L' EFECTE DEL pH I DEL SISTEMA DE CULTIU EN EL CREIXEMENT DE PLANTES DE RAVES (*Raphanus sativus* L.)

Paula Peremiquel Trillas

Treball de Recerca

L'efecte del pH i del sistema de cultiu en el creixement de plantes de raves (*Raphanus sativus* L.)

Biologia

Paula Peremiquel Trillas

Dirigit per Anna Bosch

Escola Frederic Mistral-Tècnic Eulàlia

Barcelona, desembre 2007

agricultura

[1575; del ll. *agricultura*, íd.]

f AGR **1** Art de conrear la terra.

ÍNDEX

1. Introducció 6
2. Objectius 8
3. El cultiu hidropònic 9
3.1. El cultiu hidropònic pur 11
3.2. El cultiu hidropònic amb perlita 12
3.3. El cultiu en cambra de condicions controlades 13
4. La nutrició de les plantes 14
4.1. La nutrició orgànica 14
4.2. La nutrició mineral 14
4.2.1. Nutrients essencials 15
4.2.2. Les deficiències 16
4.3. Les solucions nutritives 18
4.3.1. La solució nutritiva Hoagland modificada 18
5. El pH del sòl i la seva influència en la disponibilitat de nutrients per a la planta 20
6. El rave 22
6.1. Classificació científica 22
6.2. Morfologia 22
6.3. Requeriments edafoclimàtics 23
6.4. Conreu 23
6.5. Plagues i malalties 24
6.6. Fisiopaties 24
6.7. Comercialització i usos 25
6.8. Propietats i valors nutricionals 25
7. Materials i mètodes 26
7.1. Introducció 26
7.1.1. Paràmetres a estudiar i analitzar 27
7.1.2. Tractament de les dades 27
7.2. Preparació de la solució nutritiva i adequació als diferents valors de pH 28
7.2.2. Materials 28
7.2.3. Reactius 28
7.2.4. Consideracions prèvies 29
7.2.5. Procediment 29

7.2.6. Metodologia seguida en la preparació de la solució nutritiva 30
7.2.7.Metodologia seguida en l'ajust del pH de la solució nutritiva 30
7.3. Germinació de les plantes en perlita 31
7.3.1. Objectius 31
7.3.2. Material 31
7.3.3. Procediment 31
7.4. Comparació dels dos sistemes de cultiu: hidropònic pur i hidropònic amb perlita 32
7.4.1. Objectius 32
7.4.2. Cultiu 1: Sistema hidropònic pur o amb aigua 32
7.4.3. Cultiu 2: Sistema amb perlita 34
7.4.4. Anàlisi comparativa dels dos sistemes de cultiu 36
7.4.5. Evolució de la conductivitat del sistema hidropònic pur al llarg de cinc dies 39
7.4.6. Simptomatologia en les fulles i els raves degudes a les deficiències nutritives produïdes per l'efecte pH en cada sistema de cultiu hidropònic 40
7.4.7. Estudi econòmic 44
7.5. Estudi de la superfície de la planta per microscòpia de rastreig o scanning 45
7.5.1. Objectiu 45
7.5.2. Material 45
7.5.3. Preparació del material vegetal 46
7.5.4. Protocol convencional per a la fixació d'ultraestructures 47
7.5.5. Observació al microscòpi 49
8. Conclusions 53
9. Bibliografia 56

Annex 57
Taula de dades de l'experiment 1 58
Taula de dades de l'experiment 2 65
Norma tècnica per a la producció integrada del rave. Generalitat de Catalunya 72

1. INTRODUCCIÓ

Abans i tot d'escollir quin havia de ser el tema del treball de recerca ja tenia ben clar que volia que estigués relacionat amb la biologia i que la investigació es desenvolupés a partir de l’aplicació del mètode científic tradicional.

Estudiar el creixement d’una espècie vegetal és un tema del qual podia obtenir abundant informació i podia disposar de la infraestructura necessària per realizar-lo gràcies al fet que la meva mare és professora al Departament de Biologia Vegetal de la Universitat de Barcelona.

Aquest treball de recerca pretén estudiar com és el creixement i desenvolupament d’una espècie de planta determinada mitjançant la variació en la disponibilitat de nutrients segons el pH per poder determinar l’afectació en l’espècie d’aquesta variable.

Per realitzar l’experiment el primer que s’haurà de fer és escollir l’espècie vegetal que s’utilitzarà. L’elecció es farà seguint els següents criteris: que sigui una planta de creixement ràpid (de manera que es pugui fer un seguiment de la major part del seu cicle vital) i que aquesta sigui, per una banda, sensible a variacions del pH, però alhora, mostri uns amplis marges de tolerància vers aquest paràmetre.

El plantejament inicial consisteix en dur a terme dos experiments paral·lels, utilitzant dos sistemes de cultiu hidropònics diferents, l’un amb aigua i l’altre amb substrat inert (perlita). Els cultius hidropònics permeten estudiar molt bé la importància dels nutrients en el creixement de les plantes ja que aquestes tècniques es caracteritzen per la nul·la presència de nutrients i per la facilitat d’ajustar el pH.

Per tal de dur a terme l’estudi, en primer lloc es realitzarà el disseny experimental que consistirà en dur a terme els dos assaigs amb el sistema hidropònic, considerant que la durada de cada un serà d’un mes, després de la germinació que durarà aproximadament una setmana.

L’anàlisi del creixement es farà en 5 valors de pH diferents (4.5, 5.5, 6.5, 7.5 i 8.5) per tal de contemplar tota l’amplitud de tolerància de l’espècie vers aquest paràmetre.

L’experiment 1 es realitzarà en safates de plàstic de 25x18x8 cm, amb un volum aproximat de 3 litres de solució nutritiva, cobertes per una làmina de plàstic que, a més de subjectar les plantes, evitarà la formació d’algues i bacteris en el substrat de cultiu. Cadascuna de les safates, airejada mitjançant una bomba de peixera, contindrà 9 plantes, repeticions.

L'experiment 2 es farà en testos de plàstic de 400 ml. Per a cada valor de pH s'utilitzaran 10 testos disposats a l'interior d'una safata per tal d'evitar contaminacions de pH i alhora mantenir un bon estat d'hidratació de la perlita, ja que és un material que no reté l'aigua.

També s'haurà de preparar la solució nutritiva stock a partir de la qual s'ajustaran els diferents pHs. Es preveu regar periòdicament, cada 3 ó 4 dies, amb solució nutritiva els testos de perlita i substituïr cada setmana la solució nutritiva de les safates de l'hidropònic per tal de regular i corregir totes les modificacions que les mateixes plantes puguin provocar amb la seva absorció selectiva dels nutrients.

El seguiment de l'experiment es farà mitjançant l'anotació dels símptomes de deficiència, amb fotografies que permetin veure l'evolució dels cultius, i valorant, al llarg de cinc dies i només en el cas de l'hidropònic amb aigua, la variació de la conductivitat de la solució nutritiva.

També es preveu fer observacions de les epidermis del rave, de les fulles i dels cotiledons a través de microscòpia electrònica de rastreig per tal de poder veure-hi les diferències

I finalment es farà un breu estudi econòmic comparant els costos de cada sistema i relacionant-los en funció dels resultats obtinguts en el creixement per tal d'establir quin dels dos és més rendible.

En la memòria del treball, a més de la metodologia seguida en la realització de l'experiment, hi ha una breu ressenya que permet comprendre millor el disseny dels experiments i que explica el funcionament dels sistemes utilitzats, com és la nutrició de les plantes, la importància del pH en el desenvolupament de qualsevol espècie vegetal i, finalment, la informació sobre la planta utilitzada per realitzar l'experiment, el rave.

2. OBJECTIUS

Tal i com ja he esmentat, aquest treball pretén determinar, per mitjà del mètode científic, quina influència excerceix el pH i el mètode de cultiu en el creixement i desenvolupament de les plantes de rave.

Així doncs, els objectius del treball són:

1) Estudiar la influència del pH en el creixement i desenvolupament d'una planta de rave, comprovant així, com varia la disponibilitat dels nutrients a diferents valors de pH i, intentant determinar el rang òptim de pH d'assimilació de nutrients i de cultiu de l'espècie.
   L'estudi es durà a terme per a cinc valors de pH diferents: 4.5, 5.5, 6.5, 7.5 i 8.5
2) Realitzar un estudi comparatiu de dos sistemes de cultiu hidropònics diferents: l'un amb aigua i l'altre amb substrat inert (perlita).
3) Fer un estudi econòmic de cada sistema de cultiu, tenint en compte costos i resultats obtinguts en cada cas, per tal d'establir quin dels dos seria més rendible.
4) Conjugar els dos estudis i, contemplar la possibilitat d'utilitzar aquests mètodes a major escala i com a alternativa al cultiu tradicional al sòl. I, alhora, optimitzar els sistemes de cultiu de rave.
5) Fer observacions de les diferents parts de la planta (fulles, cotiledons i epidermis) utilitzant la microscòpia electrònica de rastreig.
6) Finalment, estudiar, d'una manera indirecta, com afectaria el fenomen de la pluja àcida al desenvolupament d'espècies vegetals, ja que s'hauria determinat si valors de pH àcids en l'aigua de reg afavoririen o perjudicarien el seu creixement normal.

3. EL CULTIU HIDROPÒNIC

Els cultius hidropònics han presentat grans avenços per al cultiu d'espècies vegetals, tant hortícoles com ornamentals, i poden ser utilitzats no només en grans explotacions sinó també en les petites i mitjanes, presentant avantatges considerables en comparació amb els cultius tradicionals al sòl. Els cultius hidropònics suposen cultivar fòra del sòl, concepte corresponent a la idea del "soiless culture" anglesa, de tal manera que pel cultiu s'utilitzen testos, contenedors, banquetes, etc. i no és necessàri emprar sòl.

El seu desenvolupament i extensió s'ha basat en els avenços de la ciència i de la tècnica aconseguits en les darreres dècades, com la regulació de la temperatura, la il·luminació i els sistemes de reg i de fertilització als hivernacles.

Utilitzant aquests sistemes de cultiu, no tan sols millorem la collita en termes de quantitat, pes o qualitat, sinó que s'ha comprovat que també augmenta la productivitat del treball ja que moltes de les manipulacions es poden automatitzar i d'aquesta manera ens es possible reduïr la mà d'obra. Són cultius que es caracteritzen per una rapidesa de creixement i de maduració de la planta de manera que és possible escurçar els cicles en un 60% respecte als de la mateixa planta en el seu entorn natural.

El cultiu hidropònic ha aportat a la horticultura nombroses novetats, ja que ha possibilitat que les grans explotacions en zones tropicals i subtropicals hagin guanyat importància.

El terme hidropònic prové del grec i significa cultiu/treball (*ponos*) en aigua (*hydro*). Aquest sistema consisteix en fer crèixer plantes amb les arrels submergides dins d'aigua airejada per una bomba, periòdicament inundades o regades amb aigua, o en un substrat químicament inert (perlita, vermiculita, llana de roca, fibra de coco, etc) al qual se li subministra aigua amb nutrients incorporats i que ha de ser regat contínuament, sempre que el líquid sigui drenat i no inundi el substrat.

Aquest tipus de cultiu va aparèixer al segle XVII, cap a l'any 1650, quan es creia que les plantes formaven les substàncies nutritives a partir de l'aigua (assaig de Van Helmont). A principis del segle XVIII, Woodward va demostrar que era la terra i no l'aigua qui subministrava els nutrients a la planta. Ho va fer mitjançant uns experiments on la planta era cultivada dins l'aigua i el seu creixement no millorava fins que va afegir-hi al cultiu terra de jardí (1699). La idea de cultiu en aigua va ser continuada per Du Hamel l'any 1758, mitjançant un experiment on va fer germinar

llavors de diferents espècies vegetals entre dues esponges humides i va col·locar les petites plantes en unes ampolles plenes d'aigua filtrada i amb una solució nutritiva de baixa densitat, de manera que les arrels estiguessin submergides a la solució. Basant-se en els bons resultats del cultiu, arribà a la conclusió que les plantes, no només prenien aigua, sinó que també la resta d'elements dissolts. Tots aquests resultats van ser obtinguts per nombrosos científics que buscaven una solució nutritiva òptima. En poc temps, juntament al cultiu en aigua, van pendre relleu els cultius en substrats artificials, com la sorra de quars, la pols de maó o de feldespat, les virutes, el sofre, la vermiculita o la perlita, regats amb diverses solucions nutritives. Hoagland i Arnon es van dedicar a estudiar el subministrament de macro i microelements i a l'òptima concentració d'aquests en les solucions. Mentre que als EUA el desenvolupament del cultiu en aigua de manera experimental i el cultiu hidropònic pràctic en les explotacions ha estat ràpid, a Europa, aquest procés ha estat molt lent i encara no està del tot generalitzat però, de totes maneres, s'ha dut a terme un treball molt intens per millorar-los, com la fertilització sobre el substrat i el desenvolupament del reg automàtic.

El concepte de cultiu hidropònic actualment s'utilitza a tres nivells diferents:

1. Cultiu hidropònic pur: la planta, mitjançant un sistema adequat de subjecció, desenvolupa les seves arrels en un medi líquid (aigua amb solució nutritiva) sense cap tipus de substrat sòlid.
2. Cultiu hidropònic segons la tendència majoritària: cultiu en aigua o en substrats inerts i porosos a través dels quals circula la solució nutritiva.
3. Cultiu hidropònic en la seva concepció més àmplia: engloba tots els sistemes de cultiu en els quals les plantes completen el seu cicle vegetatiu sense la necessitat d'utilitzar sòl, subministrant la nutrició hídrica i la nutrició mineral mitjançant una solució on van dissolts els diferents nutrients essencials necessaris per al seu desenvolupament. Aquest concepte és equivalent al de "cultius sense sòl".

El cultiu sense sòl fa referència a tots els sistemes de cultiu en que la planta desenvolupa el seu sistema radicular en un medi, sòlid o líquid, independent del sòl.

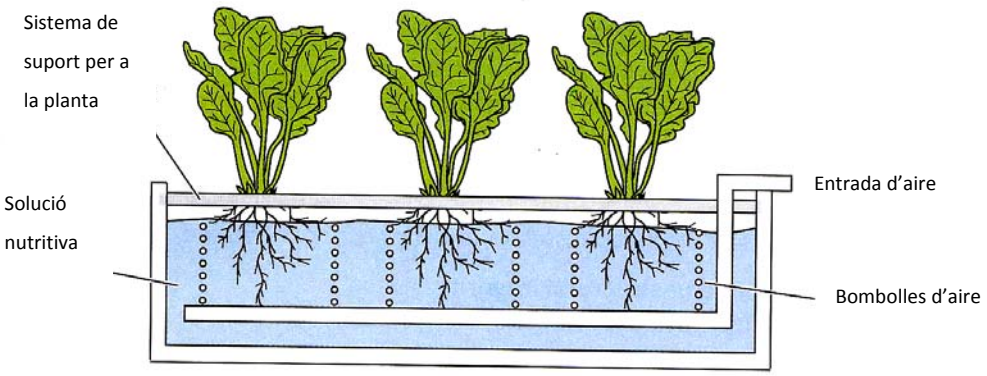
Les plantes necessiten tant aigua com aire per viure. En els cultius hidropònics, com que creixen en aigua, aquesta mai no és un problema, el que sí que ho pot arribar a ser és el subministrament d'oxigen a les arrels. Hi ha diverses maneres d'airejar-les, mitjançant una bomba submergida dins l'aigua, crear un espai lliure entre l'aigua i allò que subjecta les tiges que els permeti la respiració, o, fer crèixer les arrels en un substrat sòlid, l'anomenat medi de creixement. Aquest medi de

creixement o substrat de cultiu pot ser una substància inert, com ara sorra, grava, llana de roca, perlita o vermiculita, que no proporciona cap tipus de nutrient a la planta, de manera que amb una solució nutritiva podem proporcionar a la planta allò que necessita en les proporcions adequades i controlar en tot moment què és allò que la planta rep.El substrat de cultiu també pot ser orgànic amb menys (torba) o més (compost) aport de nutrients i diversitat microbiològica.

3.1. El cultiu hidropònic pur

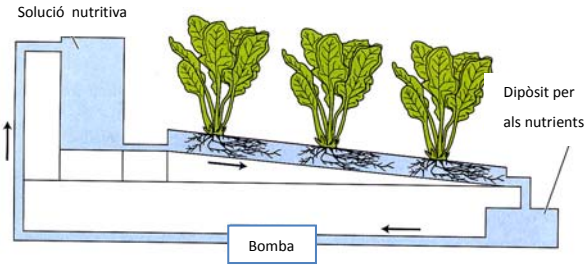
Aquest sistema de cultiu consisteix en una plataforma que subjecta les plantes i que permet que les arrels surin sobre la solució nutritiva, a partir de la qual adquireixen els nutrients. Una bomba d'aire subministra oxigen a les arrels de manera que reben la quantitat de gasos necessària. En aquest sistema de cultiu és necessari revisar i ajustar el pH de manera periòdica. Per dur a terme aquest ajustament solem utilitzar àcid clorhídric (HCl) per acidificar-lo i hidròxid de potassi (KOH) per basificar-lo.

La qualitat de l'aigua és un dels factors que condiciona més aquest tipus de cultiu. És per aquest motiu que en el nostre país s'utilitza poc, ja que les nostres aigües són salines i contenen carbonats.

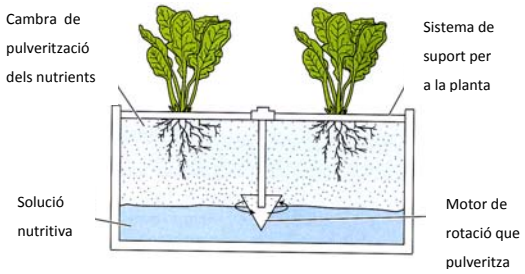


Esquema del sistema hidropònic pur

Hi ha altres formes comercials d'aquest sistema de cultiu, com per exemple el cultiu en làmina nutritiva o el sistema aeropònic.



Esquema del cultiu en làmina (NFT)



Esquema del sistema aeropònic

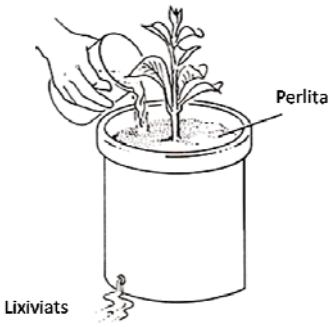
3.2. El cultiu hidropònic amb perlita

Perlita

La perlita és un silicat d'alumini amb petites quantitats d'altres elements com ara potassi, sodi, ferro o magnesi. Aquest material, que prové de l'extracció minera en canteres d'Ucraïna, pateix un procès d'assecatge a 300-400°C seguit d'un tractament tèrmic, superior als 1000°C, que provoca un canvi en el seu estat físic ja que les partícules augmenten entre 10 i 20 vegades el seu volum original.

Aquest substrat es caracteritza per la seva lleugeresa i la seva incapacitat per retenir aigua i es considera químicament inert amb contingut nul en sals solubles.

Té un pH neutre, una porositat elevada que proporciona aireació a les arrels, una estructura consistent i una bona estabilitat química en medi àcid i neutre, no obstant, no es convenient baixar el pH de la solució nutritiva per sota de 5, ja que es podria alliberar alumini. Té una capacitat baixa d'intercanvi catiònic motiu pel qual hem de tenir especial cura amb l'adobat ja que els elements nutritius que aportem no quedaran retinguts al substrat. Sovint s'utilitza barrejat amb altres materials com ara la torba ja que permet augmentar el contingut d'aire del substrat. En l'agricultura tan sols podem utilitzar les partícules de mida més gran, les petites s'utilitzen com a aïllant tèrmics en la construcció d'edificis. El cultiu en perlita, que també es considera un tipus de cultiu hidropònic, es va iniciar a Escòcia i no va arribar a Espanya fins a inicis dels anys 90.



