

ELS EFECTES DE LA PLUJA ÀCIDA SOBRE LES PLANTES



AGRAÏMENTS

Voldria agrair la col·laboració d'algunes persones, sense les quals el treball no hauria estat possible.

En primer lloc, al professor Maurici Segura. Ell era el meu tutor del treball de recerca a finals de primer de batxillerat, al principi de tot, i va ser el que em va animar a fer aquest treball i em va donar les primeres pautes. En acabar el curs però se li va concedir un trasllat, va deixar el nostre institut i per tant vaig tenir un canvi de tutor.

Agrair molt la col·laboració de la Lúdia Carrera, que sempre m'ha resolt aquells dubtes que em portaven tants mals de cap. Ella ha estat com una segona tutora per mi. I sobretot, agrair-li que m'ajudes a decidir el treball de recerca, que no va ser gens fàcil.

Donar les gràcies també a en Toni Pagès, el tutor de primer de batxillerat, que ens va animar molt a tots amb aquest treball que ens ha durat fins a principis de segon de batxillerat.

La meva família, com era d'esperar, ha patit les conseqüències de que la seva filla tingués un experiment en el treball de recerca; gràcies a ells per ajudar-me a mesurar totes les plantes de blat. També donar les gràcies al meu tiet per donar un toc artístic al treball ajudant-me amb la portada.

I finalment, i el més important, agrair-li a en Guillem Sánchez, el meu tutor del treball de recerca, tot el que ha fet. Han estat molts els dubtes que m'ha resolt, les ajudes que he rebut per part seva i la paciència que ha posat en mi. L'experiment no ha estat fàcil, i ens ha tret moltes hores, però l'ajuda que m'has donat ha set important.

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ.....	p. 4, 5
2. QUÈ ÉS LA PLUJA ÀCIDA?.....	p. 6-9
2.1. Característiques principals.....	p. 6, 7
A. àcid nítric.....	p. 6
B. àcid sulfúric.....	p. 7
2.2. Com s'origina.....	p. 7, 8
2.3. La pluja àcida al llarg de la història.....	p. 8, 9
3. ZONES EMISSORES, ZONES AFECTADES.....	p. 10-12
4. EFECTES DE LA PLUJA ÀCIDA.....	p. 13-16
4.1. Desaparició de boscos.....	p. 13
4.2. Deteriorament de monuments i escultures.....	p. 14
4.3. Acidificació de les aigües.....	p. 15
4.4. Efectes sobre els cultius.....	p. 16
5. SOLUCIONS.....	p. 17-24
5.1. Reducció de la pluja àcida a nivell global.....	p. 17-23
5.1.1. Reducció d'òxids de sofre.....	p. 17, 18
5.1.2. Reducció d'òxids de nitrogen.....	p. 19
5.1.3. Utilització d'energies més netes.....	p. 20-23
A) Energia hidràulica.....	p. 21
B) Gas natural.....	p. 21
C) Energia eòlica.....	p. 21, 22
D) Energia solar.....	p. 22
E) Energia mareomotriu.....	p. 23
5.1.4. Utilització de vehicles elèctrics.....	p. 23
5.2. Restabliment del medi ambient afectat	p. 24

6. DISSENY D'EXPERIMENT.....	p. 25-51
Problema.....	p. 25
Hipòtesi.....	p. 25
Variables.....	p. 25
Procediment.....	p. 25-37
1. Primera prova preliminar.....	p. 26-29
2. Segona prova preliminar.....	p. 29-31
3. Tercera prova preliminar.....	p. 31-36
4. Experiment definitiu.....	p. 36-37
Resultats.....	p. 37-49
1. Primera setmana.....	p. 38-40
2. Segona setmana.....	p. 40-42
3. Tercera setmana.....	p. 43,44
4. Quarta setmana.....	p. 45-47
5. Comparacions globals.....	p. 48-51
7. CONCLUSIONS.....	p. 52-56
8. WEBGRAFIA.....	p. 57
9. ANNEX.....	p. 58-65

1. INTRODUCCIÓ

El treball de recerca que us presento a continuació es titula “Els efectes de la pluja àcida sobre les plantes”. És un treball enfocat en el camp de la química i la biologia. La part més teòrica fa referència sobretot a la pluja àcida a nivell general: com es forma, com afecta, com es pot solucionar, etc. La part experimental es centra en les plantes, i en concret en el blat. Així doncs, partim d'un nivell més general fins a concretar en aquest cultiu determinat. L'experiment l'hem fet a partir d'aquest cereal ja que és un dels que tenim més a l'abast i dels que ens representen més (a Osona hi ha molts conreus de blat). Durant aquesta fase experimental hem pogut veure quins són els efectes reals que té la pluja àcida a nivell de conreus.

La idea que tenia clara era que el meu treball de recerca havia de ser de ciències, havia de tenir un experiment i, si podia ser que fos de biologia. Però la imaginació em falla. I si una cosa encara costa més, aquesta és decidir-se. Després que ens presentessin els temes vaig escollir-ne alguns que em podrien agradar. Vaig pensar també en alguns que no estaven establerts per cap departament i finalment em vaig quedar amb dos. Així doncs, vaig demanar ajuda a la Lídia Carrera, ja que vaig presentar dues propostes a córrer cuita l'últim dia en què es podia triar. L'altre treball de recerca que tractava sobre els lactobacils en els aliments va ser descartat per falta de material a l'hora de realitzar l'experiment i perquè era massa complicat. Així doncs, he de reconèixer que no tenia gens clar que volia fer aquest treball de recerca, ni tampoc em cridava molt l'atenció. Simplement sabia que n'havia de triar un i vaig decantar-me per aquest. Cal dir també que a mesura que he anat fent el treball aquest m'ha anat agradant més i he vist que realment vaig fer una bona tria, ja que ha estat una recerca interessant.

He començat per la part teòrica, informant-me. Internet ha sigut la xarxa que he utilitat per saber què és la pluja àcida, com es forma, quins són els seus efectes i a on afecta més, quines són les solucions... Després de tenir clars tots aquests conceptes he realitzat el disseny de l'experiment, amb nombroses proves. La part experimental ha estat una mica més costosa, ja que hi he hagut d'invertir força hores realitzant l'experiment.

No sabíem de quines concentracions partir i havíem de determinar-ne unes que afectessin a les plantes sense matar-les. Això ha comportat haver de fer quatre vegades l'experiment. Tot i que la part experimental ha set la que ha comportat més feina alhora ha estat la que m'ha agradat més. Un cop realitzada aquesta part experimental la he introduït en el treball de manera escrita.

Així doncs, aquest treball presenta dues parts força diferenciades, però que alhora tenen molt a veure entre elles, ja que la part experimental és per plasmar de manera visual tota la informació de la part teòrica.

Durant l'elaboració del treball teòric no he tingut cap problema, ja que en la xarxa es pot trobar molta informació, molt ben explicada i molt interessant. Tot i així és important diferenciar entre la informació que és fiable i la que no. Alhora he vist força conscienciació per part de tothom, enfocant la pluja àcida com un gran problema mediambiental a solucionar.

Aquest treball és doncs, resultat de força hores de dedicació, sobretot pràctiques, que estan reflectides a continuació.

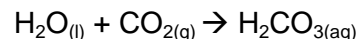
2. QUÈ ÉS LA PLUJA ÀCIDA?

2.1. Característiques principals

La pluja àcida és el fenomen que consisteix en una pluja, o la deposició d'altres elements derivats de la pluja (boira, neu, rosada, etc.), amb uns nivells de pH* inferiors als normals. Es considera pluja àcida quan es detecta un pH inferior a 5. Aquests valors de pH oscil·len, normalment, entre 3 i 5, tot i que a vegades són fins i tot inferiors al pH 3 (pH del vinagre).

Aquesta pluja àcida cau sobre el sòl i té conseqüències per als cultius, la vegetació i també per al propi sòl. A més a més de la pluja àcida també hem de tenir en compte que hi ha una deposició de partícules que contenen sulfats i nitrats, amb uns efectes molt semblants als de la pluja àcida.

