carboni i hidrogen, mentre que les xantofil·les contenen, a més a més, oxigen.

Els carotens tenen una coloració vermella i ataronjada, tenen propietats antioxidants i, podem trobar diferents grups com:

- Els betacarotens
- Els alfacarotens
- Els licopens
- Les criptoxantines

Les xantofil·les tenen una coloració groguenca, amb propietats antioxidants i de protecció contra les radiacions solars, les més importants són:

- Les luteïnes
- Les zeaxantines
- Les capsantines

6.3. Espectres d'absorció i color

L' espectre d'emissió d'un element és un conjunt de freqüències de les ones electromagnètiques emeses per àtoms del mateix element.

El color d'un pigment és el resultat de la longitud d'ona reflectida (no absorbida). Per tant la clorofil·la, absorbeix totes les longituds d'ona de llum visibles excepte la verda, la qual es reflectida i percebuda pels nostres ulls.

La clorofil·la té dos tipus d'absorció principals en l'espectre visible, una al voltant de la llum blava (400-500 nm de longitud d'ona), i l'altre a la zona vermella (600-700 nm). La clorofil·la A absorbeix les longituds d'ona violades, blaves, ataronjades i vermelles. Mentre que la clorofil·la B absorbeix el blau, el vermell i el taronja del espectre. Els carotenoides absorbeixen la longitud d'ona blava i verda. La part mitja del espectre formada per longituds d'ones grogues i verdes es la reflectida i vista per l'ull humà

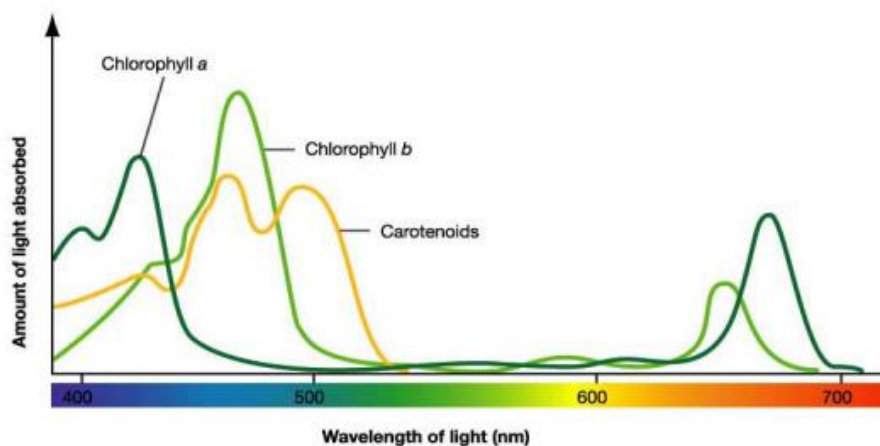


Figura 6.1: Gràfic que mostra els nivells d'absorbància de pigments fotosintètics

7. Metodologia experimental

7.1. Paràmetres a estudiar i tractament de les dades

Aquest treball de recerca té com a objectiu observar com varia el creixement de la carxofera segons el medi de cultiu. Tenint en compte que regàvem totes les jardineres els dilluns i divendres i que les anàvem girant per no tenir que afegir la llum solar com una altra variable de l'experiment, el seguiment de creixement de les plantes es realitzava cada dos dies, és a dir, entre dos i tres cops a la setmana, mesurant-les i mitjançant fotografies per poder veure l'evolució de la planta al llarg de l'experiment. A més, al finalitzar l'experiment vam mesurar la longitud i amplada de la fulla més llarga de cada jardinera, el nombre de fulles de cada planta, el número de fulles mortes o cremades.

A partir de les dades extretes dels diversos experiments es du a terme:

- 1- Una comparació del percentatge de llavors germinades en cada medi per tal de deduir quin medi és el més òptim per la germinació de la carxofera.
- 2- Una comparació del creixement i la superfície foliar de cada planta per analitzar els efectes del medi de cultiu a la planta
- 3- Anàlisi gràfic qualitatiu i pseudoquantitatiu dels pigments resultants de l'anàlisi amb l'espectrofotòmetre d'absorbància dels pigments fotosintètics.
- 4- Anàlisi de les terres del parc agrari del Baix Llobregat des del punt de vista de la salinitat, el pH i materials com l'argila o la torba, és a dir, factors que afavoreixen la producció del cultiu.

7.2. Disseny experimental per analitzar la germinació i el creixement de la carxofera sota els efectes de la salinitat i el pH del sòl.

7.2.1. Pregunta:

Afecten el pH del sòl i la salinitat a la germinació i al creixement inicial de la carxofera?

7.2.2. Hipòtesis:

- 1.- El pH afecta la germinació de la carxofera
- 2.- El pH afecta el creixement inicial de la carxofera.
- 3.- La salinitat del sòl afecta la germinació de la carxofera
- 4.- La salinitat afecta el creixement inicial de la carxofera

7.2.3. Plantejament:

El plantejament de l'experiment es basa en mantenir un grup de carxoferes, espècie d'important producció agrícola al Prat de Llobregat, distribuïdes en diversos medis de cultiu. Per tal d'acceptar o rebutjar les hipòtesis 1 i 3 per un banda i la 2 i la 4 per l'altra es van dissenyar dos experiments on podéssim tenir controlades les variables implicades en els diferents experiments plantejats en l'estudi.

7.2.3.1 Metodologia experimental hipòtesi 1 i 3.

Per tal d'acceptar o rebutjar les hipòtesis 1 i 3 realitzem un experiment on posem 72 llavors a germinar en capsules de petri que es situem dins d'ampolles amb la dissolució experimental corresponent, per tant, repartim les llavors en 6 grups diferents (pH àcid, pH bàsic, pH neutre,



Figura 7.1: Preparació de les llavors per posar-les a germinar en les càpsules de petri



Figura 7.2: Preparació d'ampolles per a la germinació en càpsules de petri

salinitat control, alta i baixa) i en cada ampolla posem 2 capsules de petri (A i B) amb 6 llavors cadascuna d'amunt de cotó i amb paper de filtre perquè absorbeixi l'aigua i arribi fins les llavors.

7.2.3.2 Metodologia experimental hipòtesi 2 i 4.

El segon experiment està planificat per acceptar o rebutjar a les hipòtesis 2 i 4, on realitzem un experiment amb 6 jardineres dividides en dos grups, un per la hipòtesi 2, amb 3 jardineres plantades amb 12 llavors que cadascuna serà sotmesa a un pH diferent (àcid, neutre, bàsic). Mentre que per la hipòtesi 4 utilitzem les altres 3 jardineres, també amb 12 llavors a cadascuna, que seran regades amb solucions amb diferent concentració de salinitat.



Figura 7.3: Jardineres dividides en 3 grups de pH (bàsic, neutre, àcid) i 3 grups de salinitat (alta, mitja i baixa)

Per dur a terme l'experiment cal tenir en compte que la carxofera del Prat, és una de les espècies més conreades al poble i això es degut a que és pròpia de clima càlid o temperat, ja que no aguanta les gelades i la seva temperatura adequada es situa entre els 7º i 29ºC, i creixen millor a un sòl orgànic i permeable, situacions que es donen al nostre municipi.

7.2.4. Preparació de les diferents dissolucions de pH:

L'objectiu és fer les diferents dissolucions per la prova del pH, és a dir, una solució aquosa amb àcid clorhídric per arribar a obtenir un pH de 3.5 i una solució aquosa amb hidròxid de sodi per crear un pH de 10.5, mentre que la solució que utilitzarem pel pH neutre serà aigua de l'aixeta declarada amb un pH entre 7 i 8. Amb aquestes solucions es regaven periòdicament les jardineres i les llavors de les ampolles.

7.2.4.1. Elaboració de les solucions.

7.2.4.1.1. Solució aquosa amb àcid clorhídric:

7.2.4.1.1.1. Materials:

- Vernier pHímetre emprant Logger Lite Software
- Ordinador portàtil
- Àcid clorhídric (al 38%)
- Aigua

- Vas de precipitats de 800ml
- Suport
- Pinça
- Proveta de 2l
- Ampolla de 8l
- Bureta

7.2.4.1.1.2. Procediment:

- 1- Omplim el vas de precipitats fins als 800mL amb aigua de l'aixeta.
- 2- Enrasem la bureta amb àcid clorhídric al 38%.
- 3- Deixem que l'àcid clorhídric baixi gota a gota al vas de precipitats, on hem introduït el pH-metre connectat a l'ordinador per anar controlant el pH que indica. La dissolució es mescla contínuament per homogeneïtzar-la.
- 4- Quan assolim el pH que volem tanquem la bureta i calculem quants ml d'àcid clorhídric s'han consumit (de 25.7ml a 25.5 ml, per tant s'han consumit 2ml).
- 5- Fent un factor de conversió arribem a la quantitat de mil·lilitres que necessitem per assolir el pH de 3.5 a els 8l d'aigua, tenint en compte que:

$$\begin{array}{ccc}
 800 \text{ ml H}_2\text{O} & \longrightarrow & 0.2 \text{ ml HCl} \\
 8l \text{ H}_2\text{O} & \longrightarrow & x= 2.3 \text{ ml HCl}
 \end{array}$$

- 6- Un cop fets els càlculs omplim l'ampolla de 8l amb aigua de l'aixeta amb ajuda d'una proveta de 2l.
- 7- Apliquem 2.3 ml d'àcid clorhídric, agitem l'ampolla durant un temps per barrejar la solució i l'etiquetem.
- 8- Comprovem amb el pHímetre que el pH sigui l'adequat.

7.2.4.1.2. Solució aquosa amb hidròxid de sodi:

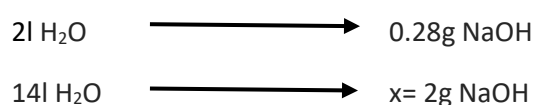
7.2.4.1.2.1. Materials:

- Vernier pHímetre emprant Logger Lite Software
- Ordinador portàtil
- Hidròxid de sodi al 98.80%
- Aigua
- Vas de precipitats de 200ml
- Suport
- Pinça
- Proveta de 2l
- Ampolla de 14l

- Bureta
- Bascula
- Espàtula

7.2.4.1.2.2. Procediment:

- 1- Omplim el vas de precipitats fins als 200ml amb aigua de l'aixeta
- 2- Agafem 0.36g d'hidròxid de sodi i el diluïm, ens dona un pH de 12.4, per tant, anem disminuint poc a poc la quantitat de hidròxid de sodi i amb l'ajuda del pH-metre arribem a la conclusió de que per a 2l d'aigua necessitem 0.28 g d'hidròxid de sodi
- 3- Fent un factor de conversió arribem a la quantitat de grams que necessitem per assolir el pH de 10.5 a 14l d'aigua, tenint en compte que:



- 4- Un cop fets els càlculs omplim l'ampolla de 14l amb aigua de l'aixeta amb ajuda d'una proveta de 2l
- 5- Afegim 2 grams d'hidròxid de sodi, agitem l'ampolla durant un temps per barrejar la solució i l'etiquetem

7.2.5. Preparació de les dissolucions salines

L'objectiu es fer diferents dissolucions per la prova de la salinitat, és a dir, una dissolució amb salinitat mitjana considerant una conductivitat de 4500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i una dissolució amb salinitat alta d'uns 8000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mentre que per la salinitat baixa utilitzarem l'aigua de l'aixeta declorada ja que la seva conductivitat es de 1351 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Amb aquestes solucions es regaven periòdicament les jardineres i les llavors de les ampolles.