Esquema del sistema hidropònic en perlita.

3.3. Cultiu en cambra de condicions controlades

Una cambra de cultiu és un espai dissenyat per permetre el control d'algunes variables de l'ambient físic. Normalment permeten controlar la temperatura, la il·luminació, el fotoperíode i la humitat de l'aire.

L'experiment es realitzarà en una cambra de cultiu de condicions controlades ja que, d'aquesta manera, es podrà realitzar en una època de l'any que no es pròpia per al creixement de l'espècie i també es podran controlar totes les altres variables que podrien afectar en el creixement d'aquesta.

Hi ha diferents tipus de cambres de cultiu: en alguns casos es tracta d'espais reduïts i mòbils mentre que en altres casos són espais condicionats per permetre el control de l'ambient interior.

El control de la temperatura permet una homogeneïtat d'aquesta en tots els espais de la cambra i es fa mitjançant um termostat. La il·luminació, feta a través de fluorescents que il·luminen tota la superfície útil de la cambra, pot ser de dos tipus segons com es situïn les fonts de llum. Si se situen horitzontalment, sobre el sostre, s'aconsegueix una distribució més uniforme de la llum però té l'inconvenient que escalfa el sostre i això pot provocar una distribució irregular de la temperatura. Si se situen verticalment, als laterals de la cambra, la distribució de la llum és més irregular sobre el cultiu però es generen menys problemes en la distribució de la calor. Finalment, el control del fotoperíode és fonamental, ja que permet el control de les hores de llum diàries que rep el cultiu. Es fa mitjançant un programador, que sol estar relacionat amb el programador de les temperatures de manera que es puguin programar diferents temperatures segons la fase del fotoperíode en què es trobi el cultiu.

Normalment, tots els mecanismes que permeten el funcionament de les cambres de cultiu se situen fora de la cambra i tenen un sistema de refrigeració.

Cambra de cultiu de condicions controlades on s'ha realitzat l'experiment.

4. LA NUTRICIÓ DE LES PLANTES

4.1. La nutrició orgànica de les plantes

Les plantes necessiten grans quantitats de carboni (C), hidrogen (H) i oxigen (O). Aquests nutrients, indispensables pel creixement i desenvolupament de les plantes, s'obtenen mitjançant la fotosíntesi i provenen del diòxid de carboni i de l'aigua.

Element (símbol)	*Concentració en teixit sec*	*Nombre d'àtoms respecte Mo*
Hidrogen (H)	6	60.000.000
Carboni (C)	45	40.000.000
Oxigen (O)	45	30.000.000

4.2. La nutrició mineral de les plantes

Els nutrients orgànics són complementats amb elements minerals adiccionals obtinguts en forma de ions o molècules, normalment del sòl.
Des de fa més de 2000 anys se sap que afegir nutrients al sòl millora el creixement de les plantes, però fins al segle XX no ha estat possible la recerca i conseqüent explicació dels seus efectes.

El fet de trobar un element concret en una planta no implica que sigui essencial. El terme *nutrient essencial* va ser creat per Arnon i Scout a finals dels anys trenta. Proposaven tres criteris per considerar que un element era essencial:

1. Ha de ser necessari perquè la planta completi el seu cicle vital.
2. La funció que realitza l'element no pot ser substituïda per cap altre.
3. Ha d'estar directament involucrat amb el metabolisme de la planta. Els elements que tenen funcions menys específiques, no són essencials, però són considerats elements beneficiosos.

4.2.1. Nutrients essencials

Per les plantes, hi ha 13 elements minerals considerats nutrients essencials. D'aquests, uns es necessiten en quantitats relativament grans, els macronutrients, i d'altres en quantitats inferiors, els micronutrients. Els macronutrients solen constituir compostos orgànics com ara proteïnes o àcids nucleics i contribuir en la pressió osmòtica de les cèl·lules i orgànuls; d'altra banda, els micronutrients formen part de molècules complexes, com ara enzims, i fan el transport de proteïnes. A més a més, hi ha 3 elements minerals més, considerats essencials només per a determinades espècies vegetals i beneficiosos per la resta.
Si les plantes tenen aquests elements, juntament amb l'energia solar i l'aigua que es troba en el sòl, poden sintetitzar tots els components que necessiten per tenir un creixement normal.

La següent taula mostra els nutrients minerals i la manera com són absorbits per les plantes, la concentració relativa en teixits secs (Conc. T. S.), el nombre d'atoms respecte el molibdè (N. at. Mo) i les funcions principals.

Element (símbol)	***Absorció***	***Conc. T. S.***	***N.at. Mo***	***Funcions principals***
MACRONUTRIENTS				
Nitrogen (N)	NO_3^- NH_4^+	1.5	1.000.000	Constitueix aminoàcids, amides, proteïnes, àcids nucleics, nucleòtids, coenzims, etc.
Potassi (K)	K^+	1.0	250.000	Facilita l'osmoregulació. Manté l'equilibri electroquímic. Principal regulador de l'activitat enzimàtica (més de 40 enzims). Proporciona turgència cel·lular. Sintetitza proteïnes i ATPsinteases.
Calci (Ca)	Ca^{2+}	0.5	125.000	Estabilitza parets i membranes cel·lulars. Actua com a segon missatger en la regulació metabòlica i el control cel·lular.
Magnesi (Mg)	Mg^{2+}	0.2	80.000	Constitueix la clorofil·la. Regula el pH. Manté la càrrega iònica dins de la cèl·lula.
Fòsfor (P)	$H_2PO_4^-$ HPO_4^{2-} PO_4^{3-}	0.2	60.000	Constitueix els àcids nucleics, nucleòtids, fosfolípids, sucres fosfats, etc. Actua en les reaccions que requereixen ADP i ATP. Sintetitza proteïnes i membranes.
Sofre (S)	SO_4^{2-}	0.1	30.000	Constitueix proteïnes (cistina, cisteina, metionina, etc.) i antioxidants.
MICRONUTRIENTS				
Clor (Cl)	Cl^-	100	3.000	Regula l'òsmosi. Regula l'equilibri electroquímic. Regula els enzims del fotosistema II (evolució O_2).
Ferro (Fe)	Fe^{2+}	100	2.000	Constitueix proteïnes involucrades en la fotosíntesi, en la

	Fe^{3+}			fixació del nitrogen i en la respiració. Component de totes les reaccions redox (reducció / oxidació).
Bor (B)	H_3BO_3 BO_3^{3-}	20	2.000	Les funcions precises no estan del tot definides, es creu que : constitueix les parets cel·lulars, actua en el metabolisme dels àcids nuclèics i permet l'allargament cel·lular.
Manganès (Mn)	Mn^{2+}	50	1.000	Regula els enzims del fotosistema II (evolució O_2). Component d'antioxidants (superòxid dismutasa).
Zinc (Zn)	Zn^{2+}	20	300	Component d'enzims (anhidrasa carbònica).
Coure (Cu)	Cu^{+} Cu^{2+}	6	100	Component de l'àcid ascòrbic, el citocrom oxidasa, la plastocianina, etc. Facilita la transferència d'electrons.
Molibdè (Mo)	MoO_4^{2-}	0.1	1	Paper clau en el metabolisme del nitrogen (component de la nitrat reductasa).
BENEFICIOSOS				
Sodi (Na)	Na^{+}	10	400	Només és esencial en algunes plantes, però mai és requerit en les mateixes proporcions que el necessiten els animals. En algunes funcions pot substituïr el potassi.
Silici (Si)	SiO_3^{2-}	0.1	30.000	És essencial en algunes plantes com a component de les parets cel·lulars (cereals), proveeix la cèl·lula de rigidesa i elasticitat.
Níquel (Ni)	Ni^{2+}	0.1	2	És essencial en algunes espècies. Constitueix les ureases i les hidrogenases.

Les plantes necessiten les quantitats justes d'aquests elements en el seu lloc precís (cèl·lules, teixits i òrgans) i en el moment precís del cicle vital. L'excés o la insuficiència d'aquests nutrients pot provocar sobre la planta efectes tòxics o deficiències; sent més habituals els problemes per deficiència que no pas per toxicitat. De totes maneres, l'aplicació en excès d'algun element pot comportar l'aparició de deficiència d'altres elements. Com ja he comentat, cal una correcte proporció entre ells.

4.2.2. Les deficiències

Els símptomes de deficiència de nutrients en les plantes són l'expressió d'un desordre metabòlic produït pel subministrament insuficient d'un nutrient essencial. Aquests desordres estan relacionats amb els papers que juguen els nutrients en un normal metabolisme i funció de la planta.

Si relacionem símptomes de deficiències extremes amb un nutrient determinat, un indicatiu important és observar quina part de la planta es veu més afectada i com progressen els símptomes (de les fulles adultes a les joves o a la inversa), en cas que ho facin.

Alguns elements com el nitrogen, el fòsfor i el potassi, tenen facilitat per desplaçar-se de fulla en fulla; altres com el bor, el ferro i el calci són relativament immòbils en la majoria de les plantes. Si l'element es mòbil, els símptomes solen aparèixer primer en les fulles adultes i es van desplaçant cap a les fulles més joves, és a dir, els símptomes progressen de baix a dalt de la planta; en canvi, la deficiència d'un element essencial immòbil es fa evident primer en les fulles joves i avança cap a baix. Actualment s'estan estudiant els mecanismes precisos de la mobilització dels nutrients ja que sembla que hormones vegetals com les citocinines hi estan involucrades.

ELEMENTS MÒBILS	Nitrogen	Potassi	Magnesi	Fòsfor	Clor	Sodi	Zinc	Molibdè
ELEMENTS IMMÒBILS	Calci	Sofre	Ferro	Coure	Bor			

Seguidament explicaré els símptomes que descriuen les diferents deficiències.

Les deficiències de nitrogen, fòsfor, magnesi, potassi i zinc afecten principalment les fulles adultes i les més joves de la planta.

EFECTES	DEFICIÈNCIES	SÍMPTOMES
Efectes generalitzats sobre la planta. Les fulles inferiors s'assequen i el color de la planta s'aclareix o enfosqueix. Si la deficiència es produeixen les darreres fases de creixement, ens trobem amb pecíols curts i prims.	Nitrogen	La planta es torna d'un color verd més clar. Les fulles de la base (adultes) es tornen grogues i marronoses, es produeix una clorosi.
	Fòsfor	La planta es torna de color verd més fosc, i sovint es desenvolupen colors rojos i lilosos al revers de les fulles.
Els seus efectes solen ser molt més localitzats i inclouen símptomes com taques groguenques (cloròtiques) i un lleuger assecament en les fulles més joves.	Magnesi	Les taques cloròtiques solen tornar-se vermelloses i a vegades trobem taques necrosades (teixit mort). Els pecíols són prims i les puntes i marges de les fulles es giren cap amunt.
	Potassi	Hi ha més presència de taques amb teixit mort, normalment a les puntes i entre els nervis, i, especialment als marges de les fulles. Els pecíols són prims.
	Zinc	Les taques amb teixit mort estan generalitzades, augmenten de tamany amb rapidesa i es troben, normalment, entre els nervis. Les fulles són primes.

D'altra banda, ens trobem amb les deficiències de calci, bor, coure, manganès, sofre i ferro, que presenten símptomes localitzats i la principal part afectada són les fulles joves i les gemmes o borrons terminals.

EFECTES	DEFICIÈNCIA	SÍMPTOMES	
Les gemmes moren i les fulles tenen malformacions a les puntes	Calci	Primer s'observa la gemma terminal en forma de ganxo. Posteriorment, el pecíol morirà i provocarà la caiguda de la gemma.	
	Bor	Les fulles prenen una coloració verda molt clara, es recargolen i, finalment, el pecíol mor i la gemma cau.	
La gemma terminal sobreviu	Coure	Les fulles joves presenten un aspecte marcit sense taques cloròtiques.	
	Manganès	No s'observa aspecte marcit	Observem taques cloròtiques i necrosades. Les nerviacions de les fulles es mantenen verdes.
	Sofre		Clorosi general com en el cas del nitrogen però, en aquest cas, en les fulles joves.
	Ferro		Taques cloròtiques sense necrosi. Els pecíols prims i curts.

4.3. Les solucions nutritives

Al llarg dels anys, ha variat força la composició de les solucions nutritives. Les primeres formulacions, fetes per Knop a Alemanya, tan sols incloïen KNO_3, Ca $(NO_3)_2$, KH_2PO_4, $MgSO_4$ i sals de ferro. En aquells anys, es creia que aquesta solució nutritiva contenia tots els minerals que les plantes necessitaven. Una sèrie d'experiments fets posteriorment amb la resta d'elements que actualment es consideren essencials, com ara el bor o el molibdè, va fer possible la formulació de les solucions nutritives actuals, sent la més important i emprada l'anomenada "solució Hoagland modificada", que deu el seu nom a Dennis R. Hoagland, un científic clau en la recerca i el desenvolupament de la nutrició mineral.

4.3.1. La solució Hoagland modificada

Aquesta solució conté tots els minerals coneguts actualment com essencials, necessàris per un ràpid creixement de la planta. La concentració d'aquests elements és la més elevada possible però sense provocar símptomes de toxicitat o estrès per salinitat. També la concentració és molt superior a la que trobariem al sòl, prop de les arrels de la planta. Aquests nivells inicials tan

elevats permeten el creixement de la planta en el medi durant un periòde de temps molt elevat sense haver de reposar nutrients. No obstant, la majoria d'investigadors dilueixen la solució nutritiva, per exemple a la meitat, i la substitueixen amb més freqüència per tal de minimitzar les fluctuacions en la concentració de nutrients al medi i al teixit de la planta.

Una característica d'aquesta solució nutritiva és que el nitrogen es subministrat de dues formes diferents, catió amoni (NH_4^+) i anió nitrat (NO_3^-). En el cas que el pH del medi sigui neutre, la majoria de plantes creixen millor si tenen accès tant a NH_4^+ com a NO_3^-, ja que es produeix un balanç catió-anió favorable per la planta.

Un dels problemes que tenen, en general, les solucions nutritives es mantenir la disponibilitat de ferro ja que aquest precipita i així és inaccesible per a la planta. Les solucions més modernes utilitzen productes químics com l'àcid etilendiaminatetraacètic (EDTA) o l'àcid dietilenetriaminapentaacètic (DTPA o àcid pentètic).

La següent taula mostra la composició de la solució nutritiva de Hoagland modificada:

Compost	*Pes molecular*	*Concentració de solució stock*	*Volum de la solució stock per litre de la solución final*	*Element*	*Concentració final de l'element*
	g / mol	**g / L**	**mL**		**ppm**
MACRONUTRIENTS					
KNO_3	101.10	101.10	6.0	N	224
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	236.16	236.16	4.0	K	235
$NH_4H_2PO_4$	115.08	115.08	2.0	Ca	160
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	246.48	246.49	1.0	P	62
				S	32
				Mg	24
MICRONUTRIENTS					
KCl	74.55	1.864	2.0	Cl	1.77
H_3BO_3	61.83	0.773		B	0.27
$MnSO_4 \cdot H_2O$	169.01	0.169		Mn	0.11
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	287.54	0.288		Zn	0.13
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	249.68	0.062		Cu	0.03
H_2MoO_4 (85%MoO_3)	161.97	0.040		Mo	0.05
NaFeDTPA (10%Fe)	468.20	30.0	0.3 – 1.0	Fe	1.00 – 3.00
OPCIONALS					
$NiSO_4 \cdot 6H_2O$	262.86	0.066	2.0	Na	0.03
$Na_2SiO_3 \cdot 9H_20$	284.20	284.20	1.0	Si	28

5. EL pH DEL SÒL I LA SEVA INFLUÈNCIA EN LA DISPONIBILITAT DE NUTRIENTS PER A LA PLANTA

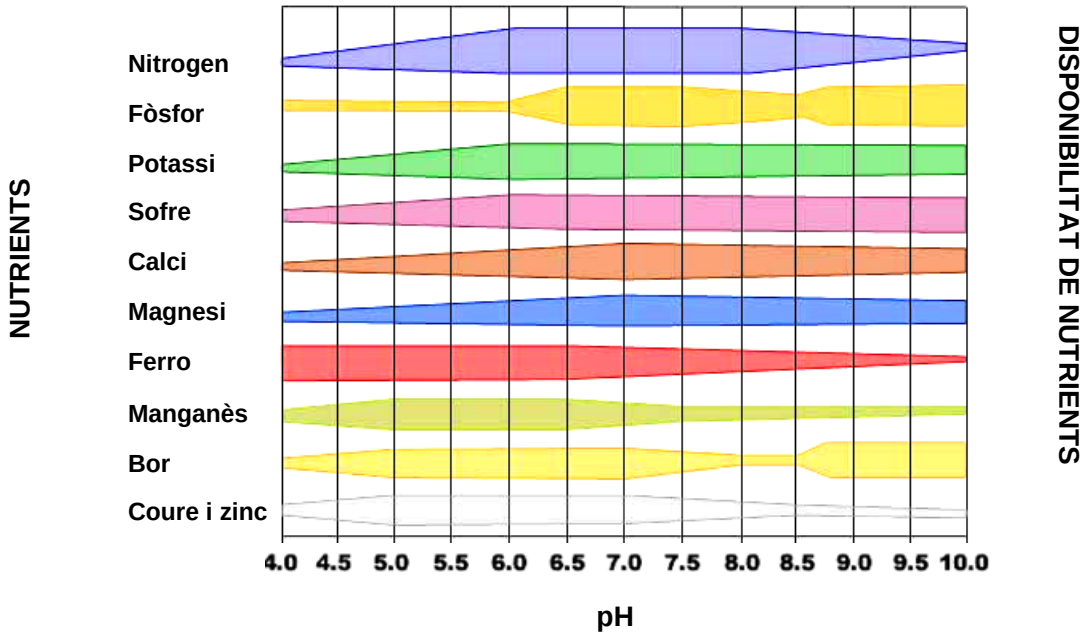
El pH del sòl està determinat per la concentració de ions d'hidrogen, que està afectat per l'abundància relativa de cations com ara Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+} i K^{+}. Els sòls rics en aquests cations tenen valors de pH més elevats que altres amb nivells de concentració catiònica més baixos. L'aigua que es filtra a través del sòl tendeix a emportar-se aquests cations i deixa, en el seu lloc, ions H^{+}.

Les partícules de matèria orgànica, com la torba i l'argil·la, posseeixen a la superfície moltes càrregues negatives que atrauen cations com H^{+}, K^{+}, Na^{+}, Ca^{2+} i Mg^{2+}. Els cations amb valències baixes són atrets més fortament que altres amb valències més altes, però tots poden ser intercambiats amb altres elements amb càrrega del sòl. No obstant, altres materials com la perlita i la sorra no tenen càrregues i això produeix que en els cultius en perlita o en els terrenys arenosos els elements amb càrrega positiva es perdin amb molta més facilitat que en els terrenys argilosos. Aquest fet té implicacions directes amb la fertilitat del sòl.

El pH del sòl afecta de moltes maneres en la disponibilitat dels ions. Per exemple, en combinacions concretes alguns ions poden precipitar en forma de sals insolubles, fet que no els fa disponibles per a les plantes. També fa possible o impossibilita la presència dels elements químics en la forma d'absorció òptima per a la planta, ja que quan el pH no és al nivell adequat la planta perd la seva facilitat per absorbir determinats nutrients essencials. Per a cada planta hi ha un nivell de pH que produeix resultats de creixement òptims, però, en general, totes prefereixen un medi de creixement una mica àcid, entre 6.0 i 6.5, encara que en la majoria de casos poden viure amb pH entre 5.0 i 7.5. A més a més, la forma d'absorció també pot canviar a mesura que el pH varia; per exemple el nitrogen (N) el podem trobar en forma de nitrat (NO_3^{-}) i en forma d'amoni (NH_4^{+}), però, amb valors de pH baixos, l'amoni és més fàcil d'absorbir que el nitrat, que ho és en valors de pH elevats.

