



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola d'Enginyeria Agroalimentària
i de Biosistemes de Barcelona

**Estudi de l'efecte del reg amb aigües
tractades amb osmosi directa o no sobre
un cultiu d'enciam: rendiment agronòmic
i composició**

Treball final de grau

Enginyeria en Ciències Agronòmiques

Autor: Roc Balderstone Roumens

Tutores: Nuria Carazo

Mònica Blanco

07 / juliol / 2022

Resum

En els darrers anys hi hagut un gran increment de la demanda hídrica, tant en zones urbanes com en agrícoles, mentre que l'oferta s'ha mantingut igual o fins i tot, en alguns llocs, ha disminuït. L'increment de la població mundial any rere any sumada a la crisi climàtica en que vivim fa que aquest recurs sigui cada cop més escàs. Una de les possibles solucions a aquest problema es la utilització de les aigües residuals regenerades. La reutilització d'aquesta aigua es dona principalment en agricultura, però sobretot en espais verds com podrien ser parcs i jardins urbans, o fins i tot camps de golf.

L'objectiu principal del treball va ser avaluar els efectes de la utilització de diferents tipus d'aigües en el desenvolupament i creixement dels enciams, contingut de clorofil·les, contingut d'elements minerals com nitrats, potassi i calci, i també contingut de lípids i carbohidrats en un cultiu d'enciam varietat romana.

L'assaig es va realitzar al Parc UPC-Agropòlis de Viladecans dins d'hivernacle de vidre, amb cultiu fora sòl i ha durat un total 79 dies. S'han utilitzat tres tipus d'aigües/tractaments: 1) aigua del dipòsit de la finca, és a dir, aigua barreja de la recollida de la pluja i de pou , 2) aigua recollida del canal i 3) aigua sotmesa a un procés d'osmosi directe. L'aigua de canal és una barreja de diferents tipus d'aigua (regenerada, escolament, drenatge i pluja). Durant el temps de cultiu es va avaluar l'evolució del nombre de fulles i la longitud de la fulla més llarga. Després de la collita es va quantificar la biomassa, el contingut clorofil·lic i el contingut dels elements com nitrats, potassi i calci. En els laboratoris del centre d'investigació IDAEA-CSIC es va determinar el contingut de lípids i carbohidrats.

Es van detectar diferències significatives en el número de fulles per planta, però no en longitud de fulles ni en biomassa. En l'estudi del contingut de lípids no va haver-hi diferències significatives, però si en el cas dels carbohidrats.

Tampoc va haver-hi grans diferències pel que fa a la composició de clorofil·les. En el cas dels elements com nitrats, potassi i calci si que es van veure diferències significatives entre els tractaments.

Resumen

En los últimos años ha habido un gran incremento de la demanda hídrica, tanto en zonas urbanas como en agrícolas, mientras que la oferta se ha mantenido igual o incluso en algunos lugares ha disminuido. El incremento de la población mundial año tras año sumada a la crisis climática en la que vivimos hace que este recurso sea cada vez más escaso. Una de las posibles soluciones a este problema es la utilización de aguas residuales regeneradas. La reutilización de este agua se da principalmente en agricultura, pero sobre todo en espacios verdes como podrían ser parques y jardines urbanos, o incluso campos de golf.

El objetivo principal del trabajo fue evaluar los efectos de la utilización de diferentes tipos de aguas en el desarrollo y crecimiento de las lechugas, contenido de clorofilas, contenido de elementos minerales como nitratos, potasio y calcio, así como contenido de lípidos y carbohidratos en un cultivo de lechuga variedad romana.

El ensayo se realizó en el Parque UPC-Agropolis de Viladecans dentro de invernadero de vidrio, con cultivo fuera de suelo y ha durado un total 79 días. Se han utilizado tres tipos de aguas/tratamientos: 1) agua del depósito de la finca, es decir, agua mezcla de la recogida de la lluvia y de pozo, 2) agua recogida del canal y 3) agua sometida a un proceso de ósmosis directa. El agua de canal es una mezcla de diferentes tipos de agua (regenerada, escorrentía, drenaje y lluvia). Durante el tiempo de cultivo se evaluó la evolución del número de hojas y la longitud de la hoja más larga. Después de la cosecha se cuantificó la biomasa, el contenido clorofílico y el contenido de los elementos como nitratos, potasio y calcio. En los laboratorios del centro de investigación IDAEA-CSIC se determinó el contenido de lípidos y carbohidratos.

Se detectaron diferencias significativas en el número de hojas por planta pero no en longitud de hojas ni en biomasa. En el estudio del contenido de lípidos no hubo diferencias significativas, pero sí en el caso de los carbohidratos.

Tampoco hubo grandes diferencias en lo que se refiere a la composición de clorofilas. En el caso de elementos como nitratos, potasio y calcio sí que se vieron diferencias significativas entre los tratamientos.

Abstract

In recent years there has been a large increase in water demand, both in urban and agricultural areas, while supply has remained the same or even, in some places, decreased. The growing world population year after year coupled with the climate crisis we live in is making this resource increasingly scarce. One of the possible solutions to this problem is the use of regenerated wastewater. The reuse of this water occurs mainly in agriculture, but especially in green spaces such as parks and urban gardens, or even golf courses.

The main objective of the work was to evaluate the effects of the use of different types of water on the development and growth of lettuce, chlorophyll content, content of mineral elements such as nitrates, potassium and calcium, and also content of lipids and carbohydrates in a crop of Roman variety lettuce.

The test was carried out in the UPC-Agropòlis Park in Viladecans inside a glass greenhouse, with cultivation above ground and lasted a total of 79 days. Three types of water / treatments have been used: 1) water from the farm tank, ie mixed water from rain and well collection, 2) water collected from the canal and 3) water subjected to a direct osmosis process. Canal water is a mixture of different types of water (regenerated, runoff, drainage and rain). During the growing season, the evolution of the number of leaves and the length of the longest leaf were evaluated. After harvest, biomass, chlorophyll content and content of elements such as nitrates, potassium and calcium were quantified. The lipid and carbohydrate content was determined in the laboratories of the IDAEA-CSIC research center.

Significant differences were detected in the number of leaves per plant, but not in leaf length or biomass. There were no significant differences in the study of lipid content, but in the case of carbohydrates.

There were also no major differences in the composition of chlorophylls. In the case of elements such as nitrates, potassium and calcium, significant differences were seen between the treatments.

Sumari

1.	Introducció	11
1.1.	Interès en la utilització d'aigües regenerades	11
1.2.	Marc legal	13
1.3.	Aigua regenerada destinada al reg	14
1.4.	Antecedents i motivacions del treball	15
2.	Objectius	17
3.	Materials i mètodes	19
3.1.	Localització de l'estudi	19
3.2.	Material vegetal	20
3.3.	Tipus de contenidor	20
3.4.	Característiques del sòl i solució nutritiva	21
3.5.	Característiques de l'aigua de reg	23
3.6.	Duració i condicions del cultiu	25
3.7.	Creixement vegetal	31
3.8.	Determinació de la biomassa	32
3.8.1.	Pes fresc	33
3.8.2.	Pes sec	33
3.8.3.	Contingut hídic	34
3.9.	Determinació de contingut de nitrats, calci i potassi	34
3.9.1.	Importància del contingut de nitrats, calci i potassi	34
3.9.2.	Procediment de mesura	35
3.10.	Determinació de lípids i carbohidrats	36
3.10.1.	Preparació de les mostres	36
3.10.2.	Extracció de lípids i carbohidrats	37
3.10.3.	Quantificació del contingut de lípids i carbohidrats	39
3.11.	Determinació de clorofil·les	39
3.11.1.	Estimació de les clorofil·les amb l'aparell SPAD OPTI-SCIENCES CCM-200	39
3.11.2.	Extracció de clorofil·les	40
3.11.3.	Quantificació de les clorofil·les	42

	5
3.12. Tractament estadístic.....	43
4. RESULTATS _____	46
4.1. Creixement vegetal	46
4.2. Biomassa.....	49
4.3. Contingut de nitrats, calci i potassi	51
4.4. Contingut de lípids i carbohidrats	55
4.5. Composició de clorofil·les	57
4.5.1. Patrons de calibratge SPAD-clorofil·les.....	57
4.5.2. Determinació del contingut de clorofil·les segons la posició de la fulla.....	59
5. DISCUSSIÓ _____	64
5.1. Creixement vegetal	64
5.2. Determinació de la biomassa.....	65
5.3. Conitngut de nitrats, calci i potassi	65
5.4. Contingut de lípids i carbohidrats	66
5.5. Composició de clorofil·les	67
6. Conclusions _____	69
7. Bibliografia _____	71

Índex de figures

Figura 3-1. Ortofotomapa Agropolis	19
Figura 3-2. Plantes al primer dia de l'assaig	20
Figura 3-3. Tipus contenidor	20
Figura 3-4. Distribució dels tractaments	21
Figura 3-5. Preparació del substrat	22
Figura 3-6. Arena (50% de la composició final del substrat)	22
Figura 3-7. Substrat obtingut per la realització de l'assaig	22
Figura 3-8. Col·locació de la grava al fons del contenidor	22
Figura 3-9. Emmagatzematge dels tres tipus d'aigua utilitzada en l'assaig	23
Figura 3-10. Estació d'osmosis	24
Figura 3-11. Enciam sense lligar vs enciam lligat	29
Figura 3-12. Enciam lligat	29
Figura 3-13. Enciams al dia de la collita	29
Figura 3-14. Pes de ½ enciam	29
Figura 3-15. Fluorímetre CCM	30
Figura 3-16. Mostra de control	30
Figura 3-17. Mostres abans de ser col·locades a l'estufa	30
Figura 3-18. Mostres col·locades dins l'estufa per eliminar contingut d'aigua	30
Figura 3-19. Assaig 18/01	31
Figura 3-20. Assaig 14/02	31
Figura 3-21. Assaig 07/03	31
Figura 3-22. Assaig 05/04	31
Figura 3-23. Enciam amb 7 fulles	32
Figura 3-24. Mostra un cop assecada a l'estufa	33
Figura 3-25. Necrosi marginal (possible deficiència de calci)	34
Figura 3-26. Liquat de les fulles d'enciam	35
Figura 3-27. Sensors Laquatwin de mesura de nitrats, calci i potassi	36
Figura 3-29. Material sec centrifugat	37
Figura 3-28. Mostres de material sec	37
Figura 3-30. Introducció de la solució	38

	7
Figura 3-31. Addició de flux de Nitrogen per evaporar ajudar a l'evaporació de la solució	38
Figura 3.32 Pot/tub amb lípids adherits	39
Figura 3-33 Possible elecció de fulles; 1-Zona interior 2-Zona intermitja 3-Zona exterior	40
Figura 3-34. Extracció del material vegetal amb el trepasuro	41
Figura 3-36 Mostres preparades per deixar en repòs durant 48 hores a 4°C	41
Figura 3-35. Addició de N,N-dimetilformamida	41
Figura 3-37. Equip espectrofotòmetre	42
Figura 3-38. Mostra de dissolució	42
Figura 3-39. Mostres després de passar per l'estufa	43
Figura 4-1. Diagrama de caixa del número de fulles i longitud de fulla més llarga al dia de la collita	46
Figura 4-2. Evolució del número total de fulles segons el tractament aplicat	48
Figura 4-3. Evolució de la longitud de fulla més llarga segons el tractament aplicat	48
Figura 4-4. Diagrama de caixa del pes fresc total dels enciams segons el tractament aplicat	50
Figura 4-5. Diagrama de caixa del contingut hídric dels enciams segons el tipus de tractament aplicat	51
Figura 4-6. Diagrama de caixa del contingut de nitrats als enciams segons tractament aplicat i zona de la planta analitzada.	53
Figura 4-7. Diagrama de caixa del contingut de potassi als enciams segons tractament aplicat i zona de la planta analitzada.	54
Figura 4-8. Diagrama de caixa del contingut de calci als enciams segons tractament aplicat i zona de la planta analitzada.	55
Figura 4-9. Diagrama de caixa del contingut de lípids dels enciams segons el tipus de tractament aplicat	56
Figura 4-10. Diagrama de caixa del contingut de carbohidrats dels enciams segons el tipus de tractament aplicat	57
Figura 4-11. Gràfica de quantificació de clorofil·les A relacionades amb la lectura del CCM	58
Figura 4-12. Gràfica de quantificació de clorofil·les B relacionades amb la lectura del CCM	58
Figura 4-13. Gràfica de quantificació de clorofil·les TOTALS relacionades amb la lectura del CCM	59
Figura 4-14. Diagrama de caixa del contingut de clorofil·les a, b i totals segons la posició de la fulla de l'enciam i el tractament aplicat	61
Figura 4-15. Diagrama de caixa del contingut de clorofil·les a, b i totals segons la posició de la fulla de l'enciam i el tractament aplicat	62

Índex de taules

Taula 3.1 Característiques del sòl obtingut i característiques del sòl al cap de 2 mesos _____	21
Taula 3.2 Característiques dels 3 tipus de tractaments _____	24
Taula 3.3 Dosis de reg al llarg de l'assaig _____	25
Taula 3.4 Resultats prova de reg _____	27
Taula 3.5 Control de pH i conductivitat de l'aigua lixiviada _____	28
Taula 4.1 Número total de fulles i longitud de la fulla més llarga en el cultiu d'enciam segons el tipus de tractament aplicat _____	47
Taula 4.2 Biomassa final i contingut hídric de l'enciam segons el tractament aplicat _____	49
Taula 4.3 Contingut de nitrats, potassi i calci dels enciams segons el tractament aplicat _____	52
Taula 4.4 Contingut de lípids i carbohidrats en els enciams segons el tipus de tractament aplicat _____	56
Taula 4.5 Contingut de clorofil·les a segons la posició de la fulla i tractament aplicat _____	60
Taula 4.6 Contingut de clorofil·les b segons la posició de la fulla i tractament aplicat _____	60
Taula 4.7 Contingut de clorofil·les total segons la posició de la fulla i tractament aplicat _____	61

Agraïments

En primer lloc donar les gràcies a la meva tutora del treball, la Doctora Nuria Carazo i a la Mònica Blanco, que en tot moment m'han ajudat a la realització d'aquest tot el temps que ha pogut.

En segon lloc m'agradaria agrair a tot l'equip del Institut de Diagnosi Ambiental i Estudis de l'Aigua (IDEA-CSIC) i en especial a la Laura per la seva ajuda en la part experimental del treball i a la Yolanda en la part d'anàlisi i per resoldre qualsevol dubte que se m'ha plantejat, sobretot pel que fa a l'apartat d'anàlisi de les aigües utilitzades en l'assaig.

També donar gràcies al Miquel Masip per la tota la seva ajuda durant la fase experimental al Parc UPC-Agròpolis, on sempre que he necessitat una cop de mà o bé no he pogut assistir a l'hivernacle ell ha estat allà per fer la feina en qüestió. També donar les gràcies a l'Olga Gener pel seu recolzament al laboratori de l'EEABB.

INTRODUCCIÓ

1. Introducció

1.1. Interès en la utilització d'aigües regenerades

Comptar amb aigua suficient en quantitat i qualitat és un dels garants del futur del planeta, i per tant, de la subsistència de la humanitat. Aquest és un recurs limitat que el canvi climàtic està fent encara més escàs, sense que governs, empreses ni societat civil ho hagin posicionat entre les seves prioritats.

Sembla que creiem que, com sempre ha estat present a la Terra, ho continuarà estant encara que no fem res per protegir-la. Les previsions apunten que la població mundial es duplicarà en un segle, mentre que l'escassetat hídrica augmentarà, tant pels afectes del canvi climàtic com per aquesta demanda més gran de subministrament. A nivell mundial el sector amb més demanda d'aigua és l'agrícola amb aproximadament un 70% de les extraccions (FAO – AQUASTAT, 2012).