7.2.5.1. Elaboració de les solucions.

7.2.5.1.1. Solució de la salinitat alta:

7.2.5.1.1.1. Materials:

- NaCl
- Vernier Conductímetre emprant Logger Lite Software
- Aigua
- Balança
- Espàtula
- Vas de precipitats de 800 ml
- Ampolla de 8l
- Proveta de 2l

7.2.5.1.1.2. Procediment:

- 1- Omplim el vas de precipitats amb 800 ml d'aigua i introduïm el conductímetre connectat a l'ordinador.
- 2- Pesem a la balança 12.32 grams de sal i amb l'espàtula anem agafant sal i dipositant-la al vas de precipitats amb els 800 ml d'aigua fins que el conductímetre marca a prop dels 8000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- 3- Tornem a pesar els 12.32 grams que teníem i fem la diferència obtenint així la quantitat de sal que hem gastat (de 12.3 grams de sal ens queden 10.2, per tant hem utilitzat 2.29 grams)
- 4- Fent un regla de tres arribem a la quantitat de grams que necessitem per assolir una conductivitat a prop de 8000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ als 8L d'aigua , tenint en compte que:

$$\begin{array}{lcl} 800 \text{ ml H}_2\text{O} & \longrightarrow & 2.29\text{g NaCl} \\ 8\text{l H}_2\text{O} & \longrightarrow & x=22.9 \text{ g NaCl} \end{array}$$

- 5- Un cop fets els càlculs omplim l'ampolla de 8l amb aigua de l'aixeta amb ajuda d'una proveta de 2l
- 6- Afegim els 22.9 grams de sal i agitem l'ampolla fins la completa dissolució., l'etiquetem i per últim comprovem amb el conductímetre la conductivitat dels 8l. La dissolució final de treball (salinitat alta) presenta una conductivitat de 8205 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

7.2.5.1.2. Solució de la salinitat mitjana:

7.2.5.1.2.1. Materials:

- NaCl
- Conductímetre
- Aigua
- Balança
- Espàtula
- Vas de precipitats de 800 ml
- Ampolla de 8l
- Provetta de 2l

7.2.5.1.2.2. Procediment:

- 1- Omplim el vas de precipitats amb 800 ml d'aigua i introduïm el conductímetre connectat a l'ordinador.

- 2- Pesem a la bàscula 10 grams de sal i amb l'espàtula anem agafant sal i la dissolem al vas de precipitats amb els 800 ml d'aigua fins que el conductímetre marca a prop dels 4500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- 3- Tornem a pesar els 10 grams que teníem i fem la diferència obtenint així la quantitat de sal que hem gastat (de 10 grams de sal ens queden 9, per tant hem utilitzat 1 grams)
- 4- Fent un regla de tres arribem a la quantitat de grams que necessitem per assolirà una conductivitat a prop de 4500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ als 8L d'aigua , tenint en compte que:

$$\begin{array}{l} 800\text{ml H}_2\text{O} \longrightarrow 1\text{g NaCl} \\ 8\text{l H}_2\text{O} \longrightarrow x= 10\text{g NaCl} \end{array}$$

- 5- Un cop fets els càlculs omplim l'ampolla de 8L amb aigua de l'aixeta amb ajuda d'una proveta de 2l

Afegim els 10 grams de sal, agitem l'ampolla durant un temps per barrejar la solució, l'etiquetem i per últim comprovem amb el conductímetre la conductivitat dels 8l i obtenim la lectura de 4533 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (salinitat mitjana).

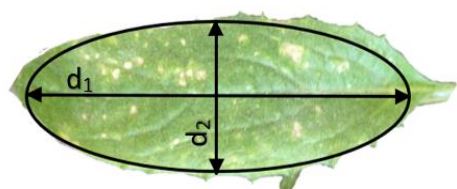
7.2.6. Metodologia per analitzar la superfície foliar

7.2.6.1. Plantejament:

La superfície foliar és un estimador de l'estat de desenvolupament i salut de la planta ja que és indicadora de l'àrea disponible per a fer la fotosíntesi. El nombre de fulles pot dependre de la velocitat de creixement i pot variar individualment formant part de la variabilitat pròpia de l'espècie. Ara bé, una forma de veure l'estat metabòlic de la planta, a més de l'estudi de la quantitat de pigments fotosintètics, ens la pot donar l'anàlisi de la superfície total de les fulles de la planta. Els diferents tractaments als que hem sotmès les plantes de carxofa poden modificar el creixement, la quantitat de pigments i també la superfície total de fulles que és una forma de valorar indirectament la quantitat de fotosíntesi que està realitzant la planta. L'objectiu d'aquest capítol és veure si el pH o la salinitat produeixen una disminució de la superfície foliar de la planta.

7.2.6.2. Metodologia:

Per tal de calcular la superfície foliar hem suposat que cada fulla té forma ovalada i hem mesurat el radi major i menor. Amb aquestes dades hem realitzat una mitjana de superfície de cada medi de cultiu mitjançant la fórmula següent:



$$A = \pi \times \left\{ \frac{d_1}{2} \times \frac{d_2}{2} \right\}$$

Recollim els resultats obtinguts, l'àrea mitja i la desviació, a les taules 7.4 i 7.5. Aquesta desviació mostra la variació que hi ha respecte a la mitjana. Per tant quant més baixa sigui la desviació els punts de dades estaran més propers a la mitja, mentre que una desviació alta indica que les dades s'estenen al llarg d'un gran rang de valors.

pH	Àrea mitja (cm²)	Desviació (cm)
pH àcid	15,03993125	3,028280126
pH neutre	13,4318759	3,82873535
pH bàsic	9,81456958	5,34621709

Figura 7.4: taula de dades de la superfície foliar de les mostres de pH

salinitat	Àrea mitja (cm²)	Desviació (cm)
Salinitat alta	6,66979719	2,63823174
Salinitat mitja	7,8380425	1,77091178
Salinitat baixa	14,0012728	4,4356859

Figura 7.5: taula de dades de la superfície foliar de les mostres de salinitat

L'anàlisi estadístic s'ha realitzat mitjançant una anàlisi de la variància (ANOVA) després de comprovar la normalitat de les dades obtingudes. L'ANOVA és una prova estadística que s'utilitza per analitzar les diferències entre les mitjanes de grups i els seus procediments associats donant un test estadístic sobre si les mitjanes de diversos grups són iguals o no. S'ha considerat un nivell mínim de significació del 95% per tant només considerarem diferències significatives amb una $p < 0.05$. En cas d'existència de diferències significatives entre els tres

tractaments de cada prova, s'ha utilitzat l'anàlisi PostHoc de Bonferroni per determinar entre quins casos les diferències són significatives.

7.2.7. Resultats i conclusions

7.2.7.1. Germinació de les llavors de salinitat

7.2.7.1.1. Percentatge de llavors germinades

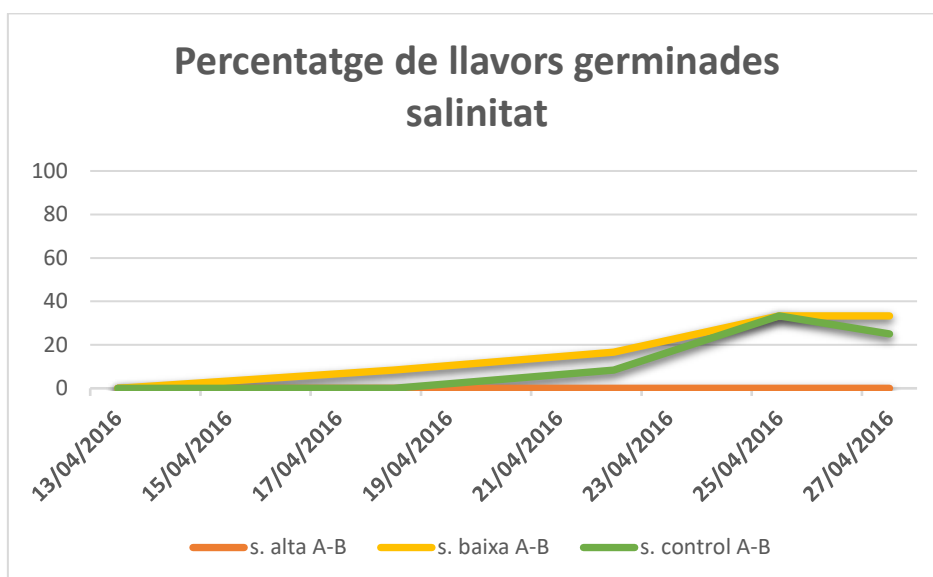


Figura 7.6: Gràfica amb el percentatge de llavors germinades de salinitat a partir de les dades recollides a l'experiment

A la figura 7.6 podem observar el percentatge de llavors germinades a les capsules de petri pels tres tractaments, tenint present que per a cada medi de salinitat hi havia dues capsules de petri (rèpliques A i B) cadascuna amb 6 llavors. En total vam utilitzar 36 llavors amb les quals vam poder realitzar tot un seguiment durant un període de dues setmanes. A la figura 7.6 podem observar que tant a les llavors cultivades en el medi de salinitat baixa com les del control (salinitat mitja) tenen uns percentatges de germinació similars al final de l'experiment (tant amb salinitat baixa com el control –salinitat mitjana- s'assoleix un màxim del 33.33% de germinació, encara que la germinació de la salinitat baixa és més progressiva). El darrer dia però, vam observar la necrosi d'una de les arrels de les llavors de salinitat control i per això al gràfic es veu una lleugera baixada arribant a un 25% de llavors germinades. Respecte a la salinitat alta en cap càpsula de petri vam observar cap indicatiu de germinació ni canvi morfològic a les llavors. És destacable que en condicions de salinitat elevada no s'aconsegueix la germinació de les llavors. Aquest fet és molt important donat que la sobreexplotació de l'aquífer dolç del delta o el creixement de la falca salina existent al delta podria determinar una pèrdua de la capacitat

productiva dels sòls pel que fa a la carxofa i en conseqüència produir greus perjudicis econòmics en un sector de vital importància al Prat de Llobregat.