El següent gràfic mostra la relació entre el pH del sòl i la disponibilitat dels nutrients minerals; com més ample és la barra, major n'és la disponibilitat.

INFLUÈNCIA DEL pH EN LA DISPONIBILITAT DE NUTRIENTS PER A LA PLANTA



6. EL RAVE

Detall d'una planta de rave (exp. 1, pH 5.5, planta 6)

La planta utilitzada per a realitzar l'experiment és el rave, *Raphanus sativus*, i la varietat emprada es la *ridicula*. La tria d'aquesta espècie és el resultat d'un estudi de les seves característiques. La tria de la varietat és conseqüència de la seva disponibilitat a la Cambra Agrària de Vilassar de Mar.

El rave és una planta idònia per realitzar un experiment de poca durada ja que té un cicle vital curt. També s'ha tingut en compte que fós una espècie sensible a la variable de l'experiment, el pH. El rave és una espècie resistent i tolerant però sensible les variacions de pH. A més a més, s'ha procurat investigar sobre un tipus de vegetal comestible i útil en la societat.Es tracta d'una planta, anual o biennal, d'origen mediterrani que des de fa 4.000 anys s'utilitza en la cuina.

A Catalunya el rave, cultivat a l'aire lliure, és una hortalitza produïda a les províncies de Barcelona i Tarragona en un total de 5.10 Ha, un 86.7% de la producció es concentra a Barcelona i la resta, a Tarragona. El cultiu a les províncies de Lleida i Girona no és significatiu.

6.1. Classificació científica

El rave pertany al regne vegetal, a la clase *Magnoliopsida*, a l'ordre de les *Brassicales*, a la familia de les *brassicaceae,* al gènere *Raphanus* i a l'espècie *sativus.* El seu nom científic és *Raphanus sativus* L., varietat *ridicula*. Per fer l'experiment he utilitzat un cultivar concret, el ravanet rosat.

6.2. Morfologia

La planta de rave té principalemt cinc parts: les arrels, l'hipocotil, la tija, les fulles i les flors.

Les arrels són primes i profundes i les trobem a partir del final de l'hipocotil. La part comestible, el rave, no es pas ni un fruit ni les arrels de la planta, és un hipocotil, una tija engruixida i de reserva. L'hipocotil es troba entre les arrels de la planta i els cotiledons, és carnós i sol tenir la pell roja, rosada o blanca. La seva mida és variable, entre 3 i 10 cm, sol tenir una forma allargada, més o menys arrodonida i el teixit és esponjós i conté entre 1 i 10 llavors, petites, rodones i castanyes o rosades. El seu gust pot ser picant o més o menys insípid.
La tija és breu abans de la floració i és una roseta de fulles, no és un òrgan d'assimilació i conté els vasos del xilema (transport d'aigua) i els vasos del floema (transport de fotoasimilats). Quan floreix, s'espiga, i pot assolir entre 0.5 m. i 1 m. d'alçada. Les fulles són enteres, i primer es desenvolupen en forma de roseta. Les fulles bassals, són peciolades i lobulades, tenen entre 1 i 3 segments laterals amb el marge dentat de manera irregular, el segment terminal és orbicular i més gran que els laterals. Les fulles caulines són escasses, petites i menys dentades i lobulades que les bassals. Les flors solen estar formades per quatre sèpals i estan disposades sobre peduncles prims, ascendents i en forma de raïm, amb nervis violàcis o porpres. Té 6 estams lliures i un estil allargat, lleugerament lobulat.

6.3. Requeriments edafoclimàtics

És una planta que prefereix els climes temperats, encara que cal protegir-la durant les èpoques de temperatures elevades. El cicle de cultiu depèn de les condicions climàtiques però sol durar entre 20 i més de 70 dies. La gelada es produeix a -2ºC. i el desenvolupament vegetatiu té lloc entre els 6ºC i els 30ºC, però la temperatura òptima es troba entre 18ºC i 22ºC. La temperatura òptima per la germinació és entre 20ºC i 25ºC.S'adapta amb facilitat a qualsevol tipus de sòl, encara que els prefereix profunds, fangosos i neutres. El pH ha d'oscilar entre 5.5 i 6.8. No tolera la salinitat.

6.4. Conreu

En un clima adeqüat és una de les plantes que creix més depressa ja que pot pasar només un mes entre la sembra i la collita. Sovint es sembra com a conreu intercalar, al llarg de tot l'any i per el seu cicle tant curt no s'adoba. Es preferible realitzar la sembra a la tardor, l'hivern o la primavera.

Si es cultiva al sòl, les llavors generalment es reparteixen al vol a raó de 12 kg. per Ha. Als 15 dies de la sembra s'han de retirar un cert nombre de plantes per tal que la densitat de la plantació sigui homogènia, dejant les plantes distanciades uns 5 cm. La recol·lecció de ravanets (entre 1 i 7 cm de llargada i entre 1-2 cm de diàmetre) sol realizar-se entre el mes i els 45 dies i és important no excedir-se mai d'aquest període perquè podrien apareixer fisiopaties. En els raves de tamany mitjà (entre 10 i 15 cm de llargada i entre 2 i 5 cm de diàmetre) la recolecció es fa sobre els 55 dies i la dels grans (de 30 a 50 cm de llargada i de 5 a 10 cm de diàmetre) sobre els 75 dies.
La recol·lecció sol realizar-se manualment, fet que encareix el preu. En extensions molt grans es fa de manera mecanitzada però amb certa dificultat.

6.5. Plagues i malalties

Entre les plagues més freqüents cal destacar l'eruga de la col (*Perris brassicae*), el pulgó (*Aphis gossypii* i *Myzus persicae*) i l'eruga negra *Spodoptera littoralis*. El pulgó succiona la saba de les plantes, produeix un líquid amb un alt contingut en sucre que tampona els estomes de les fulles afavorint així el creixement de certs fongs i transmet nombroses malalties produides per virus. La eruga negra pot escurçar les plantes en els primers estats de creixement i desenvolupament i escurçar també les fulles.
Entre les principals malalties destaquem el midium vellós (*Peronospora parasitica*) que produeix taques groguenques sobre les fulles que amb el temps, s'assecaran.

6.6. Fisiopaties

Les principals fisiopaties que podem trobar en els raves són:

- interiors buits o amb textura surenca, degut a una sobremaduració.
- presència de textures dures i fibroses, ocasionades al cultivar la planta en sòls massa lleugers amb un dèficit hídric.
- gust picant, degut a un excès de calor durant el cultiu

De totes maneres, si es planten en condicions controlades és difícil que aquestes fisiopaties apareixin.

Detall d'un rave surenc

(exp.2, pH 7.5, planta 1)

Detall d'un rave buit

(exp.2, pH 8.5, planta 10)

6.7. Comercialització i usos

Existeixen dues maneres de comercialitzar els raves, una és amb manats de fulles i l'altra és nets, sense fulles ni arrels. Es solen transportar a les unitats de processament a l'interior de contenidors de plàstic o remolcs. Un cop allà, primer són sotmesos a un prerentat amb aigua per tal d'eliminar la terra i les altres impureses, aconseguint així una neteja total gràcies a un sistema de rentat posterior amb l'impulsió d'aire en l'aigua. Desprès es fan lliscar rotativament de manera que les fulles quedin atrapades entre dos rodets i puguin ser eliminades. Els raves defectuosos es separen i les arrels es tallen. Es conserven entre 2 i 5° C i a una humitat relativa d'entre el 90 i el 96%.
S'utilitzen principalment en les amanides encara que les fulles es poden utilizar, també, com a verdura. Dels raves de varietats picants se'n pot fer una salsa. En la cuina oriental s'utilitza molt.

6.8. Propietats i valors nutricionals

(Per 100 g. de matèria fresca)

Energia	14 kcal / 57 kJ	Sodi (Na)	17 mg
Greixos	0.1 g	Calci (Ca)	35 mg
Proteïnes	1.1 g	Magnesi (Mg)	8 mg
Hidrats de carboni	2.0 g	Fluor (F)	0.1 mg
Fibra	1.6 g	Potassi (K)	225 mg
Vitamina A	4.0 µg	Fòsfor (P)	28 mg
Vitamina B1	0.04 mg	Ferro (Fe)	1.2 mg
Vitamina B2	0.04 mg	Niacina	0.2 mg
Vitamina B6	0.06 mg	Àcid salicílic	1.24 mg
Vitamina C	27 mg	Aigua	94.4 g

7. METODOLOGIA

7.1. Introducció

Per tal d'estudiar com és el creixement del rave segons el sistema de cultiu hidropònic i segons el pH es planteja un experiment que es divideix en dues parts, cadascuna feta en un sistema diferent de cultiu hidropònic, l'un en aigua, i l'altre, en perlita. A més, també es planteja una experiència amb microscopia de rastreig.

L'experiment es realitza en dos cultius hidropònics diferents: l'un amb aigua i l'altre amb perlita, variant el valor del pH de les solucions nutritives. Els dos experiments es realitzen en el mateix espai, en una cambra de cultiu de condicions controlades, de manera que el cultiu del rave es va poder fer en una estació que no li és pròpia, l'estiu, i controlant totes les altres variables, com ara la temperatura (25ºC ± 2ºC), la llum (amb una intensitat al voltant de $250 \mu E \cdot m^{-2} \cdot seg^{-1}$), el fotoperiòde (18 h de llum i 6 h de foscor) o la humitat (d'entre el 70 i el 80%).

L'experiment queda dividit en dos experiments paral·lels. Al llarg del treball, a l'experiment fet amb el sistema d'aigua també se'l anomena experiment 1 i al fet en perlita, experiment 2. L'experiment té una durada de 29 dies un cop les plantes han germinat, temps suficient per a que es desenvolupi i maduri el rave, és a dir, per a que la planta es trobi en el punt òptim per a la seva recol·lecció.

El disseny experimental dels dos experiments ha estat una mica diferent: en l'experiment 1, per qüestions d'espai, hem hagut de fer 9 repeticions mentre que, en l'altre, experiment 2, hem mantingut la idea inicial de 10 repeticions.

Abans de començar l'experiment, s'ha hagut de fer germinar les llavors, ja que per a iniciar-lo ens calia una certa homogeneïtat en la mida de les plantes. El sistema de germinació utilitzat ha estat la perlita. Per tal d'activar el metabolisme de la llavor s'ha mantingut el substrat amb cert grau d'humitat ja que, el seu metabolisme, inicialment, es troba en estat latent. La germinació es dóna per finalitzada amb l'aparició dels cotiledons, que triga aproximandament una setmana, i és llavors quan es transplanten a les safates de l'hidropònic pur i als testos amb perlita. També ha calgut preparar la solució nutritiva per tal de facilitar a les plantes l'aport de nutrients necessari. La preparació de la solució nutritiva s'ha fet seguint el criteri de formulació de la solució Hoagland modificada, però a meitat de concentració.

Finalment, també s'ha fet una experiència amb microscopia de rastreig que ha permès observar la diferència entre els teixits de les diferents parts de la planta (fulles, cotiledons i raves).

7.1.1. Paràmetres a estudiar i analitzar

Aquest treball de recerca pretén observar com varia el creixement de la planta de rave segons el sistema de cultiu hidropònic i les variacions de pH.
El seguiment del creixement de les plantes es realitzà entre un i dos cops per setmana per mitjà de fotografies. En l'experiment 1, durant cinc dies, diàriament, es va mesurar el valor de la conductivitat per tal d'observar com varia i poder analitzar els possibles factors que provoquen el canvi. Al final de l'experiment, en els dos cultius, es mesuren el pes fresc i el pes sec de fulles, raves i arrels, que, després ens permetran mesurar el contingut d'aigua en cada una de les diferents parts. També es mesuren el nombre de fulles, la longitud de la fulla més llarga, la longitud del rave i el seu diàmetre. Paral·lelament, es fa un estudi de la superfície de les diferents parts de la planta: els cotiledons, les fulles i el rave per tal d'observar l'existènica de diferents tipus de cèl·lules epidèrmiques en una mateixa espècie vegetal. Finalment, es fa un breu estudi econòmic de manera que ens permeti observar els costos dels dos sistemes i relacionar-los amb la productivitat per tal d'establir quin dels dos és més rendible.

7.1.2. Tractament de les dades

A partir de les dades extretes dels experiments es farà:

a) Una comparació dels diferents tractaments en cada un dels sistemes de cultiu hidropònic per tal de deduïr quin és millor i poder-ne analitzar les possibles causes.
b) Una comparació del mateix tractament en els dos substrats de manera que puguem deduïr quin pH de solució nutritiva és millor per a cada substrat.
c) Una comparació dels diferents pH per un mateix substrat.
d) Una comparació i anàlisi dels diferents epitelis de la planta.
e) Una comparació del cost de cada sistema hidropònic en funció del rendiment per tal d'observar la rendibilitat.

7.2. Preparació de la solució nutritiva i adequació als diferents valors de pH

Vas de precipitats i matràs aforat

7.2.1. Objectius

1. Preparar solució nutritiva Hoagland diluïda a la meitat.
1. Adequar-la als 5 valors de pH (4.5, 5.5, 6.5, 7.5, 8.5) que són les variables que utilitzaré en l'experiment.

Pipeta automàtica

7.2.2. Materials

- Vas de precipitats de 100 ml
- Matràs aforat de 1 L
- Matràs aforat de 100 ml
- Pipeta automàtica de 10 ml o pipeta graduada amb xuclador, també de 10 ml
- Espàtula
- Agitador magnètic
- Comptagotes
- Agitador magnètic
- Balança
- pH-metre
- Aigua destil·lada

Agitador magnètic

Balança

pH-metre

7.2.3. Reactius

- Dihidrogenfosfat d'amoni ($NH_4H_2PO_4$)
- Sulfat de manganès hidratat ($MnSO_4 \cdot H_2O$)
- Sulfat de zinc heptahidratat ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$)
- Sulfat de coure pentahidratat ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)
- Àcid molíbdic (H_2MoO_4)
- Clorur de potassi (KCl)
- Àcid bòric (H_3BO_3)

- Fe EDTA (15% Fe)
- Nitrat de calci ($Ca(NO_3)_2$)
- Àcid Clorhídric (HCl) per acidificar la solució
- Hidròxid de potassi (KOH) per basificar-la
- Nitrat de potassi (KNO_3)
- Sulfat de magnesi ($MgSO_4$)

7.2.4. Consideracions prèvies

- Cal afegir els macronutrients separadament per tal d'evitar la seva precipitació durant la preparació de la solució nutritiva.
- Els micronutrients s'afegeixen tots junts, exceptuant el ferro que s'afegeix separat en forma de sodi fèrric dietiletriaminapentaacetat (NaFeDTPA, Sequestrene 330 Fe).
- Per facilitar una mica el procés, no afegim els elements opcionals a la nostra solució. És possible que, sense voler-ho, la solució tingui níquel ja que aquest sol estar present com a contaminant d'altres elements químics. En el cas que afegissim silici, l'hauriem d'afegir abans que cap altre element i ajustar tot seguit el pH amb dissolució HCl per evitar que provoqui la precipitació dels nutrients.

7.2.5. Procediment

Aproximadament, es preveuen utilitzar uns 120 L de solució nutritiva per als 2 experiments, 12 L per cada valor de pH.

La formulació de la solució nutritiva es fa dividint per 2 els valors de la taula que mostra la composició de la solució nutritiva Hoagland (pàg. 20, apartat 3.3.1.) ja que la solució que es vol es a meitat de concentració.

Al no disposar de NaFe DTPA (10% Fe), la solució de Fe la fem a partir de Fe EDTA (15% Fe).

D'aquesta preparació resulten 6 solucions que mesclarem per tal de crear la solució nutritiva Hoagland diluïda a la meitat, de manera que, per preparar un litre de solució ens calen:

a) 3ml de KNO_3
b) 2ml de $Ca(NO_3)_2$
c) 1 ml de $NH_4H_2PO_4$
d) 0,5 ml de $MgSO_4$

e) 1 ml de la solució de micronutrients que està composta per: 0,93 g de clorur de potassi (KCl), 0,37 g d'àcid bòric (H_3BO_3), 0,08 g de sulfat de manganès hidratat ($MnSO_4 \cdot H_2O$), 0,14 g de sulfat de zinc heptahidratat ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$), 0,03 g de sulfat de coure pentahidratat ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) i 0,02 g d'àcid molíbdic (H_2MoO_4) (85%MoO_3).
f) 0,25 ml de Fe EDTA (15% Fe).

A partir d'aquí es crearà la solució nutritiva que s'ajustarà als diferents valors de pH.

7.2.6. Metodologia seguida en la preparació de la solució nutritiva

Com que en tots els casos es parteix d'un solut sòlid, per preparar les diferents dissolucions s'ha seguit aquest procés:

1) Calcular els grams de solut necessaris.
2) Amb l'ajut d'una espàtula, pesar el solut amb la balança i dins d'un vas de precipitats.
3) Posar el solut a l'interior d'un matràs aforat de 100 ml.
4) Afegir aigua destil·lada, que previament s'ha emprat per recollir tot el solut que hagués pogut quedar en el recipient de pesada, al matràs aforat fins una mica abans del senyal.
5) Agitar per homogeneïtzar la dissolució, manualment o amb un agitador magnètic.
6) Amb un comptagotes, afegir la mica d'aigua que falta.

Un cop s'han tingut les sis dissolucions preparades seguint aquest procediment, se n'ha extret la quantitat necessària (apartat 6.2.5), s'ha posat en un matràs aforat de 1 L, a mesura que s'agitava la solució amb l'agitador magnètic, i s'ha afegit aigua destil·lada fins arribar al senyal.

7.2.7. Metodologia seguida en l'ajust del pH de la solució nutritiva

1) Determinar el pH de la solució nutritiva
2) A mesura que s'agita la solució amb un agitador magnètic, afegir, a poc a poc, gotes de KOH 0,1 M per basificar la solució o HCl 0,1 M per acidificar-la fins assolir el pH desitjat.
3) Cal anar revisant el valor de pH constantment.

7.3. Germinació de les plantes en perlita

Llavors de rave

7.3.1. Objectius

1. Disposar de material vegetal per fer els diferents experiments.
2. Aconseguir una homogeneïtat de característiques.

7.3.2. Material

- 5 safates de 40x25x6 cm
- 60 testos de 400 ml de volum
- Perlita
- 120 llavors de rave
- Cambra de cultiu de condicions controlades
- Solució nutritiva Hoagland (ja preparada)

Test amb perlita que mostra el detall de dues llavors de rave germinades

7.3.3. Procediment

1) Es mulla la perlita.
1) S'omplen els testos de perlita sense arribar a omplir-los
1) Es posen dues llavors de rave a cada test.
1) Es cobreixen les llavors amb 1 cm aproximadament de perlita.
2) Es rega amb 25 ml cada dia per mantenir el grau d'humitat i fer, així, que les llavors, que es troben en estat latent, germinin.
3) La germinació es dóna per finalitzada amb l'aparició dels cotiledons. Sol durar una setmana.

7.4. Comparació entre els dos sistemes de cultiu: hidropònic pur i hidropònic amb perlita

7.4.1. Objectius

1. Comparar quin dels dos sistemes hidropònics és millor per al cultiu del rave i per a les seves diferents parts.
2. Identificar els millors valors de pH per al cultiu de la planta, conèixer les deficiències nutritives i justificar-ho en funció de la variabilitat de nutrients al sòl segons el pH.
3. Observar la variació de la conductivitat de la solució nutritiva.
4. Comparar els costos de muntatge dels dos sistemes utilitzats.