De fet, a Espanya, d'aquí a finals de segle, s'espera la reducció dels recursos hídrics del 25%, que arribarà fins a un 40% a algunes zones si no es prenen mesures. També es creu que pràcticament la meitat de la població mundial viurà en àrees d'alt estrès hídric de cara el 2030 (FAO, 2013)

Aquesta confluència de major demanda-menor disponibilitat podria portar-nos a un escenari insostenible, a una planeta a la vora del col·lapse. Evitar-ho requereix una presa de decisions urgent. I en aquesta línia, a la recentment celebrada COP26 (Conferència de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic) s'ha vist una rotunda petició de 10 grans organismes internacionals perquè es prioritzï una acció integrada per l'aigua i el clima.

La mà humana està posant l'aigua seriosament en perill, i paradoxalment, aquesta mateixa mà ja ha aconseguit desenvolupar tecnologia capaç de regenerar-la. D'aquesta manera ja estem en disposició de produir aigua a partir de fonts inesgotables sense alterar el medi ambient. Amb la ciència i la tècnica actuals, unides a les innovacions que vindran, podrem passar d'extractors a productors d'aigua dolça, augmentant fins i tot la quantitat global disponible al planeta.

El concepte de sostenibilitat ja no és suficient per assegurar el benestar del planeta i de les persones que hi viuen i viuran en ell. És necessari un canvi que transformi el desenvolupament sostenible en

desenvolupament regeneratiu. No es tracta només de mantenir allò existent, sinó també de regenerar, renovar i millorar-los amb les eines que ja tenim i les que desenvolupem. El dret al futur passa per no només conservar el planeta, sinó també, per millorar-lo.

La reutilització ha esdevingut una altra eina de planificació hídrica juntament amb els recursos convencionals i la dessalació. I gràcies a això s'està permetent incrementar els recursos hídrics disponibles, disminuir la pressió sobre altres fonts convencionals d'aigua reservant-les per a l'abastament, així com reduir els efectes negatius de les descàrregues d'aigües residuals al medi. (O'Connor et al., 2008; Calderón-Preciado et al., 2011, 2012; Zalacaín et al., 2019)

Espanya és el líder europeu en reutilització d'aigua, ja que és el país que produeix més volum d'aigua reutilitzada, i ocupa la cinquena posició a nivell mundial quant a capacitat de reutilització instal·lada. (Mujeriego, 1990, 2007; Melgarejo et al., 2015).

El 27% de les més de 2.000 estacions depuradores d'aigües residuals (EDAR) del nostre país estan preparades tecnològicament per oferir els tractaments terciaris que possibiliten la reutilització de l'aigua i s'estima que ja reutilitzem més de 400 hectòmetres cúbics a l'any, entre el 7 i el 13% de l'aigua residual tractada.

Les perspectives de creixement de la reutilització d'aigua són enormes a nivell mundial. De fet, algunes previsions apunten que el seu ús anirà en augment i fins i tot, en poc temps, el volum d'aigua reutilitzada al món podria sobrepassar el d'aigua dessalada. Els Estats Units, Singapur o Israel són exemples clars en què la reutilització d'aigua forma part integral dels seus recursos hídrics. De fet, a ciutats com Califòrnia se n'està plantejant l'ús com a recurs d'abastament.

En els darrers anys, països d'Àsia com la Xina o l'Índia, la reutilització, principalment d'aigües industrials però també a nivell municipal, s'estan convertint en una gran prioritat.

A Europa, a més d'Espanya, l'ús de la reutilització es concentra majoritàriament als països de la Conca Mediterrània: França, Itàlia, Grècia, Malta i Xipre. Curiós és el cas de Xipre, que reutilitza més del 90% de les aigües residuals, tot i que el volum d'aquesta és més baix que en altres països.

A països del nord i centre d'Europa, com Bèlgica, Regne Unit, Alemanya o Dinamarca, l'ús de la reutilització és menor i es concentra majoritàriament en l'àmbit industrial. (Associació Espanyola de Dessalació i Reutilització)

En resum, la reutilització de l'aigua ha adquirit un gran desenvolupament i una àmplia acceptació per a usos no potables des de la dècada dels 80, ja que ofereix recursos locals de qualitat, autosuficients i més fiables que els convencionals. En els propers anys s'espera un creixement exponencial, ja que ni el coneixement ni la tecnologia no són factors limitants.

1.2. Marc legal

El marc normatiu de la reutilització es compon de diferents nivells (Unió Europea, Estat espanyol i Generalitat de Catalunya). La reutilització d'aigües residuals depurades pot comportar diversos riscos per la salut humana i el medi ambient per això són requerides normatives que redueixen l'aparició d'aquests riscos. Per minimitzar aquests riscos cal que l'aigua reutilitzada compleixi amb determinats paràmetres que garanteixin una qualitat adequada.

- Legislació comunitària

La **Directiva 91/271/CEE** del Consell, de 21 de maig de 1991, sobre el tractament de les aigües residuals urbanes (DOCE, 1991). Compromet als Estats membres a vetllar perquè les multituds urbanes disposin d'un sistema de col·lectors adequats i un tractament adequat de les aigües residuals urbanes.

La **Directiva 2000/60/CE**, del Parlament i del Consell, de 23 d'octubre de 2000, per la qual es va establir una actuació en l'àmbit de la política d'aigües, ordena una estratègia per combatre la contaminació de les aigües (DOCE, 2000).

- Legislació espanyola

Reial Decret 907/2007, de 6 de juliol, pel qual s'aprova el Reglament de la Planificació Hidrològica (BOE, 2007). En aquest Reial Decret s'estableix que la planificació hidrològica es guiarà per criteris

de sostenibilitat en l'ús de l'aigua mitjançant la gestió integrada, la protecció a llarg termini dels recursos hídrics, i la prevenció del deteriorament de l'estat de les aigües, a fi de satisfer les demandes i incrementar la disponibilitat de recursos.

Reial Decret 1620/2007, de 7 de desembre, pel qual s'estableix el règim jurídic de la reutilització de les aigües depurades (BOE, 2007). Mitjançant aquest Reial Decret, el govern va donar compliment al mandat contingut a l'article 109 del text de la Llei d'aigües i va establir la regulació reglamentària per facilitar l'accés i l'ús de les aigües regenerades.

- Legislació catalana

Decret 84/2007, de 3 d'abril, d'adopció de mesures excepcionals i d'emergència en relació amb la utilització de recursos hídrics (DOGC, 2007).

1.3. Aigua regenerada destinada al reg

L'escassetat d'aigua fa que cada cop s'opti més per la utilització d'aigua regenerada per la irrigació de cultius i parcs urbans. (Bixio et al., 2006; Milano et al., 2012; Hurtado et al., 2016; Christou et al., 2017; Chekli et al., 2017). A més, aquestes aigües acostumen a portar grans quantitats de nutrients essencials. (Mujeriego, 1990; Calderón-Preciado et al., 2012; Romero-Trigueros et al., 2017; Poustie, 2020; Takeuchi y Tanaka, 2020).

Les plantes de tractament d'aigües residuals no eliminen per complet els agents contaminants i, per tant, la transmissió d'aquests agents pot ser present en les aigües que s'utilitzen per regar. (Ebele, 2017; Poustie, 2020).

L'altre problema de la reutilització d'aigües residuals és l'alta acumulació de sals presents en aquestes que a llarg termini queden retingudes al sòl i com a conseqüència pot provocar un alt nivell de conductivitat repercutint negativament en el rendiment dels cultius agrícoles. (Bunani et al., 2015, Nicolás et al., 2016; Suwaileh et al., 2019).

1.4. Antecedents i motivacions del treball

Aquest treball forma part del projecte europeu PRIMA (partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area) amb participació de diferents grups.

Un d'aquests grups d'investigació és el liderat pel Dr. Josep M. Bayona, de l'Institut de Diagnòstic Ambiental i Estudis de l'Aigua (IDAEA) del CSIC. En aquest grup d'investigació, des de fa uns anys, hi col·laboren professors de l'Escola d'Enginyeria Agroalimentària i de Biosistemes de Barcelona (EEABB). Els assajos de camp es duen a terme a l'Agròpolis-Parc UPC.

Durant els darrers anys l'equip del Dr. Bayona ha estudiat el impacte de contaminants orgànics en els cultius hortícoles amb la col·laboració de diferents alumnes de l'escola. (Calderón-Preciado et al., 2011a, 2011b, 2013; Hurtado et al., 2016, 2017 a,b; Margenat et al., 2017, 2018,2019, 2020; Matamoros y Franco, 2018; Cerqueira et al., 2019 a,b).

Aquest projecte conté el disseny i construcció d'una planta pilot d'osmosis directa acompanyada d'una membrana de nanofiltració que permet reduir al màxim la presència de xenobiòtics amb la finalitat que aquesta aigua sigui utilitzada en agricultura i així intentar poder millorar la qualitat de les aigües no convencionals (aigua regenerada).

La fabricació d'aquesta planta pilot va ser encarregada a l'empresa APRIA Systems i va ser col·locada a l'Agropòlis-Parc UPC al juliol del 2020. La campanya 2021 es va voler posar en marxa el nostre projecte però no va ser possible a causa de diferents problemes amb la planta. Després del intent de posar-la en marxa diversos cops finalment es va decidir realitzar l'assaig sense el tractament d'osmosi i només es va poder fer amb l'aigua de pou i canal. (Pérez et al., 2021).

La planta finalment es va poder posar en marxa a finals del 2021 i va ser possible fer l'assaig amb aigua procedent d'osmosi directa.

OBJECTIUS

2. Objectius

L'objectiu general d'aquest estudi és: avaluar les possibles diferències que hi pot haver en enciams regats amb tres tipus d'aigües diferents: 1) aigua de pou + pluja, 2) aigua del canal i 3) aigua del canal sotmesa a osmosi directa.

Per determinar l'efecte d'aquestes aigües sobre el conreu i assolir l'objectiu general ens plantejem els següents objectius específics:

- Determinar la biomassa final fresca i seca.
- Determinar el creixement vegetal associat a la longitud de fulles i numero d'aquestes per planta.
- Quantificar el contingut de clorofil·les.
- Valorar el contingut d'elements químics presents a la planta com ara de nitrats, calci i potassi.
- Valorar el contingut de lípids, carbohidrats i proteïnes.

MATERIALS I MÈTODES

3. Materials i mètodes

3.1. Localització de l'estudi

La part experimental va ser realitzada al camp de pràctiques de l'EEABB, "Parc-UPC Agropòlis" situat al Camí de les Filipines 110 (longitud 2°03_E, latitud 41°17_N) en el municipi de Viladecans a la comarca del Baix Llobregat.



Figura 3-1. Ortofotomapa Agropòlis

La part analítica va ser realitzada en els laboratoris de l'Escola d'Enginyeria Agroalimentària i de Biosistemes de Barcelona (EEABB) i al del Institut de Diagnòstic Ambiental i Estudis de l'Aigua (IDEA-CSIC).

Al laboratori de producció vegetal de l'EEABB es va determinar la biomassa del material vegetal. També va ser on es van analitzar els continguts de nitrats, potassi i calci.

Als laboratoris de centre d'investigació CSIC situat a la ciutat de Barcelona es van desenvolupar les tasques d'avaluació de continguts de lípids i carbohidrats.

3.2. Material vegetal

El material utilitzat per aquest treball va ser *Lactuca sativa* var. *Longifolia*, cv. 'Francesca'. El planter emprat per iniciar l'estudi va ser adquirit al viver de planters Claudi Casals. En el nostre assaig es van emprar un nombre de 40 plàntules de mida homogènia entre elles.

3.3. Tipus de contenidor

Per l'assaig es van utilitzar contenidors de vidre amb un capacitat de 2,5L (diàmetre =15 cm, altura=20 cm) i en forma d'embut a la part inferior (Figura 3-3) per tal de poder facilitar el drenatge. Es van fer servir 40 contenidors, 10 repeticions per tractament i una repetició més de les plantes tractades amb aigua de pou, doblada inicialment per tenir disponibilitat de planta i que va acabar sent una repetició més anomenada "pou b".



Figura 3-2. Plantes al primer dia de l'assaig



Figura 3-3. Tipus contenidor

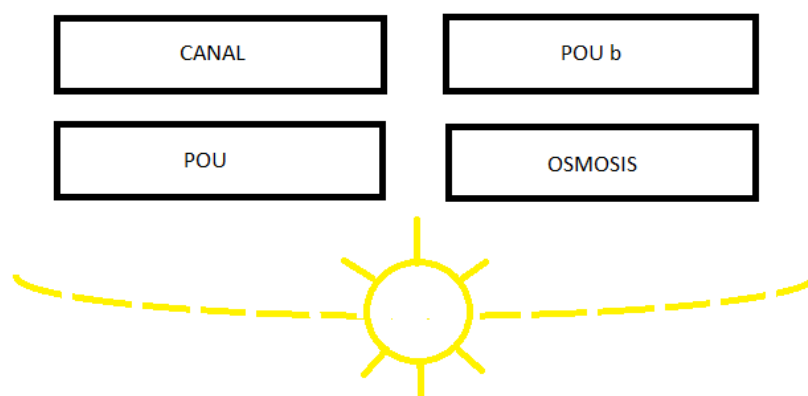


Figura 3-4. Distribució dels tractaments

3.4. Característiques del sòl i solució nutritiva

El sòl utilitzat en l'assaig està constituït per la mescla de 50% de sòl dels camps d'assaig de l'Agròpolis (longitud 2º03_E, latitud 41º17_N) ubicada a Viladecans i 50% arena fina. El sòl obtingut dels camps d'assaig es va fer passar per sedàs de 5mm amb l'objectiu d'eliminar elements grossers i partícules massa grans no desitjades per la realització de l'assaig.

Taula 3.1 Característiques del sòl obtingut i característiques del sòl al cap de 2 mesos

	SÒL OBTINGUT	POU 2 mesos	CANAL 2 mesos	OSMOSIS 2 mesos
pH	8,5	8,2	8,2	8,1
CE /dS/cm)	0,19	0,2	1,3	1
CARBONI ORGÀNIC(%sms)	0,5	0,61	0,6	0,66
NITROGEN (%sms)	0,07	0,07	0,08	0,09
FÒSFOR (mg/kg)	19,1	19,4	23,9	36,1
POTASSI (mg/kg sms)	264	116	88	313
CALCI (mg/kg sms)	5242	5170	5408	5141
SODI (mg/kg sms)	49	37	956	773
RELACIÓ C/N	6,72	8,85	7,46	7,16
ARGILA (%)	18,7	14,1	14,2	13,9
LLIM (%)	11,4	17	15	16,7
ARENA (%)	69,9	68,9	70,9	69,5

Podem observar que el pH es pot considerar basic. Aquests valors són alts ja que el interval òptim pels cultius està comprès entre 6,5-7,5 aproximadament. (MAPAMA)

Pel que fa a la conductivitat elèctrica (CE) estem en valors òptims. Cal fixar-nos en les mostres de sòl analitzades dos mesos després de començar l'assaig, s'observa que les repeticions tractades amb aigua de canal i osmosis han incrementat clarament el seu valor en CE.



Figura 3-5. Preparació del substrat



Figura 3-6. Arena (50% de la composició final del substrat)

Per poder realitzar un bon drenatge es va afegir una petita quantitat de grava al coll del contenidor (Figura 3-8) juntament amb un tros de malla fina perquè aquesta grava no taponés el pas de l'aigua.



Figura 3-7. Substrat obtingut per la realització de l'assaig



Figura 3-8. Col·locació de la grava al fons del contenidor

A cada un dels dipòsits d'aigua es va afegir una solució nutritiva, en concret la de Hoagland-Snyder (1933), on les quantitats de sals afegides per cada 1 litre d'aigua van ser:

- $\text{KNO}_3 \rightarrow 506 \text{ mg}$
- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow 820 \text{ mg}$
- $\text{KH}_2\text{PO}_4 \rightarrow 136 \text{ mg}$
- Tarssan (mix preparat de micronutrients) $\rightarrow 33,8 \text{ mg}$
- $\text{MgSO}_4 \rightarrow 222,9 \text{ mg}$

3.5. Característiques de l'aigua de reg

El reg utilitzat pels cultius va ser el del sistema de reg localitzat per degoteig.

Hem de posar èmfasi en aquest apartat ja que el que diferencia les tres repeticions de l'assaig és el tipus d'aigua amb el qual les plantes són regades.