L'aigua pura té un pH de 7 (pH neutre). Però hem de tenir en compte que la pluja no contaminada té un pH entre 5 i 6, ja que l'aigua de l'aire reacciona amb el diòxid de carboni que hi ha en l'atmosfera amb la formació d'àcid carbònic:



La pluja àcida, que conté àcid nítric, àcid nítric i àcid sulfúric principalment; pot ser deguda a fenòmens naturals com les erupcions volcàniques, però normalment és deguda a la combustió de combustibles fòssils.

A) àcid nítric: L'àcid nítric, de fórmula molecular HNO_3 , és un àcid fort, corrosiu i tòxic. És utilitzat industrialment en la fabricació de fertilitzants i d'explosius o per a altres finalitats de la metal·lúrgia.

En estat pur és un líquid incolor, però a temperatura ambient allibera fums de color vermellós o grogós.

* pH: és un índex de la mesura de l'acidesa o alcalinitat d'una solució. Aquesta acidesa és donada per la concentració dels ions d'hidrogen en la solució. Es defineix com: $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$. El pH té una escala que va del 1 al 14. El pH 7 és neutre (aigua pura), els valors inferiors a 7 són àcids i els majors de 7 són bàsics, també anomenats alcalins.

B) àcid sulfúric: és un àcid fort i molt corrosiu, amb fórmula molecular H_2SO_4 . Aquest àcid també és molt utilitzat en la indústria per fabricar fertilitzants. També és molt utilitzat en la indústria petroquímica així com també en la fabricació de pigments, detergents, explosius, etc. En estat pur té una aparença oliosa i incolora, però en solució aquosa sol agafar un color més àmbar.

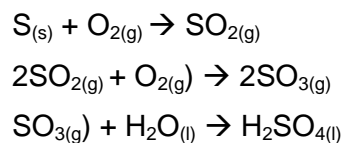
L'àcid sulfúric és un producte industrial molt important, fins al punt d'utilitzar la seva producció com un indicador del grau d'industrialització d'un país.

2.2. Com s'origina

La pluja es forma quan l'aigua, que forma els núvols, entra en contacte amb els òxids de nitrogen i els òxids de sofre presents a l'atmosfera (fig. 1)

Aquesta aigua reacciona amb el triòxid de sofre (SO_3) i forma àcid sulfúric (H_2SO_4). Aquest triòxid de sofre prové de l'oxidació del diòxid de sofre (SO_2) amb l'oxigen (O_2) que es troba a l'atmosfera. El diòxid de sofre s'ha format prèviament quan el sofre provinent dels combustibles fòssils reacciona amb l'oxigen atmosfèric (O_2).

Les equacions químiques corresponents a aquests processos són:



El diòxid de sofre pot provenir de fenòmens naturals, com s'ha mencionat anteriorment, però principalment prové de la combustió de carbó, petroli i altres combustibles fòssils, que poden contenir més d'un 1% de sofre.

L'aigua de l'atmosfera també reacciona amb el diòxid de nitrogen (NO_2), tot formant àcid nítric (HNO_3). Aquest és l'altre principal causant de la pluja àcida. Aquest diòxid de nitrogen prové de l'oxidació atmosfèrica del monòxid de nitrogen (NO) format per la reacció entre l'oxigen i el nitrogen (a alta temperatura).

Aquesta reacció té lloc en els tubs d'escapament dels vehicles impulsats per motors tèrmics (cotxes, avions, autobusos...).

Els processos esmentats es representen per mitjà de les següents equacions químiques:

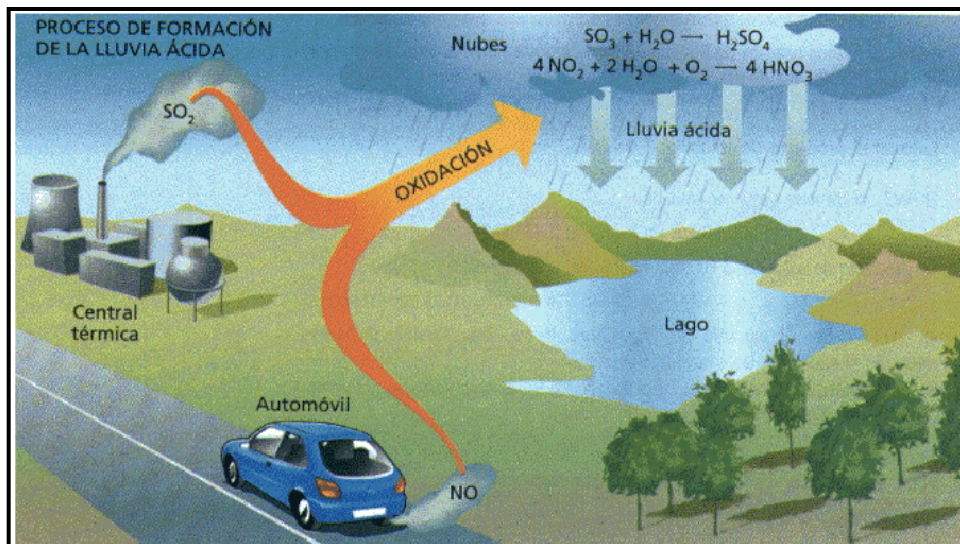
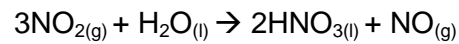
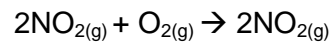
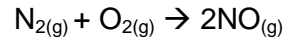


Fig. 1

Esquema de la formació de la pluja àcida.

2.3. La pluja àcida al llarg de la història

L'augment en les últimes dècades d'indústries que utilitzen els combustibles fòssils, com a font d'energia principal, ha fet que augmentessin els nivells de pluja àcida en tot el planeta. L'altre gran emissor de gasos contaminants que ocasionen de la pluja àcida són els transports, el nombre dels quals ha augmentat desorbitadament en els últims anys.

Si mirem enrere en la història podem veure que les primeres investigacions sobre la pluja àcida es van dur a terme a finals del segle XIX.

L'any 1872 Robert August Smith, inspector de la indústria química britànica, va estudiar la composició química de l'atmosfera en llocs al voltant de la ciutat de Londres. En el seu treball és on apareix per primera vegada el terme "pluja àcida". Va descobrir que aquesta pluja era originada per l'àcid sulfúric, però aquest treball va passar desapercebut en aquell moment.

Gairebé cent anys després Eville Gorham, científic canadenc, va fer un nou pas en l'estudi de la pluja àcida. Estava treballant en una investigació en la qual comparava l'aigua de la pluja amb l'aigua dels pantans. Va observar que si el vent bufava des de les zones industrialitzades aquesta aigua es convertia en aigua àcida. Totes aquestes conclusions les va recollir en el seu treball publicat l'any 1955.

L'any 1967 Svante Odén, un jove investigador suec, va publicar el seu treball sobre la pluja àcida. Va analitzar l'aigua dels rius i dels llacs d'Escandinava i va veure que quan un front atmosfèric provenia de les regions europees més industrialitzades, es produïen precipitacions àcides.

A partir d'aquest treball cada vegada es va anar fent més públic el problema i es va començar a prendre consciència de la situació.

El 1993 la Unió Europea va acordar reduir les emissions d'òxids de sofre en un 40% per l'any 1998 i en un 60% pel 2003. En aquest acord també es va establir reduir en un 30% les emissions d'òxids de nitrogen per l'any 1998.

Una altra mesura presa va ser la instal·lació de catalitzadors en els cotxes de nova fabricació.

3. ZONES EMISSORES, ZONES AFECTADES

La pluja àcida no afecta per igual totes les zones del món. Això és degut a la quantitat d'emissions que hi ha en cada zona, però també és degut a fenòmens naturals com per exemple els corrents de convecció. Així doncs, a vegades zones del planeta que emeten poca quantitat d'òxids de nitrogen i sofre, resulten molt afectades per la pluja àcida.

Les zones del planeta que pateixen més les conseqüències de la pluja àcida són la part oriental de nord-Amèrica, Europa central i també el Japó (fig. 2). Aquestes zones coincideixen en gran part amb les zones on s'emeten més òxids de sofre i nitrogen causants de la pluja àcida.