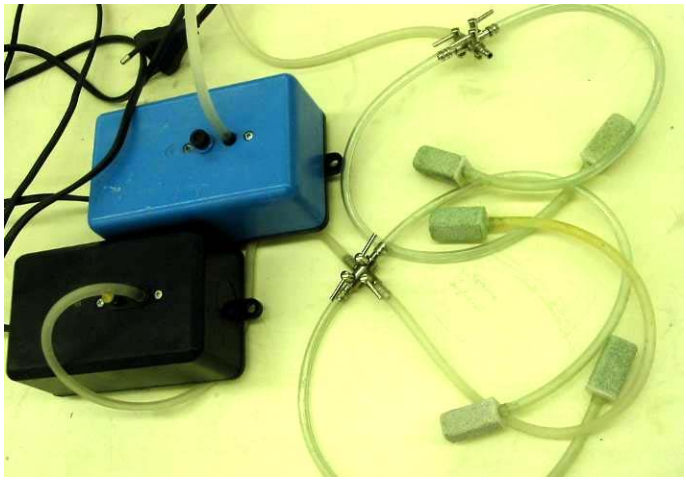
7.4.2. Cultiu 1: Sistema hidropònic pur o amb aigua

Material

- 5 safates de 25x18x8 cm
- Làmina de plàstic
- 2 bombes d'aire (d'aquari) per permetre l'aireació de les diferents safates amb una mateixa intensitat
- 5 tubs de plàstic
- 2 aixetes
- 5 difusors de bombolles d'aire d'aquari per tal d'evitar la sortida de l'aire de forma violenta.
- Agulles d'estendre
- Paper de plata
- 45 plantes de rave prèviament fetes germinar
- Cambra de cultiu de condicions controlades
- Solució nutritiva Hoagland dissolta a una meitat i ajustada als diferents valors de pH (obtinguda a l'apartat 6.2.)

Procediment

1) Es talla el plàstic en cinc làmines de manera que tinguin la mateixa superfície que cada una de les cinc safates i els hi fem nou forats.
2) Es preparen les bombes d'aireació.



Bombes d'aireació amb els respectius difusors

Detall d'un difusor

3) Posem 2,5 litres de solució nutritiva de cada pH a la safata pertanyent.
4) Posem un difusor d'aire dins la solució nutritiva de cada safata.
5) Recobrim els forats de les làmines de plàstic amb una mica de paper de plata per tal d'evitar fer ferides a les plantes i alhora, per subjectar-les fins que es facin una mica més grans. La làmina de plàstic serveix de suport per a les plantes a l'hora que impossibilita o, si més no, dificulta l'aparició d'algues en el medi nutritiu.

Detall del sistema de suport de la planta

6) Situem, a cada forat, una planta de rave germinada fent que les arrels estiguin en contacte amb la solució nutritiva.
7) L'absorció de nutrients per part de les plantes fa modificar el pH de la solució nutritiva. Per tal de rectificar-lo, cada 7 dies substituïrem la solució, si es que en resta, per solució amb el pH inicial, per partir del mateix punt sempre.

Contacte de les arrels amb la solució

Experiment amb hidropònic pur (pH 4.5, 5.5 i 6.5)

Observacions:

a) L'experiment 1 té una durada de 29 dies i es realitza els mesos de juliol i d'agost del 2007.
b) A partir de la tercera setmana es va veure que 2,5 L de solució nutritiva per setmana eren insuficients ja que les plantes es quedaven sense aigua ni nutrients (absorbien tota la solució nutritiva) de manera que es va provar si amb mig litre més, és a dir, amb 3 L aguantaven una setmana sense restitució de la solució i es va veure que sí que era així. De manera que, en els dos canvis següents es van posar 3 L enlloc de 2,5 L.

7.4.3. Cultiu 2: Sistema hidropònic amb perlita

Material

- 5 safates de 40x25x6 cm
- 50 testos de 400 ml de volum (10 per tractament)
- 50 plantes de rave prèviament fetes germinar
- Perlita (EUROPERL, Europerlitas españolas S.A.)
- Cambra de cultiu de condicions controlades
- Solució nutritiva Hoagland dissolta a una meitat i ajustada als diferents valors de pH (obtinguda a l'apartat 6.2.) i aigua

Procediment

1) Mullem la perlita amb aigua per tal d'eliminar la pols i fer-la més manejable.
2) Posem la perlita en els testos.
3) Posem 10 testos en cada safata.
4) Etiquetem les safates que contindràn els testos amb les plantes per saber el pH de la solució nutritiva que contenen.
5) Posem 1 L. de solució nutritiva de cada pH a la safata pertanyent, el posem als testos encara que la perlita no ho retingui ja que d'aquesta manera la mantenim humida.
6) Posem una planta de rave prèviament germinada a cada test.

Observacions:

a) L'experiment 2 té una durada de 29 dies i es realitza els mesos de juliol i d'agost del 2007.
b) La freqüència de reg es fa amb una periodicitat de 1 L cada 3 o 4 dies.

Cultiu en el sistema hidropònic amb perlita, pH 7.5. Aparició de les primeres fulles. 6 de juliol del 2007.

7.4.4. Anàlisi comparativa dels dos sistemes de cultiu

Les dades de creixement (fulles, raves i arrels) corresponents al cultiu hidropònic en aigua es presenten a la taula 1.

Com es pot observar a la taula 1, els pHs que provoquen un millor creixement a la part aèria són 5.5 i 6.5 per a quasi totes les dades mesurades. El pes fresc (PF) i pes sec (PS) de les fulles és notablement superior en les plantes crescudes a pH 5.5 i 6.5. El nombre major de fulles s'obté a pH 5.5, 8.5 i 6.5. Les fulles més llargues s'obtenen a pH 6.5, 4.5 i 5.5. El pes mitjà de les fulles superior també correspon als pHs 6.5 i 5.5 tot i que aquest valor a pH 4.5 també és molt alt. Malgrat que a pH 4.5 el pes mitjà de la fulla és elevat, la seva biomassa aèria no és gaire alta perquè el nombre de fulles és el menor. Com es pot observar a la taula 1, el millor creixement dels raves s'obté a pH 5.5 per a tots els paràmetres mesurats: PF, PS, longitud del rave i diàmetre a la part més ampla. El millor desenvolupament radicular s'obté a pH 5.5 sent notablement superior a la resta de tractaments, tots molt similars entre ells.

Taula 1: Dades de creixement per a tots els pH estudiats, corresponents al cultiu hidropònic amb aigua.

	FULLES				
	PF	PS	Nombre de fulles	Longitud de la fulla més llarga (pecíol i fulla)	Pes mitjà fulla (PF / Nº fulles)
pH	(g)	(g)		(cm)	
4.5	16,00 ± 4,42	0,97 ± 0,36	6,63 ± 0,74	22,75 ± 3,59	2,47 ± 0,85
5.5	16,57 ± 6,24	1,07 ± 0,43	7,67 ± 1,32	21,96 ± 2,84	2,14 ± 0,61
6.5	18,18 ± 5,29	1,00 ± 0,32	7,33 ± 1,00	22,83 ± 2,93	2,48 ± 0,68
7.5	14,07 ± 5,15	0,84 ± 0,35	7,22 ± 1,39	19,89 ± 2,47	1,90 ± 0,49
8.5	11,94 ± 7,05	0,83 ± 0,61	7,63 ± 1,77	18,75 ± 4,42	1,36 ± 0,66

	RAVES				ARRELS	
	PF	PS	Longitud	Diàmetre a la part més ampla	PF	PS
pH	(g)	(g)	(cm)	(cm)	(g)	(g)
4.5	15,32 ± 7,12	0,52 ± 0,22	8,69 ± 1,92	1,84 ± 0,38	25,21	1,64
5.5	22,79 ± 7,45	0,75 ± 0,24	9,41 ± 2,13	2,31 ± 0,36	30,81	2,48
6.5	13,81 ± 5,69	0,48 ± 0,19	9,06 ± 2,19	1,85 ± 0,26	33,36	1,60
7.5	20,33 ± 7,70	0,63 ± 0,25	9,50 ± 2,53	2,00 ± 0,45	22,18	1,46
8.5	16,58 ± 7,77	0,69 ± 0,33	8,94 ± 1,97	2,08 ± 0,35	22,11	1,41

Les dades de creixement (fulles, raves i arrels) corresponents al cultiu hidropònic en perlita es presenten a la taula 2.

Com es pot observar a la taula 2, els que provoquen un major creixement a la part aèria són 5.5 i 6.5 pel que fa referència al PF, número de fulles i pes mitjà de fulla. Les fulles més llargues s'obtenen a pH 5.5 i 8.5. Tal i com s'aprecia a la taula 2, el millor creixement dels raves s'obté a pH 5.5 per als paràmetres de PF, PS i longitud del rave. El diàmetre del rave més gran s'obté a pH 4.5. El millor desenvolupament radicular s'obté a pH 4.5 i 8.5, sent el PS el triple que el valor a pH 5.5. El valor de pH a 6.5 és mitjà entre la resta de valors.

Taula 2: Dades de creixement per a tots els pH estudiats, corresponents al cultiu hidropònic amb perlita.

	FULLES				
	PF	PS	Nombre de fulles	Alçada de la fulla més llarga (pecíol i fulla)	Pes mitjà fulla (PF / Nº fulles)
pH	(g)	(g)		(cm)	
4.5	11,89 ± 2,23	0,81 ± 0,26	6,10 ± 0,99	20,86 ± 2,71	1,97 ± 0,31
5.5	12,90 ± 2,30	0,90 ± 0,13	6,00 ± 1,33	21,98 ± 2,75	2,21 ± 0,41
6.5	12,58 ± 2,44	0,75 ± 0,21	6,40 ± 0,84	20,16 ± 2,01	1,99 ± 0,43
7.5	11,13 ± 2,67	0,77 ± 0,44	6,10 ± 0,74	20,66 ± 1,30	1,84 ± 0,47
8.5	11,07 ± 2,57	0,74 ± 0,24	6,00 ± 1,33	21,20 ± 1,96	1,87 ± 0,33

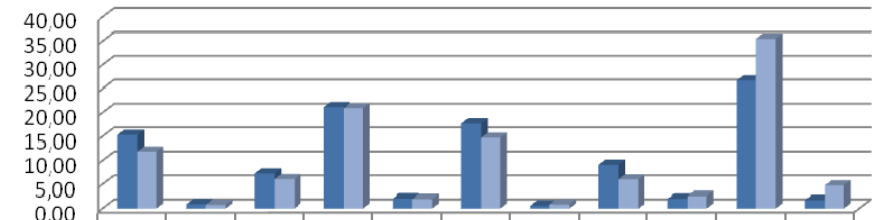
	RAVES				ARRELS	
	PF	PS	Longitud	Diàmetre a la part més ampla	PF	PS
pH	(g)	(g)	(cm)	(cm)	(g)	(g)
4.5	17,44 ± 5,25	1,02 ± 0,35	6,07 ± 0,98	2,86 ± 0,43	42,17	7,64
5.5	17,41 ± 4,89	1,07 ± 0,33	6,25 ± 1,07	2,69 ± 0,53	22,56	2,55
6.5	11,80 ± 3,17	0,72 ± 0,19	5,67 ± 1,24	2,33 ± 0,53	28,27	4,45
7.5	13,89 ± 7,32	0,75 ± 0,44	6,04 ± 1,60	2,51 ± 0,62	23,85	1,90
8.5	13,11 ± 2,22	0,77 ± 0,16	6,24 ± 1,27	2,63 ± 0,37	45,74	7,46

En la figura 1 es presenten les dades de creixement global per a cada sistema de cultiu hidropònic (aigua/perlita) sense tenir en compte el tractament de pH.

Es pot observar que en el sistema hidropònic pur es produeix un millor desenvolupament de la part aèria. El creixement dels raves s'obté d'una manera força similar en els dos sistemes: en l'aigua són llargs i estrets mentre que en la perlita, són curts i més amples.

El millor desenvolupament radicular s'obté en el sistema amb perlita.

Figura 1: Dades de creixement global per a cada tipus de sistema hidropònic.

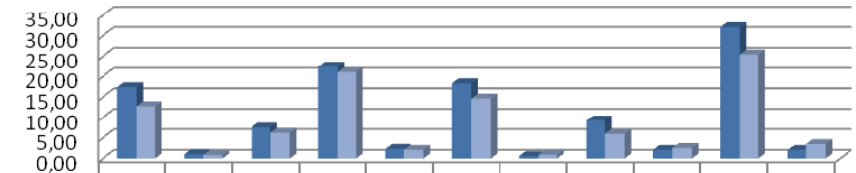


	FULLES					RAVES				ARRELS	
	PF	PS	Nombre	Longitud	PF / Nº fulles	PF	PS	Longitud	Diàmetre	PF	PS
Aigua	15,35	0,94	7,30	21,24	2,07	17,77	0,61	9,12	2,02	26,73	1,72
Perlita	11,91	0,79	6,12	20,97	1,95	14,73	0,87	6,05	2,60	35,52	4,80

En la figura 2 es presenta la mitjana de les dades de creixement per als millors pH (5.5 i 6.5) per a cada tipus de cultiu hidropònic (aigua/perlita) de manera que ens permeten fer una comparació entre els dos sistemes de cultiu en els valors òptims de pH.

Es pot observar que els resultats són força similars en quant al desenvolupament de les fulles però que en el sistema hidropònic pur es produeix un millor desenvolupament de la part aèria. En quant als raves, podem observar que en el sistema pur s'obtenen uns millors resultats en el PF i en la longitud, però que pel que fa referència al PS i al diàmetre, els resultats són millors en el sistema amb perlita. El millor desenvolupament radicular en PF s'obté en l'hidropònic amb aigua però, en PS, a l'hidropònic amb perlita.

Figura 2: Dades de creixement per als millors pH (5.5 i 6.5) per a cada tipus de cultiu hidropònic.



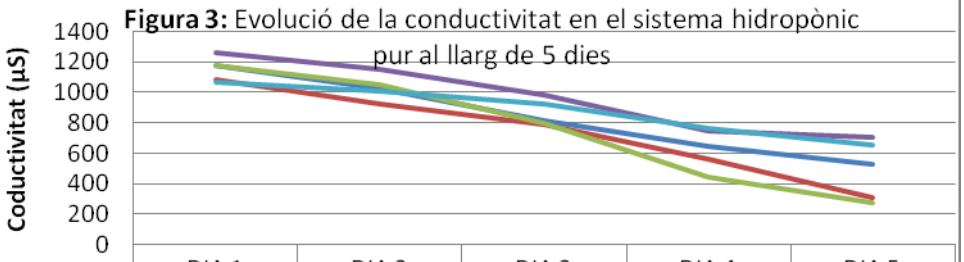
	FULLES					RAVES				ARRELS	
	PF	PS	Nombre de fulles	Longitud	PF / Nº fulles	PF	PS	Longitud	Diàmetre	PF	PS
Aigua	17,38	1,04	7,50	22,40	2,31	18,30	0,62	9,24	2,08	32,09	2,04
Perlita	12,74	0,83	6,20	21,07	2,10	14,61	0,90	5,96	2,51	25,42	3,50

7.4.5. Evolució de la conductivitat del sistema hidropònic pur al llarg de 5 dies

Conforme les plantes van assimilant selectivament els nutrients (principalment els macronutrients), la presencia de sals disminueix en la cubeta del sistema hidropònic pur, és a dir, disminueix la conductivitat de la solució nutritiva (figures 3 i 4).

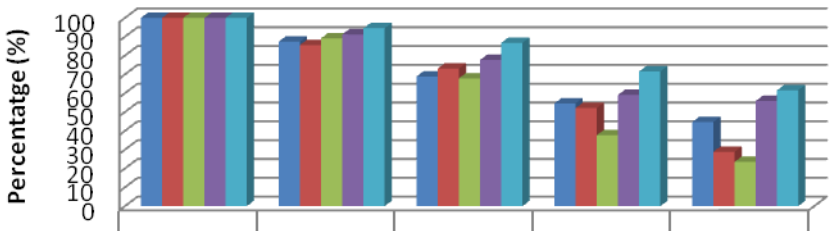
Com es pot observar al llarg dels cinc dies que dura aquest estudi (al sisè o setè dia es substitueix la solució restant per una de nova) els pH 5.5 i 6.5 són els que presenten menys conductivitat (figures 3 i 4). Aquest fet és degut a que en aquests rangs de pH la planta ha obtingut un millor desenvolupament.

Figura 3: Evolució de la conductivitat en el sistema hidropònic pur al llarg de 5 dies



	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5
4.5	1175	1027	810	642	525
5.5	1082	926	791	564	313
6.5	1173	1046	797	442	276
7.5	1257	1147	977	743	703
8.5	1069	1010	928	765	658

Figura 4: Percentatge de variació de la conductivitat al llarg de 5 dies



	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5
4.5	100	87,4	68,9	54,6	44,7
5.5	100	85,6	73,1	52,1	28,9
6.5	100	89,2	67,9	37,7	23,5
7.5	100	91,25	77,7	59,1	55,9
8.5	100	94,5	86,8	71,6	61,55

7.4.6. Simptomatologia en les fulles i els raves degudes a les deficiències nutritives produïdes per l'efecte del pH en cada sistema de cultiu hidropònic

Cultiu hidropònic pur

pH 4.5

- Clorosi al marges de les fulles i taques necrosades al centre, pecíols llargs i fulles fosques (símptomes de deficiència de potassi o de magnesi).
- Extrems de les fulles cargolats (símptoma de deficiència de calci).
- En aquest rang de pH hi poden haver les següents deficiències: nitrogen, fòsfor, potassi i magnesi, però per conèixer-ner el detall caldria realitzar un anàlisi foliar.

Planta 3: es pot observar clorosi al marge de les fulles i necrosi al centre

Planta 8: fulles verd fosques

Planta 4: mostra pecíols llargs i fulles fosques i cargolades

Planta 9: sana

pH 5.5

- Plantes sanes, amb les fulles molt poc o gens cargolades.
- Només en una planta trobem fulles cloròtiques (possible deficiència de magnesi o de potassi).

Planta 3: és l'única planta del tractament on s'observa una forta cloròsi

Fotografia general del tractament

pH 6.5

- No s'observa cap símptoma de deficiència.

Planta 6: exemple de planta sana

pH 7.5

- Fulles velles una mica cargolades (deficiència de bor).
- Algunes fulles joves presenten clorosi (possible deficiència de ferro o de manganès).

Plantes 1 i 4: permeten observar les fulles cargolades i les deformacions

Planta 9: clorosi en les fulles joves

pH 8.5

- Fulles molt cargolades (deficiència de bor)
- En aquest rang de pH hi poden haver les següents deficiències: coure, zinc, bor, manganès, ferro, fòsfor i nitrogen, però per conèixer-ne el detall caldria realitzar un anàlisi foliar.

Plantes 1, 3 i 8: exemples amb les fulles molt cargolades i malformacions

Cultiu hidropònic amb perlita

pH 4.5

- Pecíols llargs (símptoma de deficiència de potassi).
- Extrems de les fulles cargolats (símptoma de deficiència de calci).
- En aquest rang de pH hi poden haver les següents deficiències: nitrogen, fòsfor, potassi i magnesi, però per conèixer-ner el detall caldria realitzar un anàlisi foliar.

Plantes 2 i 5: exemples amb fulles cargolades, pecíols llargs i malformacions.

pH 5.5

- En general s'observen plantes sanes, amb les fulles poc cargolades (possible deficiència de calci).
- No trobem fulles cloròtiques en cap planta.
- Alguns pecíols llargs (símptoma de deficiència de potassi).

Fotografia general: plantes sanes

Planta 6: pecíols llargs

pH 6.5

- No s'observa cap símptoma de deficiència.

Fotografia general: plantes sanes

Planta 10: exemple de planta sana

pH 7.5

- Marges de les fulles cargolats i malformacions (possible deficiència de bor).