Figura 3-9. Emmagatzematge dels tres tipus d'aigua utilitzada en l'assaig

Taula 3.2 Característiques dels 3 tipus de tractaments

AIGUA DE POU		AIGUA DE CANAL		AIGUA D'OSMOSIS	
PARAMETRES	RESULTATS	PARAMETRES	RESULTATS	PARAMETRES	RESULTATS
pH	7,24	pH	8,1	pH	8,08
CE (mS/cm)	0,0508	CE (mS/cm)	2,5	CE (mS/cm)	1,944
TOC (mg/L)	<2	TOC (mg/L)	12,6	TOC (mg/L)	4,82
NO3- (mg/L)	4,71	NO3- (mg/L)	22,62	NO3- (mg/L)	5,08
NO2- (mg/L)	<0,05	NO2- (mg/L)	0,342	NO2- (mg/L)	0,056
NH4+ (mg/L)	0,088	NH4+ (mg/L)	0,362	NH4+ (mg/L)	0,366
K (mg/L)	14,7	K (mg/L)	79,53	K (mg/L)	1226
COD (mg/L)	<50	COD (mg/L)	<50	COD (mg/L)	<50
SO42 (mg/L)	<40	SO42 (mg/L)	356,1	SO42 (mg/L)	85,2
P-PO43 (mg/L)	0,336	P-PO43 (mg/L)	0,422	P-PO43 (mg/L)	1,392
PO43 (mg/L)	1,029	PO43 (mg/L)	1,293	PO43 (mg/L)	4,268



Figura 3-10. Estació d'osmosis

L'osmosi directa utilitza un gradient de pressió osmòtica entre la dissolució d'arrossegament (la que més pressió osmòtica té), i la d'aliment o diluïda com a força impulsora per produir el flux d'aigua

mitjançant una membrana semipermeable. D'aquesta manera l'aigua flueix de forma natural des de la dissolució aliment cap a la dissolució d'arrossegament, obtenint una dissolució d'arrossegament diluïda al final del procés sense necessitat d'aplicar cap pressió externa a part de la necessària per moure el fluid a través de la membrana. Al ser un procés natural en què no cal aplicar altes pressions, el cost energètic esperat és menor que el de l'osmosi inversa. Aquí és on esdevé la principal avantatge d'aquesta tècnica. (Phillip et al., 2010).

Taula 3.3 Dosis de reg al llarg de l'assaig

DATA	DÍAS	DURACIÓ	FREQÜÈNCIA	AIGUA TOTAL/reg
17/01-07/02	22	2 minut	1 cada dos dies	60 ml/planta
08/02-20/02	13	2 minut	1 cada dia	60 ml/planta
21/02-05/04	44	3 minuts	2 cada dia (mati i tarda)	90 ml/planta

3.6. Duració i condicions del cultiu

La duració del cultiu va ser de 79 dies. A continuació es mostren les dates de control i quines feines s'hi van dur a terme durant cada una d'elles.

12/01/2022 PREPARACIÓ

Preparació del substrat previ al plantat. Neteja de les instal·lacions anteriors a la nostre prova.

Neteja de tots els contenidors dels assajos anteriors amb aigua i també les ampolles on cau la solució del lixiviat. Preparació del substrat per omplir els 40 contenidors.

Al coll del contenidor vam col·locar un grapat de grava per tal de millorar el drenatge en cas que fos necessari. També vam dipositar per sota d'aquesta, una reixeta de plàstic perquè no traspasessin les partícules més grosses i sobretot aquesta mateixa grava. Seguidament hem omplert els testos amb el substrat que conté el 50% de terra de camp passada pel sedàs per eliminar les partícules més grosses + 50% de arena.

Un cop tot mesclat i obtingut el substrat vam omplir 1,8 kg d'aquest a cada torreta.

18/01 PLANTACIÓ

Comprovació que el sistema de reg funcionés correctament. Vam tenir forces problemes ja que es van tenir que arreglar varies fugues i comprovar que la dosi de reg fos la correcta i tots els sectors bombegessin la mateixa quantitat d'aigua.

L'assaig es va dividir en 4 sectors (Taula 3.4), definits per la instal·lació de que disposem. A cada sector hi ha un total de 10 plantes. Un sector seria el de control que es fa servir la mateixa aigua utilitzada en el sector de reg amb aigua del dipòsit/pluja/pou. Un altre sector és regat amb l'aigua del canal i per últim tenim el quart sector regat amb aigua obtinguda a través d'un procés d'osmosi directa.

Les dosis de reg al principi de l'assaig van ser de 30 ml per planta cada dos dies, és a dir, 300 ml per sector.

Previ al plantat de les plàntules d'enciam varietat romana, vam abocar 250 ml d'aigua a cada una de les torretes de l'assaig per així comprovar que drenava correctament i també amb l'objectiu que s'omplissin els porus. Hi va haver torretes on el nivell de substrat va baixar dràsticament i vam tenir que afegir substrat i seguidament tornar a afegir 250 ml a cada una d'elles. Vam poder observar que a partir de la segona tongada d'aigua es van omplir els porus del substrat de totes les torretes i va començar a drenar aigua cap a les ampolles col·locades a sota dels contenidors.

Al cap d'una estona, quan l'aigua que sobrava havia drenat i el substrat no estava tant empapat d'aigua, vam introduir una plàntula a cada una de les torretes i es va fer el primer recosta de número de fulles i alçada de la plàntula. Abans de marxar es va realitzar un reg.

25/01- 14/03 MESURES 1 COP A LA SETMANA

21/03 A part de les mesures corresponents de numero de fulles i llargada d'aquestes, aquesta setmana també es va fer un control de reg. Vam observar que algunes plantes, pertanyents al mateix tipus de tractament, eren inferiors unes a les altres. La causa d'aquestes desviacions de creixement semblava ser la possible obturació d'alguns dels goters. Vam veure que les plantes que havien quedat més petites, és a dir, les que semblava que rebien menys aigua coincidia amb les que les ampolles de drenatge estaven més buides. Per això vam fer diferents proves amb reg automàtic recollint l'aigua que sortia dels goters. El resultat va ser el següent:

Taula 3.4 Resultats prova de reg

AIGUA POU	CONTROL REG(ml)
1	79
3	78
5	77
7	79
9	73
11	74
13	78
15	76
17	96
19	93

AIGUA OSMOSIS	CONTROL REG (ml)
21	102
23	80
25	81
27	86
29	83
31	85
33	65
35	69
37	86
39	80

AIGUA CANAL	CONTROL REG (ml)
2	81
4	84
6	84
8	82
10	83
12	68
14	82
16	83
18	82
20	76

CONTROL POU	CONTROL REG (ml)
22	82
24	77
26	77
28	78
30	77
32	90
34	78
36	84
38	76
40	75

Després de la comprovació del bon funcionament del reg vam concloure que aquest era força regular en tots els contenidors. La dosi correcta hauria de ser 90 ml per contenidor.

També vam aprofitar aquets mateix dia per fer neteja de l'aigua de lixiviat. Vam agafar 100 ml de mostra en la meitat d'ampolles de cada repetició. És a dir, un total de 5 mostres de cada una de les repeticions. Amb aquestes mostres vam fer controls de pH i conductivitat.

Taula 3.5 Control de pH i conductivitat de l'aigua lixiviada

Tractament	Mostra	pH	Conductivitat (mS/cm)	pH mig	CE mitja
POU	1	8,8	1,081	8,61 ± 0,34	1 ± 0,19
	5	8,01	1,249		
	9	8,72	0,916		
	13	8,7	1,021		
	17	8,83	0,736		
OSMOSI	21	8,13	7,7	8,44 ± 0,4	7,49 ± 1,7
	25	8,28	8,47		
	29	8,17	8,76		
	33	9,1	4,53		
	37	8,56	8,02		
CANAL	4	9,09	5,68	8,88 ± 0,95	7,94 ± 1,84
	8	8,48	7,67		
	12	8,13	10,82		
	16	8,24	7,98		
	20	10,46	7,59		
CONTROL POU	24	8,51	1,055	8,45 ± 0,34	0,83 ± 0,18
	28	8,29	0,868		
	32	8,27	0,879		
	36	8,18	0,813		
	40	9,03	0,543		

29/03 LLIGAR Els enciams comencen a cogollar i per tant s'han de lligar (Figures 3-11 i 3-12).



Figura 3-11. Enciam sense lligar vs enciam lligat



Figura 3.12. Enciam lligat

05/04 COLLITA Es van collir els enciams un per un. De cada enciam es van prendre les últimes mesures de longitud de fulla més llarga, el pes total de cada un d'ells i també el pes de la meitat aproximada (Figura 3-14), fracció destinada a l'anàlisi de l'EEABB.



Figura 3-13. Enciams al dia de la collita



Figura 3-14. Pes de ½ enciam

També es va fer una mesura de contingut de clorofil·les del material vegetal amb un CCM 200 plus (Opti Sciences)(Figura 3-15). Es van prendre tres mesures (Figura 3-16): una a la primera fulla desplegable, una altre a una fulla interna i la última a una fulla de l'interior del cabdell.



Figura 3-15. Fluorimetre CCM



Figura 3-16. Mostra de control

Un cop recopilada tota aquesta informació les mostres es van portar al laboratori del Campus UPC-Castelldefels per a realitzar les diferents proves. 6 dels 10 enciams de cada repetició es van posar a l'estufa durant 48 hores a 80°C (Figura 3-18), per valorar el contingut d'humitat de les mostres.



Figura 3-17. Mostres abans de ser col·locades a l'estufa



Figura 3-18. Mostres col·locades dins l'estufa per eliminar contingut d'aigua

Amb els 4 enciams restants de cada repetició es van fer controls de contingut de NO_3^- , Ca^{2+} i K^+ .

3.7. Creixement vegetal

Per veure l'evolució del creixement de les plantes es van observar i anotar els següents paràmetres.

a) número de fulles per planta i b) longitud de fulla més llarga. Les dades es van prendre un cop a la setmana al llarg de tot el procés de creixement.



Figura 3-19. Assaig 18/01



Figura 3-20. Assaig 14/02



Figura 3-21. Assaig 07/03



Figura 3-22. Assaig 05/04

a) Número de fulles

Es conten les fulles desenvolupades. A partir de la tercera-quarta setmana no es tenen en compte les fulles inferiors als 4 cm aproximadament, aquestes són les del centre de la planta . Per fer-ho fàcil és millor començar des del mig i anar contant en forma d'espiral cap a les fulles de fora.



Figura 3-23. Enciam amb 7 fulles

b) Longitud de la fulla més llarga

Es mesuren les fulles més llargues de cada planta. En les fases finals del procés aquest paràmetre varia molt poc en una setmana de diferència.

3.8.Determinació de la biomassa

Per fer l'estimació de la biomassa de les plantes es va determinar el pes fresc, el pes sec i el corresponent contingut hídic.

3.8.1. Pes fresc

Es van pesar les 10 plantes pertanyents a cada repetició. Es va fer a mesura que s'anaven collint una per una per tal d'evitar les pèrdues ja que les plantes un cop collides perden humitat, i per tant pes, molt ràpidament.

Es van prendre dues mesures, una de la planta sencera i l'altre d'una part inferior a la meitat de la planta, ja que l'altre meitat lleugerament superior de pes la necessitava el CSIC per poder dur a terme altres anàlisis. Aquesta fracció serà la que s'utilitzarà per valorar % de matèria seca i fer les analítiques.

3.8.2. Pes sec

El pes sec es va determinar en el laboratori de producció vegetal de l'EEABB. Es van assecar 6 plantes de cada repetició i les 4 restants es van fer servir per liquar el material per la obtenció de mostres per realitzar l'anàlisi d'elements químics presents en la planta.

El material va romandre a l'estufa durant 48 hores a una temperatura de 80°C.



Figura 3-24. Mostra un cop assecada a l'estufa

3.8.3. Contingut hídric

Per avaluar el contingut d'aigua de cada planta, es van relacionar els valors de pes fresc i pes sec de les mostres de ½ enciam.

Es calcula a partir de la següent equació:

$$\% \text{ Contingut hídric} = \frac{\text{Pes fresc (g)} - \text{Pes sec (g)}}{\text{Pes fresc (g)}} * 100$$

3.9. Determinació de contingut de nitrats, calci i potassi

3.9.1. Importància del contingut de nitrats, calci i potassi

El contingut de nitrats presents en la planta és un mesurador important a tenir en compte ja que pot afectar negativament la salut del consumidor en cas que es tracti de valors elevats. Les dosis màximes permeses han anat canviant al llarg del temps cap a una tendència a ser cada cop més exigents. (Renseigné et al., 2007)

El calci també és un element molt important a l'hora del correcte desenvolupament del cultiu. Aquest macroelement és l'encarregat d'activar i regular la divisió i allargament cel·lular. En conseqüència, resulta imprescindible pel desenvolupament d'òrgans de creixement com arrels, brots, fruits...la carència de calci es manifesta a la planta amb taques cloròtiques a les bores de les fulles (Figura 3-25).



Figura 3-25. Necrosi marginal (possible deficiència de calci)

Pel que fa al potassi és un altre element molt important ja que té un rol fonamental en l'obertura i tancament estomàtic, regulant l'absorció de CO_2 . També està involucrat en el transport de sucres i midó, manté la pressió de turgència de les cèl·lules i per tant també de la planta, i ajuda a l'absorció de Nitrogen i la síntesis de proteïnes.

Les plantes amb deficiència de potassi normalment mostren clorosis, seguida de necrosis al llarg de les bores de les fulles. Els símptomes s'acostumen a veure a les fulles més velles.

3.9.2. Procediment de mesura

Els sensors utilitzats per mesurar el contingut de nitrats, potassi i calci van ser els Laquatwin (Figura 3-27). S'han de calibrar amb solucions estàndard abans de procedir a les mesures corresponents. Un cop calibrats, vam liquar fragments de la part inferior de peciols i de fulla fins aconseguir que sortís 4-6 gotes de líquid (Figura 3-26) i el vam col·locar al sensor del mesurador. De cada enciam es van prendre dues mostres, una de la part madura, (zona intermitja de l'enciam, sà i verd) i una altre mostra de les fulles pertanyents a la zona més tendra o cabdell. Es mesura en aquestes dues parts de la fulla ja que el contingut, sobretot de nitrats, pot variar força.

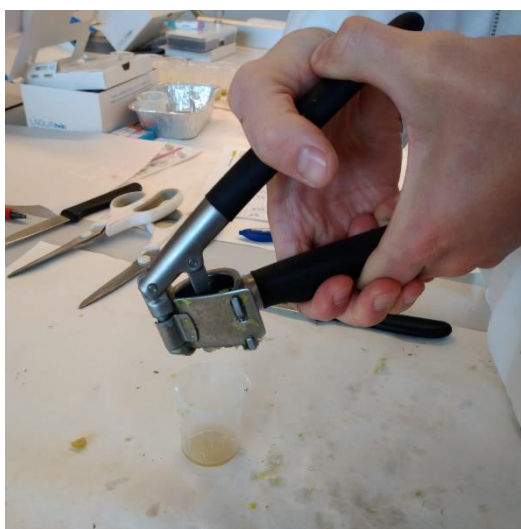


Figura 3-26. Lliquet de les fulles d'enciam



Figura 3-27. Sensors Laquatwin de mesura de nitrats, calci i potassi

3.10. Determinació de lípids i carbohidrats

Aquest anàlisi es va realitzar en dues fases, la primera de preparació del material vegetal en els vials es va fer al laboratori de l'EEABB. La segona fase d'analítica es va fer als laboratoris del centre d'investigació del CSIC a la ciutat de Barcelona.

3.10.1. Preparació de les mostres

Es van fer dues repeticions de cada mostra (48 vials). Recordar que de les 10 mostres només en quedaven 6 de pes sec pertanyents a cada un dels 3 tractaments i 6 de les repeticions extres (4 mostres de cada un d'ells havien sigut utilitzades per determinar els continguts dels macroelements).

Al laboratori de l'EEABB es va dipositar 300 mg de material sec homogeneïtzat i triturat al màxim possible a l'interior de cada un dels vials.

Per trinxar el material es va utilitzar una trituradora tipus "turmix" i es va pesar el material esmicolat en una balança de precisió.