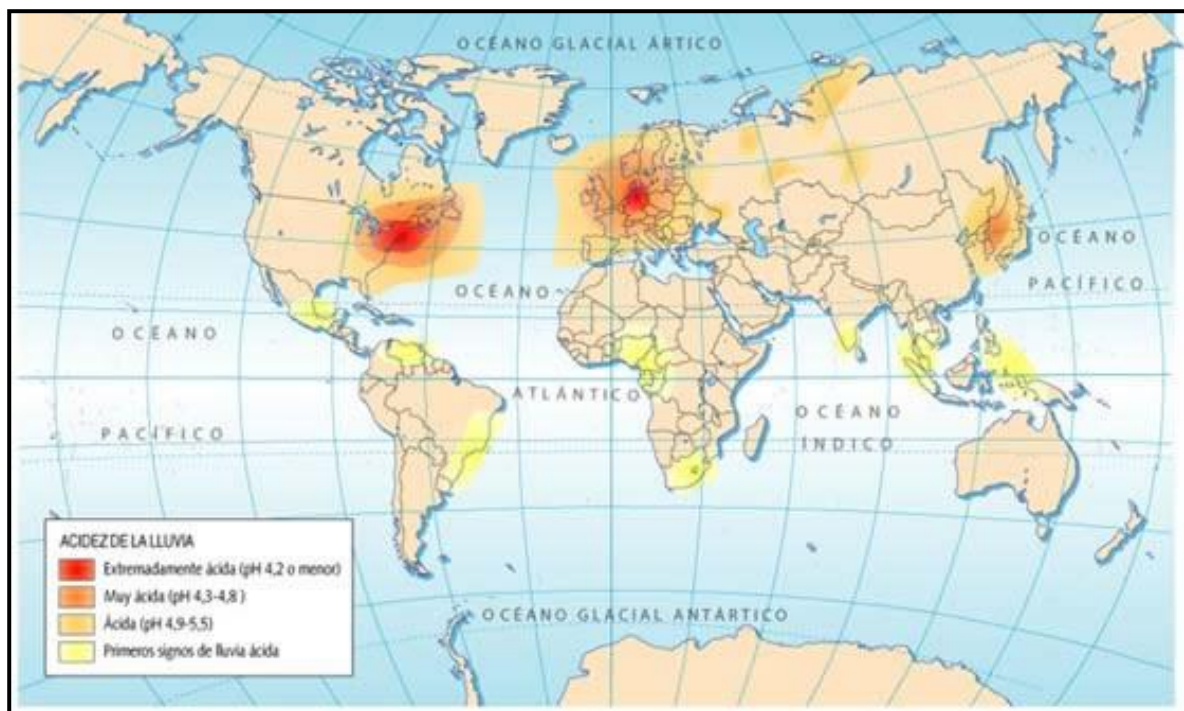


Fig. 2 En aquest mapa s'aprecien les zones del planeta més afectades per la pluja àcida.

Per altra banda, els països que registren més emissions dels gasos causants de la pluja àcida són Gran Bretanya i Alemanya. Són zones molt industrialitzades i amb grans ciutats amb una població molt elevada. Es troben, tal com es veu en el mapa, en les zones on la pluja presenta més acidesa. Així doncs es corresponen amb el cas en què les zones on s'emeten més gasos són les més afectades pels àcids que portarà la pluja.

Tot i així, alguns països pateixen la pluja àcida sense ser emissors de grans quantitats de contaminants. Això és degut a diversos fenòmens naturals que fan que els gasos contaminants viatgin per l'aire i arribin a zones molt llunyanes de les zones on han estat emesos. Aquest fet pot provocar que zones molt boscoses i gens industrialitzades pateixin igualment les conseqüències d'aquests àcids, fet que pot ocasionar un problema mediambiental i econòmic considerable. Un exemple n'és Uruguai. S'han registrat nivells molt alts d'acidesa en el riu Yaguarón, que són provocats per les emissions de contaminants a l'atmosfera de la central termoelèctrica de Candiota, al Brasil. Escandinava és un territori amb poques emissions dels contaminants causants de la pluja àcida, però en canvi és una de les zones més afectades (degut a l'alt nombre de precipitacions que hi ha en les muntanyes elevades).



Fig. 3 Imatge de la ciutat de Mèxic. Pateix conseqüències de la pluja àcida però alhora és un dels principals emissors de gasos contaminants.

Hi ha moltes dades recollides per diferents estudis, totes elles que causen impressió i no pas gratament. Als Estats Units hi ha uns 1000 llacs amb les aigües àcides i uns 3000 que són considerats parcialment àcids. A Suècia es calcula que 2200 llacs estan "morts". Aquestes aigües tenen uns nivells molt alts d'acidesa que fan impossible la vida de les plantes i/o dels animals; per això s'anomenen així.

Hi ha més dades que realment fan reflexionar, com per exemple les 1300 milions d'hectàrees cobertes per aigua, en terres noruegues, on no s'hi pesca res.

A banda de tots els efectes que té la pluja àcida en les aigües, el més evident pel seu gran impacte visual és la desaparició de boscos. Les zones boscoses que pateixen més els efectes de la pluja àcida es troben a Gran Bretanya, Alemanya, Holanda, Dinamarca, Noruega, Suïssa, Finlàndia i Suècia. Totes elles dins d'Europa, un dels continents més afectats per aquest problema mediambiental.

Si considerem el deteriorament que la pluja àcida causa en construccions i monuments, les zones més afectades són Grècia i Mèxic (es veu clarament en la figura 3).

4. EFECTES DE LA PLUJA ÀCIDA

Els efectes de la pluja àcida poden ser molt diversos; alguns de visibles i d'altres dels quals no en som conscients.

Els medis que es veuen afectats són diversos: la vegetació, el sòl, les aigües i els monuments i escultures.

4.1. Desaparició de boscos

Els efectes més coneguts de la pluja àcida són aquells que recauen sobre els boscos (es pot apreciar en la figura 4). Tots nosaltres hem vist alguna vegada imatges d'arbres totalment morts, cremats pels àcids que han caigut sobre ells i sobre el sòl en el qual estan. Aquestes zones poden acabar sent zones on no hi ha hagi vegetació, o bé que hi sigui molt escassa.



Fig. 4 Les conseqüències de la pluja àcida sobre els arbres es veuen clarament en aquesta imatge. Correspon a una zona boscosa de la República Txeca.

4.2. Deteriorament de monuments i escultures

La pluja àcida també té conseqüències en monuments i escultures, el deteriorament dels quals és cada vegada més visible en les zones afectades. Els àcids que conté la pluja àcida deterioren monuments i escultures, tot canviant el seu color original i desgastant-los. Les escultures es deterioren molt més ràpidament del que és normal: podem veure aquestes obres envellides, fragmentades o algunes, fins i tot, en procés de desaparició.



Fig. 5 Aquesta imatge correspon al Buda de Leshan, un monument que es troba a Xina i que pateix els efectes de la pluja àcida: el monument s'ha tornat d'un color negrós i s'està començant a fragmentar.

4.3. Acidificació de les aigües

Les aigües filtrades també pateixen les conseqüències de la pluja àcida. Trobem molts llocs del planeta on les aigües subterrànies tenen una acidesa més alta dels nivells normals. Aquesta aigua rega els cultius, fent que es destrueixin les sals minerals i diversos nutrients que conté el sòl i que necessiten les plantes per viure.

Els rius, mars i llacs on van a parar aquestes aigües subterrànies també resulten contaminats. Així doncs, acaben sent aigües poc aptes per a la vida de les plantes i animals. Això suposa la disminució de la població de peixos que habiten en aquella zona, i fins i tot, la total desaparició de la vida en aquestes aigües.

Hem de tenir present que en aquest planeta tots els éssers vius necessiten de la presència d'altres per viure. La desaparició d'una espècie o la pèrdua d'individus que la formen suposa un problema per a la cadena tròfica a la qual pertany. Els animals que viuen gràcies a aquesta flora o fauna que ha disminuït veuen alhora reduït el seu aliment i això té com a conseqüència una pèrdua d'individus de l'altra espècie. Per tant, quan una espècie es veu afectada per la pluja àcida, també es veuen afectats tots els individus que depenen d'aquell ecosistema.

Alhora hem de ser conscients que aquest problema pot repercutir directament sobre els humans: una aigua que no sigui controlada i/o tractada pot estar contaminada sense que en siguem conscients. Aquella aigua que podem beure d'un riu o d'una font pot tenir nivells alts d'acidesa degut a la presència dels àcids que la contaminen.