Planta 3: fulla amb una forta malformació

Planta 4: malformació i cargolament de les fulles

Exemple de rave comensant a esdevenir surenc

pH 8.5

- Fulles cargolades (deficiència de bor).
- Pecíols llargs (deficiència de fòsfor).
- En aquest rang de pH hi poden haver les següents deficiències: coure, zinc, bor, manganès, ferro, fòsfor i nitrogen, però per conèixer-ne el detall caldria realitzar un anàlisi foliar.
- Raves buidats.

Plantes 2 i 5: s'observen fulles cargolades i pecíols llargs

7.4.7. Estudi econòmic

Per tal de poder determinar quin dels dos sistemes de cultiu hidropònic resulta més barat s'ha realitzat un breu estudi econòmic que permetrà també, establir una comparació amb el sistema que tingui millors resultats de creixement i així determinar quin dels dos sistemes és més rendible.

L'estudi es realitza amb un valor de 50 plantes en cada cultiu, que és el nombre de plantes que tenia, aproximadament, cada experiment. En l'estudi no es tenen en compte el nombre de litres de solució nutritiva utilitzada per dur-lo a terme ja que, a part de ser molt similar en els dos sistemes emprats, no se li pot posar un preu concret.

Sistema hidropònic pur

Descripció	Unitats	Preu	Import
Llavors de rave	1 paquet	0.69€	0.69€
Cubetes de 3 L	5	1.85 €/unitat	9.25€
Bombes de peixera	2	50€/unitat	100€
Làmina de plàstic	1	5.20€	5.20€
Tubs de plàstic	1 m	0.20€/m	0.20€
Difusors d'aire	5	2.5€/unitat	12.5€
		TOTAL	**127.84€**

Sistema hidropònic amb perlita

Descripció	Unitats	Preu	Import
Llavors de rave	1 paquet	0.69 €	0.69€
Cubetes de 6 L	5	2.90 €/ unitat	14.5€
Testos	50	0.02€/unitat	1€
Perlita	1 sac	6.58€	6.58€
		TOTAL	**22.77€**

Com es pot observar, el muntatge del sistema hidropònic pur té un cost molt més elevat que el muntatge del sistema amb perlita.

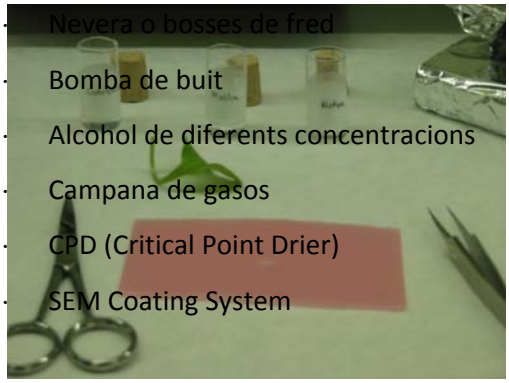
7.5. Estudi de la superfície de la planta per microscòpia de rastreig o scanning

7.5.1. Objectiu

Estudiar la superfície de diferents parts de la planta: els cotiledons, les fulles i el rave, seguint el protocol convencional per a la fixació d'ultraestrutures.

7.5.2. Material

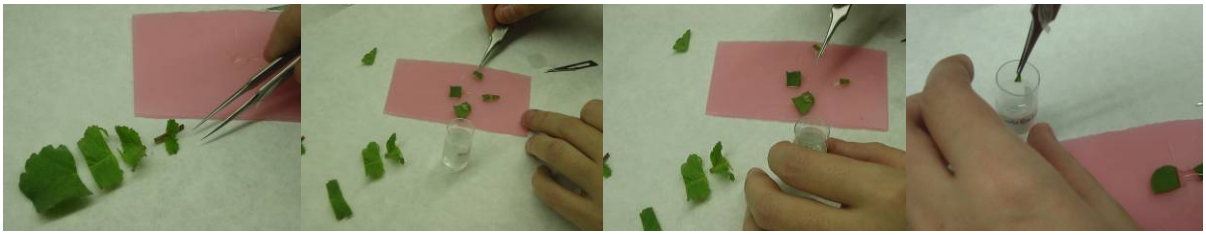
- Fixador (2% paraformaldehid i 2,5% glutaraldehid)
- Aigua destil·lada
- Pipeta de plàstic
- Bisturí
- Tisores
- Pinces
- Làmina de cera per tallar
- 3 pots de vidre amb tap de suro
- Tampó fosfat 0,1 M
- Osmi 1%
- Nevera o bosses de fred
- Bomba de buit
- Alcohol de diferents concentracions
- Campana de gasos
- CPD (Critical Point Drier)
- SEM Coating System



Material utlitzat per preparar les mostres

7.5.3. Preparació del material vegetal

1) Tot el procés s'ha de realitzar a l'interior d'una campana de gasos ja que el fixador és molt tòxic.
2) Amb unes tisores tallar el material vegetal que anem a fixar.
3) Situar el material vegetal tallat sobre una làmina de cera.
4) Posar gotes de fixador sobre la mostra vegetal en la làmina de cera.
5) Amb l'ajuda d'un bisturí fer talls de les mostres que tinguin un tamany similar.



Esquema del procés realitzat

7.5.4. Protocol convencional per a la fixació d'ultraestructures

1) Fixació:

   S'utilitza un fixador constituït per un 2% de paraformaldehid i un 2,5% de glutaraldehid en tampó fosfat 0,1 M.

   El material vegetal es submergeix en la solució. Aquest procés es realitza a 4ºC (a la nevera) amb l'ajuda d'una bomba de buit, que permet que el fixador penetri millor al material vegetal, i té una durada de dues hores.

Introducció del material a la bomba de buit

2) Rentats:

   Es fan amb la solució tampó que haguem utilitzat, en aquest cas amb tampó fosfat, i a 4ºC. Permeten eliminar les restes de fixador químic i fer que només quedi la solució tampó en el material vegetal.

   Cal realitzar 4 canvis de 10 minuts cadascun.

3) Osmificació:

   Utilitzem osmi 1% en tampó fosfat 0,1 M.

   El procés triga 2 hores en el cas de teixits vegetals i s'ha de realitzar, també, a 4ºC.

4) Rentats:

   A 4º C, es fan 4 rentats, aquest cop però amb aigua destil·lada, de 10 minuts cadascun. L'aigua destil·lada permet eliminar les sals del tampó.

5) Deshidratació:

   Si és per visualitzar l'ultraestructura mitjançant tècniques de rastreig s'ha de fer amb alcohol. S'aconsegueix introduïnt les mostres en alcohol en concentracions creixents:

Concentració d'alcohol	50%	70%	80%	90%	96%	100%
Núm. de canvis · temps	1·10'	2·10'	2·10'	3·10'	3·10'	3·10'

El procés de deshidratació es fa també a 4º C i dura dues hores i mitja aproximadament. Després d'haver introduït les mostres en alcohol 50% és un bon moment per aturar el procés fins l'endemà si és donés el cas que fós necessari parar: el canvi amb alcohol 50% pot ser de 10 minuts o pot durar una nit (*overnight*).

6) <u>Punt crític:</u>

   És una tècnica d'assecatge que impedeix que es malmetin mostres científiques. Es fa amb alcohol

7) <u>Recobriment amb or:</u>

   Consisteix en impregnar la mostra amb una fina làmina d'or per tal que els feixos d'electrons del microscopi en permetin la seva observació.

CPM (Critical Point Drier): assecat mostra per punt crític.

SEM Coating System: recobriment mostra vegetal.

Detall de les mostres després de la fixació, assecat i recobriment amb or (fulla, cotiledó i rave)

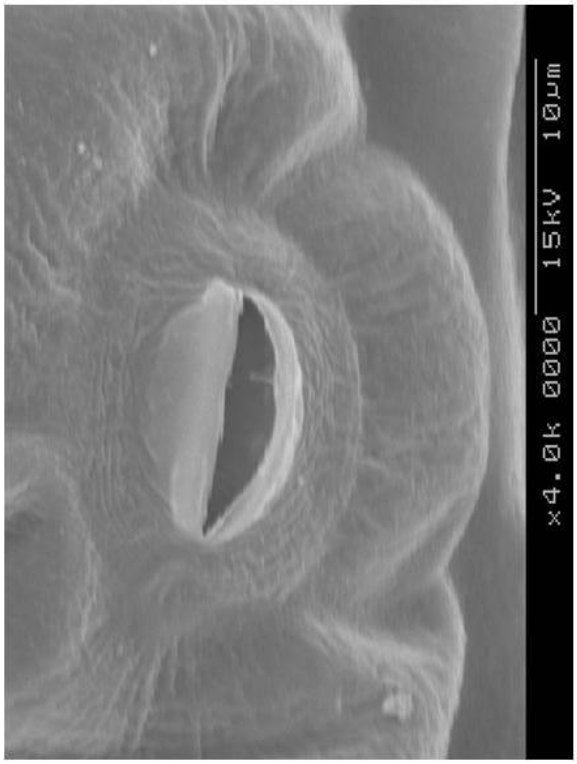
7.5.5. Observació al microscopi

El microscopi utilitzat s'anomena microscopi electrònic de rastreig i permet estudiar la superfície de les cèl·lules i dels teixits.
El microscopi utilitzat és l' HITACHI JEOL-JSM-840 que pertany al servei de Microscòpia Electrònica de la Universitat de Barcelona.

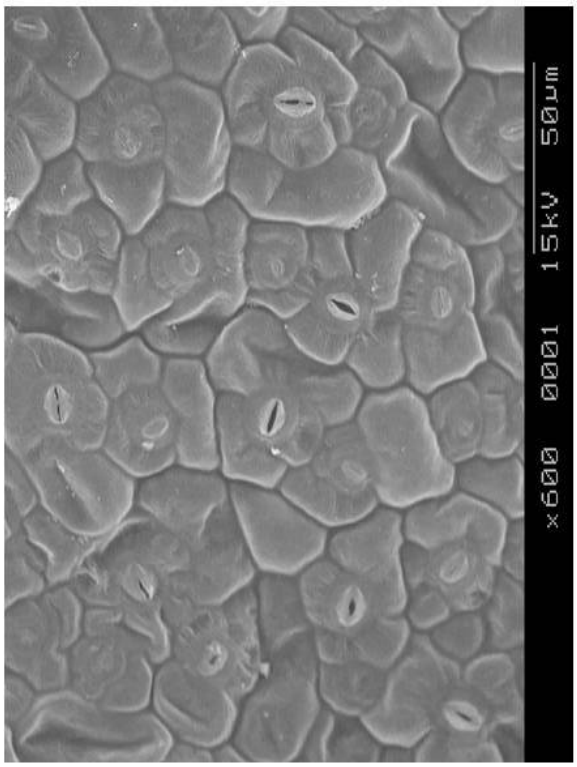
Microscopi de rastreig utilitzat i detall de la cambra. Serveis Cientifico-tècnics de la UB

Introducció de la mostra a la cambra del microscopi

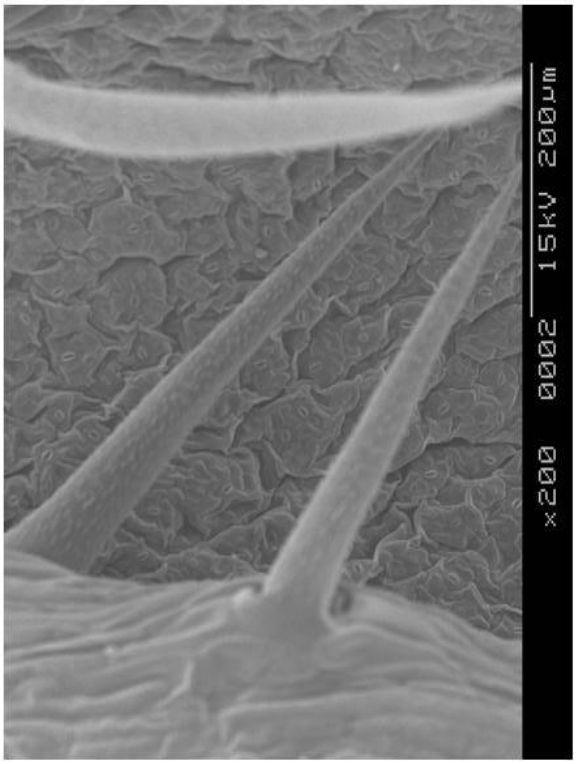
Tal com he esmentat anteriorment, les observacions corresponen a una visió de la superfície de tres òrgans diferents de la planta: la fulla, molt peluda i aspre, el cotiledó, de textura llis i suau, i el rave.



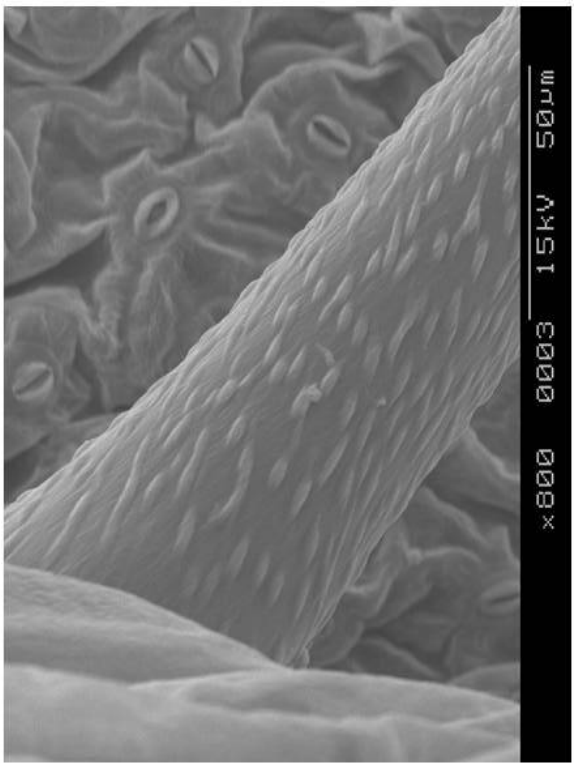
Detall d'un estoma en una cèl·lula epidèrmica de la fulla del rave.



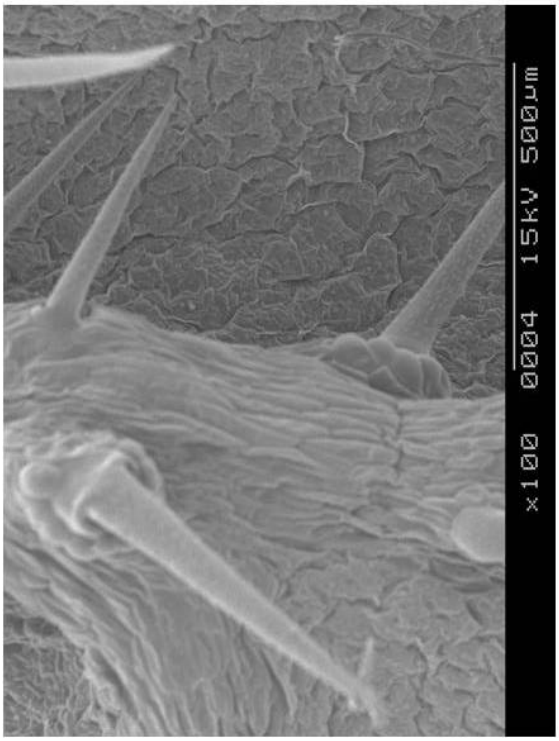
Observació general del teixit de la fulla, on s'observen les cèl·lules epidèrmiques amb els estomes.



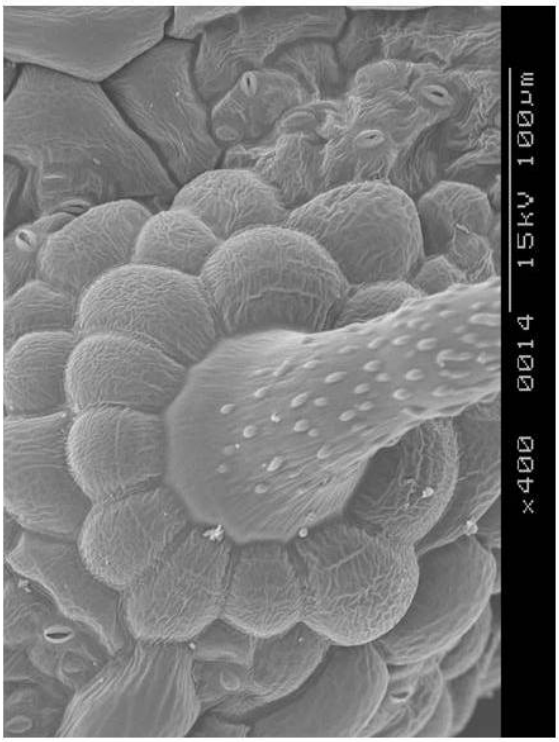
En primer terme, detall dels pèls a prop de la nerviació de la fulla. Al fons, visió general de les cèl·lules epidèrmiques on s'observen els estomes.



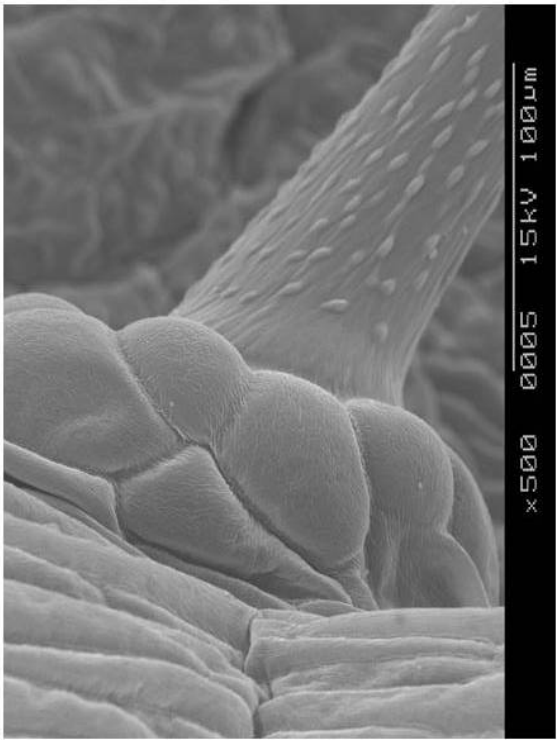
Detall d'un pèl epidèrmic.



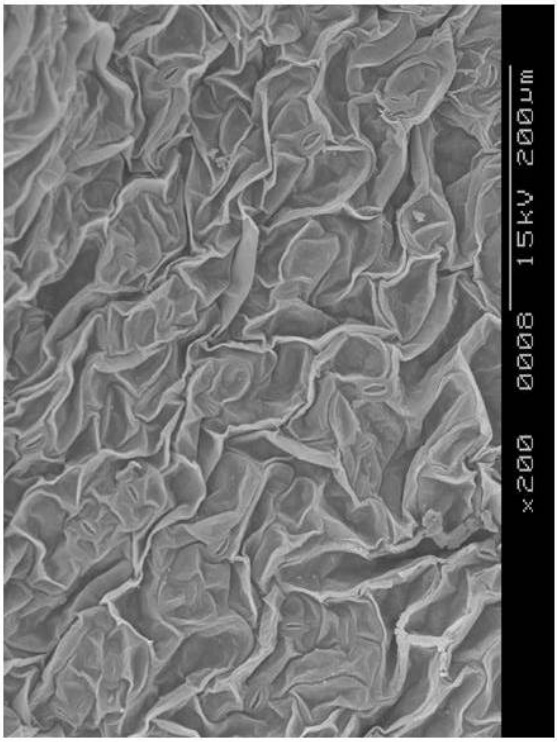
Detall de pèls i glàndules, propers al nervi en la fulla de rave



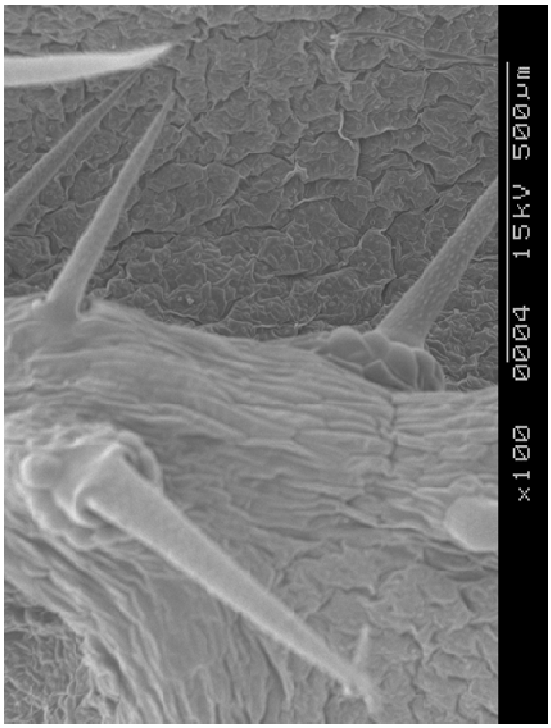
Detall de les cèl·lules a la base d'una glàndula en la fulla de rave.