Figura 7.7: Fotografia dels resultats obtinguts a la germinació de salinitat baixa



Figura 7.7: Fotografia dels resultats obtinguts a la germinació de salinitat alta

7.2.7.2. Germinació de les llavors de pH

7.2.7.2.1. Percentatge de llavors germinades

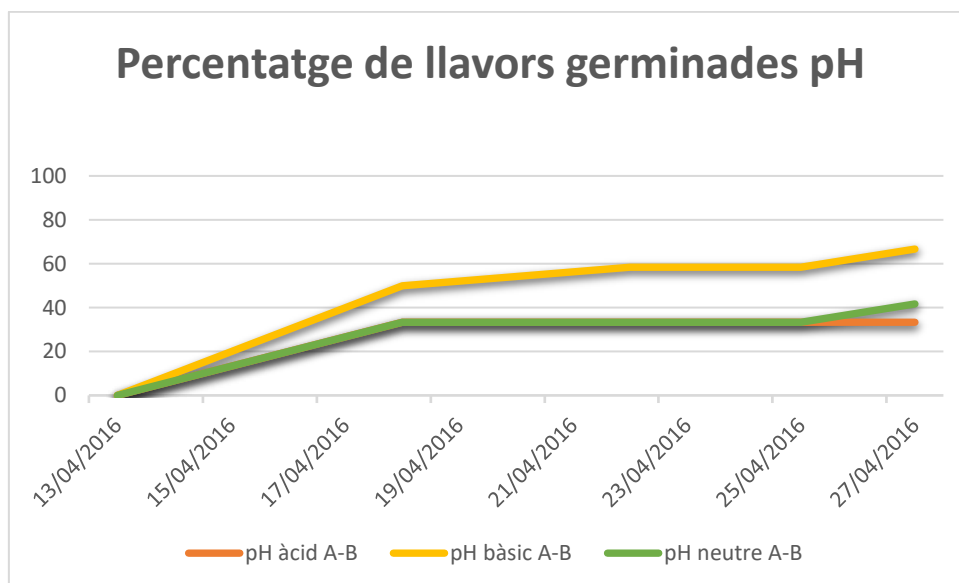


Figura 7.8: Gràfica amb el percentatge de llavors germinades de pH a partir de les dades recollides a l'experiment

A la figura 7.8 podem observar el percentatge de llavors germinades a les capsules de petri, per a cada tractament de pH. Hem de considerar que per a cada medi de pH hi havia dues capsules de petri (rèpliques A i B) cadascuna amb 6 llavors. En total vam utilitzar 36 llavors amb les quals

vam poder realitzar tot un seguiment durant un període de dues setmanes. A la figura 7.8 podem observar que a les llavors tant amb un pH neutre com amb un pH àcid hi ha una germinació progressiva i similar fins al cinquè dia amb un 33.33%. Es mantenen així fins que ja finalitzant, el pH neutre puja a un 41.67%. Per una altra banda, trobem que al pH bàsic hi ha un major percentatge de germinació (66.67%) comparat amb els altres dos medis.

Degut a aquest 25-33% de diferència en els resultats podríem concloure que el pH bàsic és més favorable per a la germinació de la carxofera, aquest pH d'acord amb el diagrama de la disponibilitat de nutrients aporta més fòsfor, potassi, calci, sulfat i magnesi, respecte a les plantes germinades en medi àcid o neutre. El fòsfor té un paper molt important ja que forma part de l'àcid fític¹³, aquest es la font d'energia per a la llavor que està germinant, això ens fa pensar que degut a una major accessibilitat del fosfat la planta disposa de més àcid fític i aquí podria estar la raó que explicaria aquesta diferència de percentatge de creixement obtinguda en l'experiment.

7.2.7.3. Seguiment de creixement salinitat

7.2.7.3.1. Creixement de la planta

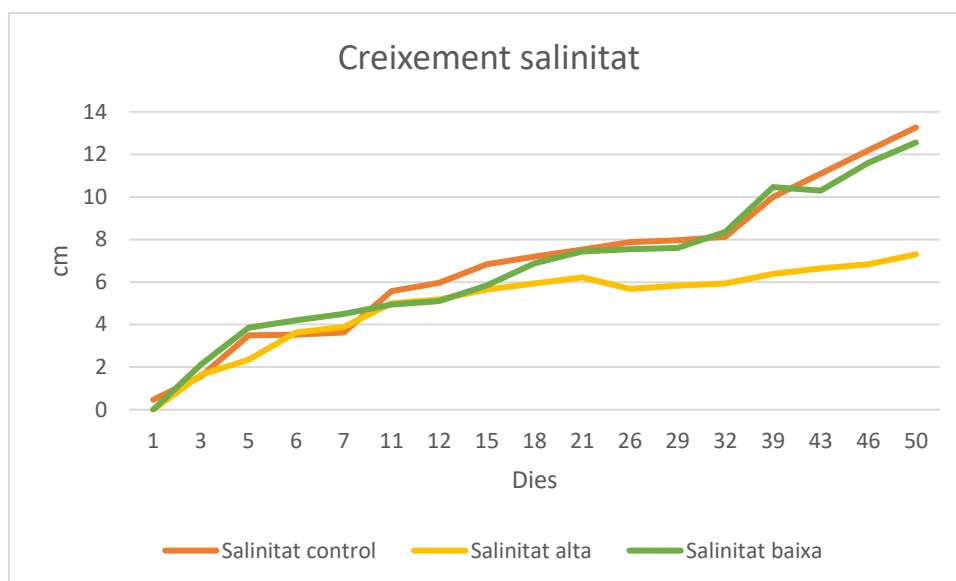


Figura 7.9: Mitjana del seguiment del creixement dels diferents medis de cultiu de salinitat

La figura 7.9 és una gràfica realitzada a partir de la mitjana del seguiment de creixement de cada medi de cultiu de salinitat. Tenint present que vam plantar 12 llavors a cada medi de cultiu el dia 14 d'Abril i que vam començar a mesurar les plantes el 22 d'Abril, període que van trigar les llavors en germinar, aproximadament, considerem aquest 22 d'Abril com a dia 1, i vam anar

¹³ Glúcid que el cos humà no pot sintetitzar, per la qual cosa ha d'ingerir a través de la dieta. Es troba sobretot a l'escorça dels cereals, però també als llegums i la fruita seca.

regant i mesurant les plantes periòdicament, a més d'anar canviant-les de posició perquè la variable de lluminositat no hi afectés fins al 10 de Juny considerant-lo el dia 50. A la jardineria de salinitat control de les 12 llavors plantades només van créixer 3 però no van patir cap mort i la longitud més alta registrada va ser de 14 cm (la mitja es de 13,27 cm). La salinitat baixa, representada en verd segueix un patró de creixement similar al control, encara que van créixer 5 plantes va morir una i la longitud més alta registrada va ser de 17.9 (la mitja 12.56). Per últim, la salinitat alta va tenir l'índex de germinació més elevat, 6 plantes, però en van morir 2 i hi ha un diferència notable en el seguiment de creixement respecte als altres 2 medis de cultiu. Un estrès osmòtic del nivell que van patir aquestes plantes pot ser el causant dels resultats obtinguts, ja que la planta per poder regular els nivells de salinitat perd molta aigua. Per tant, afirmem que la salinitat afecta en el creixement de la planta.

7.2.7.3.2. Superfície foliar

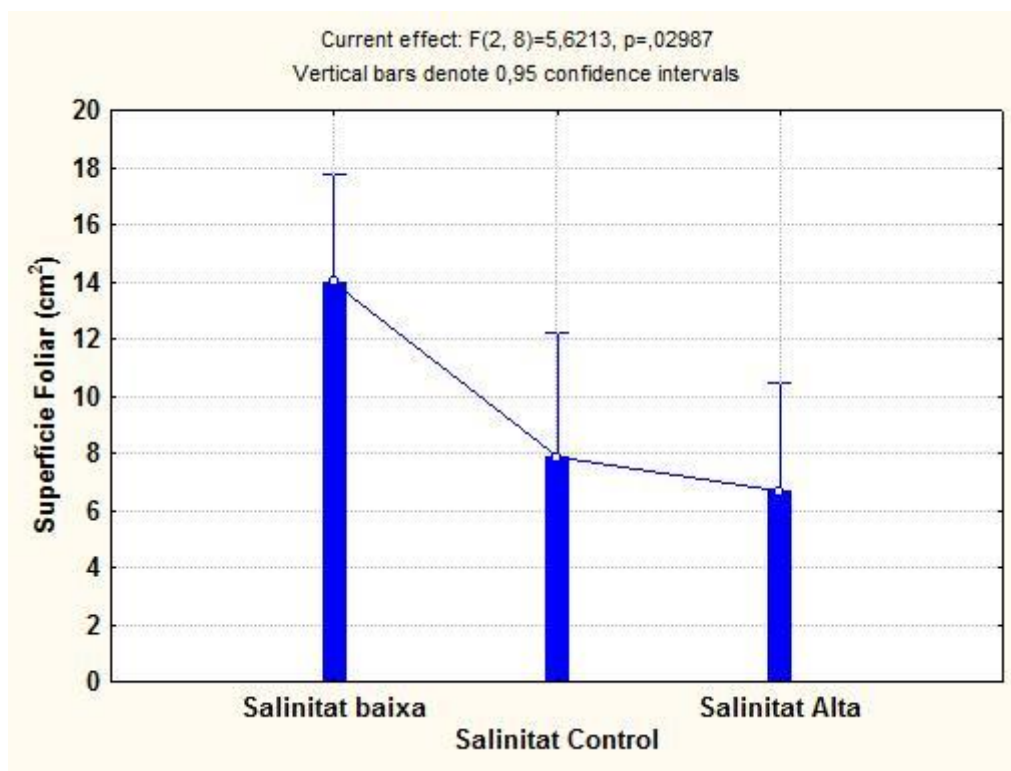


Figura 7.10: Superfície foliar amb salinitat baixa, salinitat control i salinitat alta en cm²

La figura 7.10 ens mostra la superfície foliar dels diferents medis de cultiu de salinitat. D'aquesta representació podem destacar la diferència entre la superfície foliar mitja de la salinitat baixa (d'uns 14 cm² respecte a la superfície mitja de la salinitat alta que és d'uns 7 cm²). Per tant, tenint en compte aquesta diferència i l'ANOVA, podem afirmar que si que hi ha diferències estadísticament significatives entre aquests dos medis de cultiu, ja que l'ANOVA constata que totes les mesures dels múltiples grups es poden considerar diferents ja que p no és superior a

0.05 ($p= 0.029$). Conseqüentment podem afirmar que la salinitat sí que influeix, ja que les plantes que creixen en salinitat baixa tenen més superfície foliar que les de salinitat alta. Això ho podem relacionar amb l'estrès hídric, les plantes conreades en un medi de salinitat alta es veuen directament afectades per la deshidratació provocant així un enrotllament foliar durant aquests períodes i disminueix la superfície de la fulla exposada.