4.4. Efecte sobre els cultius

El consum de plantes que han patit els efectes de la pluja àcida també pot comportar conseqüències. Hem de controlar les plantes que consumim, sobretot aquells productes agrícoles que no estiguin sotmesos a cap control de sanitat, ja que podrien suposar un perill per a la nostra salut.

La pluja àcida que cau sobre el terreny afecta les plantes de manera directa quan entra en contacte amb les seves fulles, tiges, arrels... Aquests àcids són corrosius i cremen les plantes. Però aquesta pluja també cau sobre el terreny que envolta les plantes, del qual es nodreixen. Els àcids de nitrogen i de sofre fan que disminueixi molt la presència de nutrients en el sòl, fent alhora que les plantes no tinguin "aliment" per créixer correctament.

Les llavors que hi ha en el terreny tampoc poden germinar si no tenen les condicions apropiades per fer-ho. Les llavors no germinades suposen una falta de vegetació o de collites. Això provoca una disminució i/o desaparició d'arbres i plantes si parlem de zones boscoses, però també afecta els camps de conreu. Les collites poden ser molt menys importants i fins i tot poden fer gairebé nul·la la collita dels camps, quan el sòl i les aigües subterrànies han patit els efectes de la pluja àcida. Si les collites no són les esperades és evident que hi ha pèrdues econòmiques que afecten directament l'agricultor, però també repercuteixen en l'economia de la zona i/o del país.

5. SOLUCIONS

5.1. Reducció de la pluja àcida a nivell global

Des que la pluja àcida és un problema greu en la nostra societat els governs han començat a intervenir per reduir els nivells de contaminants emesos. S'han engegat nous projectes, tots ells molt ambiciosos i amb grans objectius per poder solucionar el problema o si més no fer-ho en part.

Si ens fixem en els principals causants de la pluja àcida ens dirigim ràpidament cap als combustibles fòssils. Parlem doncs, principalment, de carbó i petroli. Si sabem que aquests dos són els principals causants cal buscar solucions per reduir l'emissió de tants gasos contaminants degut a la seva combustió. Una solució més dràstica, però també més efectiva, seria la substitució progressiva d'aquestes dues fonts d'energia per d'altres que siguin més netes.

5.1.1. Reducció d'òxids de sofre

El carbó és un combustible fòssil molt utilitzat en les centrals tèrmiques de producció d'energia elèctrica (fig. 6). A Espanya, concretament un 12'6% de l'electricitat es genera a partir d'aquesta font d'energia. Parlem, doncs, d'una font d'energia força important en el nostre país. La combustió d'aquest combustible fòssil emet a l'atmosfera grans quantitats d'òxids de sofre. Així doncs, en reduir les emissions d'aquest gas reduïm la pluja àcida i totes les conseqüències que comporta.

Després de diversos estudis s'han trobat possibles solucions per reduir l'emissió dels òxids de sofre generats en la combustió del carbó

Una de les solucions al problema és sotmetre el carbó a un rentat previ a la seva utilització. Actualment hi ha dues tècniques molt utilitzats per aconseguir la desulfuració dels gasos de combustió del carbó: la via humida i la via seca.

En la desulfuració per via humida s'utilitza calissa, amb obtenció de guix. D'aquesta manera es produeix una oxidació forçada del sulfat de calci per a obtenir el guix.

L'altre mètode que es pot utilitzar és la desulfuració per via seca. Es pot fer mitjançant l'absorció en sec del sofre per pulverització de carbonat de sodi o bé amb calissa, després es recull en filtres i finalment se n'extreuen les cendres. Aquestes són tractades en abocadors específics controlats.

També podem aconseguir menys emissions d'òxids de sofre a l'atmosfera si partim de combustibles derivats del petroli més nets. Si el combustible utilitzat és més net perquè ha estat tractat prèviament, també aconseguirem reduir el nombre de contaminants que es produeixen en la seva combustió.

Es poden utilitzar també depuradores per eliminar el sofre que conté i aconseguir que aquest no sigui emès a l'atmosfera en forma d'òxids.



Fig. 6 Gasos emesos en una central tèrmica que utilitza el carbó.

5.1.2. Reducció d'òxids de nitrogen

L'altre problema és l'emissió d'òxids de nitrogen. Aquests són emesos, principalment, pels vehicles propulsats amb motors tèrmics (turismes, avions, vaixells...). Per tant parlem del petroli: la font d'energia de on obtenim els combustibles que utilitzen aquests motors (gasolina, gasoil, querosè...).

Una solució per evitar aquestes emissions és l'ús de convertidors catalítics que fan que es redueixin les emissions d'òxids de nitrogen. Els cotxes que tenen un convertidor catalític emeten menys contaminants a l'atmosfera. Els hidrocarburs i el monòxid de carboni (CO), abans de ser expulsats pel tub d'escapament, són convertits en diòxid de carboni i vapor d'aigua.

Els òxids de nitrogen són dissociats en nitrogen molecular (N_2), i oxigen O_2 . D'aquesta manera els gasos emesos pel motor dels vehicles ja no són contaminants atmosfèrics causants de la pluja àcida.

Tot i així aquest procés no és efectiu al 100%. Es redueix prop d'un 75% l'emissió dels gasos contaminants.



Fig. 7 Gasos emesos pels automòbils.

5.1.3. Utilització d'energies més netes

Hem parlat anteriorment d'utilitzar fonts d'energia alternatives. És una possible solució al problema: substituir els combustibles fòssils per altres fonts d'energia més netes que no emetin els òxids causants de la pluja àcida.

En l'actualitat, l'energia nuclear, l'hidràulica i el carbó són les formes més econòmiques de produir electricitat; per tant, són les més utilitzades.

A continuació es mostra un gràfic de les fonts d'energia que s'utilitzen a Espanya per produir energia. Es pot apreciar que l'energia que més es produeix a Espanya prové de la fissió nuclear. Una energia que pot generar grans problemes però alhora molt rendible. Cal destacar que cada vegada s'utilitzen més fonts d'energia renovable: a Espanya ja suposen un 41'1% del total de fonts d'energia utilitzades.

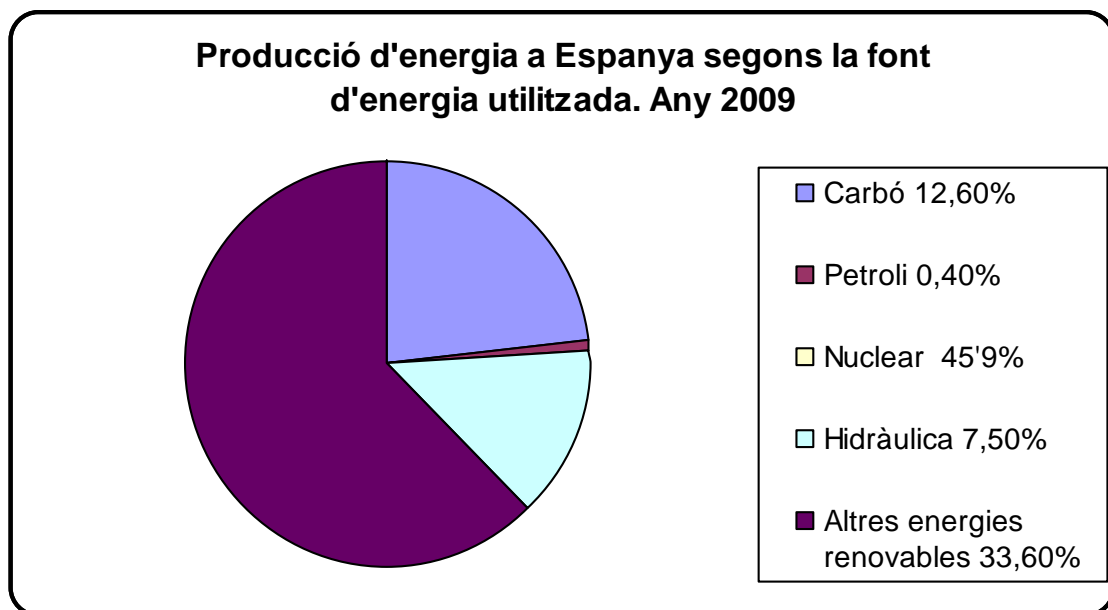


Fig. 8 Gràfic sectorial sobre la producció d'energia a Espanya segons la font d'energia utilitzada.