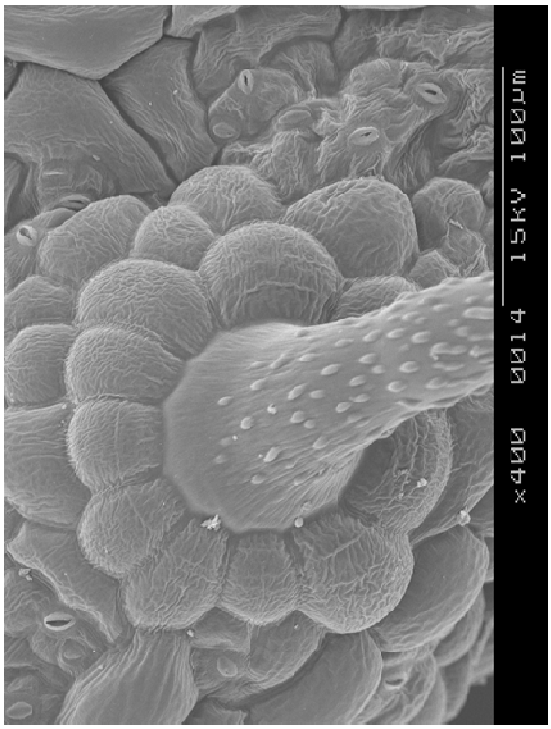
Detall de les cèl·lules a la base d'una glàndula en la fulla de rave.



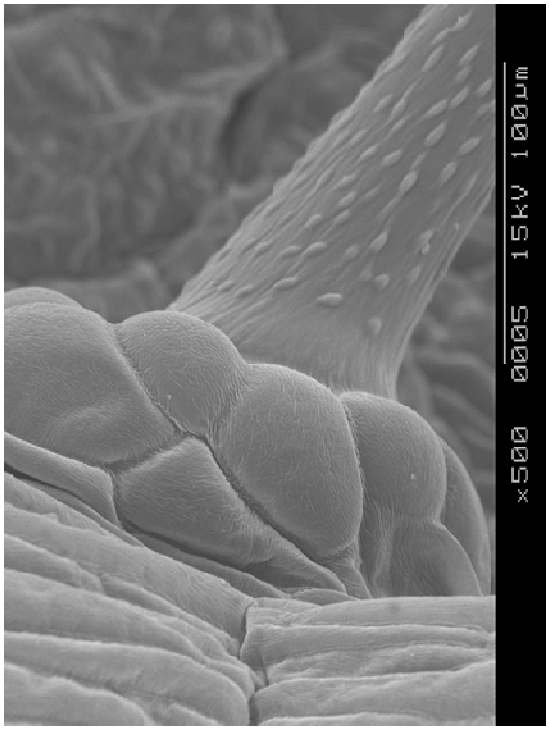
Observació general del teixit del cotiledó de rave, on s'observen les cèl·lules epidèrmiques amb els estomes.



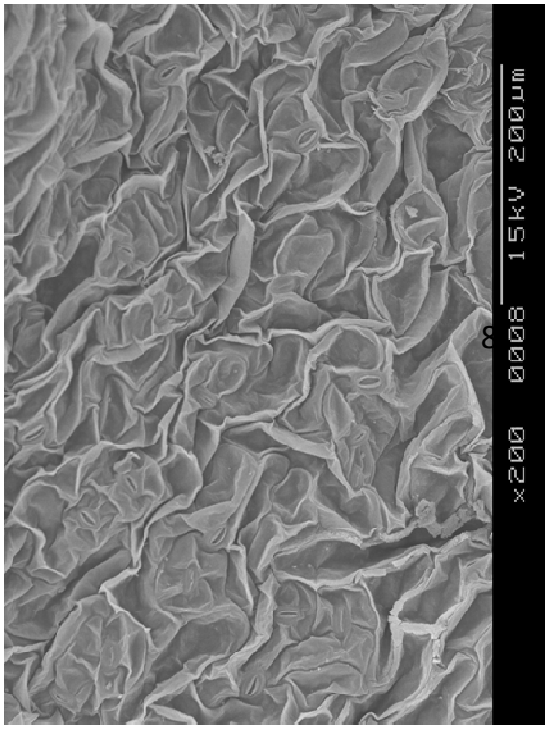
Detall de pèls i glàndules, propers al nervi en la fulla de rave



Detall de les cèl·lules a la base d'una glàndula en la fulla de rave.



Detall de les cèl·lules a la base d'una glàndula en la fulla de rave.



Observació general del teixit del cotiledó de rave, on s'observen les cèl·lules epidèrmiques amb els estomes.

8. CONCLUSIONS

Per realitzar l'experiment, un cop establert el plantejament, es va escollir l'espècie vegetal que s'utilitzaria, seguint criteris com ara que es tractés d'una planta de creixement ràpid, per tal de poder fer un seguiment de la major part del seu cicle vital, i que fós una espècie sensible a les variacions de pH però que alhora mostrés uns amplis marges de tolerància respecte aquest paràmetre.

Tot seguit es realitzà el disseny experimental, es prepara la solució nutritiva i es realitzà l'experiment.

El cultiu dels raves es va haver de fer durant els mesos d'estiu, una època que no es pròpia per al creixement de l'espècie, de tal manera que es va realitzar en una cambra de cultiu en condicions controlades. Aquest fet, a més, va permetre que hi hagués control sobre les altres variables ambientals i garantir certa estabilitat.

L'anàlisi dels experiments i de les observacions extretes m'ha permès

Els resultats de l'estudi de creixement emprant dos sistemes de cultiu hidropònic i analitzant l'efecte dels cinc valors de pH utilitzats (4.5, 5.5, 6.5, 7.5 i 8.5), m'han permès assolir els objectius que em plantejava a l'inici del treball i les conclusions que podem extreure'n són:

1) Els dos sistemes de cultiu hidropònic utilitzats (aigua i perlita) proporcionen un creixement molt semblant tant pel que fa a la part aèria (fulles, comestibles) com del rave (comestible), però en el sistema hidropònic en aigua hi ha un millor desenvolupament. Les arrels de les plantes cultivades en perlita tenen un major pes fresc i un pes sec mol superior.
2) Els millors resultats de creixement s'obtenen pels valors de pH 5.5 i 6.5 en els dos sistemes. El rang de pH 5.5-6.5 és l'òptim per a la majoria de cultius.
3) Pels millors valors de pH els resultats són força similars en els dos sistemes. En el sistema hidropònic en aigua hi ha un millor desenvolupament de la part aèria (fulles). Pel que fa al desenvolupament dels raves, en el sistema en aigua s'obtenen uns millors resultats en el pes fresc i la longitud, però pel que fa referència al pes sec i al diàmetre del rave, els resultats són millors en el sistema en perlita. Les arrels tenen un major pes fresc en el sistema en aigua, mentre que el pes sec en el sistema en perlita és lleugerament superior.

Podem dir que en el rang òptim de pH el creixement és lleugerament millor en el sistema hidropònic amb aigua.

4) La disminució observada en la concentració de nutrients al llarg de cinc dies en el sistema hidropònic pur, vista mitjançant la variació de la conductivitat elèctrica, permet observar que aquells pHs on hi ha hagut una major disminució (5.5 i 6.5) són els que han tingut un major creixement. La major disminució de la conductivitat elèctrica de la solució nutritiva és conseqüència d'una millor assimilació dels nutrients per part de la planta.
5) En comparar els valors de creixement obtinguts respecte dels esperats per la varietat emprada (longitud entre 1 i 7 cm, i diàmetre entre 1 i 2 cm) observem con en el sistema hidropònic pur s'ha assolit un creixement notablement superior (9,24 cm longitud i 2,08 cm de diàmetre). En canvi, en el sistema hidropònic amb perlita el creixement es troba en els nivells òptims pel que fa a la longitud (5,96 cm) i lleugerament superior pel que fa al diàmetre (2,51 cm).
6) Les plantes cultivades en el rang òptim de pH no mostren en general símptomes de deficiències en les fulles exceptuant, en alguns casos, lleugers recargolaments de les fulles.
7) Les plantes cultivades a pH àcid (4.5) mostren clorosi als marges de les fulles, algunes taques necrosades, pecíols llargs i fulles més fosques i amb els extrems cargolats, símptomes de deficiència de potassi o magnesi i de calci. Amb aquests resultats obtinguts a valors de pH que es poden trobar en terrenys afectats per la pluja àcida, es pot concloure que aquest fenomen podria perjudicar el desenvolupament de la planta de rave i possiblement d'altres hortalitzes per la dificultat d'assolir tots els nutrients essencials.
8) Les plantes cultivades a pH bàsics (7.5 i 8.5) mostren recargolament a les fulles i malformacions (atribuïbles a una deficiència de bor) i algunes fulles joves mostren cloròsi (atribuïbles a una deficiència de ferro o de manganès).
9) Per tal de verificar les deficiències exactes caldria fer un anàlisi foliar dels elements essencials i comparar-ho amb taules específiques del cultiu ja que hi podrien haver més deficiències que les que es poden observar a través de la simptomatologia.
10) Les úniques fisiopaties observades en raves es troben al pH 7.5 (rave surenc) i a pH 8.5 (rave buidat), ambdós casos atribuïts a una sobremaduració que podria interpretar-se com que la collita s'hauria hagut d'avançar uns dies.

11) La duració del cultiu en els sistemes hidropònics ha estat de 29 dies. La varietat de rave emprada (ravanet rosat, varietat *ridicula*) en l'experiment, quan es cultivada al sòl el cultiu té una durada d'entre 30 i 45 dies, per tant s'ha assolit el nivell òptim de maduració en el menor temps previsible.
12) Econòmicament s'ha pogut observar que el cost del muntatge del sistema hidropònic pur és notablement superior al de l'hidropònic amb perlita; i que, tant un com l'altre, són més cars que el cultiu tradicional al sòl perquè necessiten ser cultivats en hivernacles o cambres de cultiu i la seva recolecció, en molts pocs casos pot ser mecanitzada. No obstant, generen notables millores qualitatives i un escurçament del cicle de cultiu.
13) Com que els resultats en el rang òptim de pH 5.5 i 6.5 són força similars, podem dir que el sistema més rendible és el sistema amb perlita. Cal dir que això podem asegurar que és vàlid en el cultiu estudiat i que possiblement és extrapulable a altres hortalisses però que depèn molt dels recursos del territori.
14) Els estudis fets mitjançant microscòpia electrònica de rastreig han permès verificar el que es podia observar a simple vista: que el teixit epidèrmic del rave, el de les fulles i el dels cotiledons són diferents. S'ha observat que les fulles tenen pèls, glàndules i estomes, que els cotiledons tenen estomes amb ceres (tot i que bona part podria haver estar eliminada pel propi procés de fixació i rentats) i que el rave té un teixit molt diferenciat dels anteriors ja que no s'hi observa cap de les anteriors estructures, sinó que només hi veiem restes de ceres.
15) Les glàndules presenten cèl·lules a la seva base a diferència dels pels i també la mida de les glàndules és lleugerament més gran.

Observant els resultants es veu que podria haver estat força interessant fer una darrera comparació dels cultius amb un cultiu en torba per concretar més els beneficis que suposa conrear hortalisses en sistemes hidropònics en lloc de al sòl però, ja d'origen, es va rebutjar a idea fonamentalment per dues raons: una va ser conseqüència del límit temporal que té aquest treball i l'altra, pel fet que aquest mètode comporta certes dificultats a l'hora de controlar el pH, la presència de nutrients i l'assimilació que, d'ells, en fa la planta.

9. BIBLIOGRAFIA

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants,* 1st edition, 3rd printing. San Diego, CA (USA), Ed. Academic Press, 1989. *Chapter 1: Nutritional Physiology*

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants,* 1st edition, 3rd printing. San Diego, CA (USA), Ed. Academic Press, 1989. *Chapter 8: Functions of Mineral Nutrients: Macronutrients*, pàgs. 195-268.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants,* 1st edition, 3rd printing. San Diego, CA (USA), Ed. Academic Press, 1989. *Chapter 9*: *Functions of Mineral Nutrients: Micronutrients*, pàgs. 269-340.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants,* 1st edition, 3rd printing. San Diego, CA (USA), Ed. Academic Press, 1989. *Chapter 12: Diagnosis of Deficiency and Toxicity of Mineral Nutrients*, pàgs. 391-407.

MASJUAN, M. D. i PELEGRÍN, J. *Química 2n batxillerat*, cinquena edició. Barcelona, Espanya, Ed. Casals, febrer 2007. *Unitat 7: Reaccions de transferència de protons*, *I. Reaccions àcid base i concepte de pH*, pàgs. 211-215.

PENNINGSFIELD, F. i KURZMANN, P. *Cultivos hidropónicos y en turba,* segona edició espanyola. Madrid, Espanya, Ediciones Mundi-prensa, 1983. Versió espanyola de J. Santos Caffarena. L'edició original data de 1975 i ha estat publicada en alemany amb el títol *Hydrokultur und torfkultur* per Verlag Eugen Ulmer, Sttutgart.

SALISBURY, F.B. i ROSS, C.W. *Plant phisiology,* 4th edition. Belmont, CA (USA), Wadsworth Publishing Company, 1992. *Chapter 6: Mineral Nutrition.*

STRASBURGUER, E. i altres. *Strasburguer*, *Tratado de botánica*, vuitena edició castellana. Barcelona, Espanya, Ediciones Omega S.A., 1994. Versió espanyola de Maria Jesús Fortes Fortes. L'edició original data de 1894 i es titula *Strasburguer, Lehrbuch der botanik*, publicada per Gustav Fischer Verlag, Sttutgart.

TAIZ, L. i ZEIGER, E. *Plant Phisiology,* 3rd edition. Sunderland, MA (USA), Ed. Sinauer Associates, Inc., Publishers, 2002. *Chapter 5: Mineral nutrition*, pàgs. 67-86.

Pàgines web:

- http://www.infoagro.com
- http://www.simplyhydro.com
- http://www.gencat.net_darp_c_camp_pi_cinteg04.htm%20-%20ntrave[1].pdf

Annex

EXPERIMENT 1
HIDROPÒNIC AMB AIGUA

Data d'inici de l'experiment: 22 de juny 2007.
Data de fi de l'experiment: 20 de juliol 2007.
Durada de l'experiment: 29 dies / 4 setmanes.
Nombre de tractaments: 5.
Volum de solució nutritiva utilitzat: 55 litres.
Volum de solució nutritiva utilitzat en cada tractament: 11 litres.
Observacions: El PF de les arrels es fa desprès d'haver-les escorregut. Els cotiledons es pesen però no es recompten com a fulles.

FULLES

pH 4.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Contingut d'aigua a les fulles	Longitud de la fulla més llarga (pecíol i fulla)	Nombre de fulles	PF / Nº fulles (pes mitjà fulla)
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)		
planta 1	3,41	16,54	13,13	4,19	0,78	16,83	12,35	94,06	24,50	7,00	1,88
planta 2	3,40	21,96	18,56	4,56	1,16	16,00	17,40	93,75	20,50	7,00	2,65
planta 3	3,42	15,35	11,93	4,07	0,65	18,35	11,28	94,55	18,00	8,00	1,49
planta 4	3,42	15,86	12,44	4,16	0,74	16,81	11,70	94,05	23,00	7,00	1,78
planta 5	3,43	25,06	21,63	4,84	1,41	15,34	20,22	93,48	25,50	6,00	3,61
planta 6	3,41	13,94	10,53	3,92	0,51	20,65	10,02	95,16	18,50	6,00	1,76
planta 7	3,42	22,62	19,20	4,47	1,05	18,29	18,15	94,53	28,50	6,00	3,20
planta 8	3,37	23,97	20,60	4,85	1,48	13,92	19,12	92,82	23,50	6,00	3,43
mitjana			16,00		0,97	17,02		94,05	22,75	6,63	2,47
desviació estàndar			4,42		0,36				3,59	0,74	0,85

* Nota: La planta 9 va morir durant l'experiment.