7.2.7.4. Seguiment de creixement pH

7.2.7.4.1. Creixement de la planta

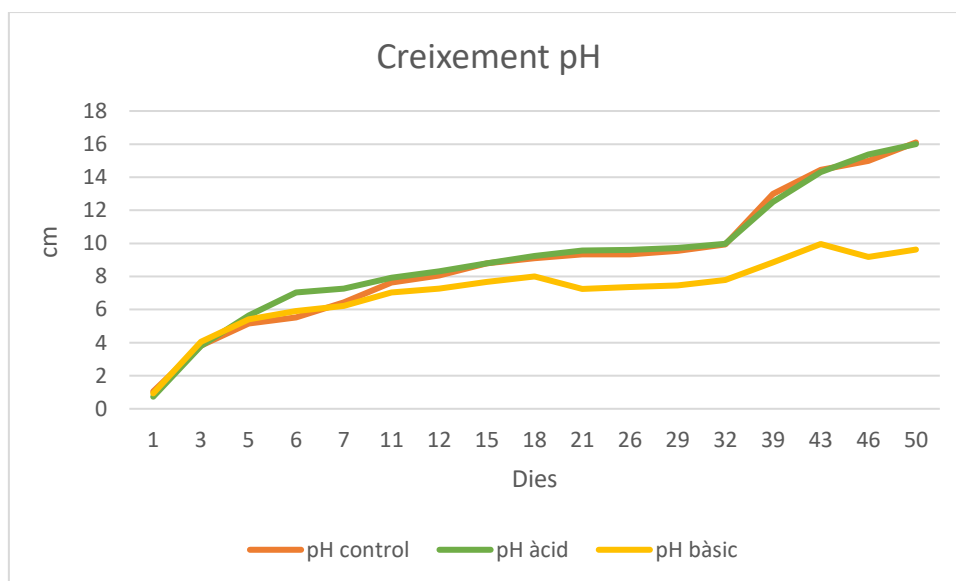


Figura 7.11: Mitjana dels seguiments de creixement dels diferents cultius de pH

La figura 7.11 és una gràfica realitzada a partir de la mitjana del seguiment de creixement de cada medi de cultiu de salinitat. Tenint present que vam plantar 12 llavors a cada medi de cultiu el dia 13 d'Abril i que vam començar a mesurar les plantes el 22 d'Abril, període que van trigar les llavors en germinar, aproximadament, considerem aquest 22 d'Abril com a dia 1, i vam anar regant i mesurant les plantes periòdicament, a més d'anar canviant-les de posició perquè la variable de lluminositat no hi afectés fins al 10 de Juny considerant-lo el dia 50. En el medi de control van créixer 4 plantes i no es va patir cap mort i la màxima longitud obtinguda va ser de 17.8 cm (mitja de 16.1). En el pH àcid es veu un model semblant al control, on van créixer 3 plantes on la longitud més gran va ser de 16.6 (mitja 16), tot i així es pot veure que en molts punts de la gràfica es troba situat, lleugerament, per damunt del control. Finalment, en el pH bàsic van créixer 8 plantes i encara de ser el medi de cultiu amb més percentatge de creixement va patir dos morts i la mitja es de 9.63, causant una gran diferència respecte als altres dos medis de cultiu, això és perquè el pH bàsic dificulta l'absorció de certs

nutrients importants per al creixement de la planta, arribant a provocar clorosis i fent que les plantes morin amb més facilitat, conclouent que el pH afecta al creixement de la planta.

7.2.7.4.2. Superfície foliar

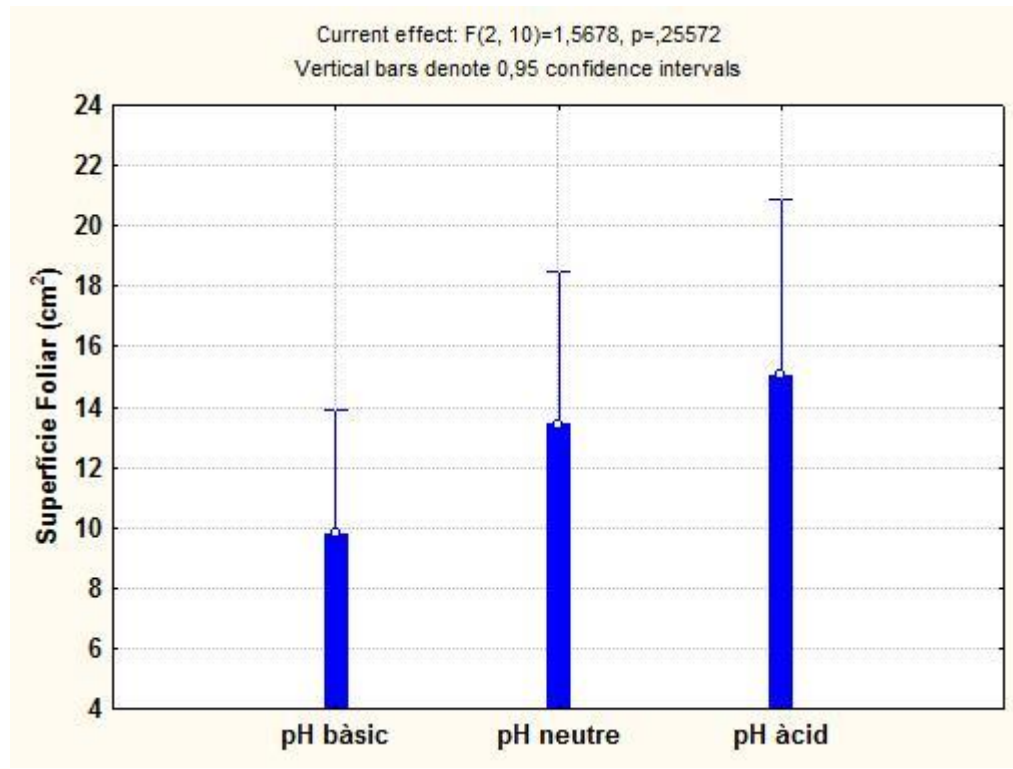


Figura 7.10: Superfície foliar amb pH bàsic, pH neutre i pH àcid en cm²

La figura 7.10 ens mostra la superfície foliar dels diferents medis de cultiu de pH.

En aquest gràfic observem que, tot i que sembli que a major pH hi ha més superfície foliar, no hi ha diferències estadísticament significatives entre els diferents medis de cultiu. L'ANOVA constata que totes les mesures dels diferents grups es poden considerar iguals ja que p és superior a 0.05 ($p=0.25572$). En conseqüència les diferències observades no són prou grans com per afirmar que no es deuen a l'atzar tot i que les mitges semblen indicar que podria haver una tendència a augmentar la superfície foliar amb el pH. Per tant podem concloure que el pH no provoca diferències significatives en el cas de la superfície foliar.

7.3. Disseny experimental per analitzar els continguts de clorofil·la

7.3.1. Pregunta:

Afecten el pH del sòl i la salinitat en la concentració dels pigments fotosintètics de la carxofera?

7.3.2. Hipòtesis:

1.- Hi ha diferències en la quantitat de pigments a les fulles segons el medi de cultiu.

7.3.3. Plantejament:

Per comprovar com ha afectat el pH i la salinitat en la concentració de pigments hem utilitzat la tècnica de l'anàlisi de l'absorbància mitjançant un espectrofotòmetre. Utilitzem els espectres d'absorció, que són la representació gràfica del grau en que un determinat pigment capta les diferents longituds d'ona de la radiació lluminosa. Com ja s'ha indicat abans, amb aquest experiment es vol analitzar si la quantitat de pigments a les fulles es troben afectades per la variació del medi de cultiu. Estudiant el grau d'absorbància dels seus pigments, concentrant-nos en la clorofil·la i els carotens i fent una comparació entre els resultats obtinguts dels pigments que provenen de les plantes de les diferents jardineres (veure capítols 7.2.3.2)

7.3.4. Materials:

- Etanol 96º
- 6 morters
- 6 papers de filtre
- 6 embuts
- 7 tubs d'assaig
- 6 vasos de precipitats
- Pipeta graduada de 5 ml
- Gradeta
- Balança
- Tisores
- 1g de les fulles de les diferents carxoferes dels diferents tractaments
- Espectrofotòmetre SpectroVis Plus de Vernier emprant Logger Lite Software
- Ordinador portàtil

7.3.5 Procediment:

1. Primerament tallem les fulles de cada planta i es posen en un vas de precipitats identificant-les.
2. En una balança electrònica es pesa la mateixa massa de cada tipus de planta. En aquest cas vam decidir treballar amb 1g de fulles de cada jardinera.
3. Es posa cada mostra en un morter, prèviament identificat, i amb ajuda de les tisores tallem les fulles en trossos més petits per facilitar la seva trituració. Amb ajuda d'una pipeta graduada de 5 ml i d'un pipetejador s'aboquen els 5 ml d'etanol a cada morter. A continuació, es procedeix a triturar cada mostra fins que estigui tot homogeneïtzat i dissolt.



Figura 7.11: Trituració de una mostra de fulles amb etanol per fer l'extracció de clorofil·la

4. Una vegada tenim les mostres en dissolució (l'etanol haurà dissolt els pigments), es prepara una gradeta amb els 7 tubs d'assaig i s'identifiquen. Aquest setè tub d'assaig es va utilitzar per mantenir 5 ml d'etanol 96%, únicament per utilitzar-lo com a blanc a l'espectrofotòmetre.

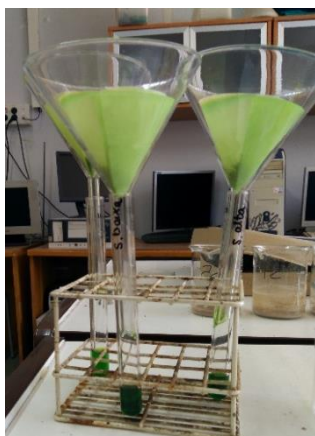


Figura 7.12: Filtració d'impureses

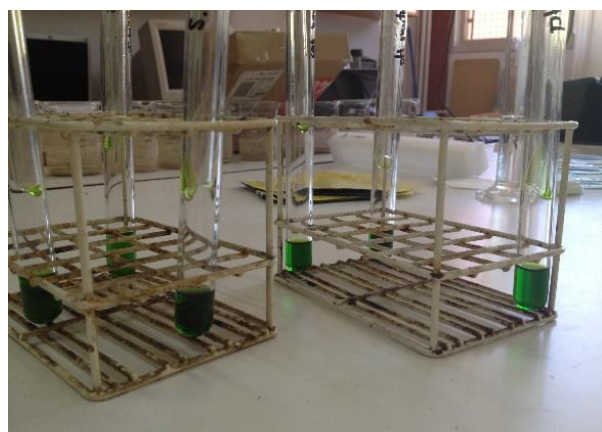


Figura 7.12: Solucions sense impureses

Als altres tubs se'ls aboca les mostres preparades anteriorment, però mitjançant un embut amb un paper de filtre per tal de que la solució final quedi neta de sòlids en suspensió ja que només passen el filtre les substàncies solubles. Així obtenim una mostra homogènia i sense impureses.

5. Una vegada obtingudes les mostres es procedeix a comprovar l'absorbància dels pigments de les diferents dissolucions amb l'espectrofotòmetre i es guarden els resultats.