Hi ha moltes formes de produir energia de manera més neta. A més a més, moltes d'elles s'engloben dins de les energies renovables.

A) Energia hidràulica: és una energia força neta i produeix quantitats importants d'electricitat. Les centrals hidroelèctriques aprofiten l'energia potencial de l'aigua per generar energia elèctrica. Aquesta energia és considerada renovable ja que no consumeix l'aigua; només n'aprofita el seu moviment.

Un dels inconvenients que té, però, és l'impacte mediambiental que causa la construcció de preses per aprofitar la força de l'aigua. També cal dir que és una construcció cara, però acaba sent rendible. A Espanya s'utilitza un 7,5% d'aquesta energia per produir electricitat.

B) Gas natural: és un combustible fòssil i, per tant, la seva combustió provoca gasos contaminants. Però cal dir que és el combustible fòssil més net i per això s'està utilitzant cada vegada més com a font d'energia alternativa. Es tracta de la font d'energia més eficient a l'hora d'obtenir energia en les centrals tèrmiques (té una eficiència total d'un 50'7%). Cal afegir que és més econòmic i més fàcil d'emmagatzemar que el carbó i derivats del petroli.

El gas natural es sotmet a uns processos en els quals s'elimina el sofre, fet que contribueix a reduir les emissions d'òxids de sofre a l'atmosfera.

C) Energia eòlica: és l'energia obtinguda mitjançant l'aprofitament de l'energia cinètica del vent. L'energia eòlica és abundant, renovable, neta i ajuda a disminuir les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

El seu principal inconvenient és la seva intermitència: no sempre dona la mateixa quantitat d'energia, tot depèn de l'energia cinètica que genera el vent. A Espanya representa un 9% de l'energia utilitzada.



Fig. 9 Parc eòlic (gran nombre d'aerogeneradors agrupats en una zona).

D) Energia solar: L'energia solar és l'energia que prové del Sol. Aquesta energia és renovable ja que el Sol no s'esgota pel fet que utilitzem la seva energia. Es pot diferenciar entre l'energia solar fotovoltaica i l'energia solar tèrmica.

L'energia solar fotovoltaica és la forma d'obtenció d'energia solar per mitjà de dispositius semiconductors que, en rebre radiació solar, generen un corrent elèctric continu. El corrent que proporcionen les plaques fotovoltaïques es pot transformar en corrent altern. En entorns aïllats, com refugis de muntanya, estacions meteorològiques o de comunicacions, s'utilitzen les plaques fotovoltaïques com alternativa econòmica per utilitzar l'energia directament sense dependre d'una xarxa elèctrica.

L'energia solar tèrmica utilitza la calor directament del sol per escalfar dipòsits d'aigua, sobretot en l'àmbit domèstic.

E) Energia mareomotriu: és la que resulta d'aprofitar la força de les marees. Les marees són la diferència d'altura mitjana dels mars. Aquest fenomen de pujades i baixades del nivell de l'aigua és degut a l'atracció gravitatòria de la Terra i el seu satèl·lit: la Lluna.

És una energia renovable, ja que la font d'energia primària no s'esgota per la seva explotació, i és neta, ja que en la transformació energètica no es produeixen subproductes contaminants. Tot i això, és poc utilitzada perquè el cost d'instal·lació és molt elevat i tampoc genera molts beneficis econòmics.

5.1.4. Utilització de vehicles elèctrics

Una mesura per reduir les emissions d'òxids de nitrogen a l'atmosfera és la substitució de vehicles que funcionen amb derivats del petroli per vehicles elèctrics. Els vehicles elèctrics gairebé no alliberen contaminants a l'aire. No emeten CO₂ ni contaminants com ara els òxids de nitrogen. A diferència dels vehicles convencionals, un cotxe elèctric obté la tracció d'un motor elèctric alimentat per una o diverses bateries. Ara per ara, el problema principal és l'autonomia d'aquests vehicles, força inferior a la dels vehicles de combustió inversa. Això implica la creació d'una important infraestructura que permeti carregar les bateries d'aquests vehicles.

5.2. Restabliment del medi ambient afectat

Tal com hem dit, la pluja àcida afecta les plantes de manera externa, però també afecta el terreny. A més a més, quan parlem de medi ambient també parlem de les aigües que envolten el nostre planeta, algunes malauradament també contaminades. Aquestes zones afectades per la pluja àcida poden tardar anys i fins i tot segles a tornar a tenir les característiques anteriors a la sedimentació d'àcids que han patit.

Hi ha algunes mesures que es poden prendre per agilitzar el procés de recuperació d'aigües àcides. Es pot afegir pedra calcària a llacs amb aigües àcides. Aquest procés s'ha de repetir freqüentment per poder tornar a l'aigua el seu estat original. Però aquesta solució només es pot aplicar en zones amb poca quantitat d'aigua i, evidentment, no soluciona el problema de la vegetació. Un gran avantatge d'aquest procés és que ajuda a mantenir la població de peixos de les zones tractades. Mentre es realitza el procés i van disminuint les concentracions d'acidesa els peixos poden sobreviure en aquestes aigües.

6. DISSENY D'EXPERIMENT

INTRODUCCIÓ: S'utilitza el metabisulfit sòdic ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), que juntament amb l'aigua formarà la pluja àcida que caurà damunt els cultius. El metabisulfit sòdic conté sofre, present en l'àcid sulfúric causant de la pluja àcida. Aquesta solució s'evaporarà i el metabisulfit sòdic es descompondrà tot formant àcid sulfúric (H_2SO_4). Així, aquest compost tindrà els mateixos efectes en l'experiment, que els que té la pluja àcida en els boscos de tot el món. En els diferents cultius hi caurà una pluja àcida amb diferent concentració de metabisulfit sòdic, per tant, amb diferent acidesa. Aquesta pluja àcida serà l'evaporació de la solució que hi hagi que crearà un ambient àcid.

PROBLEMA: Afectarà la concentració de metabisulfit sòdic en la germinació i el creixement de les plantes?

HIPÒTESI: Com més alta sigui la concentració de metabisulfit sòdic més tardaran les plantes a germinar i més lent serà el seu creixement.

VARIABLES:

- variable independent: concentració de metabisulfit sòdic
- variable dependent: germinació i creixement de les plantes

PROCEDIMENT:

Es vol estudiar com afecta la pluja àcida en la germinació i el creixement de les plantes, en concret del blat. Amb aquest objectiu es realitza un experiment amb el qual es veurà de quina manera afecta la diferència d'acidesa en les plantes.

Es comença realitzat unes proves per determinar quines són les concentracions adients de metabisulfit sòdic que s'han de posar a les solucions per tal d'aconseguir uns resultats comparables i significatius. Si la concentració de metabisulfit sòdic és molt elevada, les llavors no germinaran i no es podran comparar els diferents cultius. Per contra, si la concentració és molt baixa, l'efecte provocat per la pluja àcida serà inapreciable.

1. Primera prova preliminar

Es comença amb un experiment de prova, per tenir unes solucions que afectin a les plantes, però que les deixin germinar. Com que no es coneix a priori en quins valors has de moure't, es fa una solució saturada i les altres amb menys concentració. La solució saturada és aquella que té la màxima quantitat possible de metabisulfit sòdic dissolt en una quantitat determinada d'aigua.

- Material

- 4 cristal·litzadors
- 12 plaques de Petri
- 200 llavors de blat
- 200 llavors de colza
- 4 vasos de precipitats
- Aigua destil·lada
- Metabisulfit sòdic
- Paper film
- Cotó fluix
- Gomes
- Una vareta de vidre



Fig. 10 Cristal·litzador en el qual s'hi posa les capsas de Petri i els vasos de precipitats.

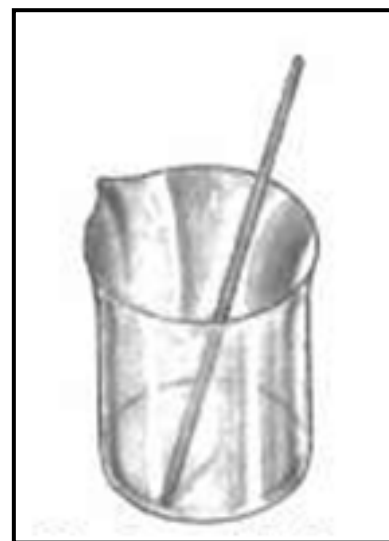


Fig. 11 Vas de precipitats i vareta de vidre.