pH 5.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Contingut d'aigua a les fulles	Longitud de la fulla més llarga (pecíol i fulla)	Nombre de fulles	PF / Nº fulles (pes mitjà fulla)
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)		
planta 1	3,45	26,28	22,83	4,77	1,32	17,30	21,51	94,22	22,50	7,00	3,26
planta 2	8,43	38,50	30,07	10,51	2,08	14,46	27,99	93,08	29,00	10,00	3,01
planta 3	3,43	18,53	15,10	4,39	0,96	15,73	14,14	93,64	21,50	8,00	1,89
planta 4	3,36	19,78	16,42	4,28	0,92	17,85	15,50	94,40	21,40	8,00	2,05
planta 5	3,42	15,45	12,03	4,10	0,68	17,69	11,35	94,35	21,40	6,00	2,01
planta 6	3,36	19,34	15,98	4,48	1,12	14,27	14,86	92,99	21,00	9,00	1,78
planta 7	3,42	14,32	10,90	4,14	0,72	15,14	10,18	93,39	19,30	6,00	1,82
planta 8	3,34	18,28	14,94	4,32	0,98	15,24	13,96	93,44	22,00	7,00	2,13
planta 9	3,31	14,21	10,90	4,14	0,83	13,13	10,07	92,39	19,50	8,00	1,36
mitjana			16,57		1,07	15,64		93,54	21,96	7,67	2,14
desviació estàndar			6,24		0,43				2,84	1,32	0,61

pH 6.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Contingut d'aigua a les fulles	Longitud de la fulla més llarga (pecíol i fulla)	Nombre de fulles	PF / Nº fulles (pes mitjà fulla)
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)		
planta 1	3,39	16,68	13,28	4,27	0,88	15,09	12,40	93,37	24,50	6,00	2,21
planta 2	3,40	24,73	21,34	4,32	0,92	23,20	20,42	95,69	25,50	9,00	2,37
planta 3	3,39	27,66	24,29	4,73	1,34	18,13	22,95	94,48	22,00	7,00	3,47
planta 4	3,37	28,29	24,92	4,67	1,30	19,17	23,62	94,78	26,00	8,00	3,12
planta 5	3,37	14,57	11,16	3,93	0,56	19,93	10,60	94,98	19,00	7,00	1,59
planta 6	3,41	14,24	10,83	3,94	0,53	20,43	10,30	95,11	19,00	7,00	1,55
planta 7	3,41	22,35	18,92	4,54	1,13	16,74	17,79	94,03	20,00	8,00	2,37
planta 8	3,43	23,12	19,71	4,83	1,40	14,08	18,31	92,90	23,50	8,00	2,46
planta 9	3,41	19,21	19,21	4,35	0,94	20,44	18,27	95,11	26,00	6,00	3,20
mitjana			18,18		1,00	18,58		94,49	22,83	7,33	2,48
desviació estàndar			5,29		0,32				2,93	1,00	0,68

pH 7.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Contingut d'aigua a les fulles	Longitud de la fulla més llarga (pecíol i fulla)	Nombre de fulles	PF / Nº fulles (pes mitjà fulla)
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)		
planta 1	3,37	18,41	15,04	4,20	0,83	18,12	14,21	94,48	20,00	9,00	1,67
planta 2	3,39	16,79	13,40	4,12	0,73	18,36	12,67	94,55	23,00	7,00	1,91
planta 3	3,35	21,84	18,49	4,35	1,00	18,49	17,49	94,59	20,50	8,00	2,31
planta 4	3,39	14,10	10,71	4,01	0,62	17,27	10,09	94,21	18,00	7,00	1,53
planta 5	3,38	20,95	17,57	4,60	1,22	14,40	16,35	93,06	22,00	8,00	2,20
planta 6	3,35	25,81	22,46	4,83	1,48	15,18	20,98	93,41	21,00	8,00	2,81
planta 7	3,35	15,81	12,46	4,02	0,67	18,60	11,79	94,62	20,50	7,00	1,78
planta 8	3,38	15,33	11,95	4,11	0,73	16,37	11,22	93,89	19,50	7,00	1,71
planta 9	3,39	7,98	4,59	3,67	0,28	16,39	4,31	93,90	14,50	4,00	1,15
mitjana			14,07		0,84	17,02		94,08	19,89	7,22	1,90
desviació estàndar			5,15		0,35				2,47	1,39	0,49

pH 8.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Contingut d'aigua a les fulles	Longitud de la fulla més llarga (pecíol i fulla)	Nombre de fulles	PF / Nº fulles (pes mitjà fulla)
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)		
planta 1	3,38	12,20	8,82	4,02	0,64	13,78	8,18	92,74	18,50	5,00	1,76
planta 2	3,42	23,89	20,47	4,59	1,17	17,50	19,30	94,28	26,50	10,00	2,05
planta 4	3,38	12,53	9,15	3,91	0,53	17,26	8,62	94,21	14,50	8,00	1,14
planta 5	3,40	10,07	6,67	3,77	0,37	18,03	6,30	94,45	17,00	6,00	1,11
planta 6	3,40	29,00	25,60	5,62	2,22	11,53	23,38	91,33	23,00	9,00	2,84
planta 7	3,37	11,29	7,92	3,94	0,57	13,89	7,35	92,80	14,50	9,00	0,88
planta 8	3,40	10,57	7,17	3,87	0,47	15,26	6,70	93,44	15,00	6,00	1,20
planta 9	3,43	13,17	9,74	4,07	0,64	15,22	9,10	93,43	21,00	8,00	1,22
mitjana			11,94		0,83		11,12	93,34	18,75	7,63	1,36
desviació estàndar			7,05		0,61				4,42	1,77	0,66

Nota*: La planta 3 va morir durant l'experiment.

RAVES

pH 4.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Contingut d'aigua als raves	Longitud	Diàmetre a la part més ampla
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)	(cm)
planta 1	0,82	22,77	21,95	1,46	0,64	34,30	21,31	97,08	9,50	2,00
planta 2	0,62	26,65	26,03	1,37	0,75	34,71	25,28	97,12	11,50	2,00
planta 3	1,17	21,09	19,92	1,73	0,56	35,57	19,36	97,19	7,00	2,40
planta 4	1,15	9,19	8,04	1,53	0,38	21,16	7,66	95,27	7,00	1,50
planta 5	1,02	20,80	19,78	1,87	0,85	23,27	18,93	95,70	11,00	2,00
planta 6	0,60	8,95	8,35	0,88	0,28	29,82	8,07	96,65	6,00	2,00
planta 7	1,13	14,63	13,50	1,54	0,41	32,93	13,09	96,96	8,50	1,90
planta 8	1,05	16,08	15,03	1,69	0,64	23,48	14,39	95,74	9,00	2,20
planta 9 *	0,54	5,79	5,25	0,71	0,17	30,88	5,08	96,76	7,00	1,10
mitjana			15,32		0,52	29,57		96,41	8,69	1,84
desviació estàndar			7,12		0,22				1,92	0,38

pH 5.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Contingut d'aigua als raves	Longitud	Diàmetre a la part més ampla
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)	(cm)
planta 1	1,17	19,26	18,09	2,11	0,94	19,24	17,15	94,80	7,50	2,00
planta 2	1,19	35,74	34,55	2,29	1,10	31,41	33,45	96,82	11,50	3,00
planta 3	1,15	15,28	14,13	1,69	0,54	26,17	13,59	96,18	7,00	2,40
planta 4	1,07	24,32	23,25	1,72	0,65	35,77	22,60	97,20	8,30	2,30
planta 5	0,87	15,80	14,93	1,32	0,45	33,18	14,48	96,99	6,50	2,40
planta 6	1,24	30,42	29,18	2,17	0,93	31,38	28,25	96,81	10,00	2,50
planta 7	0,96	27,35	26,39	1,77	0,81	32,58	25,58	96,93	11,50	2,00
planta 8	1,13	30,22	29,09	1,98	0,85	34,22	28,24	97,08	12,00	2,50
planta 9	0,78	16,31	15,53	1,22	0,44	35,30	15,09	97,17	8,00	1,80
mitjana			22,79		0,75	31,03		96,72	9,41	2,31
desviació estàndar			7,45		0,24				2,13	0,36

pH 6.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Contingut d'aigua als raves	Longitud	Diàmetre a la part més ampla
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)	(cm)
planta 1	0,94	14,58	13,64	1,45	0,51	26,75	13,13	96,26	11,00	1,80
planta 2	0,95	13,63	12,68	1,36	0,41	30,93	12,27	96,77	8,00	2,00
planta 3	0,75	15,29	14,54	1,26	0,51	28,51	14,03	96,49	9,00	1,50
planta 4	0,85	14,25	13,40	1,28	0,43	31,16	12,97	96,79	9,00	1,50
planta 5	1,15	9,71	8,56	1,43	0,28	30,57	8,28	96,73	9,00	1,80
planta 6	0,78	9,61	8,83	1,09	0,31	28,48	8,52	96,49	7,00	2,00
planta 7	0,94	28,64	27,70	1,85	0,91	30,44	26,79	96,71	10,00	2,20
planta 8	0,83	11,25	10,42	1,20	0,37	28,16	10,05	96,45	5,50	2,00
planta 9	0,72	15,23	14,51	1,27	0,55	26,38	13,96	96,21	13,00	1,50
mitjana			13,81		0,48	29,04		96,55	9,06	1,85
desviació estàndar			5,69		0,19				2,19	0,26

pH 7.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Contingut d'aigua als raves	Longitud	Diàmetre a la part més ampla
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)	(cm)
planta 1	0,43	23,87	23,44	1,17	0,74	31,68	22,70	96,84	13,00	2,40
planta 2	0,73	17,46	16,73	1,23	0,50	33,46	16,23	97,01	8,00	2,50
planta 3	1,16	31,95	30,79	2,00	0,84	36,65	29,95	97,27	8,50	2,80
planta 4	0,87	19,74	18,87	1,38	0,51	37,00	18,36	97,30	10,00	2,00
planta 5	0,94	27,82	26,88	1,80	0,86	31,26	26,02	96,80	12,00	1,80
planta 6	0,97	25,92	24,95	1,95	0,98	25,46	23,97	96,07	9,50	2,00
planta 7	1,13	22,13	21,00	1,75	0,62	33,87	20,38	97,05	11,00	2,20
planta 8	0,77	16,80	16,03	1,25	0,48	33,40	15,55	97,01	8,00	1,80
planta 9	0,44	4,75	4,31	0,59	0,15	28,73	4,16	96,52	4,50	1,30
mitjana			20,33		0,63	32,39		96,82	9,50	2,00
desviació estàndar			7,70		0,25				2,53	0,45

pH 8.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Contingut d'aigua als raves	Longitud	Diàmetre a la part més ampla
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)	(cm)
planta 1	0,75	16,60	15,85	1,46	0,71	22,32	15,14	95,52	10,00	1,50
planta 2	0,78	15,92	15,14	1,28	0,50	30,28	14,64	96,70	7,00	2,30
planta 4	0,78	11,15	10,37	1,17	0,39	26,59	9,98	96,24	6,00	1,80
planta 5	0,85	11,06	10,21	1,20	0,35	29,17	9,86	96,57	7,50	2,00
planta 6	1,00	30,53	29,53	2,35	1,35	21,87	28,18	95,43	12,00	2,50
planta 7	0,73	27,73	27,00	1,46	0,73	36,99	26,27	97,30	10,00	2,50
planta 8	0,98	16,91	15,93	1,51	0,53	30,06	15,40	96,67	10,00	2,00
planta 9	1,08	9,65	8,57	2,00	0,92	9,32	7,65	89,26	9,00	2,00
mitjana			16,58		0,69	25,82		95,46	8,94	2,08
desviació estàndar			7,77		0,33				1,97	0,35

ARRELS

pH 4.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Contingut d'aigua a les arrels
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)
mitjana	3,47	28,68	25,21	5,11	1,64	15,37	23,57	93,49

pH 5.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Contingut d'aigua a les arrels
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)
mitjana	3,42	34,23	30,81	5,90	2,48	28,33	28,33	91,95

pH 6.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Contingut d'aigua a les arrels
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)
mitjana	3,38	36,74	33,36	4,98	1,60	20,85	31,76	95,20

pH 7.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Contingut d'aigua a les arrels
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)
mitjana	3,41	25,59	22,18	4,87	1,46	15,19	20,72	93,42

pH 8.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Contingut d'aigua a les arrels
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)
mitjana	3,42	25,53	22,11	4,83	1,41	15,68	20,70	93,62

EXPERIMENT 2
HIDROPÒNIC AMB PERLITA

Data d'inici de l'experiment: 8 de juliol 2007.
Data de fi de l'experiment: 5 d'agost 2007.
Durada de l'experiment: 29 dies / 4 setmanes.
Nombre de tractaments: 5.

Volum de solució nutritiva utilitzat: 45 litres.

Volum de solució nutritiva utilitzat en cada tractament: 9 litres.

Observacions: El PF de les arrels es fa desprès d'haver-les escorregut. Els cotiledons es pesen però no es recompten com a fulles.

FULLES

pH 4.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Percentatge d'aigua a les fulles	Longitud de la fulla més llarga (pecíol i fulla)	Nombre de fulles	PF / Nº fulles (pes mitjà fulla)
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)		
planta 1	5,18	13,91	8,73	5,87	0,69	12,65	8,04	92,10	18,70	5,00	1,75
planta 2	5,23	15,19	9,96	5,75	0,52	19,15	9,44	94,78	20,70	6,00	1,66
planta 3	5,20	19,44	14,24	6,24	1,04	13,69	13,20	92,70	18,50	7,00	2,03
planta 4	5,16	17,74	12,58	5,85	0,69	18,23	11,89	94,52	26,50	7,00	1,80
planta 5	5,19	18,10	12,91	6,08	0,89	14,51	12,02	93,11	20,50	7,00	1,84
planta 6	5,17	19,07	13,90	6,36	1,19	11,68	12,71	91,44	21,10	6,00	2,32
planta 7	5,17	14,82	9,65	5,65	0,48	20,10	9,17	95,03	17,80	6,00	1,61
planta 8	5,20	16,48	11,28	5,89	0,69	16,35	10,59	93,88	20,50	6,00	1,88
planta 9	5,28	15,56	10,28	5,94	0,66	15,58	9,62	93,58	19,80	4,00	2,57
planta 10	5,22	20,59	15,37	6,43	1,21	12,70	14,16	92,13	24,50	7,00	2,20
mitjana			11,89		0,81	15,46		93,32	20,86	6,10	1,97
desviació estàndard			2,23		0,26				2,71	0,99	0,31

pH 5.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Percentatge d'aigua a les fulles	Longitud de la fulla més llarga (pecíol i fulla)	Nombre de fulles	PF / Nº fulles (pes mitjà fulla)
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)		
planta 1	5,17	15,62	10,45	6,01	0,84	12,44	9,61	91,96	20,80	4,00	2,61
planta 2	5,21	16,87	11,66	6,08	0,87	13,40	10,79	92,54	21,80	4,00	2,92
planta 3	5,21	15,48	10,27	5,87	0,66	15,56	9,61	93,57	20,00	7,00	1,47
planta 4	5,19	19,84	14,65	6,17	0,98	14,95	13,67	93,31	19,50	6,00	2,44
planta 5	5,21	19,08	13,87	6,23	1,02	13,60	12,85	92,65	22,00	7,00	1,98
planta 6	5,20	23,02	17,82	6,28	1,08	16,50	16,74	93,94	23,80	8,00	2,23
planta 7	5,20	19,23	14,03	6,05	0,85	16,51	13,18	93,94	28,00	7,00	2,00
planta 8	5,19	17,25	12,06	6,19	1,00	12,06	11,06	91,71	24,50	5,00	2,41
planta 9	5,18	16,35	11,17	5,94	0,76	14,70	10,41	93,20	19,90	6,00	1,86
planta 10	5,21	18,27	13,06	6,10	0,89	14,67	12,17	93,19	19,50	6,00	2,18
mitjana			12,90		0,90	14,44		93,00	21,98	6,00	2,21
desviació estàndard			2,30		0,13				2,75	1,33	0,41

pH 6.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Percentatge d'aigua a les fulles	Longitud de la fulla més llarga (pecíol i fulla)	Nombre de fulles	PF / Nº fulles (pes mitjà fulla)
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)		
planta 1	5,24	18,04	12,80	6,01	0,77	16,62	12,03	93,98	21,60	6,00	2,13
planta 2	5,22	15,83	10,61	5,97	0,75	14,15	9,86	92,93	19,20	7,00	1,52
planta 3	5,20	15,65	10,45	5,74	0,54	19,35	9,91	94,83	21,90	6,00	1,74
planta 4	5,19	20,44	15,25	6,25	1,06	14,39	14,19	93,05	25,10	6,00	2,54
planta 5	5,18	17,01	11,83	5,74	0,56	21,13	11,27	95,27	22,50	7,00	1,69
planta 6	5,25	18,73	13,48	6,04	0,79	17,06	12,69	94,14	22,50	6,00	2,25
planta 7	5,19	14,05	8,86	5,67	0,48	18,46	8,38	94,58	18,70	6,00	1,48
planta 8	5,22	17,97	12,75	6,04	0,82	15,55	11,93	93,57	19,50	8,00	1,59
planta 9	5,21	17,65	12,44	5,81	0,60	20,73	11,84	95,18	21,40	5,00	2,49
planta 10	5,20	22,56	17,36	6,29	1,09	15,93	16,27	93,72	19,20	7,00	2,48
mitjana			12,58		0,75	17,34		94,13	21,16	6,40	1,99
desviació estàndard			2,44		0,21				2,01	0,84	0,43

pH 7.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Percentatge d'aigua a les fulles	Longitud de la fulla més llarga (pecíol i fulla)	Nombre de fulles	PF / Nº fulles (pes mitjà fulla)
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)		
planta 1	5,20	18,03	12,83	6,37	1,17	10,97	11,66	90,88	23,50	5,00	2,57
planta 2	5,20	15,81	10,61	5,89	0,69	15,38	9,92	93,50	22,30	6,00	1,77
planta 3	5,17	17,78	12,61	5,75	0,58	21,74	12,03	95,40	19,80	6,00	2,10
planta 4	4,38	19,04	14,66	6,10	1,72	8,52	12,94	88,27	20,50	6,00	2,44
planta 5	5,13	12,86	7,73	5,50	0,37	20,89	7,36	95,21	19,80	5,00	1,55
planta 6	5,17	15,05	9,88	5,61	0,44	22,45	9,44	95,55	20,20	7,00	1,41
planta 7	5,20	20,28	15,08	6,24	1,04	14,50	14,04	93,10	21,10	7,00	2,15
planta 8	5,17	12,99	7,82	5,55	0,38	20,58	7,44	95,14	19,30	7,00	1,12
planta 9	5,16	13,77	8,61	5,61	0,45	19,13	8,16	94,77	20,10	6,00	1,44
planta 10	5,14	16,58	11,44	5,99	0,85	13,46	10,59	92,57	20,00	6,00	1,91
mitjana			11,13		0,77	16,76		93,44	20,66	6,10	1,84
desviació estàndard			2,67		0,44				1,30	0,74	0,47

pH 8.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Percentatge d'aigua a les fulles	Longitud de la fulla més llarga (pecíol i fulla)	Nombre de fulles	PF / Nº fulles (pes mitjà fulla)
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)		
planta 1	3,39	12,88	9,49	3,90	0,51	18,61	8,98	94,63	21,40	5,00	1,90
planta 2	3,40	13,39	9,99	4,01	0,61	16,38	9,38	93,89	23,10	4,00	2,50
planta 3	3,38	16,17	12,79	4,25	0,87	14,70	11,92	93,20	21,40	7,00	1,83
planta 4	3,40	14,71	11,31	4,17	0,77	14,69	10,54	93,19	22,80	7,00	1,62
planta 5	3,41	16,39	12,98	4,29	0,88	14,75	12,10	93,22	21,50	6,00	2,16
planta 6	3,37	11,40	8,03	4,09	0,72	11,15	7,31	91,03	20,20	4,00	2,01
planta 7	5,15	15,64	10,49	5,75	0,60	17,48	9,89	94,28	20,20	7,00	1,50
planta 8	5,22	14,71	9,49	5,74	0,52	18,25	8,97	94,52	17,00	6,00	1,58
planta 9	5,17	14,43	9,26	5,75	0,58	15,97	8,68	93,74	20,40	6,00	1,54
planta 10	5,17	22,06	16,89	6,49	1,32	12,80	15,57	92,18	24,00	8,00	2,11
mitjana			11,07		0,74	15,48		93,39	21,20	6,00	1,87
desviació estàndard			2,57		0,24				1,96	1,33	0,33