Figura 3-28. Mostres de material sec



Figura 3-29. Material sec centrifugat

3.10.2. Extracció de lípids i carbohidrats

Un cop retirades les mostres de l'estufa es procedirà amb la extracció dels lípids i carbohidrats als laboratoris del CSIC.

A cada un dels vials es va afegir 15 ml de dissolvent etanol/hexà en proporció 1:1 (v/v). Seguidament es van passar els vials pel vòrtex durant 10 segons per homogeneïtzar les mostres abans de col·locar-les en un bany de ultrasons (Bandelin sonorex digiplus DL 156 BH) durant 15 minuts per facilitar l'extracció de lípids i carbohidrats. Un cop passats els 15 minuts es van passar els vials per la centrífuga a 2500 rpm durant 15 minuts més per ajudar a la decantació dels sòlids.

Es va utilitzar una xeringa per extreure dels vials la solució resultant de tots els processos descrits anteriorment per seguidament introduir-la cap uns pots més petits i passat pel filtre (Figura 3-30).

Un cop la solució havia sigut passada pel filtre i introduïda als pots, aquests es van col·locar sobre una placa de calor i es va aplicar flux de nitrogen per tal de facilitar l'evaporació (Figura 3-31).

Al cap de 45 minuts ja s'havia evaporat la solució líquida i només quedaven presents els lípids a la paret del pot de vidre i els carbohidrats al filtre .



Figura 3-30. Introducció de la solució

L'últim pas va ser pesar els pots i els filtres on hi havia els lípids i carbohidrats adherits a ells.

La diferència entre el pes dels pots i filtres que havíem pesat prèviament abans d'introduir la solució i el pes actual després de l'evaporació del material ens va donar el resultat de contingut de lípids i carbohidrats en mil·ligrams.

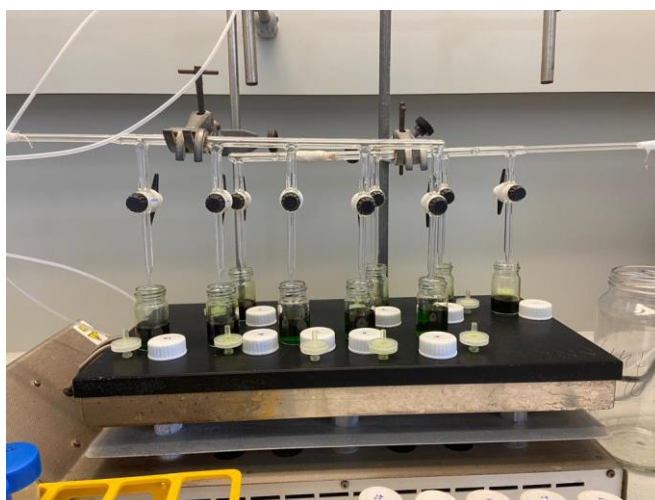


Figura 3-31. Addició de flux de Nitrogen per evaporar ajudar a l'evaporació de la solució

3.10.3. Quantificació del contingut de lípids i carbohidrats

Un cop sabem el pes inicial i final dels pots i el filtre, i també del material vegetal triturat afegit als vials es calcula el contingut de lípids i carbohidrats a través de la següent equació:

$$\% \text{ Lípids} = \frac{\text{Pes tub final(mg)} - \text{Pes tub inicial (mg)}}{\text{Material vegetal afegit (mg)}} * 100$$

$$\% \text{ Carbohidrats} = \frac{\text{Pes filtre final(mg)} - \text{Pes filtre inicial (mg)}}{\text{Material vegetal afegit (mg)}} * 100$$

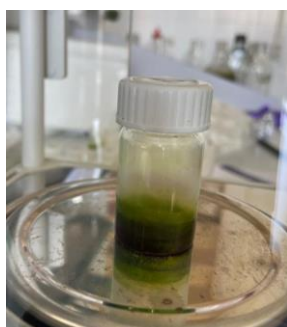


Figura 3.32 Pot/tub amb lípids adherits

3.11. Determinació de clorofil·les

3.11.1. Estimació de les clorofil·les amb l'aparell SPAD OPTI-SCIENCES CCM-200

a) Clorofil·les i plantes d'enciam experimental

L'estima de concentració de clorofil·les es va realitzar amb un CCM-200. Les lectures amb aquest aparell es van realitzar en tres fulles de diferents posicions dins del mateix enciam. L'objectiu era trobar tres punts amb diferents tonalitats de fulla, per tant, les tres posicions de mesura són exterior, mig i interior. De cada posició es va fer una lectura per tant van sortir 120 lectures total (40 enciams x 3 lectures per enciam).

Els valors obtinguts per aquest aparell són absorbàncies, que posteriorment es poden comparar amb valors obtinguts fent una extracció de clorofil·les i determinant-ne el seu contingut mitjançant tècniques espectrofotomètriques.

b) Clorofil·les i plantes d'enciams patró

Degut a que tot el material vegetal va ser tot utilitzat per determinar la biomassa, posteriorment es va adquirir al mercat enciams de la mateixa varietat per tal d'establir una relació entre els valors donats pel CCM i el contingut real de clorofil·les. Es van prendre valors d'absorbància en diferents parts de la fulla de l'enciam. Es van prendre 5 mesures en cada una de les fulles de diferents parts de l'enciam. Es van triar 3 fulles de cada un dels dos enciams. El criteri per escollir els fulles va ser una fulla exterior, una altre de la zona intermitja i una última de la zona interior (Figura 3-33).



Figura 3-33 Possible elecció de fulles; 1-Zona interior 2-Zona intermitja 3-Zona exterior

3.11.2. Extracció de clorofil·les

L'extracció de clorofil·les es va realitzar a partir de dues plantes d'enciam de la mateixa varietat que les de l'experiment.

Les mostres d'enciam tenien una àrea foliar de forma circular de $1,77 \text{ cm}^2$. Aquestes mostres van ser preses dins de les marques realitzades en el moment de fer els mesuraments òptics amb el CCM-200.

El procediment d'extracció del material vegetal es va fer amb un trepasuro, eina que aconsegueix treure les rodanxes de material vegetal de $1,77 \text{ cm}^2$ (Figura 3-34)



Figura 3-34. Extracció del material vegetal amb el trepasuro

Un cop es va anar extraient el material vegetal es va col·locar en els vials correctament enumerats i forrats amb paper d'alumini. Quan totes les mostres de material vegetal van ser col·locades dins del seu vial corresponent, es va afegir 5 ml de N,N-dimetilformamida en cada un dels vials.



Figura 3-35. Addició de N,N-dimetilformamida



Figura 3-36 Mostres preparades per deixar en repòs durant 48 hores a 4°C

Les mostres van romandre en repòs a la nevera durant 48 hores a 4°C, per tal d'obtenir una extracció completa.

3.11.3. Quantificació de les clorofil·les

Les 48 hores en refrigeració van fer que les clorofil·les es diluïssin en el N,N-dimetilformamida. Aquesta dissolució es va passar per l'espectrofotòmetre per mesurar l'absorbància a diferent longitud d'ona (647 nm i 664,5 nm).



Figura 3-37. Equip espectrofotòmetre

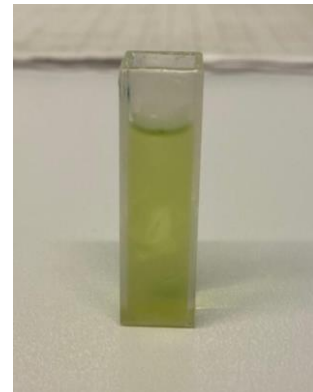


Figura 3-38. Mostra de dissolució

Aplicant els coeficients d'extinció proposats per Inskeep & Bloom (1985), es pot arribar a determinar la concentració de clorofil·la A, clorofil·la B i clorofil·la total en cada mostra.

$$\text{Clorofil·la A} = (12,70 * \text{Abs}_{664,5}) - (2,79 * \text{Abs}_{647})$$

$$\text{Clorofil·la B} = (20,70 * \text{Abs}_{647}) - (4,62 * \text{Abs}_{664,5})$$

$$\text{Clorofil·la total} = (17,90 * \text{Abs}_{647}) - (8,08 * \text{Abs}_{664,5})$$

Un cop mesurada l'absorbància es van treure les àrees foliars de l'estufa (Figura 3-39), on havien estat 48 hores a 60°C i es van pesar, per així poder expressa els resultats en mil·ligrams de clorofil·la per unitat de superfície.



Figura 3-39. Mostres després de passar per l'estufa

3.12. Tractament estadístic

El tractament estadístic es va realitzar amb el programa Minitab 18 per a Windows.

Es va fer l'anàlisi descriptiva i gràfica de les dades recollides i un estudi de l'evolució temporal de les variables en que fos possible com ara el creixement setmanal del numero de fulles per enciam i la seva longitud.

Es va realitzar l'anàlisi de variància ANOVA pels resultats obtinguts amb la finalitat de comprovar si hi havia diferències significatives entre els diferents tipus de tractament, o el que seria el mateix, saber si el tipus d'aigua utilitzada va tenir un efecte significatiu entre les diferents variables de l'enciam estudiades. Es va comprovar mitjançant la prova d'igualtat de variàncies si es podien assumir variàncies iguals o no.

Per a l'anàlisi de la variància s'ha utilitzat un nivell de significació del 5%. Quan es van detectar diferències significatives (p valor $< 0,05$) es va fer la prova de comparacions agrupant els resultats segons les similituds.

Es van assumir variàncies iguals en tots els casos i es va realitzar ANOVA i a continuació Tukey com a mètode de separació de mitjanes.

RESULTATS

4. RESULTATS

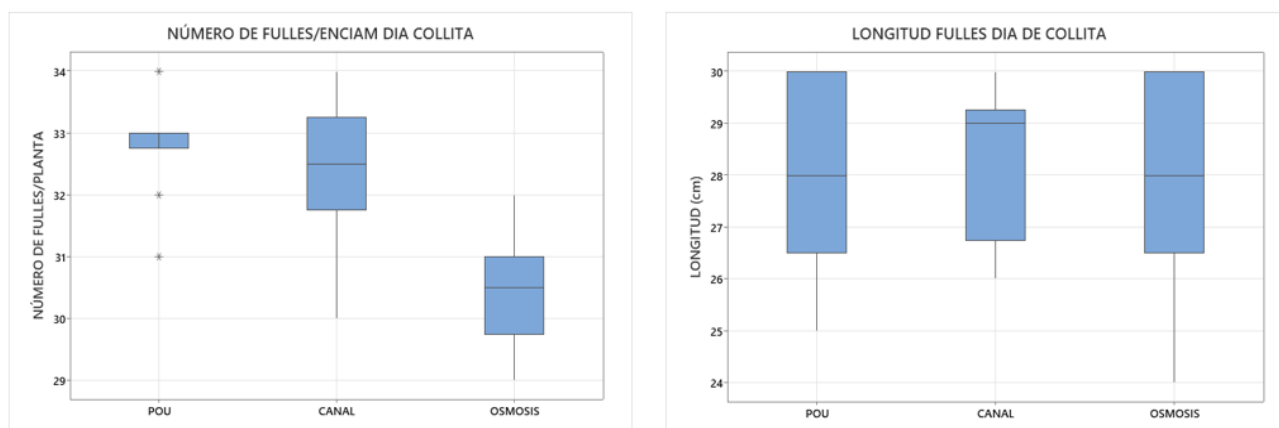
Per l'elaboració de resultats es van desestimar les 10 plantes anomenades "pou b" amb la finalitat de tenir uns resultats finals més representatius i que el doblament de plantes d'un tipus de tractament no afectés al resultat final de l'assaig.

4.1. Creixement vegetal

La recollida de dades de l'evolució del número de fulles per planta i del creixement de la fulla més llarga s'ha dut a terme tal i com s'explica a l'apartat 3.7 d'aquesta memòria.

En la figura 4-1. es mostra un resum de l'anàlisi descriptiu del número i longitud total de les fulles al dia de la collita.

Figura 4-1. Diagrama de caixa del número de fulles i longitud de fulla més llarga al dia de la collita



Pel que fa al número de fulles podem veure que les plantes tractades amb aigua de pou i de canal tenen més fulles que les plantes tractades amb aigua d'osmosi. Es pot observar que les plantes tractades amb aigua de pou contenen valors atípics, això es degut que moltes plantes d'aquest tractament tenen un número de fulles al voltant de 33 fulles, per tant els valors que es desvien una mica es converteixen en valors atípics.

Taula 4.1 Número total de fulles i longitud de la fulla més llarga en el cultiu d'enciam segons el tipus de tractament aplicat

TRACTAMENT	NÚMERO TOTAL DE FULLES	LONGITUD FULLA MÉS LLARGA (cm)
POU	32,8 ± 0,789 ^a	28 ± 1,886 ^a
CANAL	32,4 ± 1,265 ^a	28,3 ± 1,494 ^a
OSMOSI	30,4 ± 0,966 ^b	27,9 ± 2,079 ^a

Les dades s'expressen com mitjana ± DE. Les lletres en superfície mostren la informació d'agrupació, utilitzant el mètode Tukey amb un nivell de significació del 5%. Les mitjanes que tenen la mateixa lletra no són significativament diferents

Els resultats mostren que les plantes tractades amb aigua d'osmosi són significativament diferents a altres dos tractaments, tenint una número total de fulles inferior.

En relació a la longitud de la fulla més llarga al dia de la collita vam poder observar que totes les plantes tenien unes mides més o menys semblants i ho podem veure reflectit a la taula 4.1 on la mitjana en els 3 tractaments és de 28 centímetres de longitud aproximadament.

Realitzant ANOVA amb un p-valor molt elevat (0,855) i podem afirmar que no hi ha diferències significatives en els valors de longitud de fulla més llarga el dia de la collita.

Les figures 4-2 i 4-3 mostren l'evolució setmanal del creixement del número total de fulles i la seva longitud.

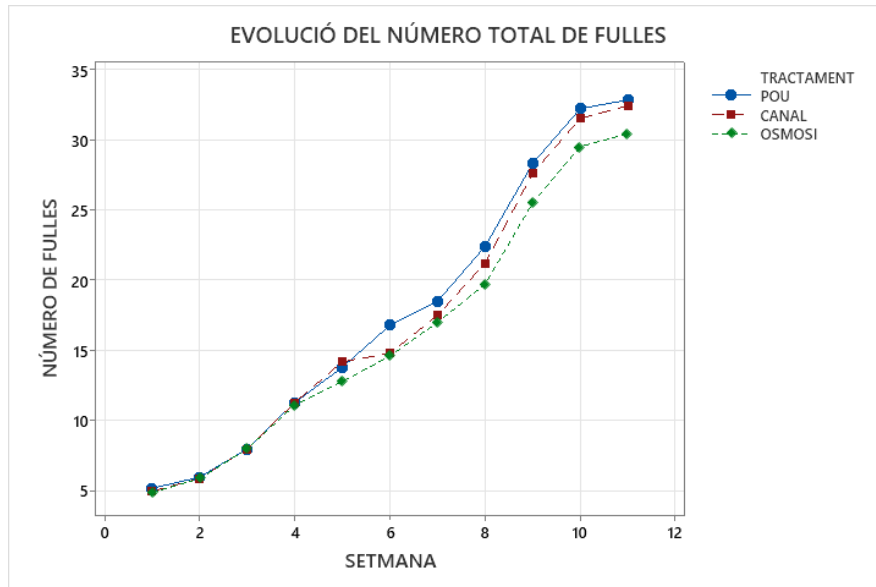


Figura 4-2. Evolució del número total de fulles segons el tractament aplicat

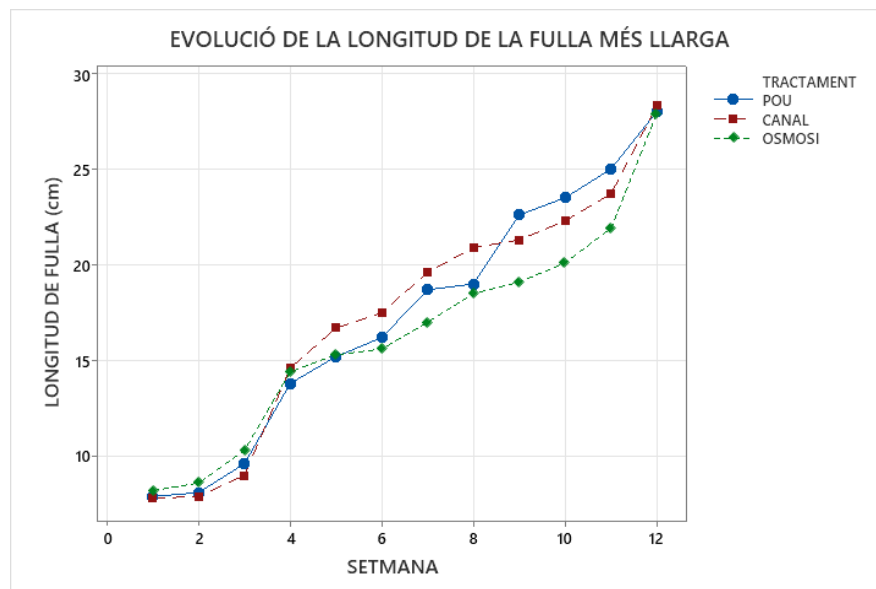


Figura 4-3. Evolució de la longitud de fulla més llarga segons el tractament aplicat

A la figura 4-2 podem veure que la diferenciació del número de fulles per planta es va començar a notar a partir de la setmana 5 on les plantes regades amb aigua sotmesa a un procés d'osmosi es comença a percebre un menor número de fulles en elles. Tot i això també s'observa que a partir de la setmana 7 aquest nombre de fulles tendeix a estabilitzar-se en els tres tipus de tractament i segueix una evolució similar les 5 setmanes restants d'assaig.