- Procediment

Es col·loca cotó fluix en les plaques de petri, que serviran de cultiu per posar-hi les llavors. Són recipients de vidre, però també podrien ser-ho de plàstic o d'un altre material que no interferís en el resultat.

Tot seguit es mulla amb aigua per tal que el blat i el colze puguin créixer. Aquest cotó fluix mullat amb aigua farà la mateixa funció que un camp de terra mullat.

Es reparteixen les plaques de Petri en els quatre cristal·litzadors que correspondran a les quatre concentracions diferents. Es col·loquen en unes plaques de Petri les llavors de colza, i en les altres plaques de Petri, les de blat. Així, es compte que a cada cristal·litzador hi hagi 50 llavors de blat i 50 llavors de colze. S'ha escollit aquest nombre de llavors ja que un experiment es considera representatiu a partir d'aquest nombre. Es necessiten moltes rèpliques per poder extreure conclusions. Tot i així, aquest tampoc és un nombre amb el qual s'obtenen uns resultats molt segurs, però si s'agafen moltes mostres s'eleva molt la feina. Així doncs, aquest nombre de llavors ens permet realitzar l'experiment i tenir uns resultats comparables. Les llavors de blat, i també les de colza, són llavors tractades, per evitar que es podreixin i facilitar el seu creixement (són les llavors utilitzades en els camps de conreu d'arreu del país).

Dins dels quatre cristal·litzadors s'hi col·loca també un vas de precipitats de 100mL. En aquests vasos de precipitats s'hi ha posat les diferents solucions de metabisulfit sòdic que causaran la pluja àcida.

En el primer vas de precipitats es posen 25 g de metabisulfit sòdic, i s'omple d'aigua destil·lada fins als 50mL. Es dissol bé amb l'ajuda de la vareta de vidre. Amb aquestes quantitats es té una solució saturada. En un altre vas de precipitats s'afegeix 15g de metabisulfit sòdic i una altra vegada s'ha d'omplir d'aigua fins a tenir 50mL de solució i novament es dissol bé (solució amb concentració mitjana). En el tercer vas de precipitats es posen tant sols 5g del metabisulfit sòdic, i s'afegeix aigua destil·lada fins a tenir novament 50mL de solució. Amb l'ajuda de la vareta es dissol el solut en l'aigua. Aquesta correspon a la solució amb una concentració més baixa.

El vas de precipitats restant s'ha d'omplir amb aigua. Les dades obtingudes d'aquests cultius en els quals només hi ha aigua seran el control. Podríem dir que tindran el creixement normal d'unes plantes que rebin pluges no contaminades. Serveix, per tant, per comparar els resultats obtinguts en els altres cultius. Tots els analitzarem fent referència a aquest control.

A cada cristal·litzador s'ha d'anotar, amb retolador permanent, quina concentració hi ha de metabisulfit sòdic en la solució. És important fer-ho per no tenir confusions una setmana més tard a l'hora d'analitzar els resultats.

Procedim a tancar els recipients amb film transparent i una goma, per tal d'evitar escapament dels gasos interiors, tal com es mostra en la imatge.

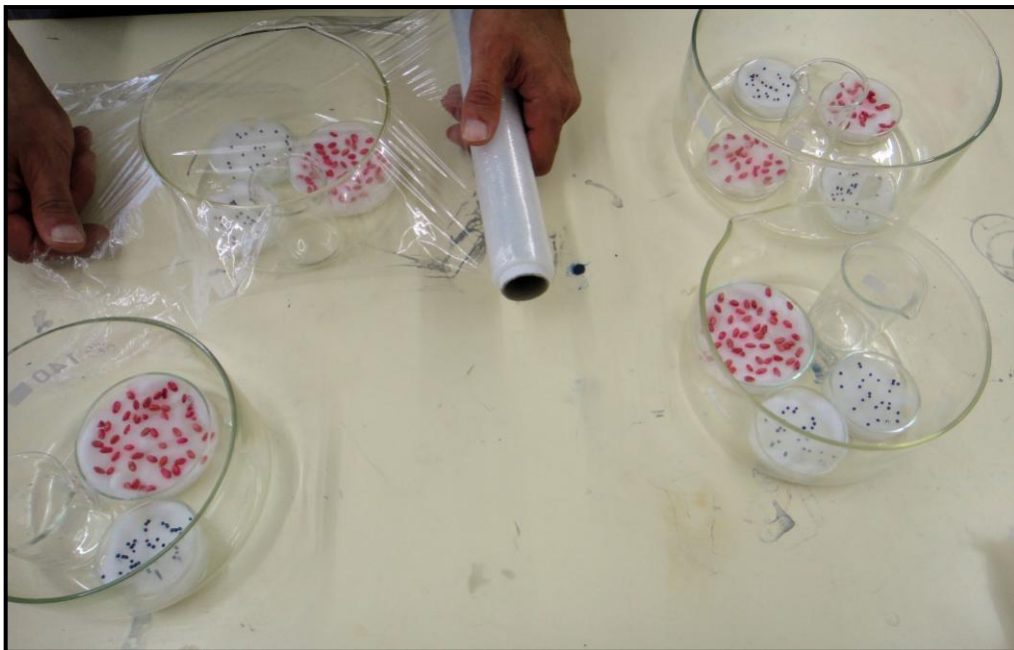


Fig. 12 Realització de l'experiment.

- Resultats i conclusions

En aquesta prova per determinar quines concentracions s'han d'utilitzar, s'observa que, després d'una setmana, tant sols han germinat 3 llavors del control de colza, i totes les llavors del control de blat. Els altres cultius, dins de les diferents concentracions de metabisulfit sòdic, no han germinat. Així doncs, el metabisulfit sòdic no ha permès que les llavors germinessin. Per tant, arribem a la conclusió que cap d'aquestes solucions ens serveixen, totes elles contenen massa metabisulfit sòdic.

A més a més, veiem que la germinació de la colza és molt lenta ja que només han germinat 3 llavors de 50 que hi havia en el control.

Així doncs, decidim reduir les concentracions de metabisulfit sòdic en les solucions i començar a fer l'experiment de nou, només utilitzant llavors de blat i suprimint les de colza (tindrem un creixement més ràpid i, per tant, resultats més immediats).

2. Segona prova preliminar

Es realitza una segona prova preliminar de l'experiment, aquesta vegada amb concentracions més baixes de metabisulfit sòdic i només amb llavors de blat.

- Material

- 4 cristal·litzadors
- 12 plaques de Petri
- 300 llavors de blat
- 4 vasos de precipitats
- Aigua destil·lada
- Metabisulfit sòdic
- Paper film
- Cotó fluix
- Gomes



Fig. 13 Capses de Petri de vidre, on posarem el cotó flux mullat d'aigua i les llavors.

- Procediment

Es repeteix un procediment molt semblant a l'anterior. S'ha de començar col·locant cotó flux en les capsas de Petri i es mullen amb aigua novament. Es posa a cada capsas de Petri 25 llavors de blat.

A cada cristal·litzador es col·loquen 3 capsas de Petri, d'aquesta manera tindrem 75 llavors a cada concentració. En aquest cas utilitzem 75 llavors en comptes de 50 ja que al tenir només blat serien menys les llavors totals que s'haurien de comptar, i interessa tenir un nombre significatiu de mostres. Així doncs, els resultats seran més significatius si tenim més mostres i per aquest motiu augmentem el nombre de llavors.

Es col·loca també a dins de cada cristal·litzador un vas de precipitats. Ara però, s'hi ha de posar molt menys metabisulfit sòdic, per tal de que les llavors germinin.

En el primer vas de precipitats s'hi posa 1 g de metabisulfit sòdic i s'afegeix aigua destil·lada fins arribar als 50mL. Aquesta concentració serà la més alta, per tant, si es compleix la hipòtesi, serà el cultiu que es veurà més afectat i que creixerà menys. En el segon vas de precipitats hi haurà 0,5 g de metabisulfit sòdic i novament s'hi afegeix aigua destil·lada per tal de tenir els 50mL de solució. En el següent vas de precipitats s'hi ha de col·locar 0,2 g de solut, i repetint el mateix procés, s'afegeix aigua destil·lada fins assolir els 50mL de solució que hi ha en cada vas de precipitats.