Figura 7.13: Ordinador, espectrofotòmetre i tot el conjunt d'instruments emprats

7.3.6. Resultats i conclusions

-Absorbància de pigments fotosintètics pH:

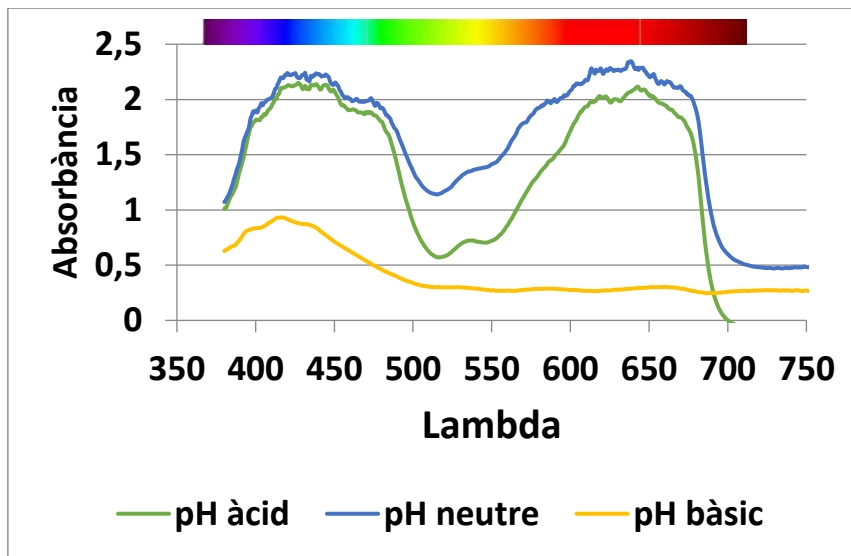


Figura 7.14: Gràfica amb els resultats obtinguts d'absorbància de pigments fotosintètics dels diferents medis de pH

A la figura 7.14 podem observar l'absorbància dels pigments fotosintètics de plantes sotmeses a un medi de pH bàsic, àcid i neutre on fent un escombrat es pot observar que en general la clorofil·la té la seva major absorbància entre una longitud d'ona de 400nm i els 450nm i també apareix entre els 630nm i els 700nm, degut a que la clorofil·la, pigment que dona el color verd, absorbeix, sobre tot, la llum vermella, violeta i blava i reflecteix la verda, mentre que en el cas dels carotens, s'aprecia la seva absorbància entre els 520nm i els 550 nm.

Podem observar que els nivells de clorofil·la tant en el medi àcid com en el neutre no varien gaire, mentre que en el cas del pH bàsic, encara d'haver repetit el procés uns cops, degut a les dades obtingudes, el resultat continuava sent amb nivells de clorofil·la i carotens molt baixos. Això es degut a que un pH bàsic dificulta l'absorció de ferro, manganès o de zinc donant lloc a la clorosis, que és quan el teixit foliar agafa un color groguenc, primer la planta pateix una decoloració de verd cap a verd llima i finalment groc, causat per la falta de clorofil·la degut a que les arrels estan danyades o la deficiència nutricional de la planta. Amb l'ajuda de les fotos de les carxoferes realitzades periòdicament podem arribar a la conclusió que les plantes regades amb aigua amb pH bàsic patien deficiència de ferro ja que la clorosis per falta de ferro comença engroguint les fulles més joves o terminals i després avança cap a les fulles més velles. El que dificulta l'absorció de ferro és que aquest element es torna més insoluble a mesura que el pH del terra augmenta per damunt de 6.5 o 6.7. Les plantes necessiten ferro per produir la clorofil·la, que dona el color verd i és essencial per a que la planta produeixi els aliments

necessaris per créixer i, a més, el ferro també és necessari per varies funcions enzimàtiques que controlen el metabolisme i la respiració de la planta.

- Absorbància de pigments fotosintètics salinitat:

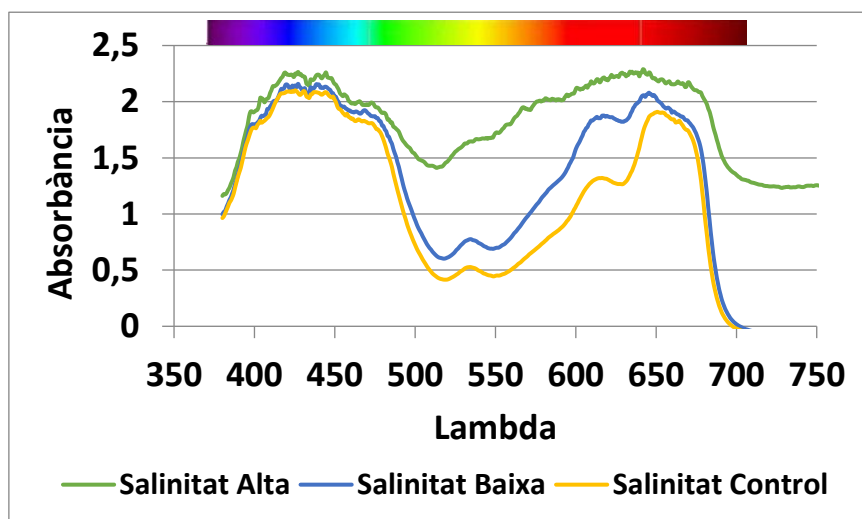


Figura 7.15: Gràfica amb els resultats obtinguts d'absorbància de pigments fotosintètics dels diferents medis de salinitat

A la figura 7.15 podem observar l'espectre d'absorbància dels pigments fotosintètics de plantes sotmeses a un medi de salinitat baixa, alta i mitjana on fent un escombrat es pot observar que en general la clorofil·la té la seva major absorbància entre una longitud d'ona de 400nm i els 450nm i també apareix entre els 650nm i els 700nm, degut a que la clorofil·la, pigment que dona el color verd, absorbeix, sobre tot, la llum vermella, violeta i blava i reflecteix la verda, mentre que en el cas dels carotens, s'aprecia la seva absorbància entre els 520nm i els 550 nm.

Podem observar que els nivells de clorofil·la obtinguts en les tres mostres de conductivitat diferent s'assemblen molt a excepcions de algunes petites variacions, però en aquesta el que més destaca és la diferencia de nivells de carotens entre les mostres de salinitat baixa i control, que són similars, respecta a la salinitat alta. Això és degut a que amb l'increment de salinitat es produeix un estímul de la síntesis de carotenoides per efecte de l'estrès salí, de tal manera que augmenta la proporció de molècules d'aquests pigments en relació a les de clorofil·les. La planta es veu directament afectada per la deshidratació, en aquestes situacions, com ja s'ha explicat prèviament, un mecanisme de defensa és el tancament d'estomes per disminuir la transpiració, provocant una disminució de l'entrada de CO₂ en les cèl·lules i una baixa eficiència en l'ús de la llum, activant un mecanisme d'inactivació del sistema fotosintètics. Això ens fa arribar a la conclusió de que quan la llum és intensa, es produeix una acumulació de carotenoides com a resposta adaptativa.

7.4. Disseny experimental per analitzar les mostres de terra:

7.4.1. Pregunta:

Hi ha diferències de salinitat i pH en les diferents àrees de l'espai agrari de delta del Llobregat?

7.4.2. Hipòtesis:

El pH i la salinitat varia segons la localització del medi de conreu i afecta en la seva producció.

7.4.3. Plantejament:

Per tal de comprovar si la hipòtesis anterior es certa, sortim als camps de carxoferes de la zona i agafem mostres de terra per poder realitzar l'experiment. Al mapa següent, figura 7.16 es pot observar les zones d'on es van extraure mostres de terra.



Figura 7.16: mapa del Parc Agrari del Delta del Llobregat amb les localitzacions de les mostres recollides

Un cop al laboratori, les mostres són analitzades a nivell de pH, salinitat i absorbància per tal d'establir una relació entre aquestes variables i la seva localització, juntament amb la producció.

7.4.4. Metodologia:

7.4.4.1. Material:

- Vernier pHímetre emprant Logger Lite Software
- Vernier Conductímetre emprant Logger Lite Software
- Espectrofotòmetre SpectroVis Plus de Vernier emprant Logger Lite Software
- Ordinador portàtil
- Balança

- 12 vasos de precipitats
- Aigua destil·lada
- Mostres de terra de diferents llocs de conreu
- Vareta de vidre

7.4.4.2. Procediment:

- 1- Utilitzant el pHímetre i el conductímetre i agafem de base l'aigua destil·lada amb un pH de 7.02 i una conductivitat de 128 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- 2- Marquem els vasos de precipitats per poder distingir cada mostra.
- 3- A continuació, pesem 100 grams de cada mostra de terra agafada a diferents punts i el dissolem amb 100 ml d'aigua destil·lada amb l'ajuda de la vareta de vidre.
- 4- Per últim, tornem a utilitzar el pHímetre i el conductímetre per mesurar el pH i la conductivitat de cada mostra i anotem els resultats.
- 5- Aprofitant les dissolucions fetes, es procedeix a comprovar l'absorbància de les diferents dissolucions amb l'espectrofotòmetre i es guarden els resultats.
- 6- Repetim l'experiment un cop amb la solució en repòs i un altre cop amb la sorra en dissolució amb l'aigua destil·lada.

7.4.5. Resultats i conclusions

Recollim les dades obtingudes sobre el pH i la salinitat en les taules 7.17.1 i 7.17.2. La taula 7.17.1 indica els resultats en les mostres amb la terra en dissolució, mentre que a la taula 7.17.2

	pH	Salinitat ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
A1	8.23	1266
A2	8.18	917
A3	8.91	254
A4	8.62	220
A5	8.45	763
A6	8.85	173
A7	9.2	163
S1	7.68	779
S2	8.78	284
S3	8.96	300
S4	8.60	628
S5	9.22	130

Figura 7.17.1: Taula de dades de les mostres de terra

	pH	Salinitat ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
A1	7.32	1875
A2	7.59	1176
A3	7.91	442
A4	7.94	192
A5	7.96	998
A6	8.10	225
A7	8.45	214
S1	8.04	941
S2	8.15	394
S3	8.29	380
S4	8.24	910
S5	9.32	218

Figura 7.17.2: Taula de dades de les mostres de terra

7.4.5.1. Resultats del pH

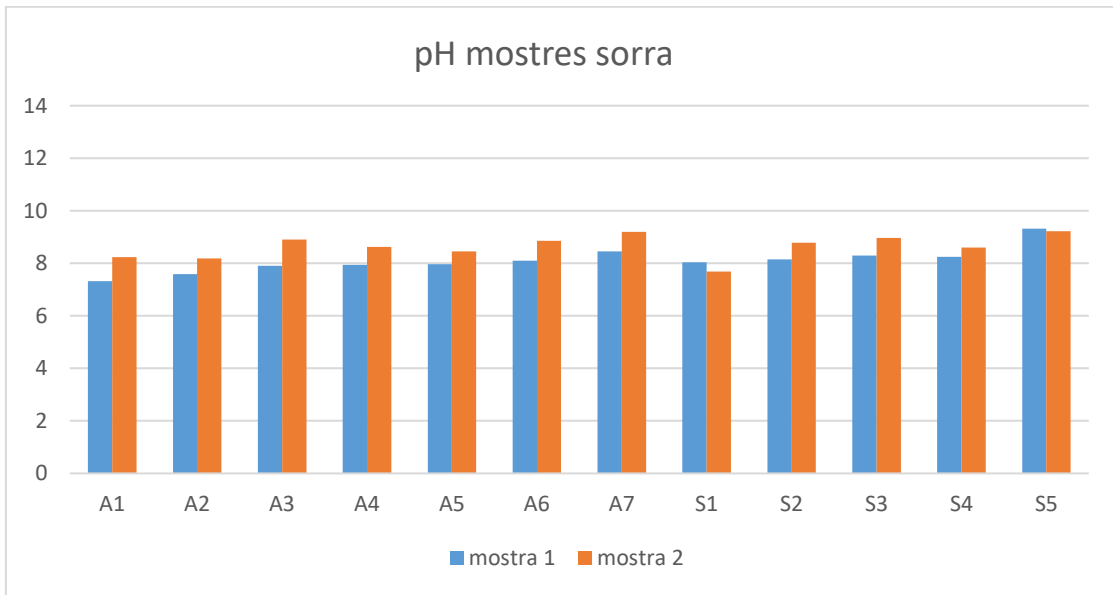


Figura 7.18: Nivells de pH a les mostres recollides

A la figura 7.18 podem examinar el pH obtingut a cada mostra recollida a diferents llocs de conreu del Parc Agrari del Delta del Llobregat. La mostra 1, és la que vam agafar amb la dissolució en repòs, i en canvi, la mostra 2, és la que vam mesurar amb la mostra acabada de dissoldre i remenada. En la gràfica no s'observa cap diferència significativa entre els diferents medis de cultiu, ja que totes les mostres es troben entre un pH de 7 i 9. El pH òptim oscil·la entre 6.5 i 7.5, per tant, encara de situar-se dins del rang, podem concloure que el pH de la zona és bo per a un bon conreu de la carxofera i els pagesos no tindran problemes amb aquest.