Pel que a l'evolució de la fulla més llarga (figura 4-3) també es pot veure com la diferenciació entre els diferents tipus de tractament es comença a notar a partir de la setmana 5, on igual que en el cas de número de fulles total, les repeticions tractades amb aigua d'osmosi es comencen a quedar enrederides respecte als altres dos tractaments. Als tractaments pou i canal el número de fulles i llargada d'aquestes fins la darrera setmana són superiors a les plantes tractades amb aigua d'osmosi.

4.2. Biomassa

En la determinació de la biomassa només s'ha tingut en compte la part comestible, és a dir, la part aèria, desestimant la part radicular.

A la taula 4.2 l'anàlisi estadístic ens mostra que no existeixen diferències significatives entre tractaments.

Taula 4.2 Biomassa final i contingut hídric de l'enciam segons el tractament aplicat

TRACTAMENT	PES FRESC (g)	PES SEC (g)	CONTINGUT HÍDRIC
POU	306,17 ± 29,52 ^a	23,370 ± 2,253 ^a	92,367 ± 0,996 ^a
CANAL	330,3 ± 35 ^a	24,451 ± 2,591 ^a	92,597 ± 0,753 ^a
OSMOSI	298,1 ± 55,7 ^a	23,07 ± 4,31 ^a	92,258 ± 0,518 ^a

Les dades s'expressen com mitjana ± DE. Les lletres en superfície mostren la informació d'agrupació, utilitzant el mètode Tukey amb un nivell de significació del 5%. Les mitjanes que tenen la mateixa lletra no són significativament diferents

4.2.1 Pes fresc

Vam poder concloure que s'estava seguint la tònica descrita en l'anterior apartat, on veiem que aquests dos tipus de tractament també són els que predominen en el nombre de fulles i la longitud de fulla més llarga. S'observa que hi ha un valor atípic en el tractament d'osmosi. Aquest valor fa referència a una planta que durant pràcticament tot l'assaig va quedar per sota de la resta, es va comprovar que aquell contenidor no lixiviava de la mateixa manera que la resta i per tant es va concloure que segurament en aquella planta hi havia un problema amb el goter i la planta no rebia la mateixa dosi d'aigua que la resta.

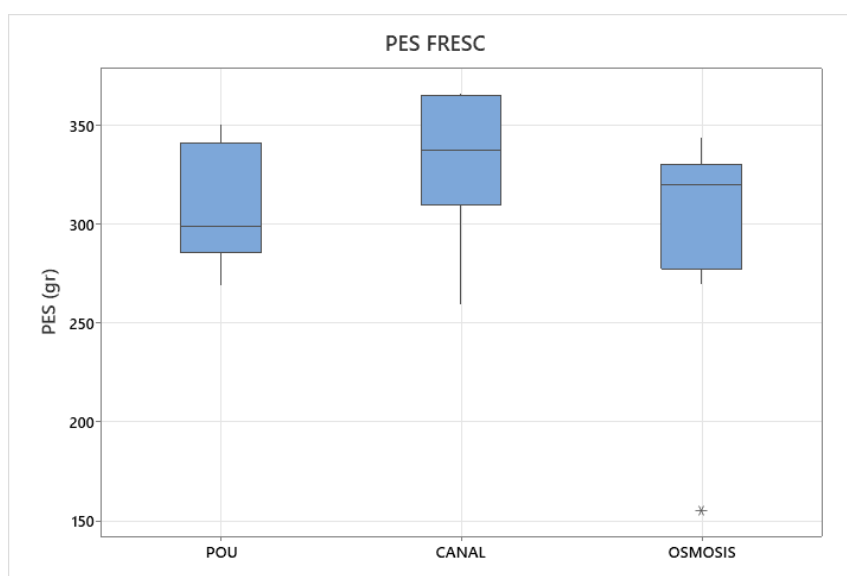


Figura 4-4. Diagrama de caixa del pes fresc total dels enciams segons el tractament aplicat

4.2.2 Pes sec

Després de collir i pesar, els enciams es van partir en dues parts no iguals per les diferents valoracions. El valor del pes sec de la nostra fracció ens va permetre calcular el contingut d'humitat i estimar el pes sec de cada enciam collit (taula 4.2).

4.2.3 Contingut hídric

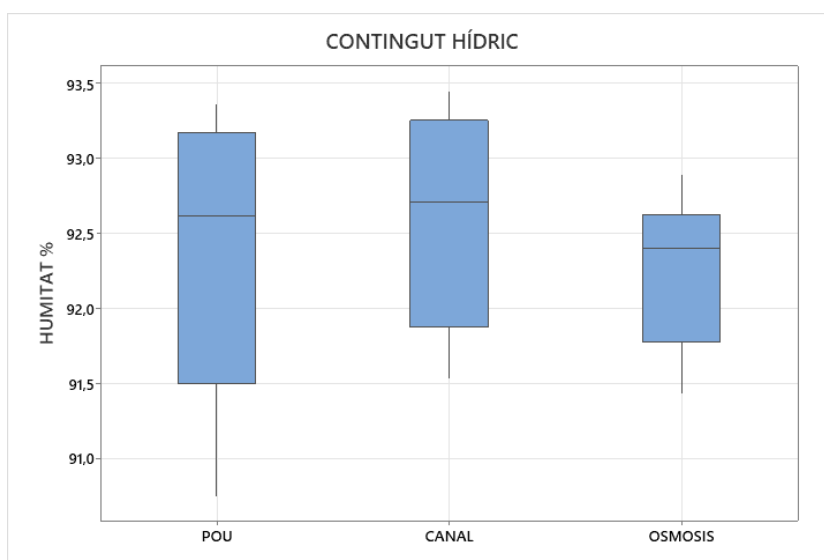


Figura 4-5. Diagrama de caixa del contingut hídric dels enciams segons el tipus de tractament aplicat

En la figura 4-5. s'observa que el contingut d'humitat mig es molt semblant en tots els tractaments. Es pot afirmar veient el anàlisi de variàncies ANOVA i el p-valor = 0,6 > 0,05, que no hi ha diferències significatives entre els tres tractaments amb un valor d'un 92,5% d'humitat.

4.3. Contingut de nitrats, calci i potassi

Recordar que de cada enciam es van prendre dues mostres, una de la part madura, és a dir, la zona intermitja de l'enciam, i una altre mostra de les fulles pertanyents a la zona més tendra o cabdell. Es mesura en aquestes dues parts de la fulla ja que el contingut, sobretot de nitrats, pot variar força.

En la taula 4.3 podem veure el contingut de nitrats, potassi i calci als tres tractaments de l'estudi. Es pot observar que en els 3 casos hi ha diferències d'aquests en els 3 tractaments, però amb patró de comportament diferent pel nitrat que pel potassi i calci.

Taula 4.3 Contingut de nitrats, potassi i calci dels enciams segons el tractament aplicat

TRACTAMENT	NITRATS	POTASSI	CALCI
POU FULLA EXTERIOR	457,5 ± 190 ^c	1010 ± 147,4 ^c	46,5 ± 5,97 ^{bc}
POU FULLA INTERIOR	575 ± 210 ^c	965 ± 97,5 ^c	34,25 ± 8,5 ^c
CANAL FULLA EXTERIOR	688 ± 254 ^c	1475 ± 125,8 ^{ab}	87,25 ± 17,39 ^a
CANAL FULLA INTERIOR	748 ± 281 ^c	1080 ± 179,6 ^c	51 ± 15,16 ^{bc}
OSMOSIS FULLA EXTERIOR	1263 ± 243 ^b	1750 ± 100 ^a	70,5 ± 19,36 ^{ab}
OSMOSIS FULLA INTERIOR	1825 ± 170,8 ^a	1400 ± 81,6 ^b	35,75 ± 10,47 ^c

Les dades s'expressen com mitjana ± DE. Les lletres en superfície mostren la informació d'agrupació, utilitzant el mètode Tukey amb un nivell de significació del 5%. Les mitjanes que tenen la mateixa lletra no són significativament diferents.

En les figures 4-6, 4-7 i 4-8 es veuen representats els nivells de nitrats, potassi i calci en les plantes segons el tipus de tractament que se'ls li ha realitzat i la localització de la fulla.

En la figura 4-6. es pot apreciar que les plantes tractades amb aigua d'osmosi són les que contenen major nivell de nitrats amb una diferenciació clara respecte els altres tractaments. També es pot observar que en tots els casos hi ha tendència a tenir un major contingut de nitrats en la part interior de la planta que no pas a les zones més llunyanes al cabdell, arribant a ser significatiu en el tractament d'aigua d'osmosi.

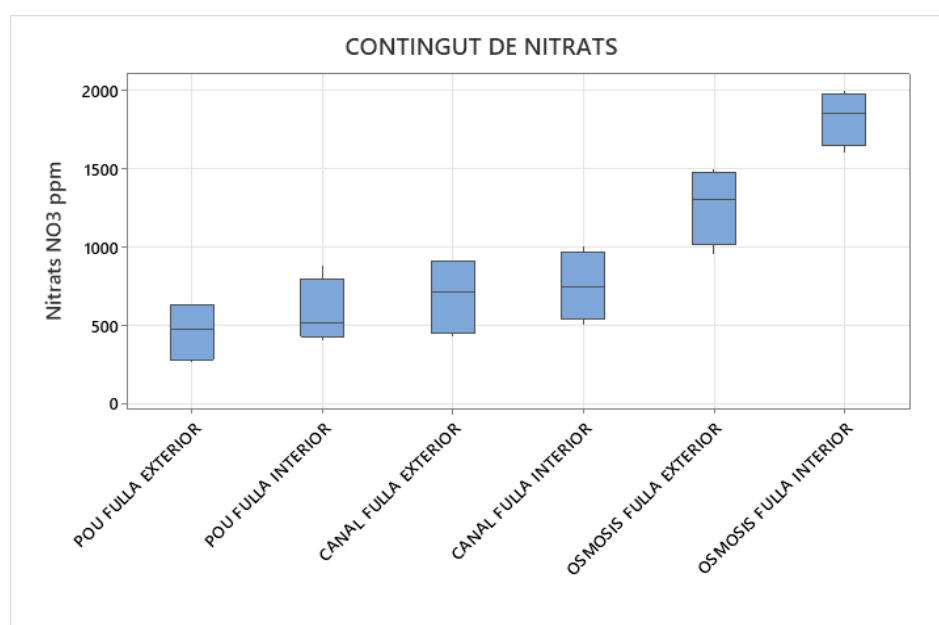


Figura 4-6. Diagrama de caixa del contingut de nitrats als enciams segons tractament aplicat i zona de la planta analitzada.

La figura 4-7. mostra el contingut de potassi en les plantes segons els diferents tractaments i s'observa que les plantes que presenten valors majors d'aquest element també són les tractades amb aigua d'osmosi.

Pel potassi és a la zona intermitja (fulla exterior) de l'enciam on el contingut és major que a la zona del cabdell. Això es dona als 3 tractaments.

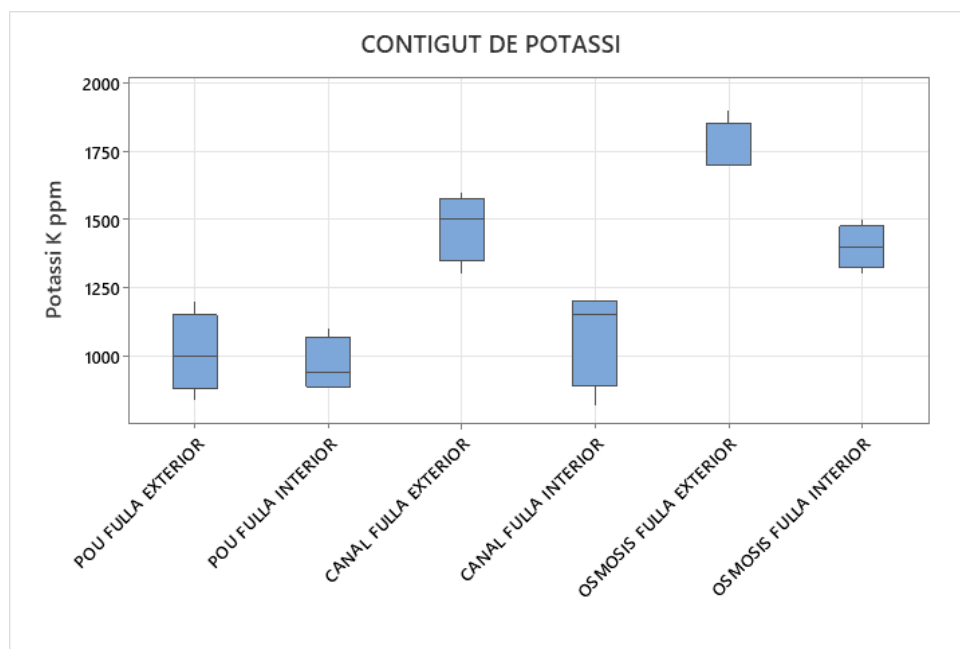


Figura 4-7. Diagrama de caixa del contingut de potassi als enciams segons tractament aplicat i zona de la planta analitzada.

La figura 4-8. mostra el contingut de calci en les plantes i es pot veure clarament que el tractament d'aigua de canal és el que té majors continguts. Les fulles exteriors tractades amb aigua de canal són significativament diferent a la resta de tractaments menys amb les fulles exteriors d'osmosi on es dona el cas que aquesta diferència no és significativa.

Com en el cas del potassi, les fulles exteriors de les plantes tractades amb aigua de canal i osmosi presenten majors nivells de calci que no pas les fulles més interiors. En el cas de les plantes tractades amb aigua de pou aquestes diferències entre fulla exterior i interior no són significatives pel que fa a contingut de calci.