RAVES

pH 4.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Percentatge d'aigua als raves	Longitud	Diàmetre a la part més ampla
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)	(cm)
planta 1	0,92	15,82	14,90	1,76	0,84	17,74	14,06	94,36	6,20	2,60
planta 2	0,95	15,35	14,40	1,76	0,81	17,78	13,59	94,38	5,00	2,30
planta 3	0,85	26,65	25,80	2,37	1,52	16,97	24,28	94,11	7,00	3,10
planta 4	1,12	14,28	13,16	1,73	0,61	21,57	12,55	95,36	6,50	2,30
planta 5	0,89	21,25	20,36	2,03	1,14	17,86	19,22	94,40	7,60	3,00
planta 6	0,94	17,82	16,88	2,10	1,16	14,55	15,72	93,13	5,00	3,00
planta 7	1,01	10,70	9,69	1,56	0,55	17,62	9,14	94,32	4,80	2,60
planta 8	1,03	14,46	13,43	1,78	0,75	17,91	12,68	94,42	5,30	2,80
planta 9	0,92	23,96	23,04	2,31	1,39	16,58	21,65	93,97	6,80	3,70
planta 10	0,79	23,48	22,69	2,18	1,39	16,32	21,30	93,87	6,50	3,20
mitjana			17,44		1,02	17,49		94,23	6,07	2,86
desviació estàndard			5,25		0,35				0,98	0,43

pH 5.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Percentatge d'aigua als raves	Longitud	Diàmetre a la part més ampla
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)	(cm)
planta 1	1,04	22,84	21,80	2,26	1,22	17,87	20,58	94,40	7,30	3,10
planta 2	1,04	21,28	20,24	2,47	1,43	14,15	18,81	92,93	6,60	3,00
planta 3	1,08	19,11	18,03	2,32	1,24	14,54	16,79	93,12	6	2,80
planta 4	1,14	13,71	12,57	1,98	0,84	14,96	11,73	93,32	5,8 / 3,5	2,8 / 0,7
planta 5	1,21	14,72	13,51	2,16	0,95	14,22	12,56	92,97	7,40	2,40
planta 6	1,04	18,04	17,00	2,02	0,98	17,35	16,02	94,24	6,80	2,50
planta 7	1,04	14,95	13,91	1,74	0,70	19,87	13,21	94,97	6,80	2,40
planta 8	1,16	19,32	18,16	1,97	0,81	22,42	17,35	95,54	5,70	2,40
planta 9	1,23	12,68	11,45	2,04	0,81	14,14	10,64	92,93	4,00	2,50
planta 10	1,25	28,68	27,43	2,99	1,74	15,76	25,69	93,66	7,20	4,00
mitjana			17,41		1,07	16,53		93,81	6,25	2,69
desviació estàndard			4,89		0,33				1,07	0,53

pH 6.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Percentatge d'aigua als raves	Longitud	Diàmetre a la part més ampla
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)	(cm)
planta 1	1,08	15,48	14,40	1,90	0,82	17,56	13,58	94,31	6,30	2,60
planta 2	1,05	11,34	10,29	1,72	0,67	15,36	9,62	93,49	6,60	2,60
planta 3	1,12	11,53	10,41	1,71	0,59	17,64	9,82	94,33	3,80	2,60
planta 4	1,04	10,04	9,00	1,69	0,65	13,85	8,35	92,78	6,00	2,20
planta 5	1,29	13,69	12,40	1,97	0,68	18,24	11,72	94,52	5,20	2,50
planta 6	1,19	20,28	19,09	2,40	1,21	15,78	17,88	93,66	8,30	3,00
planta 7	1,11	14,23	13,12	1,85	0,74	17,73	12,38	94,36	5,30	2,20
planta 8	0,86	11,81	10,95	1,58	0,72	15,21	10,23	93,42	4,50	2,70
planta 9	0,99	11,02	10,03	1,51	0,52	19,29	9,51	94,82	5,50	1,50
planta 10	1,06	9,32	8,26	1,65	0,59	14,00	7,67	92,86	5,20	1,35
mitjana			11,80		0,72	16,46		93,85	5,67	2,33
desviació estàndard			3,17		0,19				1,24	0,53

pH 7.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Percentatge d'aigua als raves	Longitud	Diàmetre a la part més ampla
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)	(cm)
planta 1	1,12	30,38	29,26	2,80	1,68	17,42	27,58	94,26	8,00	3,60
planta 2	1,04	18,59	17,55	1,95	0,91	19,29	16,64	94,81	5,00	3,00
planta 3	1,10	2,73	1,63	1,22	0,12	13,58	1,51	92,64	5,00	1,30
planta 4	1,04	16,03	14,99	1,85	0,81	18,51	14,18	94,60	6,50	2,70
planta 5	0,87	10,88	10,01	1,29	0,42	23,83	9,59	95,80	3,40	2,50
planta 6	1,02	8,81	7,79	1,38	0,36	21,64	7,43	95,38	4,20	2,20
planta 7	0,90	16,98	16,08	1,92	1,02	15,76	#¡VALOR!	#¡VALOR!	7,00	2,80
planta 8	0,78	11,40	10,62	1,23	0,45	23,60	10,17	95,76	6,50	2,00
planta 9	1,14	14,66	13,52	1,84	0,70	19,31	12,82	94,82	6,50	2,30
planta 10	1,01	18,49	17,48	2,00	0,99	17,66	16,49	94,34	8,30	2,70
mitjana			13,89		0,75	19,06		#¡VALOR!	6,04	2,51
desviació estàndard			7,32		0,44				1,60	0,62

pH 8.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Percentatge d'aigua als raves	Longitud	Diàmetre a la part més ampla
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)	(cm)	(cm)
planta 1	0,95	15,71	14,76	1,63	0,68	21,71	14,08	95,39	6,00	2,50
planta 2	1,06	13,57	12,51	1,74	0,68	18,40	11,83	94,56	6,70	2,30
planta 3	0,94	12,76	11,82	1,70	0,76	15,55	11,06	93,57	5,50	2,40
planta 4	1,13	18,55	17,42	2,22	1,09	15,98	16,33	93,74	6,80	3,20
planta 5	0,88	16,01	15,13	1,74	0,86	17,59	14,27	94,32	5,60	2,60
planta 6	1,01	12,81	11,80	1,77	0,76	15,53	11,04	93,56	6,20	2,30
planta 7	0,95	11,03	10,08	1,54	0,59	17,08	9,49	94,15	5,20	2,30
planta 8	0,98	12,59	11,61	1,63	0,65	17,86	10,96	94,40	4,50	2,80
planta 9	0,96	12,61	11,65	1,64	0,68	17,13	10,97	94,16	6,70	3,30
planta 10	1,23	15,58	14,35	2,22	0,99	14,49	13,36	93,10	9,20	2,60
mitjana			13,11		0,77	17,13		94,10	6,24	2,63
desviació estàndard			2,22		0,16				1,27	0,37

ARRELS

pH 4.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Percentatge d'aigua a les arrels
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)
mitjana	3,16	45,33	42,17	10,80	7,64	5,52	34,53	81,88

pH 5.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Percentatge d'aigua a les arrels
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)
mitjana	2,90	25,46	22,56	5,45	2,55	8,85	20,01	88,70

pH 6.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Percentatge d'aigua a les arrels
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)
mitjana	3,34	31,61	28,27	7,79	4,45	6,35	23,82	84,26

pH 7.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Percentatge d'aigua a les arrels
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)
mitjana	3,01	26,86	23,85	4,91	1,90	12,55	21,95	92,03

pH 8.5

	Tara	PF + tara	PF	PS + tara	PS	PF/PS	Diferència entre el PF i el PS	Percentatge d'aigua a les arrels
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)		(g)	(%)
mitjana	2,82	48,56	45,74	10,28	7,46	6,13	38,28	83,69

NORMA TÈCNICA PER A LA PRODUCCIÓ INTEGRADA DEL RAVE

Article 1
Biodiversitat
1.1 Obligacions.
És obligatori establir una Àrea de Compensació Ecològica d'almenys el 5% de la superfície total de l'explotació, que inclogui àrees lliures d'agroquímics (es podran considerar dins d'aquestes àrees, per exemple: tallavents, marges de finques, de camins, de canals, de rius, etc.). S'admetrà que les àrees de compensació ecològica s'estableixen a nivell d'organització de productors o municipal, sempre que vagin associades directament a les zones de producció.

Article 2
Material vegetal
2.1 Obligacions.
2.1.1 Totes les varietats han d'estar inscrites dins del catàleg comú de varietats d'espècies de plantes hortícoles de la Unió Europea i/o a la llista espanyola de varietats comercials de plantes o tenir concedida una autorització provisional de comercialització a l'Estat espanyol.
2.1.2 El material vegetal d'origen ha d'acomplir la normativa de producció de planter que estableix la legislació vigent.
2.2 Recomanacions.
2.2.1 Per realitzar la producció integrada del rave s'escolliran preferentment les varietats més adequades a la zona i al període de cultiu, amb l'objectiu d'aconseguir un fruit de qualitat amb les mínimes intervencions possibles.

Article 3
Sòls i substrats
Es defineix com a unitat homogènia de cultiu una superfície contínua de terreny que presenta unes característiques molt similars pel que fa a la constitució i la profunditat del sòl, el sistema de reg i el tipus de cultiu que suporta.
3.1 Obligacions.
3.1.1 Es realitzaran anàlisis de sòl amb una freqüència mínima de tres anys. El nombre d'anàlisis a efectuar en unitats homogènies de cultiu serà com a mínim d'una anàlisi per cada 2 ha. En unitats no homogènies de cultiu, les anàlisis es realitzaran en cada parcel·la de cultiu. Si no s'han fet mai anàlisis de sòl, es farà el primer any de producció integrada.
3.1.2 Les característiques fisicoquímiques del substrat, en cas que s'utilitzi, hauran de figurar al Quadern d'explotació al qual fa referència l'article 12 d'aquesta norma tècnica.
3.2 Recomanacions.
3.2.1 Es preferiran sòls amb una profunditat adequada i un bon drenatge. Abans d'iniciar la producció integrada caldria examinar el perfil del sòl.
3.2.2 La informació sobre el tipus de sòl podrà ser extreta del mapa detallat de sòls de Catalunya del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (1:25.000), en el cas que n'hi hagi.
3.3 Prohibicions.
3.3.1 Desinfectar el sòl amb la utilització de productes químics. Excepcionalment, l'autoritat competent podrà autoritzar, en casos concrets i justificats, la desinfecció química.

Article 4
Fertilització
4.1 Obligacions.
4.1.1 S'establirà un pla d'adobament que fixarà les quantitats de fertilitzant que s'hauran d'aplicar tenint en compte les extraccions lligades a la producció objecte del cultiu, el tipus i les característiques del sòl i de l'aigua de reg, el tipus i el sistema de reg i les característiques dels adobs orgànics emprats.
4.1.2 S'estableixen un màxim d'aportacions nitrogenades (adobs orgànics, adobs minerals i aigua de reg) de 190 kg N/ha.
4.1.3 Excepcionalment, es podran aplicar quantitats més elevades de nitrogen, amb la preceptiva autorització del tècnic responsable de PI i que s'hauran de justificar al Quadern d'explotació, en funció de les altes extraccions lligades a produccions molt elevades, d'acord amb les anàlisis de plantes i de nitrogen mineral al sòl.
4.1.4 L'adobament, especialment el nitrogenat i el potàssic, es fraccionarà adequadament. En cas de fertirrigació, es realitzarà de manera que es minimitzi el rentatge de nutrients, tot evitant la salinització del sòl.
4.1.5 Les aportacions d'adobs foliars només s'empraran quan estiguin plenament justificades.
4.2 Prohibicions.
4.2.1 Fer una programació de la fertilització sense tenir en compte les anàlisis de sòl i aigua.
4.2.2 Utilitzar materials amb valor fertilitzant, procedents de fangs de depuradores o de residus sòlids urbans, que estiguin contaminats per microorganismes patògens o que continguin materials no degradables o metalls pesats amb valors superiors als que estableix l'annex 3.

Article 5
Reg
5.1 Obligacions.
5.1.1 Es farà una anàlisi de l'aigua de reg amb una periodicitat com a mínim anual. Si per raó del seu origen la composició de l'aigua és molt variable s'hauran de fer anàlisis amb més freqüència del contingut en nitrats i de la conductivitat.
5.1.2 L'aigua de reg s'utilitzarà amb criteris de màxima eficiència. S'ajustaran les dosis de reg a les necessitats dels cultius i a la textura i el drenatge del sòl. Amb aquesta finalitat s'utilitzarà algun mètode de programació de reg.
5.1.3 L'aigua de reg es distribuirà uniformement per les parcel·les, i es limitaran les pèrdues que es puguin produir per percolació i escolament.
5.1.4 En el reg localitzat es determinaran els coeficients d'uniformitat de les instal·lacions cada tres anys a fi d'assegurar-ne el bon funcionament. El coeficient d'uniformitat, segons el mètode de Merrian & Keller (o el/els que determini la normativa vigent), serà com a mínim del 80%.
5.1.5 A les instal·lacions noves de microirrigació s'utilitzarà material d'acord amb els models d'emissors, tubs emissors i difusors certificats pel programa de control de característiques de material de microirrigació del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca o per altres programes oficials.
5.2 Recomanacions.
5.2.1 Quan es treballi en condicions en què sigui difícil obtenir una alta eficiència d'aigua i de nutrients, convindrà tenir comptadors volumètrics per tal d'optimitzar l'ús de l'aigua.
5.2.2 Utilitzar el mètode del balanç hídric a partir del càlcul diari de l'evapotranspiració o utilitzar tensímetres, sondes o altres instruments de mesura per avaluar l'estat de l'aigua del sòl.
5.3 Prohibicions.
5.3.1 Utilitzar l'aigua per al reg sense anàlisis prèvies.

5.3.2 Regar a manta en parcel·les amb anivellacions deficients o problemes de drenatge a fi d'evitar escolaments o entollaments.

Article 6
Control de males herbes
6.1 Recomanacions.
6.1.1 El control de males herbes es farà preferentment mitjançant l'adopció de mesures preventives abans de la implantació del conreu i l'aplicació de mètodes mecànics i físics mentre duri el cultiu.
6.1.2 Si s'utilitzen herbicides, l'aplicació es farà preferentment en el moment en què la mala herba sigui més sensible a fi d'utilitzar el mínim de producte possible i es procurarà de combinar-los amb mètodes mecànics de control.
6.2 Prohibicions.
6.2.1 Utilitzar els herbicides no relacionats a l'annex 1 d'aquesta norma tècnica.
6.2.2 Utilitzar qualsevol herbicida autoritzat per aquesta norma tècnica que s'hagi donat de baixa al Registre oficial de productes fitosanitaris.

Article 7
Plagues i malalties
7.1 Obligacions.
7.1.1 Els mètodes de control culturals, biològics, genètics i biotecnològics seran prioritaris a la lluita química.
7.1.2 Els criteris que s'utilitzin per a la justificació dels possibles tractaments fitosanitaris hauran d'estar previstos al Programa de control integrat de plagues i malalties (CIP) que preveu el Quadern d'explotació aprovat pel Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca, al qual s'haurà acollit el productor.
7.1.3 Els productes fitosanitaris que s'utilitzaran per controlar plagues i malalties són els que figuren a l'annex 2 d'aquesta norma tècnica. Excepcionalment, en cas que aparegui alguna plaga i/o malaltia no prevista explícitament a l'annex del Quadern d'explotació, podrà utilitzar-se per controlar-la, sota prescripció tècnica, qualsevol dels productes autoritzats per al cultiu i la plaga o la malaltia en qüestió tenint en compte el seu efecte sobre la fauna útil i la seva toxicologia.
7.2 Recomanacions.
7.2.1 Utilitzar models de predicció de plagues i malalties, en cas que n'hi hagi i que s'hagin contrastat a la zona de cultiu.
7.2.2 Fer ús de les recomanacions dels serveis de sanitat vegetal o dels organismes que per mitjà de les seves tècniques determinin els períodes d'intervenció més adequats per als controls i els tractaments.
7.3 Prohibicions.
7.3.1 Utilitzar matèries actives no incloses a l'annex 2, llevat de les excepcions recollides a l'apartat 7.1.3 d'aquesta norma tècnica.
7.3.2 Utilitzar qualsevol producte autoritzat per aquesta norma tècnica que s'hagi donat de baixa al Registre oficial de productes fitosanitaris.

Article 8
Conservació de l'entorn de la plantació
8.1 Obligacions.
8.1.1 En cas d'utilitzar materials plàstics i/o substrats artificials, la seva retirada i tractament es farà d'acord amb la normativa mediambiental vigent.
8.2 Recomanacions.
8.2.1 Es procurarà la protecció de l'entorn de les plantacions.
8.2.2 En el cas que calguin tallavents, es realitzaran amb espècies autòctones sempre que sigui possible, i es procurarà mantenir una diversitat d'estructura i composició.

Article 9
Collita
9.1 Recomanacions.
La collita es realitzarà preferentment en el moment adequat per a cada varietat i tipus de presentació.

Article 10
Normes de qualitat
10.1 Obligacions.
Tots els raves comercialitzats com a producció integrada hauran de tenir unes característiques mínimes de qualitat interna i externa perquè puguin ser comercialitzats com a fruit de producció integrada. Les categories de rave emparades per la denominació Producció Integrada seran totes les categories establertes d'acord amb la legislació vigent.

Article 11
Maquinària de tractaments
11.1 Obligacions.
11.1.1 Els equips de tractament s'hauran de revisar bianualment d'acord amb les normes CEN (Comitè Europeu de Normalització) i s'hauran de regular els elements de distribució tantes vegades com calgui d'acord amb els requisits establerts pel Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.
11.1.2 Els agricultors utilitzaran equips adequats de protecció personal mentre realitzin els tractaments.
11.2 Recomanacions.
11.2.1 Utilitzar polvoritzadors nous que corresponguin preferentment a models certificats del Programa de control de característiques de maquinària de tractaments del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca o per altres programes oficials de control. Els equips s'adequaran a les normes CEN relatives a seguretat i medi ambient.
11.2.2 Els agricultors han de mantenir correctament el funcionament dels equips d'aplicació i dels seus components.

Article 12
Quadern d'explotació
12.1 El Quadern d'explotació és un registre de les operacions que es realitzen en cada parcel·la de producció integrada per tal de garantir el procés de producció.
12.2 El model de Quadern d'explotació és únic pel que fa a les dades a registrar, i serà aprovat pel Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.
12.3 El productor de producció integrada, mitjançant la seva signatura, es responsabilitzarà de la veracitat de les anotacions realitzades al Quadern d'explotació.
12.4 El Quadern d'explotació és obligatori i estarà sempre disponible per a la seva inspecció. Per a la bona funcionalitat del sistema les anotacions de les operacions s'hauran de realitzar en el termini màxim dels 7 dies següents a la seva execució.

Article 13
Gestió dels envasos de productes fitosanitaris
13.1 Obligacions
13.1.1 Els envasos de productes fitosanitaris s'hauran de gestionar a través d'una empresa autoritzada, d'acord amb el que estableixi la legislació vigent.
13.2 Prohibicions
Abandonar restes de plàstics, envasos i altres residus en l'interior o en els marges de les parcel·les.

ANNEX 1

Matèries actives d'herbicides que es poden emprar en producció integrada del rave.

Fluazifop (*) i Setoxidim (*).

(*) L'autorització d'ús d'aquesta substància activa resta condicionada al que estableixi la norma vigent, atès que a partir del juliol de 2003 pot deixar d'ésser comercialitzada.

ANNEX 2

Matèries actives de productes fitosanitaris admesos, tenint en compte les restriccions indicades en el Quadern d'explotació, i al programa de control integrat de plagues i malalties del rave.

Insecticides:
Erugues aèries *(Helicoverpa armigera, Chrysodexis chalcites, Spodoptera sp.*): *bacillus thuringiensis,* cipermetrín + metil-pirimifós, deltametrín i lambda cihalotrín.
Dormidores i cucs de filferro (*Agrotis segetum, A. Ipsilon, Agriotes sp.):* clorpirifòs (només per a esquers o com a granulat al sòl), i lambda cihalotrín.
Trips *(F. occidentalis*): azadiractín i deltametrín.

Fungicides:
*Rhizoctonia solan*i: pencicuron.
Fusarium ssp: ditianona (aplicació en reg localitzat) i polioxina B.
Míldiu *(Albugo candida*): captan, compostos cúprics, diclofluanida (*), mancozeb, maneb.

(*) L'autorització d'us d'aquesta substància activa resta condicionada al que estableixi la norma vigent, atès que a partir del juliol de 2003 pot deixar d'ésser comercialitzada.

Altres plagues i malalties:
Les expressament autoritzades en el cultiu, tenint en compte el seu efecte sobre la fauna útil i la seva toxicologia.

ANNEX 3

Els materials amb valor fertilitzant aportats al sòl no han de contenir metalls pesants en valors superiors als establerts a l'Ordre 28 de maig de 1998 sobre fertilitzants i afins (BOE núm. 131).

Metall pesant:

Cadmi:	3 mg/kg de matèria seca
Coure:	450 mg/kg de matèria seca
Crom:	400 mg/kg de matèria seca
Mercuri:	5 mg/kg de matèria seca
Níquel:	120 mg/kg de matèria seca
Plom:	150 mg/kg de matèria seca
Zenc:	1.100 mg/kg de matèria seca

mg/kg: mil·ligram per quilo