L'últim vas de precipitats s'hi posa només aigua ja que servirà de control. Novament es posa paper film a sobre de cada recipient de vidre i s'hi posa també una goma elàstica per fer-ho més hermètic.

- Resultats i conclusions

Després d'una setmana, deixant tots els cultius en les mateixes condicions de llum i temperatura, s'observen els resultats.

En observar la germinació es veu que aquesta vegada han germinat les llavors del control i d'una de les concentracions.

Tal com era d'esperar, gairebé totes les llavors del control han nascut. El blat, amb cotó fluix, aigua en el substrat i vapor d'aigua com a pluja, ha pogut germinar.

En la solució més diluïda (0,2 g de metabisulfit sòdic/50 ml H₂O), també han germinat algunes llavors.

En la solució amb una concentració mitja i alta de metabisulfit sòdic no ha germinat cap llavor.

La finalitat d'aquesta prova era determinar les concentracions adequades, per tant, és suficient determinar si les llavors són capaces de germinar o no, sense tenir en compte el nombre de llavors germinades.

3. Tercera prova preliminar

Realitzant la prova anterior s'ha vist que algunes de les llavors que es trobaven dins del tercer cristal·litzador, en el qual hi havia una solució amb 0,2 g de metabisulfit sòdic, han nascut. Per tant, es parteix d'aquesta concentració, que serà la màxima.

- Material

- 16 plaques de Petri
- 1200 llavors de blat
- Cotó fluix
- 16 càpsules de porcellana
- Aigua destil·lada
- Metabisulfit sòdic
- Bosses de plàstic
- Cinta adhesiva
- Retolador permanent
- 3 matrassos aforats
- Comptagotes
- Embut
- Proveta
- Vasos de precipitats
- Vareta de vidre

- Procediment

En aquest cas s'utilitzen bosses de plàstic pel simple fet que no hi ha prou cristallitzadors al nostre abast. Les bosses de plàstic faran la mateixa funció que els cristallitzadors, configuraran un medi tancat en el qual no hi hagi intercanvi de matèria amb l'exterior.

Es vol veure com afecta la pluja àcida a les plantes en un termini d'un mes, per això són necessàries quatre mostres, una per a cada setmana, per a cada concentració. Per tant, tant el material necessari com el nombre de llavors es multipliquen ara per quatre.

Es comença preparant les capsas de Petri com a cultiu. S'hi posa cotó fluix a la base, igual que les altres vegades. A continuació s'ha de mullar amb aigua per tal de que les llavors puguin germinar i créixer. Es col·loca a cada capsas de Petri 75 llavors; i com que hi ha 16 capsas de Petri, s'hauran de repartir les 1200 llavors. Es posa cada capsas de Petri a dins d'una de les bosses.

A diferència dels anteriors experiments, no s'utilitzen vasos de precipitats, sinó càpsules de porcellana. Això no influirà en el resultat, simplement es fa aquest canvi perquè no disposem de prou vasos de precipitats.



Fig. 14 Càpsula de porcellana que s'utilitza per posar-hi les solucions.

Es preparen les diferents solucions, les quals correspondran a les quatre concentracions diferents.

Partint dels resultats de l'experiment anterior la solució de concentració més elevada contindrà 0,2 g de metabisulfit sòdic. Anteriorment s'havien dissolt en aigua fins a tenir una solució de 50mL, però ara es necessita més quantitat de solució (s'ha de posar quatre solucions iguals, una per a cada setmana). En primer lloc, calculem la concentració en massa d'aquesta solució*.

$$\frac{0,2g}{50mL} \cdot \frac{10^3 mL}{1L} = 4g/L$$

* concentració en massa = grams de solut / L de solució

A partir d'aquest factor de conversió s'observa que es necessiten 4 g de metabisulfit sòdic per cada litre de solució. Per a la concentració alta s'utilitzarà un matràs aforat de 250 mL (n'hi hauria per a 5 cops, tot i que tant sols se'n necessiten 4). Així doncs, si per cada litre de solució s'han d'afegir 4 g de metabisulfit sòdic, per un quart de litre de solució és necessari 1 g de metabisulfit sòdic:

$$250mL \cdot \frac{4g}{10^3 mL} = 1g$$

En un vas de precipitats amb una mica d'aigua destil·lada (un 30mL) s'afegeix el metabisulfit sòdic. Es barreja bé amb una vareta de vidre i s'aboca en el matràs aforat (fig. 15) amb l'ajuda d'un embut (fig. 16).

A continuació s'han de netejar les parets del vas de precipitats tot afegint-hi més aigua destil·lada i s'aboca de nou al matràs aforat. S'ha d'omplir el matràs fins gairebé la marca d'aforament i al final s'acaba d'arrasar amb un comptagotes per tenir més precisió. S'anota al matràs aforat la concentració de la solució (4g/L) per evitar confusions.

Es preparen les altres solucions. La de concentració mitjana tindrà una concentració de metabisulfit sòdic de 2,5 g/L. Per motius de falta de material, en aquest cas s'utilitzarà un matràs aforat de 500mL. Calculem la quantitat de metabisulfit sòdic necessària:

$$500mL \cdot \frac{2,5g}{10^3 mL} = 1,25g$$

Es repeteix el procés anterior. Primer s'ha de dissoldre el metabisulfit sòdic en una quantitat petita d'aigua destil·lada, amb l'ajuda d'una vareta de vidre. A continuació s'aboca al matràs aforat, es neteja el vas de precipitats i arrasem el matràs aforat fins als 500mL.



Fig. 15 Matràs aforat en el qual es preparen i es guarden les solucions.



Fig. 16 Embut que permetrà posar la solució en el metràs aforat.

Es realitzen els mateixos passos per a fer l'última solució. En aquest cas però es vol una acidesa baixa, per tant s'ha de fer una solució en la qual la concentració de metabisulfít sòdic sigui de 1g/L. Novament s'utilitzarà un metràs aforat de 500mL.

$$500mL \cdot \frac{1g}{10^3 mL} = 0,5g$$

Es realitzen els mateixos passos fets anteriorment i es prepara la nova solució.

Com en els anteriors casos, es prepara un control amb aigua destil·lada.

Un cop s'han aconseguit les tres solucions preparades i el control s'omplen les 16 càpsules de porcellana. Les quatre primeres amb la solució de concentració alta, tot mesurant 50mL amb una proveta. Quatre més s'omplen amb la solució de concentració mitjana, quatre amb la solució de concentració baixa i finalment quatre amb aigua destil·lada.

Es col·loca cada càpsula de porcellana, juntament amb una placa de Petri que conté 75 llavors (preparada anteriorment), dins d'una bossa de plàstic.

S'ha de tancar la bossa amb cinta adhesiva i a l'exterior apuntar-hi la concentració de la solució de metabisulfit sòdic.

Es repeteix el mateix procés amb totes les càpsules de porcellana i totes les plaques de Petri. El resultat final serà que hi haurà 16 bosses de plàstic, cada una amb una càpsula de porcellana amb una solució de metabisulfit sòdic (o el control d'aigua destil·lada) i una placa de Petri amb les llavors.

- Resultats i conclusions

Una setmana més tard s'observen els primers resultats, un cultiu de cada una de les concentracions. Es troba que només han germinat les llavors del control i de la concentració més baixa.

En principi haurien d'haver germinat totes les plantes, o si més no unes quantes, de cada concentració, ja que en l'experiment anterior s'havia determinat que amb una concentració de 2g/L podien germinar. Aquesta incoherència es pot atribuir a canvis en el material utilitzat. S'han canviat els cristal·litzadors per bosses de plàstic que, pel fet d'estar tancades amb cinta adhesiva, són més hermètiques. A més a més les llavors estan més juntes, ja que n'hi ha 75 en una sola placa de Petri. Per tots aquests motius, o per canvis en variables que no s'han controlat, com ara la temperatura, les llavors de la concentració mitjana i alta no han germinat.

4. Experiment definitiu:

Degut a tot el llarg procediment que s'ha de seguir per realitzar l'experiment s'aprofitaran els resultats corresponents a les mostres del control i de la concentració més baixa (1g/L).

Aquesta concentració més baixa s'utilitzarà ara com a concentració alta i s'hauran de preparar concentracions més baixes; les quals haurien de germinar.