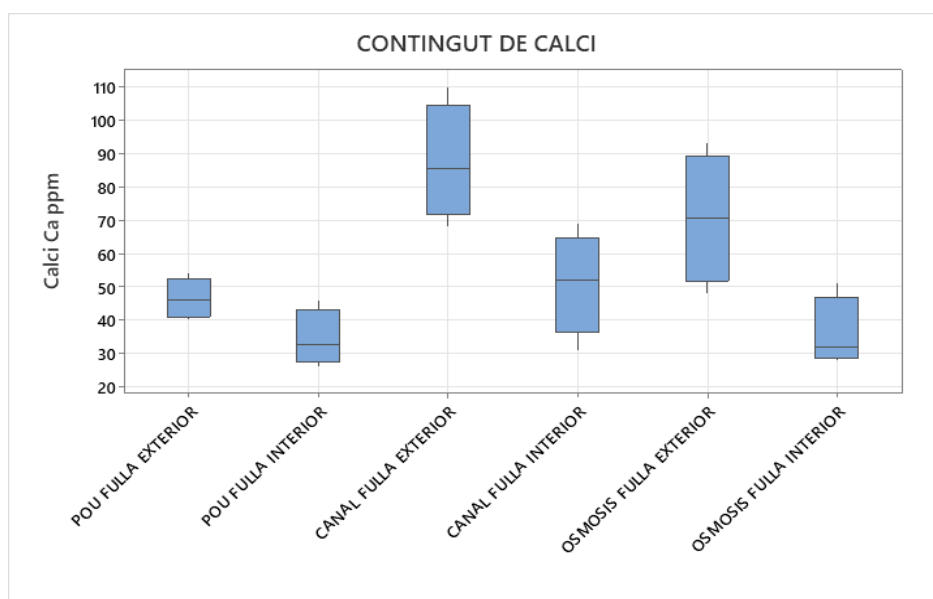


Figura 4-8. Diagrama de caixa del contingut de calci als enciams segons tractament aplicat i zona de la planta analitzada.

4.4. Contingut de lípids i carbohidrats

En la taula 4.4 podem observar els resultats dels valors mitjos i les desviacions estàndards del contingut de lípids i carbohidrats segons el tractament aplicat.

En l'anàlisi estadística del contingut de lípids es pot comprovar que no hi ha diferències significatives entre els diferents tipus de tractament.

Pel que fa al contingut de carbohidrats les plantes tractades amb aigua d'osmosi són les que tenen les concentracions més altes d'aquestes biomolècules. En aquest cas hi apareixen diferències significatives entre els 3 tractaments ja que l'anàlisi ANOVA vam obtenir un p-valor de 0,015. La diferència és entre pou i osmosi.

Taula 4.4 Contingut de lípids i carbohidrats en els enciams segons el tipus de tractament aplicat

TRACTAMENT	LÍPIDS (%)	CARBOHIDRATS (%)
POU	3,517 ± 0,882 ^a	1,425 ± 0,655 ^b
CANAL	3,844 ± 1,075 ^a	2,094 ± 0,871 ^{ab}
OSMOSI	3,547 ± 1,320 ^a	2,469 ± 0,965 ^a

Les dades s'expressen com mitjana ± DE. Les lletres en superfície mostren la informació d'agrupació, utilitzant el mètode Tukey amb un nivell de significació del 5%. Les mitjanes que tenen la mateixa lletra no són significativament diferents

En la figura 4-9. s'observa el percentatge de contingut de lípids resultant dels 3 tractaments i on veiem que tots tenen un valors mitjos molt semblants entre ells i que per tant no hi ha cap diferència significativa entre els diferents tractaments.

Esmentar que no apareixen valors atípics en els resultats obtinguts.

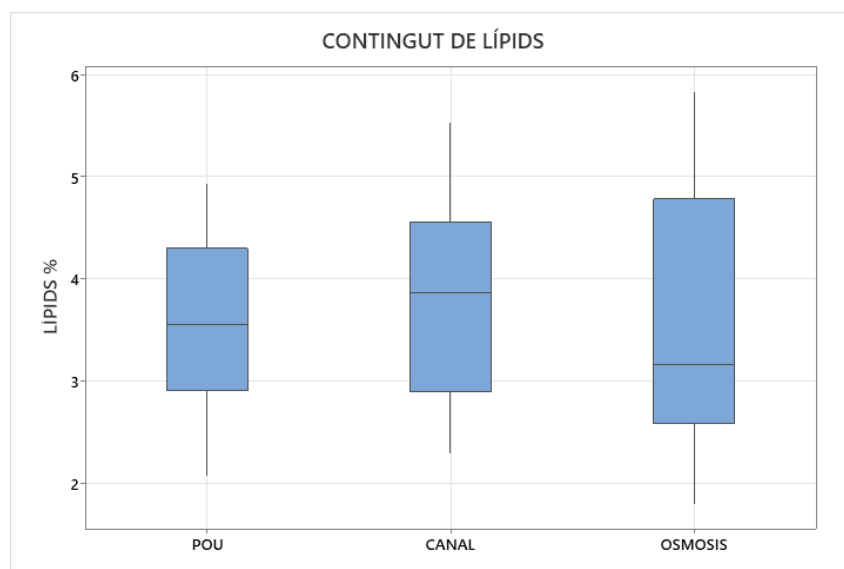


Figura 4-9. Diagrama de caixa del contingut de lípids dels enciams segons el tipus de tractament aplicat

En la figura 4-10. es representen els percentatges en contingut de carbohidrats dels diferents tipus de tractaments. En aquest cas si que es pot observar una clara diferència entre els diferents tipus de tractaments. Les plantes tractades amb aigua d'osmosi són les que tenen un valor mig més alt.

En els tres tractaments apareix algun valor atípic.

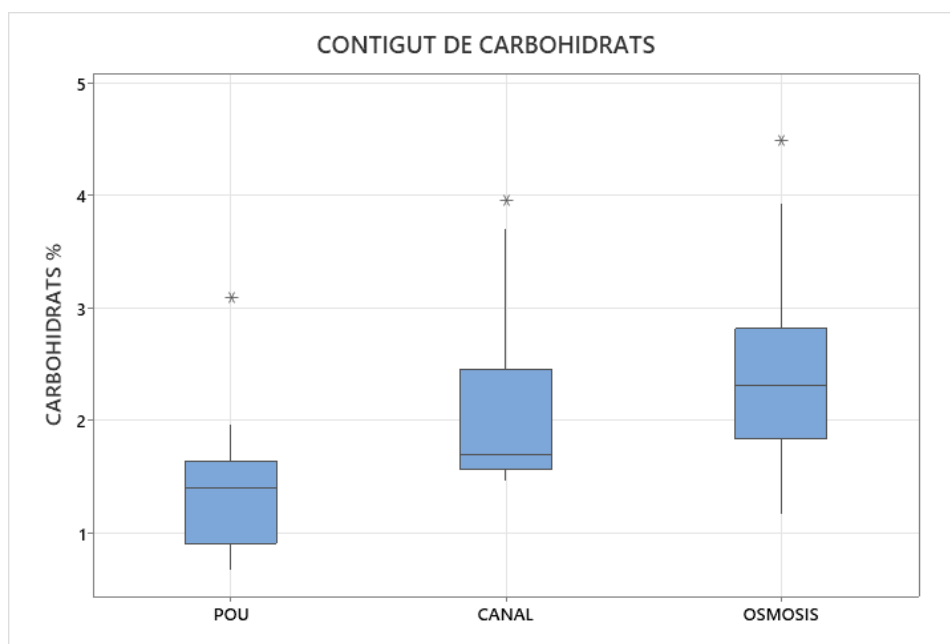


Figura 4-10. Diagrama de caixa del contingut de carbohidrats dels enciams segons el tipus de tractament aplicat

4.5. Composició de clorofil·les

4.5.1. Patrons de calibratge SPAD-clorofil·les

Per poder relacionar directament el contingut de clorofil·les de les diferents mostres procedents dels tres tractaments del nostre assaig amb els valors estimats mitjançant les mesures amb el CCM es van obtenir els patrons de calibratge que relacionen la concentració de clorofil·la de les mostres patró, a partir de l'extracció per tècniques espectrofotomètriques, amb la lectura corresponent del CCM.

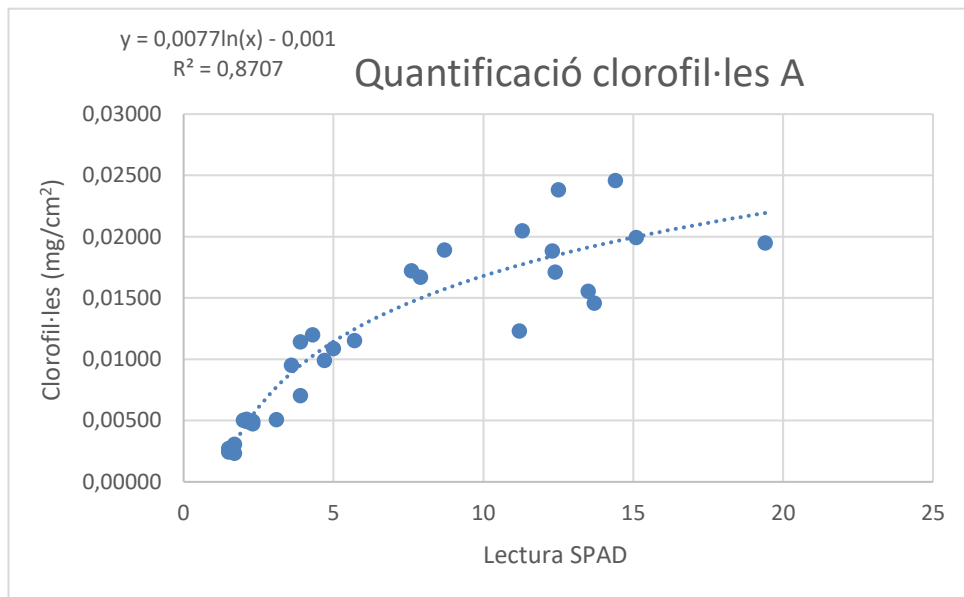


Figura 4-11. Gràfica de quantificació de clorofil·les A relacionades amb la lectura del CCM

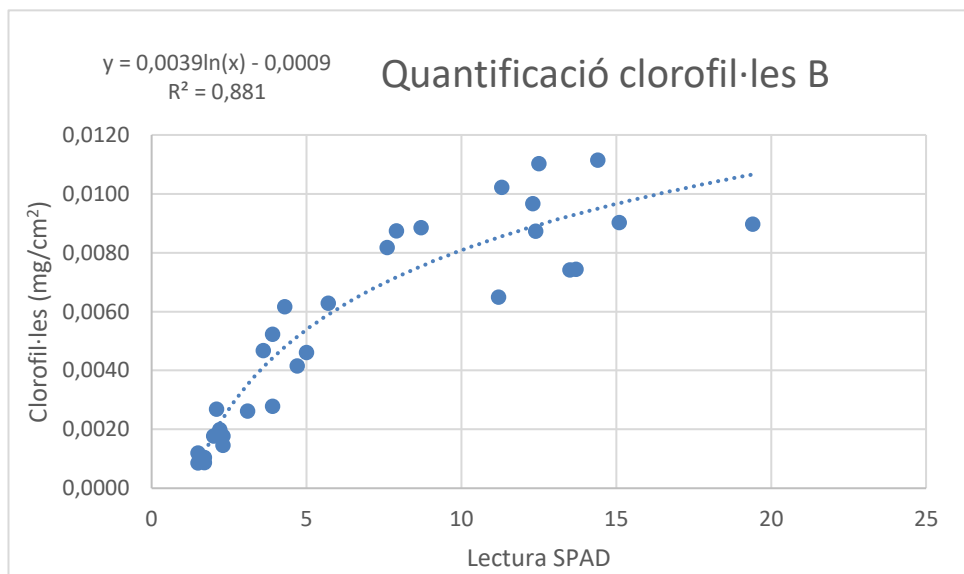


Figura 4-12. Gràfica de quantificació de clorofil·les B relacionades amb la lectura del CCM

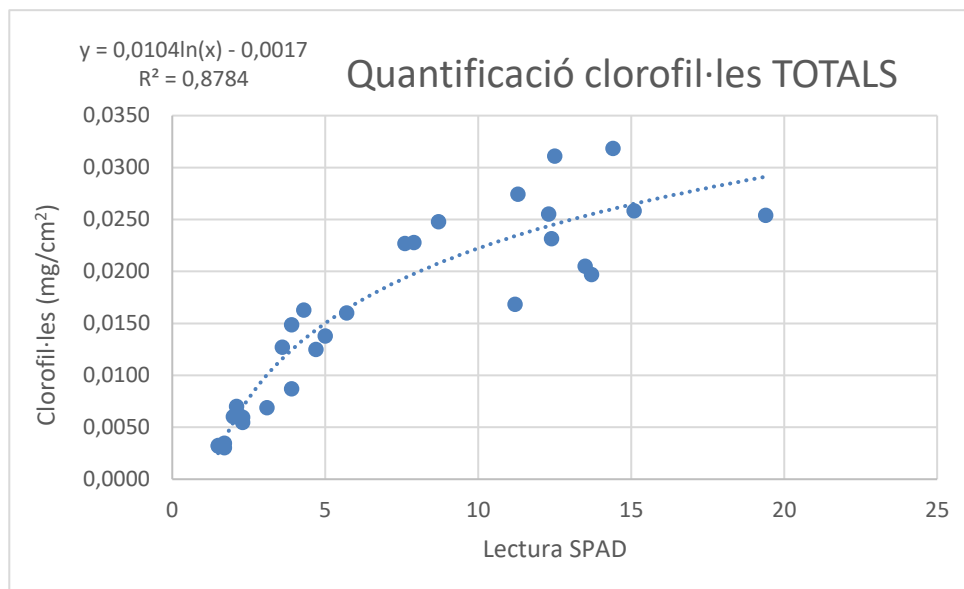


Figura 4-13. Gràfica de quantificació de clorofil·les TOTALS relacionades amb la lectura del CCM

Les línies de tendències obtingudes a partir de les gràfiques realitzades presenten un alt coeficient de determinació (R^2), en tots els casos superior a 0,8707. Es van utilitzar els models de regressió per predir els continguts de clorofil·la a partir del CCM.

4.5.2. Determinació del contingut de clorofil·les segons la posició de la fulla

L'anàlisi ANOVA de les variables contingut de clorofil·les a, b i totals, segons la posició que ocupaven en la planta i tractament el qual havia sigut aplicat es presenta a la taula 4.5. Es poden observar diferències significatives segons la posició de la fulla (exterior, mig i interior) en la planta.

Les fulles exteriors de la planta en tots els casos tenen nivells més alts de clorofil·la, seguides de les fulles intermitges i després de les fulles de l'interior de la planta, amb un nivell més baix de concentració de clorofil·les.