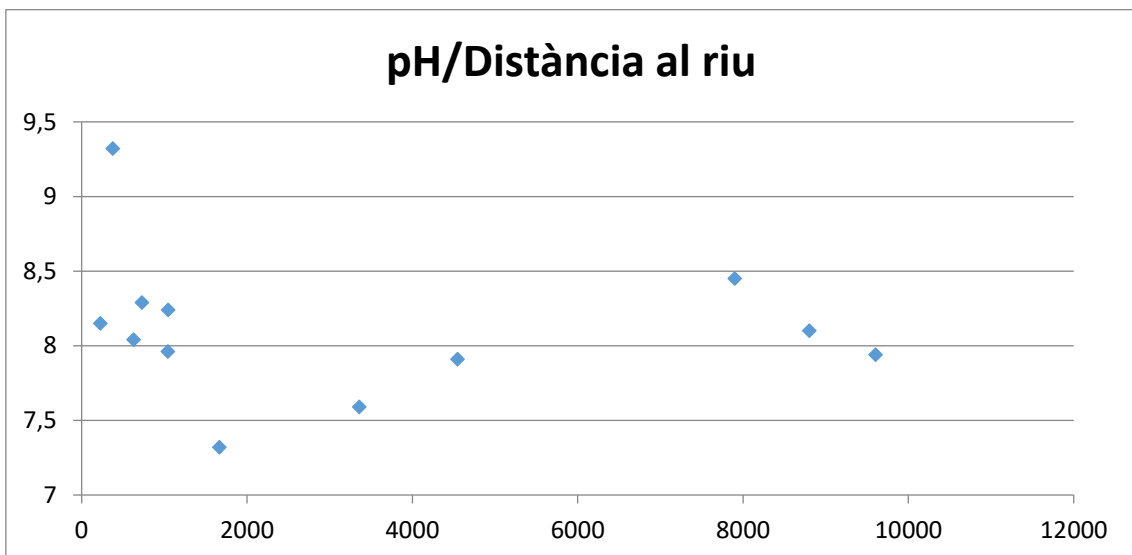


Figura 7.19: Relació entre el pH i la distància al riu

A la figura 7.19 es mostra els nivells de pH respecte a la distància al riu. Podem observar que les mostres agafades més a prop del riu es concentren al voltant de valors de pH de 8 i 8.5, a excepció d'una mostra que arriba al 9.3. Als 1700 metres fins als 8000, els resultats de pH obtinguts van augmentant lleugerament fins arribar al 8.5 i a partir d'aquí hi ha una petita baixada. En general, com hem vist en l'anterior gràfic, la variació del pH respecte a la distància del riu no es significativa ja que totes les mostres oscil·len entre els 7.5 i 8.5 a excepció d'algunes.

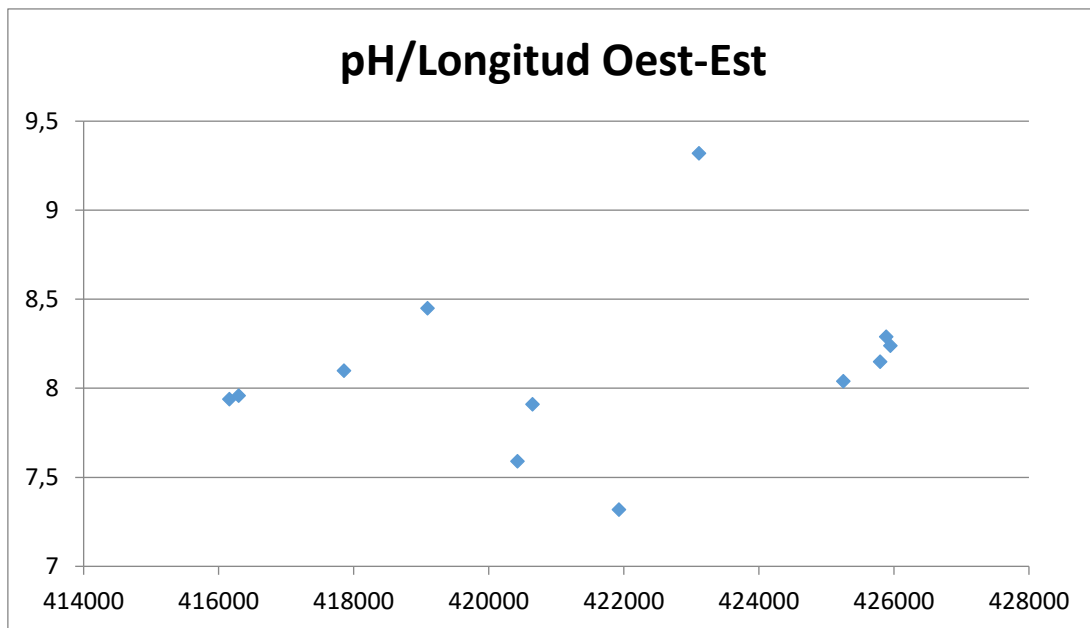


Figura 7.20: Relació entre el pH i la localització de les mostres d'Oest a Est

A la figura 7.20 es mostra els nivells de pH en relació en la seva posició d'Oest a Est. Els resultats obtinguts són poc concloents, en altres paraules, descartant el punt més alcalí, ja que hi ha una desviació molt gran respecte a les altres mostres, considerem que el pH es manté més o menys constant a la neutralitat.

7.4.5.2. Resultats de la salinitat

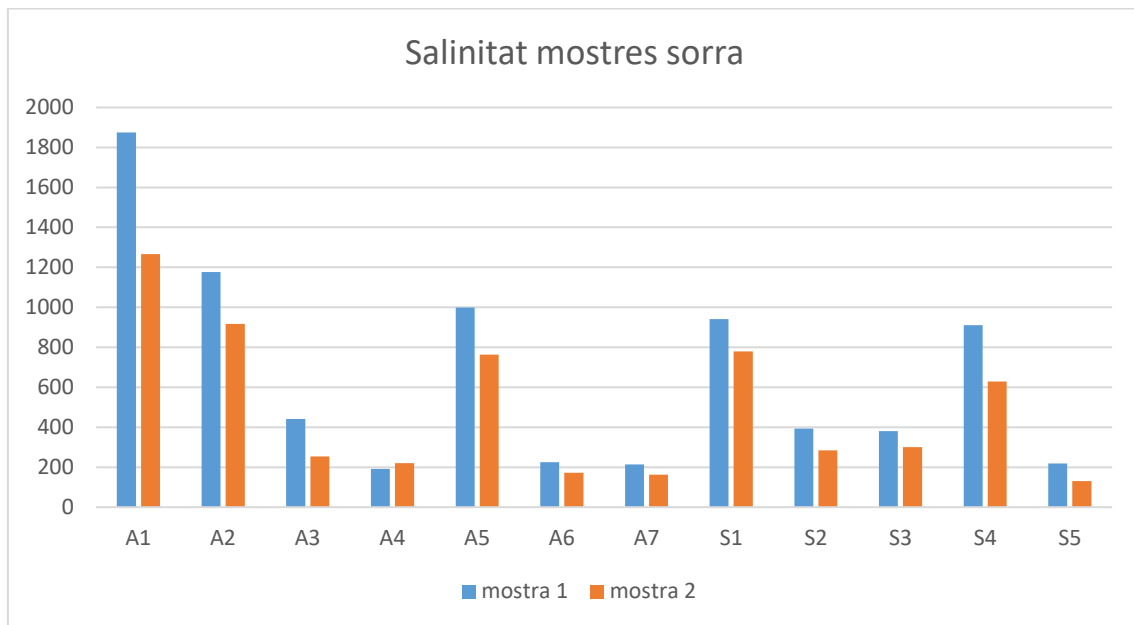


Figura 7.21: Nivells de salinitat a les mostres recollides

A la figura 7. 21 podem observar els nivells de salinitat a les diferents mostres recollides. La mostra 1, és la que vam agafar amb la dissolució en repòs, i en canvi, la mostra 2, és la que vam mesurar amb la mostra acabada de dissoldre i remenada. En comparació amb el pH, en aquesta gràfica podem analitzar grans diferències entre unes mostres i altres, tenint en compte la divisió que vam realitzar a l'experiment (salinitat alta 8000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, salinitat mitja 4500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i salinitat baixa 1351 $\mu\text{S}/\text{cm}$) podem dir que en cap mostra obtenim una salinitat tan elevada com a la que vam sotmetre a les plantes del nostre experiment, però si que trobem una gran diferència dins de la salinitat baixa, ja que n'hi ha mostres des dels 150-200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ als 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a excepció de l'A1 (on possiblement hi ha un salt d'aigua sota terra) que la situaríem a salinitat mitja. Tot i aquestes variacions, cap són perjudicials per al conreu de la carxofera ja que, com s'ha mencionat prèviament, la salinitat alta és la que de veritat causa efectes dolents per al conreu d'aquesta planta.

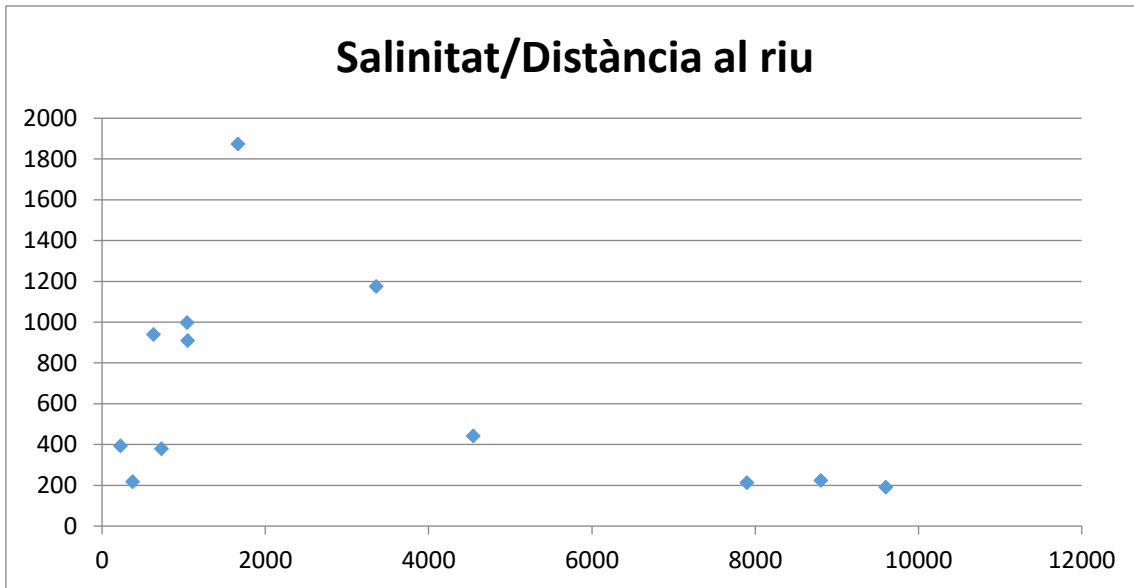


Figura 7.22: Relació entre la salinitat i la distància al riu

A la figura 7.22 es mostra els nivells de salinitat respecte a la distància al riu. Podem observar que les mostres agafades més a prop del riu es concentren al voltant de valors de 200-400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a excepció d'una mostra que arriba als 1900 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Als 3000 metres fins als 8000, els resultats de salinitat obtinguts van disminuint precipitadament fins arribar a 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En general no podem observar cap patró de seguiment respecte a la conductivitat del sol amb la distància al riu.

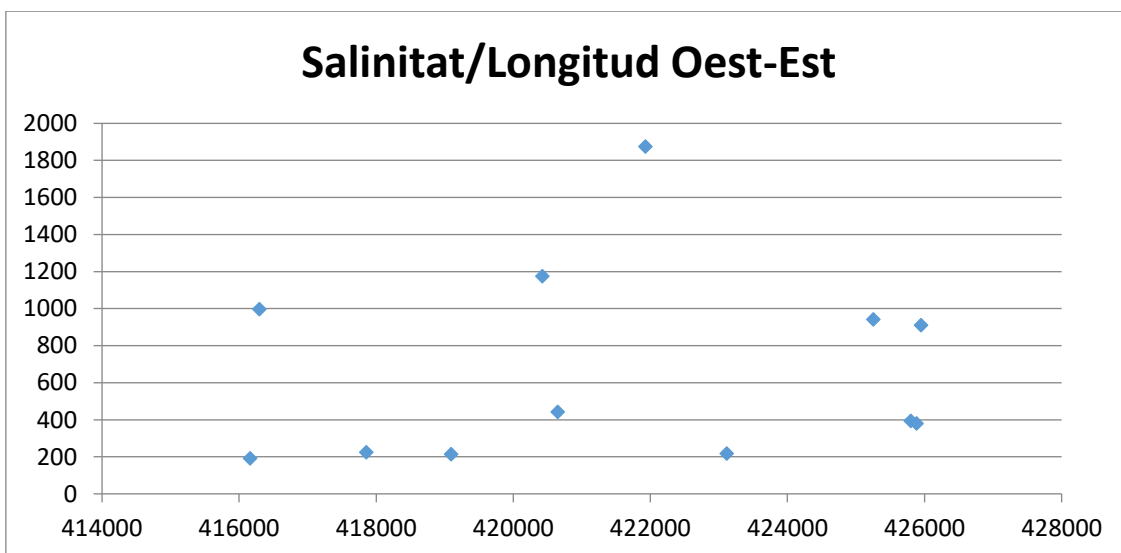


Figura 7.23: Relació entre el pH i la localització de les mostres d'Oest a Est

A la figura 7.23 es mostra els nivells de salinitat en relació en la seva posició d'Oest a Est. Els resultats obtinguts són poc concloents, ja que es pot observar una gran diversitat, però podríem dir que hi ha un rang de conductivitat, a excepció d'una mostra, d'entre els 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i els 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

7.4.5.3. Resultats de l'absorció

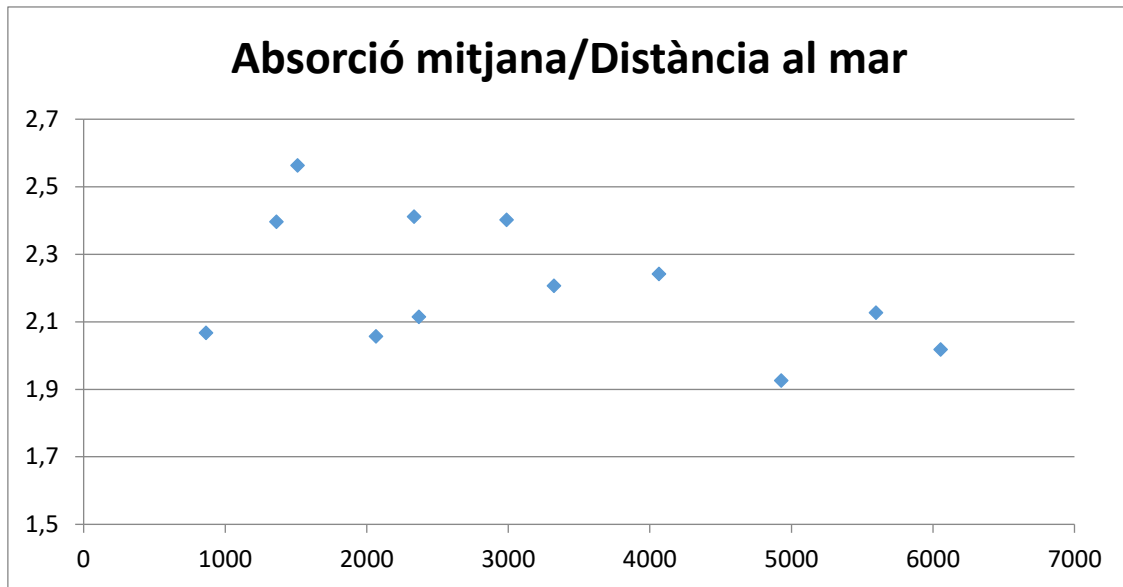


Figura 7.24: Relació entre l'absorció mitjana i la distància al mar.

La figura 7.24 és la interpretació de la mitjana de la longitud d'ona de l'absorció de la terbolesa de les mostres de terra respecte a la distància del riu, per tant quant més gran és el nivell d'absorció, més alta serà la terbolesa de la terra significant així que la mostra tindrà més argila. Descartant alguns punts es pot observar que quant més lluny del mar hagi estat agafada la mostra la seva mitjana d'absorció és menor així també el seu contingut d'argila, i que quant més a prop del mar, al contrari, més argila. Això vol dir que els camps situats més a prop del mar són sòls amb un gran nombre de petits porus que tenen una millor capacitat d'emmagatzematge i de retenció de l'aigua i tenen abundància de cations (Ca, Mg, K, etc.) sent així sols rics pel conreu.

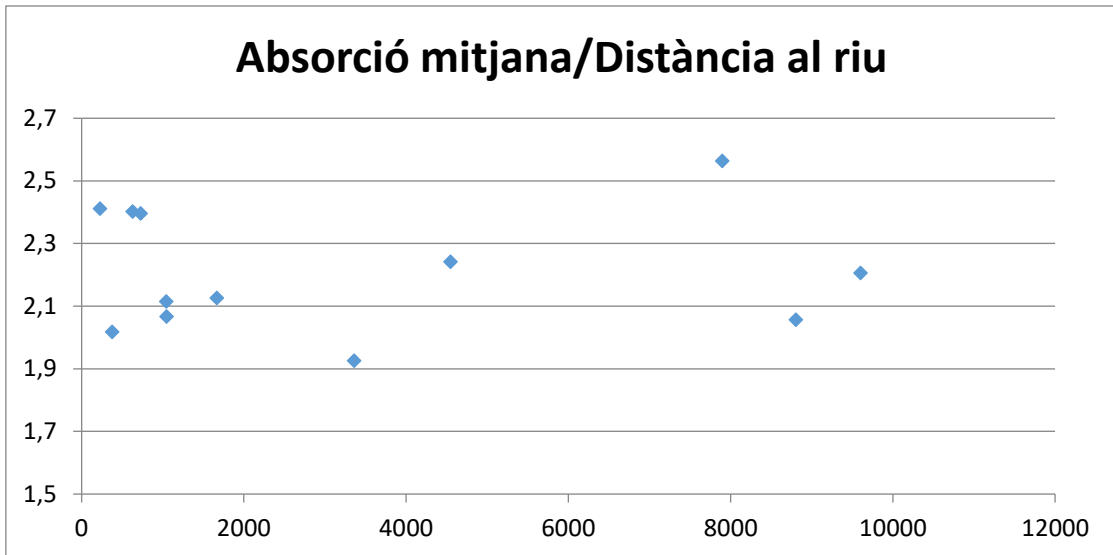


Figura 7.25: Relació entre l'absorció mitjana i la distància al mar.

Al igual que a la gràfica anterior, la figura 7.25, podem advertir la terbolesa de les mostres agafades respecte a la distància amb el riu i a diferència amb l'altre gràfica en aquesta no podem definir cap patró, ja que l'absorció, independentment de la seva distància respectiva al riu, és manté més o menys en el mateix rang.

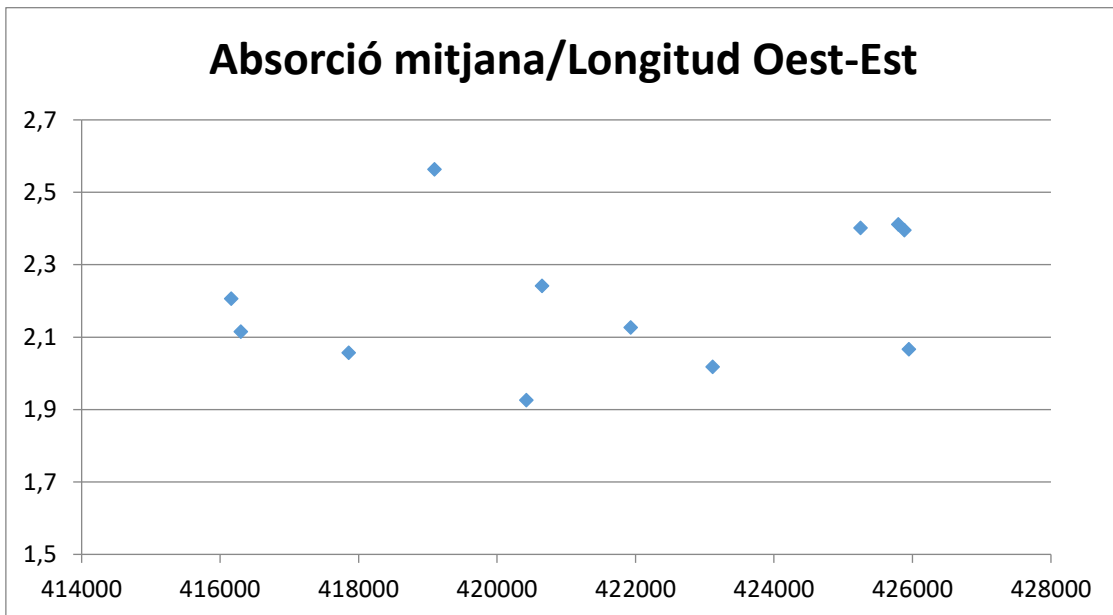


Figura 7.26: Relació entre l'absorció mitjana i la localització de les mostres d'Oest a Est.