Taula 4.5 Contingut de clorofil·les a segons la posició de la fulla i tractament aplicat

Clorofil·les a (mg/cm²)			
Posició	Pou	Canal	Osmosi
Exterior	0,0202 ± 0,0021 ^a	0,0209 ± 0,0006 ^a	0,0202 ± 0,0004 ^a
Mig	0,0156 ± 0,0024 ^b	0,0141 ± 0,0010 ^b	0,0146 ± 0,0014 ^b
Interior	0,0041 ± 0,0024 ^c	0,0046 ± 0,0028 ^c	0,0029 ± 0,0014 ^c

Les dades s'expressen com mitjana ± DE. Les lletres en superfície mostren la informació d'agrupació, utilitzant el mètode Tukey amb un nivell de significació del 5%. Les mitjanes que tenen la mateixa lletra no són significativament diferents

Taula 4.6 Contingut de clorofil·les b segons la posició de la fulla i tractament aplicat

Clorofil·les b (mg/cm²)			
Posició	Pou	Canal	Osmosi
Exterior	0,0098 ± 0,0010 ^a	0,0209 ± 0,0006 ^a	0,0202 ± 0,0004 ^a
Mig	0,0156 ± 0,0024 ^b	0,0141 ± 0,0010 ^b	0,0146 ± 0,0014 ^b
Interior	0,0041 ± 0,0024 ^c	0,0046 ± 0,0028 ^c	0,0029 ± 0,0014 ^c

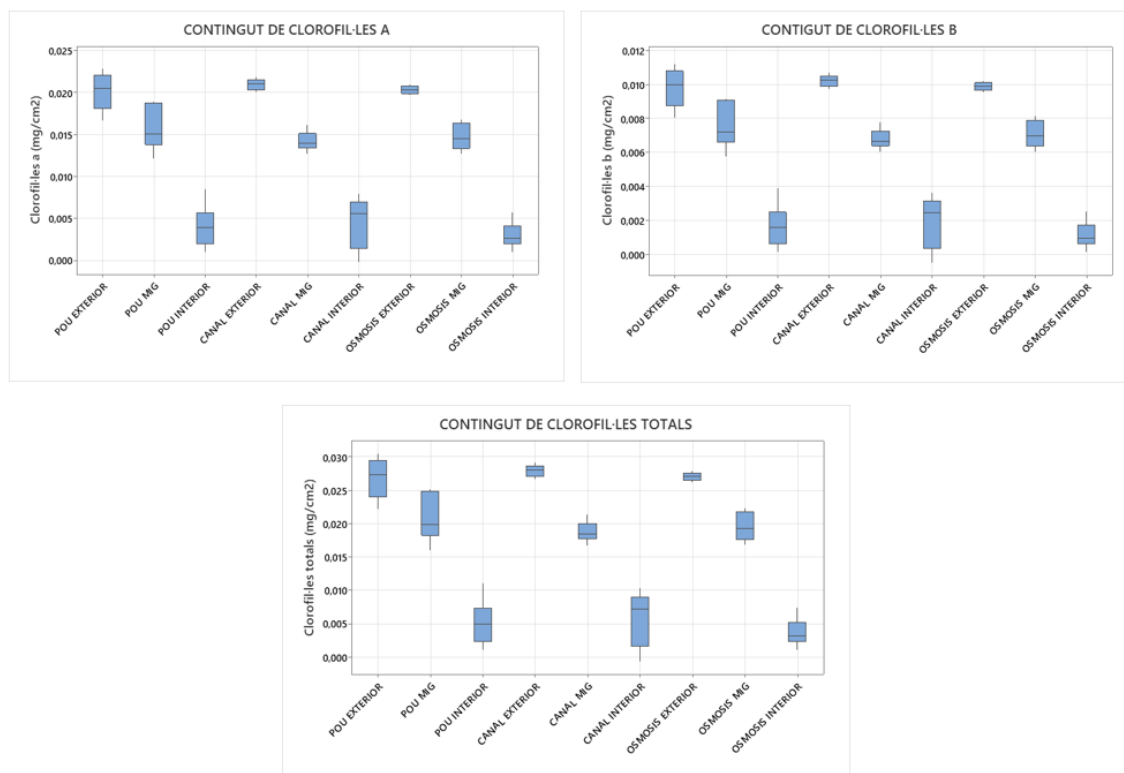
Les dades s'expressen com mitjana ± DE. Les lletres en superfície mostren la informació d'agrupació, utilitzant el mètode Tukey amb un nivell de significació del 5%. Les mitjanes que tenen la mateixa lletra no són significativament diferents

Taula 4.7 Contingut de clorofil·les total segons la posició de la fulla i tractament aplicat

Clorofil·les totals (mg/cm ²)			
Posició	Pou	Canal	Osmosi
Exterior	0,0269 ± 0,0028 ^a	0,0279 ± 0,0008 ^a	0,0270 ± 0,0006 ^a
Mig	0,0207 ± 0,0032 ^b	0,0187 ± 0,0014 ^b	0,0193 ± 0,0019 ^b
Interior	0,0052 ± 0,0032 ^c	0,0059 ± 0,0039 ^c	0,0037 ± 0,0020 ^c

Les dades s'expressen com mitjana ± DE. Les lletres en superfície mostren la informació d'agrupació, utilitzant el mètode Tukey amb un nivell de significació del 5%. Les mitjanes que tenen la mateixa lletra no són significativament diferents

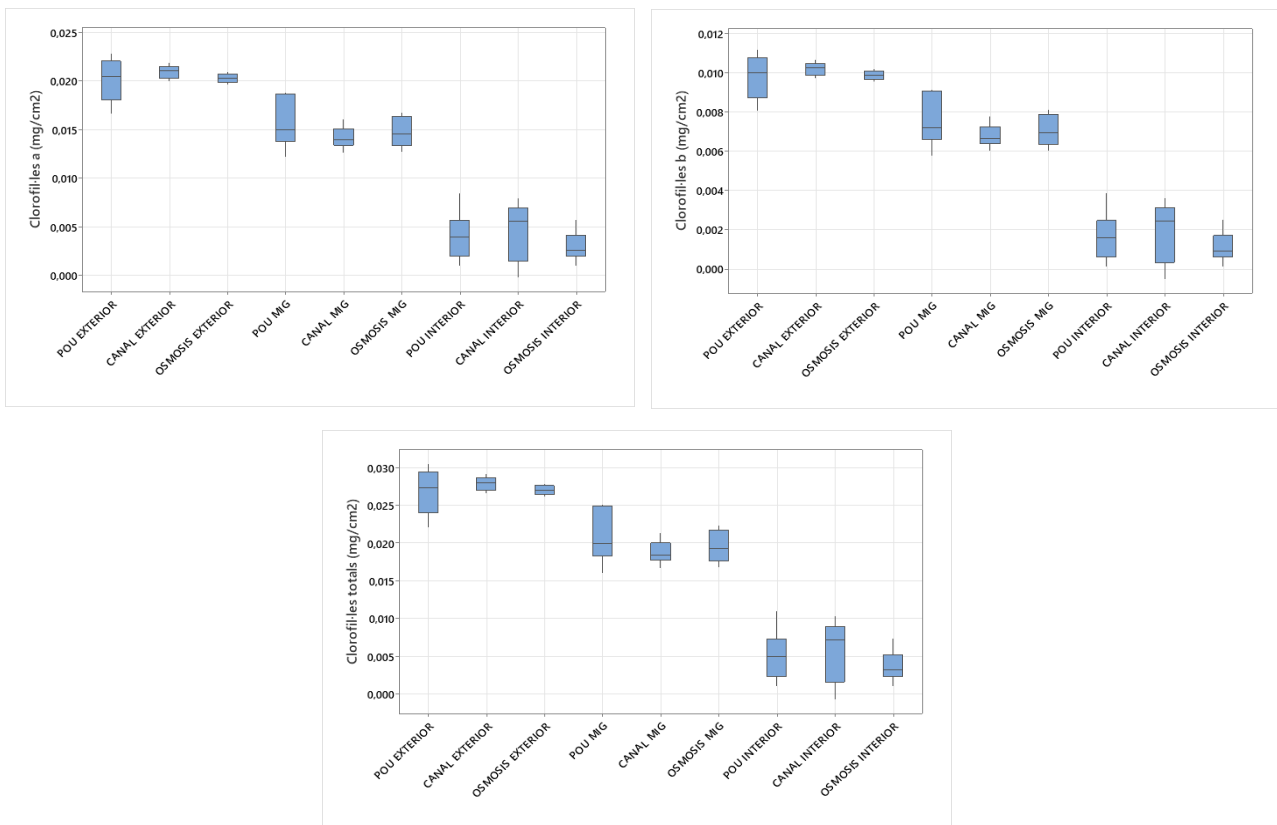
Figura 4-14. Diagrama de caixa del contingut de clorofil·les a, b i totals segons la posició de la fulla de l'enciam i el tractament aplicat



En la figura 4-15 es pot veure la distribució dels resultats dels continguts de clorofil·les (a, b i total) per cada una de les posicions de les fulles i els tractaments aplicats. Aquesta figura mostra els resultats de forma ordenada segons la posició de les fulles en l'enciam.

Es pot apreciar que les tres figures mostren una distribució pràcticament idèntica entre elles, amb la variant que cada una d'elles tenen unes concentracions (eix d'ordenades) diferents.

Figura 4-15. Diagrama de caixa del contingut de clorofil·les a, b i totals segons la posició de la fulla de l'enciam i el tractament aplicat



DISCUSSIÓ

5. DISCUSSIÓ

5.1. Creixement vegetal

Pel que fa a l'evolució del número de fulles per planta setmana a setmana, podem veure (Taula 4.1, Figura 4-2 i Figura 4-3) que no hi ha grans diferències en la quantitat de fulles en els tres tipus de tractaments i que no hi ha grans diferències en la quantitat de fulles en els tres tipus de tractaments i que per tant la utilització d'aquests tres tipus de tractament no ha afectat significativament al llarg de les setmanes el creixement de les plantes, tant pel que fa al número de fulles com tampoc la seva longitud.

La utilització de tres diferents tipus d'aigua però, sí que ha afectat significativament el número de fulles al dia de la collita, les plantes tractades amb aigua d'osmosi són significativament diferents als altres dos tractaments.

El que podríem ressaltar és que hi ha un augment de les fulles en les plantes tractades amb aigua de pou de les setmanes 4-7 respecte als altres dos tractaments. Una de les causes d'aquest creixement podria ser que la ubicació d'aquesta repetició és en front de les plantes tractades amb aigua de canal (Figura 3.4). En aquesta època (finals de febrer) el sol va molt baix i per tant la ubicació de les plantes tractades amb aigua de pou, davant de les d'aigua de canal fa que aquestes rebin més llum, augmenti la temperatura del medi radicular i probablement siguin afavorides a un major desenvolupament, encara que no arriba a afectar a la longitud de la fulla.

Pel que fa al número de fulles observem (taula 4.1) que les plantes tractades amb aigua d'osmosi han quedat inferiors als altres dos tractaments. De fet, abans de fer l'anàlisi estadístic ja vam poder observar visualment durant l'assaig que a partir de la setmana 6 les plantes tractades amb aigua d'osmosi començaven a patir una aparença visual més petita respecte als altres dos tractaments. Això ho hem pogut corroborar a partir de l'anàlisi estadístic i els gràfics de dispersió, que arriben a mostrar diferències en número de fulles.

5.2. Determinació de la biomassa

Els valors de biomassa fresca i seca (part aèria), obtinguts en aquest assaig no han estat afectats per la qualitat de l'aigua de reg, ja que en els tres tractaments les plantes han tingut uns valors finals tant de biomassa fresca, seca, com de contingut d'aigua molt similars entre si i sense diferències significatives (Taula 4.2). Aquests resultats concorden amb els resultats d'altres estudis en que alguns regs amb aigües de diferents salinitats no afectaven significativament el rendiment (Kim et al., 2008).

Les plantes tractades amb aigua de canal han sigut les que han mostrat una tendència a tenir un pes fresc més elevat, però sense ser significativament diferents als altres dos tractament (mitjana de 30 grams més de pes respecte als altres tractaments).

Pel que fa al contingut d'aigua veiem que els tres tipus d'aigua de reg no afecten al contingut d'humitat final d'aquesta, amb valors mitjos pràcticament idèntics en els tres tipus de tractaments i similars als que es troben a altres estudis (Mou et al., 2009).

5.3. Contingut de nitrats, calci i potassi

El contingut de nitrats (Taula 4.3) són valors normals, entre 457,5 i 1825, no sobrepassen el nivell màxim de tolerància establerts per l'agència espanyola de consum, seguretat alimentaria i nutrició (AECOSAN) que estableix que el nivell tolerable de nitrats és de 1324 mg/kg. Altres estudis incrementen el límit del nivell tolerable de nitrats pel consum humà fins a 4500 mg/kg. (Renseigné et al., 2007)

Aquest valor (1324 mg/kg) està per sobre de les nostres mitjanes, exceptuant en el cas de les mostres obtingudes del cabdell de les plantes tractades amb aigües d'osmosi on dona un valor mig de 1825. Per tant, podem afirmar que en el cas d'aigua d'osmosi els valors de contingut de nitrats de les plantes estant lleugerament per sobre dels recomanats en l'agència espanyola de de consum.

Hi ha estudis que demostren que a majors nivells de nitrats aportats per l'aigua de reg, major serà el contingut d'aquests en les fulles (Rincón, 2005). A la taula 3.2 podem observar que l'aigua de canal tenia un contingut de nitrats molt més alt que les altres dues aigües. Aquests alts continguts però, no s'han reflectit en l'anàlisi de nitrats al material vegetal, on les plantes tractades amb aigua d'osmosi tenen un contingut significativament per sobre dels continguts dels altres dos tractaments. Això sembla contradir el que alguns autors (Renseigné et al., 2007; Ruiz and Romero, 2002) reporten que majors disponibilitats de potassi (Taula 3.1) portarien un contingut més reduït de nitrats.

En els tres tipus de tractaments s'ha apreciat que els valors més alts de nitrats s'han obtingut a les fulles del cabdell i no a les fulles més madures de la planta. Aquesta conclusió és correcte ja que els majors nivells de nitrats s'acostumen a trobar a la part jove de la planta, ja que allà és per on s'absorbeixen aquets components. A mesura que les fulles són més madures el contingut d'aquest es va reduint a causa de la seva conversió en altres elements.

Pel que fa el valor de potassi i de calci (Taula 4.3) en les diferents parts de la planta, podem veure que al contrari dels nitrats, aquests dos elements es troben en major presència a les parts madures de les plantes ja que un cop absorbits des de la part jove, aquests són fàcilment transportats cap a les parts més madures.

5.4. Contingut de lípids i carbohidrats

A la Taula 4.4 veiem que no hi ha diferències significatives entre el contingut de lípids de les plantes dels 3 tractaments. En canvi, al contingut de carbohidrats sí que hi ha diferències significatives entre els 3 tractaments. El tractament d'aigua de pou és en el que el contingut de carbohidrats està força per sota en comparació els dels altres dos tractaments, aigua de canal i osmosi, que tenen un contingut de carbohidrats significativament superior. Hi ha estudis que revelen que els factors ambientals desfavorables (temperatura, estrès hídric o osmòtic, composició del sòl) poden afectar a la biosíntesis de carbohidrats. Guzmán et al. (2013) especifica que les plantes mostren un increment del contingut de carbohidrats en condicions d'estrès. En el nostre cas coincideix amb les

plantes tractades amb aigua de canal i osmosi on en els anàlisis van mostrar una conductivitat elèctrica més elevada, amb problemes d'estrès.

El contingut total de lípids i carbohidrats ha sortit força més elevat que altres assajos (Alvarado, 2020; Grech, 2020; Perez, 2021). Cal recordar però que aquests altres assajos es van realitzar amb una altre varietat d'enciam (meravella). Hi ha estudis que demostren que en general els nutrients que contenen els enciams varietat Romana són superiors que a altres varietats d'enciam i per tant podríem dir que els resultats del nostre assaig són correctes i aquest nivell superiors de nutrients en comparació a assajos d'altres anys són bons. (Moo et al., 2016)

5.5. Composició de clorofil·les

Els 3 tipus de tractaments no han repercutit en la formació de clorofil·les de les plantes, ja que no s'han detectat diferències significatives entre els tres tipus d'aigua. Els resultats són similars a altres assajos realitzats amb la varietat meravella. (Nadal, 2015; Grech, 2020; Pardomo, 2020; Perez, 2021).

Com era d'esperar si que es van produir diferències significatives entre els continguts clorofil·lics segons la zona de la fulla analitzada, és a dir, un contingut de clorofil·les clarament superior a la part exterior de la planta en comparació a la part interior on pràcticament no hi toca la llum solar. Aquestes condicions de l'interior de la planta perjudiquen l'activitat fotosintètica degut a una menor activitat del nitrat reductasa.

El nivell de salinitat de l'aigua repercuteix directament en la formació de clorofil·les de la planta, a major concentració de sals, menor serà la producció de clorofil·les. Això és a causa de la inhibició d'enzims vinculats a la síntesi de clorofil·les. (Sheng et al., 2008) (Murkute et al., 2006).

Al nostre estudi les aigües de canal i osmosi tenien una salinitat superior a l'aigua de pou (molt baixa) (Taules 3.2, 3.3 i 3.4) però no molt més elevada i es va reflectir el contingut de clorofil·les de les plantes del nostre assaig sense diferències significatives.