La figura 7.26 és semblant a la 7.24, a diferència que aquesta és en relació amb la localització de les mostres d'Oest a Est, però té certa relació amb la gràfica 7.24 ja que aquesta, descartant certs punts, es pot observar un cert patró on analitzem que quant més cap a l'Oest menys terbolesa i per tant més argila i que a mesura que anem cap a l'Est (més a prop del mar) la terbolesa és més gran i per tant conté més argila.

8. Conclusió del treball i anàlisi dels resultats

Primer, faré un petit resum dels resultats obtinguts per poder explicar els objectius que s'han aconseguit:

Respecte al pH encara que a la germinació el percentatge de llavors germinades més alt era al medi de cultiu de pH bàsic i no hi ha diferències notables en la superfície foliar entre els diferents medis, amb la resta d'experiments hem observat que aquest pH es el menys adequat per a cultivar les carxofes doncs el creixement de les plantes és menor en comparació i els nivells de carotens són molt més baixos. Les conseqüències doncs de cultivar en un camp amb pH bàsic serien que tindríem una bona germinació perquè aquest pH facilita la solubilitat i absorció de fòsfor a la planta el qual forma l'àcid fític que és una de les font d'energia per a les llavors a l'hora de germinar, però aquest mateix pH dificulta l'absorció de ferro, manganès o de zinc, provocant una disminució en el creixement i en els nivells de carotens donant lloc a la clorosis. Arribant a la conclusió de que el pH òptim per a la carxofera és el neutre o alcalí, nivells que és donen a les mostres agafades del Parc Agrari del Baix Llobregat.

Respecte a la salinitat podem afirmar que una salinitat alta no tan sols afecta a la germinació sinó que provoca una disminució de la superfície foliar, un menor rendiment de creixement de la planta i hi ha un major nivell de carotenoides, tot això és degut a l'estrès osmòtic que pateix la planta on es veu afectada per la deshidratació i el tancament d'estomes de les fulles que provoquen un menor rendiment fotosintètic. Per tant podem concloure que la salinitat òptima per a un bon cultiu de carxofes es situa entre la salinitat control i la salinitat baixa i, al igual que en el cas del pH, son les condicions de salinitat que es donen a la gran majoria de camps del Parc Agrari del Baix Llobregat.

Segon, faré una valoració personal amb les expectatives que tenia i els agraïments:

Quan vaig començar el treball no estava segura de com aniria tot ja que un projecte d'aquest estil era nou per mi, al principi tenia algunes inseguretats i no sabia ben bé com organitzar tot allò que volia realitzar en aquest treball, però al final això no va suposar cap obstacle i poc a poc sense adonar-me'n el treball anava agafant forma. Cal destacar que allò que més por em feia era la gestió de dades i l'Excel i d'anàlisi estadística (Statistica 8.0), programa que havia utilitzat abans però no amb gaire determinació i que amb una gran ajuda per part de l'Albert, la meva germana i llargues hores a l'ordinador vaig aconseguir dominar.

Respecte al tema tractat, mica en mica em va anar agradant més i quant més profunditzava i més hem ficava de ple més ganes tenia de seguir treballant en ell, descobrir noves coses i veure

els resultats dels experiments, si que es veritat que des de ben petita m'ha agradat la natura i sempre em feia especial il·lusió fer-me càrrec de les plantes de casa o acompanyar als meus avis al camp, però a mida que anava fent el treball aquest interès ha anat augmentant, resultant ser un treball que m'ha aportat nous coneixements i que m'ha apropat una mica més al món de la investigació emprant el mètode científic i despertant un interès cap a la botànica i la recerca.

Finalment, voldria donar les gràcies a la meva germana, per tots els dubtes e inseguretats que m'ha ajudat a resoldre, al meu avi per interessar-se, acompanyar-me en el meu projecte i explicar-me anècdotes i el seu coneixement sobre el camp i el conreu i per últim, només hem queda agrair a l'Albert Montori la paciència que ha tingut amb mi, per implicar-se i participar com ho ha fet en aquest treball i tot el que m'ha ajudat al llarg d'aquests 8 mesos.

9. Bibliografia i Webgrafia

- Carlos Valero i Paloma de Pablo, "Botànica aplicada, nutrició vegetal" (consulta: 18 de Setembre 2016)
- Jorge Monza i Antonio Márquez, "El metabolismo del nitrogen a les plantes" (consulta: 18 de Setembre 2016)
- <http://www.diccionari.cat/>
- Botànica Online, "El cultivo de la alcachofa": <http://www.botanical-online.com/alcachofascultivo.htm#> (consulta: 20 d'Abril 2016)
- "El cultivo de la alcachofa": <http://www.elhuertourbano.net/hortalizas/el-cultivo-de-la-alcachofa/> (consulta: 20 d'Abril 2016)
- "Guía de cultivos para huertos urbanos": <http://www.dival.es/sites/default/files/medio-ambiente/Estudio2.pdf> (consulta: 20 d'Abril 2016)
- Josep Montasell i Dorda "La carxofa Prat": <http://www.raco.cat/index.php/QuadernsAgraris/article/viewFile/264442/352096> (consulta: 22 de Juny 2016)
- "La carxofera": <https://ca.wikipedia.org/wiki/Carxofera> (consulta: 22 de Juny 2016)
- Ramiro Gil Ortega, "Plagas, enfermedades y accidentes de la alcachofa": http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1999_2098.pdf (consulta: 31 de Juny 2016)
- "Abonado de la alcachofa, extracciones y dosis de nutrientes para la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasa": <http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/alcachofa/506-alcachofa-dosis-de-nutrientes-para-abonado-cultivo> (consulta: 31 de Juny 2016)
- Toda la agricultura en internet "El cultivo de la alcachofa": <http://www.infoagro.com/hortalizas/alcachofa.htm> (consulta: 12 de Juliol 2016)
- "Información nutricional de la alcachofa": <http://www.natursan.net/informacion-nutricional-alcachofa/> (consulta: 12 de Juliol 2016)
- Miguel Garcia Morato "Plagas, enfermedades y fisiopatías del cultivo de la alcachofa": <http://www.ivia.gva.es/documents/161862582/161863558/Plagas,%20enfermedades+y+fisiopat%C3%ADas+del+cultivo+de+la+alcachofa/5b07b799-0805-49a3-a27f-e4e550680036> (consulta: 12 de Juliol 2016)
- "Plagas, enfermedades y fisiopatías en el cultivo de la alcachofa": <http://articulos.infojardin.com/huerto/cultivo-alcachofa-alcachofas.htm> (consulta: 12 de Juliol 2016)
- Toda la agricultura en internet "Concepto de pH e importancia en fertirrigación": http://www.infoagro.com/abonos/pH_suelo.htm (consulta: 16 de Juliol de 2016)
- Juan José Ibáñez "El pH del suelo": <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/04/02/62776> (consulta: 16 de Juliol 2016)

- “Definición i origen de la salinidad”: <http://estaciones.ivia.es/definicion.html> (consulta: 16 de Juliol 2016)
- Erik Alejandro Mireles Ornelas “ Química de los alimentos”: <http://www.monografias.com/trabajos90/la-quimica-alimentos/la-quimica-alimentos.shtml#loscarotea> (consulta: 24 de Juliol 2016)
- Botánica Online, “Características de la clorofila”: <http://www.botanical-online.com/clorofila.htm> (consulta: 24 de Juliol 2016)
- “Tipos de clorofila, función i beneficios”: <https://www.clubensayos.com/Ciencia/TIPOS-DE-CLOROFILA-FUNCION-Y-BENEFICIOS/839133.html> (consulta: 24 de Juliol 2016)
- “Tres tipos de clorofilas”: <http://bueno-saber.com/aficiones-juegos-y-juguetes/ciencia-y-naturaleza/tres-tipos-de-clorofilas.php> (consulta: 24 de Juliol 2016)
- “ El pH de las plantas”: <http://www.agromatica.es/el-ph-de-las-plantas/> (consulta: 6 d’Agost 2016)
- Paula Santa Cruz “¿Cómo influye el pH en la vida de las plantas?”: http://www.ehowenespanol.com/influye-ph-vida-plantas-info_272076/ (consulta: 6 d’Agost 2016)
- Extensión de la Universidad de Illinois “Plantas y enfermedades: clorosis”: http://extension.illinois.edu/focus_sp/chlorosis.cfm (consulta: 6 d’Agost 2016)
- Gabriel Saavedra del Real, “Algunos efectos de la salinidad en el cultivo” http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292007000300006 (consulta: 8 d’Agost 2016)
- Miguel Calvo, “Bioquímica de los alimentós: carotenoides”: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/pigmentos/carotenoides.html> (consulta: 8 d’Agost 2016)
- “Efectos por salinidad en el desarrollo vegetativo”: http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v5n3/data/Efectos_por_salinidad_en_el_desarrollo_vegetativo.pdf (consulta: 11 d’Agost 2016)
- “Clorofila y pigmentos accesorios”: http://almez.pntic.mec.es/~jrem0000/dpbg/Fotosintesis/clorofila_y_pigmentos_accesorios.html (consulta: 11 d’Agost 2016)
- Botánica Online, “ Carotenoides”: <http://www.botanical-online.com/medicinalescarotenos.htm> (consulta: 11 d’Agost 2016)
- “Caroteno”: <https://www.ecured.cu/Caroteno> (consulta: 11 d’Agost 2016)
- “Carotenoides”: <http://www.sanutricion.org.ar/files/upload/files/carotenoides.pdf> (consulta: 11 d’Agost 2016)
- R. Moronta, R. Mora y E. Morales, “Respuesta de la microalga Chlorella sorokiniana al pH, salinidad y temperatura”: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182006000100003 (consulta: 26 d’Agost 2016)

- Noelia Hernández Ortiz, “El estrés en las plantas”:
http://pendientedemigracion.ucm.es/info/cvicente/seminarios/estres_hidrico.pdf (consulta: 26 d’Agost 2016)
- Juan José Ibañez, “Biodisponibilidad de los nutrientes por las plantas, pH del suelo y el complejo de cambio o absorbente”:
<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/05/09/65262S> (consulta: 26 d’Agost 2016)
- Pere Villar Mir, “Guia de la fertilitat dels sòls i la nutrició vegetal en producció integrada”:
<http://producciointegrada.cat/wp-content/uploads/2015/09/Guia-fertilitat.pdfSS> (consulta: 27 d’Agost 2016)
- “Función de los nutrientes en las plantas”:
http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=37SS (consulta: 27 d’Agost 2016)