CONCLUSIONS

6. Conclusions

Dels resultats obtinguts del treball experimental, s'estableixen les següents conclusions:

- El tractament de reg amb aigua tractada amb osmosi directa té un efecte negatiu en el número de fulles per planta, donant un número de fulles inferior que en els tractaments d'aigua de pou i aigua provinent del canal.
- Els diferents tractaments no han tingut un efecte significatiu en el creixement de fulla més llarga per planta.
- Els tres tractaments no han repercutit significativament en la producció de biomassa fresca o pes fresc, tot i que podem afirmar que les plantes regades amb aigua de canal tenen una quantitat de pes fresc superior als altres dos tractaments.
- El contingut de nitrats ha sigut superior a les plantes tractades amb aigua d'osmosi sent significativament diferents a la resta. El major contingut de nitrats s'ha situat a les fulles interior de les plantes.
- El contingut més alt de potassi s'ha donat a les plantes tractades amb aigua d'osmosi.
- El contingut més alt de calci s'ha donat en les plantes tractades amb aigua de canal.
- Els diferents tractaments no han afectat el contingut de lípids de les plantes. En canvi, si que han fet variar el contingut de carbohidrats, on en les plantes tractades amb aigua de pou tenen un contingut clarament inferior als altres dos tractaments.
- Els tres tipus de tractament no han afectat el contingut de clorofil·les. Per tots els tractaments, la posició de la fulla afecta el contingut clorofil·lic, situant les majors concentracions a les parts exteriors de la planta i les menors a les fulles interiors amb poca radiació de la llum.

La conclusió final és que els tres tipus de tractament aplicats sobre les plantes no han afectat el seu creixement. Les tres aigües són vàlides pel reg de les plantes tot i que podem assegurar que les plantes regades amb aigua provinent de l'estació d'osmosi han quedat lleugerament inferiors en biomassa que les plantes regades amb aigua provinent de la pluja/pou i la del canal. Les plantes regades amb aigua d'osmosi també contenen en general un contingut de nitrats més elevat a la resta i fregant els màxims recomanats.

7. Bibliografia

Alvarado, A. (2020). *Efecto de la incorporación de diferentes abonos orgánicos en el desarrollo y contenido en lípidos, azúcares y clorofilas en cultivos de hortalizas*. Trabajo Final de Grado. l'Escola d'Enginyeria Agroalimentària i de Biosistemes de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya. pp. 116.

<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/178013>

AECOSAN Associació Espanyola de Consum, Seguretat Alimentària i Nutrició

https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/para_el_consumidor/ampliacion/nitratos_hortalizas.htm

Associació Espanyola de Dessalació i Reutilització

<https://aedyr.com/cifras-reutilizacion-agua-espana/>

Bixio, D., Thoeve, C., De Koning, J., Joksimovic, D., Savic, D., Wintgens, T., Melin, T. (2006). *Wastewater reuse in Europe*. Desalination, 187(1-3), 89-101.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S001191640500723X?via%3Dihub>

BOE, (2007). *Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas*. Ministerio de la Presidencia, pp. 22.

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/12/07/1620>

BOE, (2007). *Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica*. Ministerio de Medio Ambiente, pp. 38

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-13182>

Bunani, S., Yörükoğlu, E., Yüksel, Ü., Kabay, N., Yüksel, M., Sert, G. (2015). *Application of reverse osmosis for reuse of secondary treated urban wastewater in agricultural irrigation*. Desalination, 364, 68–74.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916414004111?via%3Dihub>

Calderón-Preciado, D., Jiménez-Cartagena, C., Matamoros, V., Bayona, J. M. (2011a). *Screening of 47 organic microcontaminants in agricultural irrigation waters and their soil loading*. Water Research, 45: 221–231.

<https://www.publish.csiro.au/an/EA9940505>

Calderón-Preciado, D., Jiménez-Cartagena, C., Matamoros, V., Bayona, J. M., (2011b). *Screening of 47 organic microcontaminants in agricultural irrigation waters and their soil loading*. Water Research, 45: 221–231.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969711010916?via%3Dihub>

Calderón-Preciado, D, Renault, Q., Matamoros, V., Cañameras, N., Bayona, J. M. (2012). *Uptake of organic emergent contaminants in spath and lettuce: an in vitro experiment*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60: 2000–2007.

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf2046224?cookieSet=1>

Calderón-Preciado, D., Matamoros, V., Biel, C., Save, R., Bayona, J.M. 2013. *Foliar sorption of emerging and priority contaminants under controlled conditions*. Journal of Hazardous Materials, 260: 176-182.

<https://doi.org/10.1071/EA9940505>

Cerqueira, F., Matamoros, V., Bayona, J., Piña, B. (2019a). *Antibiotic resistance genes distribution in microbiomes from the soil-plant-fruit continuum in commercial *Lycopersicon esculentum* fields under different agricultural practices*. Science of The Total Environment, 652: 660-670.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718341640?via%3Dihub>

Cerqueira, F., Matamoros, V., Bayona, J., Elsinga, G., Hornstra, Luc M., Piña, B. (2019b). *Distribution of antibiotic resistance genes in soils and crops. A field study in legume plants (*Vicia faba* L.) grown under different watering regimes*. Environmental Research, 170: 16-25.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935118306364?via%3Dihub>

Chekli, L., Kim, Y., Phuntsho, S., Li, S., Ghaffour, N., Leiknes, T. O., Shon, H. K. (2017). *Evaluation of fertilizer-drawn forward osmosis for sustainable agriculture and water reuse in arid regions*. Journal of Environmental Management, 187:137–145.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479716308970?via%3Dihub>

Christou, A., Agüera, A., Bayona, J. M., Cytryn, E., Fotopoulos, V., Lambropoulou, D., Manaia, C. M., Michael, C., Revitt, M., Schröder, P., Fatta-Kassinos, D. (2017). *The potential implications of reclaimed wastewater reuse for irrigation on the agricultural environment: The knowns and unknowns of the fate of antibiotics and antibiotic resistant bacteria and resistance genes – A review*. Water Research, 123: 448–467.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135417305675?via%3Dihub>

DOCE, (1991). *Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas*. Comunidades Europeas, pp. 13.

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1991-80646>

DOCE, (2000). *Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas*. Comunidades Europeas, pp. 73.

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2000-82524>

DOGC, (2007). *DECRETO 5/2009, de 13 de enero, por el que se deroga el Decreto 84/2007, de 3 de abril, de adopción de medidas excepcionales y de emergencia en relación con la utilización de los recursos hídricos*. Generalitat de Catalunya

https://hispagua.cedex.es/sites/default/files/hispagua_legislacion/DOGC20090113.pdf

Ebele, A. J., Abou-Elwafa Abdallah, M., Harrad, S. (2017). *Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the freshwater aquatic environment*. Emerging Contaminants, 3(1): 1–16.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405665016300488?via%3Dihub>

FAO-AQUASTAT, (2012). Global information system on water and agriculture. FAO^o

FAO (2013). Afrontar la escasez de agua. Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. FAO informe sobre temas hídricos, 38, pp.97.

<https://www.fao.org/documents/card/en/c/l3015S/>

Grech, C., (2020). *Evaluación del crecimiento y contenido de clorofilas, carbohidratos y lípidos en cultivo de invierno de Lactuca sativa L. fertilizado con abonos orgánicos*. Trabajo de Final de Grado. l'Escola d'Enginyeria Agroalimentària i de Biosistemes de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya. pp. 122.

<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/333349>

Guzmán, I., Andreda, S., Camps, E., Zapata, J., Dupré, P., (2013). *Efecto del estrés hídrico sobre el contenido de inulina y otros carbohidratos en dalia (Dahlia sp.)*. Universidad Autónoma de Guadalajara.

<https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/196/1/Efecto%20del%20estr%C3%A9s%20h%C3%ADdrico%20sobre%20el%20contenido%20de%20inulina%20y%20otros%20%202013.pdf>

Hoagland 1933

https://en.wikipedia.org/wiki/Hoagland_solution

Hurtado, C., Domínguez, C., Pérez-Babace, L., Cañameras, N., Comas, J., Bayona, J. M., (2016). *Estimate of uptake and translocation of emerging organic contaminants from irrigation water concentration in lettuce grown under controlled conditions*. Journal of Hazardous Materials, 305: 139–148

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389415302399?via%3Dihub>

Hurtado, C., Cañameras, N., Domínguez, C., Price, G. W., Comas, J., Bayona, J. M., (2017a). *Effect of soil biochar concentration on the mitigation of emerging organic contaminant uptake in lettuce*. Journal of Hazardous Materials, 323: 386-393

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389416303879?via%3Dihub>

Hurtado, C., Parastar, H., Matamoros, V. (2017b). *Linking the morphological and metabolomic response of Lactuca sativa L exposed to emerging contaminants using GC × GC-MS and chemometric tools*. Scientific Reports 7: 6546.

<https://www.nature.com/articles/s41598-017-06773-0>

Inskeep, W. P., & Bloom, P. R. (1985). *Extinction coefficients of chlorophyll a and b in N, N-dimethylformamide and 80% acetone*. Plant physiology, 77(2), 483-485

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16664080/>

Kim, H., Fonseca, J., Choi, J., Kubota, C., Know, D., (2008). *Salt in Irrigation Water Affects the Nutritional and Visual Properties of Romaine Lettuce (Lactuca sativa L)*. Journal of Agricultural and Food Chemistry.

<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf0733719>

Margenat, A., Matamoros, V., Díez, S., Cañameras, N., Comas, J., Bayona, J. M., (2017). *Occurrence of chemical contaminants in peri-urban agricultural irrigation waters and assessment of their phytotoxicity and crop productivity*. Science of the Total Environment, 599–600: 1140–1148.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969717311245?via%3Dihub>

Margenat, A., Matamoros, V., Díez, S., Cañameras, N., Comas, J., Bayona, J. M., (2018). *Occurrence and bioaccumulation of chemical contaminants in lettuce grown in peri-urban horticulture*. Science of the Total Environment, 637–638: 1166–1174.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896971831667X?via%3Dihub>

Margenat, A., Matamoros, V., Díez, S., Cañameras, N., Comas, J., Bayona, J. M., (2019). *Occurrence and human health implications of chemical contaminants in vegetables grown in peri-urban agriculture*. Environment International, 124: 49–57

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412018315290?via%3Dihub>

Margenat, A., You, R., Cañameras, N., Carazo, N., Díez, S., Bayona, J. M., Matamoros, V., (2020). *Occurrence and human health risk assessment of antibiotics and trace elements in Lactuca sativa amended with different organic fertilizers*. Environmental Research, 190: 109946 (pre-proof).

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935120308410?via%3Dihub>

MAPAMA

https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf

Matamoros, V., Franco, J. (2018). *Assessing the use of sand, peat soil, and pine bark for the attenuation of polar pesticides from agricultural run-off: a bench-scale column experiment*. Environmental Science and Pollution Research, 25: 20640–20647.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-018-2213-x>

Milano, M., Ruelland, D., Fernandez, S., Dezetter, A., Fabre, J., Servat, E. (2012). *Facing climatic and anthropogenic changes in the Mediterranean basin: What will be the medium-term impact on water stress?* Comptes Rendus - Geoscience, 344(9): 432–440

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631071312001034?via%3Dihub>

Moo, K., Moon, Y., Kopsell, D., Suejin, P. (2016). *Nutritional value of Crisphead Iceberg and Romaine Lettuces (Lactuca sativa L.)*. Journal of Agricultural Science, pp.11

https://www.researchgate.net/publication/309090528_Nutritional_Value_of_Crisphead_%27Iceberg%27_and_Romaine_Lettuces_Lactuca_sativa_L

Mou, B. (2009). *Nutrient Content of Lettuce and its Improvement*. Current Nutrition and Food Science, pp. 242-248

<https://www.ingentaconnect.com/content/ben/cnf/2009/00000005/00000004/art00003>

Mujeriego, R. (1990). *Manual práctico de riego con agua residual municipal regenerada*. Ed: La Junta de Sanejament de la Generalitat de Catalunya i la Universitat Politècnica de Catalunya, pp.524

https://www.researchgate.net/publication/230887765_Manual_Practico_De_Riego_Con_Agua_Residual_Municipal_Regenerada

Mujeriego, R. (2007). *La reutilización, la regulación y la desalación en la gestión integrada del agua. En: La Sequía en España: Directrices para Minimizar su Impacto*. Ed. Dirección General del Agua, del Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, pp.155-202

<https://ambientonline.es/wp-content/uploads/2021/08/La-Reutilizacion-Regulacion-y-Desalacion-Cap7-MMA-2007.pdf>

Murkute, A.A., Sharma, S., Singh, S.K. (2006). *Studies on salt stress tolerance of citrus rootstock genotypes with arbuscular mycorrhizal fungi*. HortScience 33: 70-76.

<https://www.agriculturejournals.cz/web/hortsci.htm?volume=33&firstPage=70&type=publishedArticle>

Nadal, M., (2015). *Efecte de la incorporació de biochar al sòl i estrès abiòtic de contaminants orgànics emergents presents en l'aigua de reg en la producció de biomassa de Lactuca sativa L*. Trabajo Final de Grado. l'Escola d'Enginyeria Agroalimentària i de Biosistemes de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya. pp. 99.

<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/78334>

Nicolás, E., Alarcón, J. J., Mounzer, O., Pedrero, F., Nortes, P. A., Alcobendas, R., Romero-Trigueros, C., Bayona, J. M., Maestre-Valero, J. F. (2016). "Long-term physiological and agronomic responses of mandarin trees to irrigation with saline reclaimed water". *Agricultural Water Management*, 166: 1-8.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377415301700?via%3Dihub>

O'Connor, G.A., Elliott, H.A., Bastian, R.K. (2008). *Degraded Water Reuse: An Overview*. *Journal of Environmental Quality*, 37: 157-168.

<https://doi.org/10.2134/jeq2007.0459>

Perdomo, M. (2020). *Efecto de la presencia de metales pesados (Zn y Cu) en el desarrollo y contenido de lípidos, azúcares y clorofilas en cultivos de hortalizas*. Trabajo Final de Grado. l'Escola d'Enginyeria Agroalimentària i de Biosistemes de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya. pp. 71.

<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/192989>

Pérez, R. (2021). *Estudio del efecto del uso de dos tipos de agua de riego en un cultivo de Lactuca sativa L.* Trabajo de Final de Grado. l'Escola d'Enginyeria Agroalimentària i de Biosistemes de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya. pp. 124.

<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/354851>

Phillip, W. A., Yong, J. S., & Elimelech, M. (2010). *Reverse draw solute permeation in forward osmosis: Modeling and experiments*. *Environmental Science and Technology*, 44(13): 5170–5176.

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es100901n>

Poustie, A., Yang, Y., Verburg, P., Pagilla, K., Hanigan, D. (2020). *Reclaimed wastewater as a viable water source for agricultural irrigation: A review of food crop growth inhibition and promotion in the context of environmental change*. *Science of the Total Environment*, 739: 139756.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720332769?via%3Dihub>

Renseigné, N., Umar, U., Iqbal, M., (2007). *Nitrate accumulation in plants, factors affecting the process, and human health implications*. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 27 (1), pp.45-57. fihal-00886336

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00886336/document>

Romero-Trigueros, C., Parra, M., Bayona, J. M., Nortes, P. A., Alarcón, J. J., Nicolás, E. (2017). *Effect of deficit irrigation and reclaimed water on yield and quality of grapefruits at harvest and postharvest*. LWT - Food Science and Technology, 85: 405–411.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643817303067?via%3Dihub>

Rincón, L. 2005. *Fertilización nitrogenada y contenido de nitratos en hojas de lechuga "Iceberg"*. Vida Rural, 210: 50-55.

https://www.miteco.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Vrural%2FVrural_2005_210_50_55.pdf

Ruiz and Romero (2002). *Relationship between potassium fertilisation and nitrate assimilation in leaves and fruits of cucumber (Cucumis sativus) plants*, Ann. Appl. Biol. 140, 241–245.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1744-7348.2002.tb00177.x>

Sheng, M., Tang, M., Chen, H. (2008). *Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress*. Mycorrhiza, 18: 287–296.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00572-008-0180-7>

Suwaileh, W., Johnson, D., Hilal, N. (2019). *Brackish water desalination for agriculture: Assessing the performance of inorganic fertilizer draw solutions*. Desalination, 456: 53–63.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916418324834?via%3Dihub>

Takeuchi, H., Tanaka, H. (2020). *Water reuse and recycling in Japan — History, current situation, and future perspectives —*. Water Cycle, 1: 1–12.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666445320300027?via%3Dihub>

Zalacaín, D., Bienes, R., Sastre-Merlín, A., Martínez-Pérez, S., García-Díaz, A., (2019). *Influence of reclaimed water irrigation in soil physical properties of urban parks: A case study in Madrid (Spain)*. Catena 180: 333–340. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.05.012>