- Procediment

S'han de preparar, per tant, 8 plaques de Petri, cada una amb 75 llavors. Correspondran a 4 mostres per a la concentració mitjana i 4 per a la concentració d'acidesa baixa.

A continuació s'han de preparar les dues noves solucions per mitjà de dilucions de la solució preparada de 1g/L, de la qual només s'han utilitzat 200mL i se'n va preparar 500mL.

La solució de concentració mitja s'aconsegueix barrejant 25mL d'aquesta solució de concentració 1g/L amb 25mL d'aigua destil·lada. Aquesta dilució resulta, doncs, en una solució de 0,5g/L.

La solució de concentració més baixa s'obté amb 12,5mL de la solució d'1 g/L i 37,5mL d'aigua destil·lada. La nova solució obtinguda tindrà una concentració, doncs, de 0,25 g/L.

S'han d'omplir les 8 càpsules de porcellana; 4 amb la solució de concentració mitja i 4 amb la solució de concentració baixa (50ml de solució en cada càpsula). La solució de concentració alta i el control ja estan preparats des de la setmana anterior, tot aprofitant el tercer experiment.

Es realitza el mateix procediment que en l'experiment anterior. S'ha de posar en cada bossa una placa de Petri i una càpsula de porcellana, es tenca amb cinta adhesiva i s'anota a l'exterior de la bossa quina és la concentració de la solució de metabisulfit sòdic.

Ara doncs ja es té tot l'experiment a punt i només cal observar cada setmana una bossa de cada concentració, tot obrint-la es podrà comptar el nombre de llavors que han germinat i la llargada de la tija d'aquestes llavors.

RESULTATS

Tots els resultats obtinguts són de la tercera prova preliminar (concentració alta i control) que hem considerat dins de l'experiment definitiu, i de les concentracions mitjanes i baixes del quart i últim experiment.

En els gràfics següents es mostren els resultats de cada setmana per a les diferents concentracions de metabisulfit sòdic. Les variables estudiades són el nombre de llavors germinades i la llargada de la tija d'aquestes llavors.

1. Primera setmana

En el gràfic de la figura 17 es mostra el nombre de llavors germinades la primera setmana.

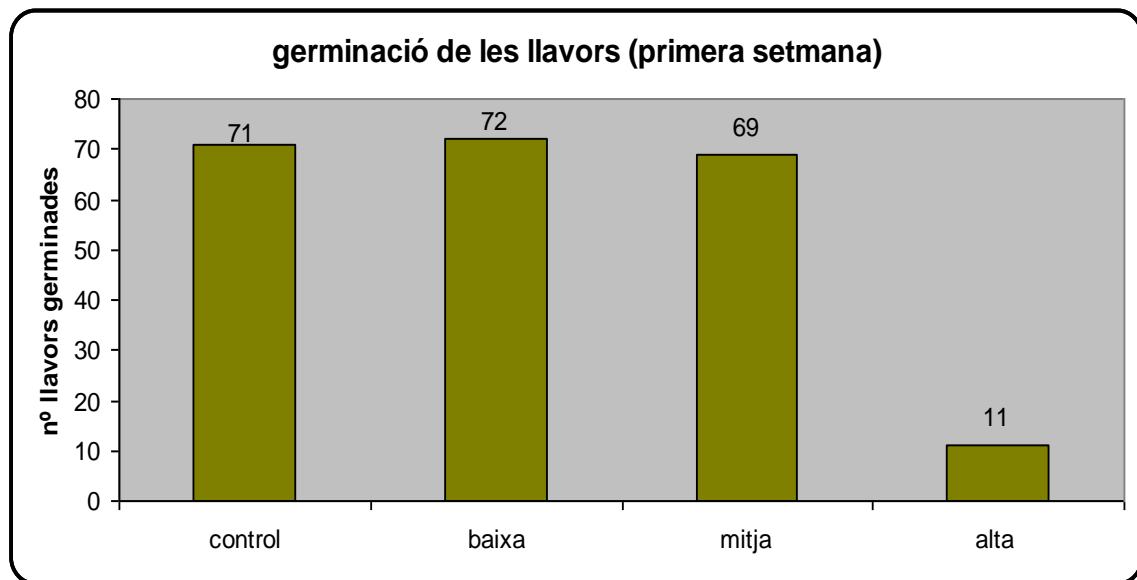


Fig. 17

En la mostra control (aigua destil·lada) han germinat 71 llavors de les 75 totals. Podem considerar que és un nombre esperat, ja que sempre hi ha alguna llavor que no neix. En la concentració mitjana han nascut 72 llavors, per tant també podem considerar que han nascut amb normalitat. En la concentració mitjana veiem que han germinat 69 llavors. Però el resultat canvia en observar la concentració alta: tan sols han germinat 11 llavors. Aquí és on comencem a veure els primers efectes de la pluja àcida, ja que ha impedit que les llavors germinessin amb normalitat.

En el gràfic següent s'aprecia la mitjana de la llargada de la tija de les llavors que han germinat.

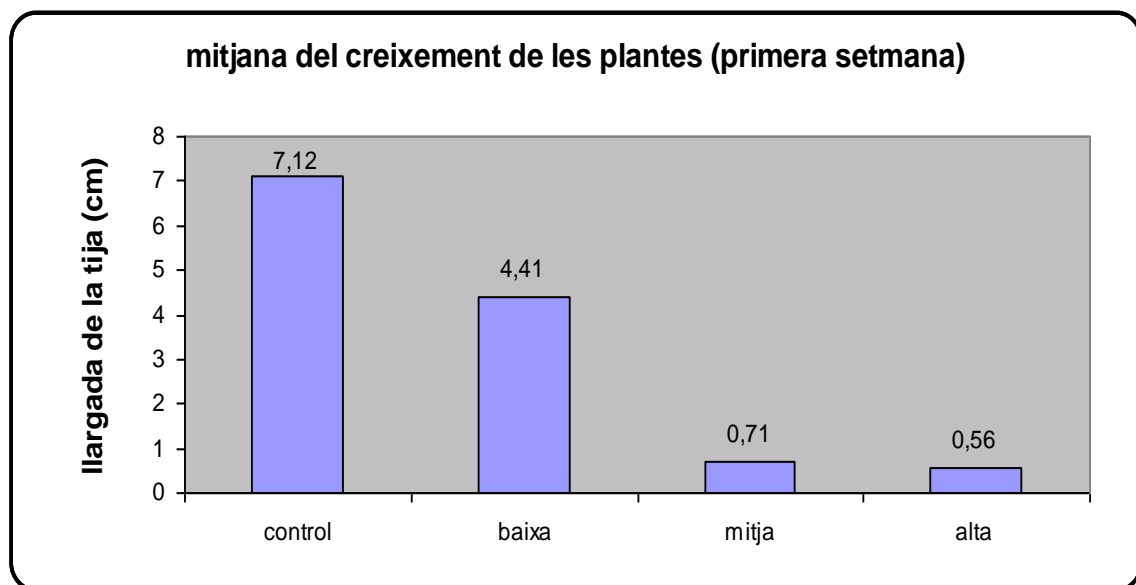


Fig. 18

Observem que la mida mitjana de les llavors germinades en el control és de 7'12 cm. En la concentració baixa és de 4'41 cm. Es veu una clara diferència entre un i altre. Per tant veiem clarament els efectes de la pluja àcida. El metabisulfit sòdic dissolt en aigua ha fet que les plantes cresquessin amb molta més dificultat. En la concentració mitjana tan sols han assolit una mida mitjana de 0'71 cm, i en la concentració alta 0'56 cm.

Així doncs, podem veure que com més alta és la concentració de metabisulfit sòdic en la solució, més lent és el creixement de les llavors. Les llavors sotmeses a una concentració més alta han crescut una mitjana de 6'56 cm menys respecte a les del control. Aquesta dada confirma que la presència de metabisulfit sòdic afecta, i molt, el creixement del blat.

2. Segona setmana

En el següent gràfic s'analitzen les dades obtingudes en la segona setmana de l'experiment. La primera setmana vam observar i mesurar un cultiu de cada concentració i els altres els vam deixar. Ara mesurem novament 4 cultius, un de cada concentració. Ara doncs, tant sols queden 8 cultius que segueixen el creixement.

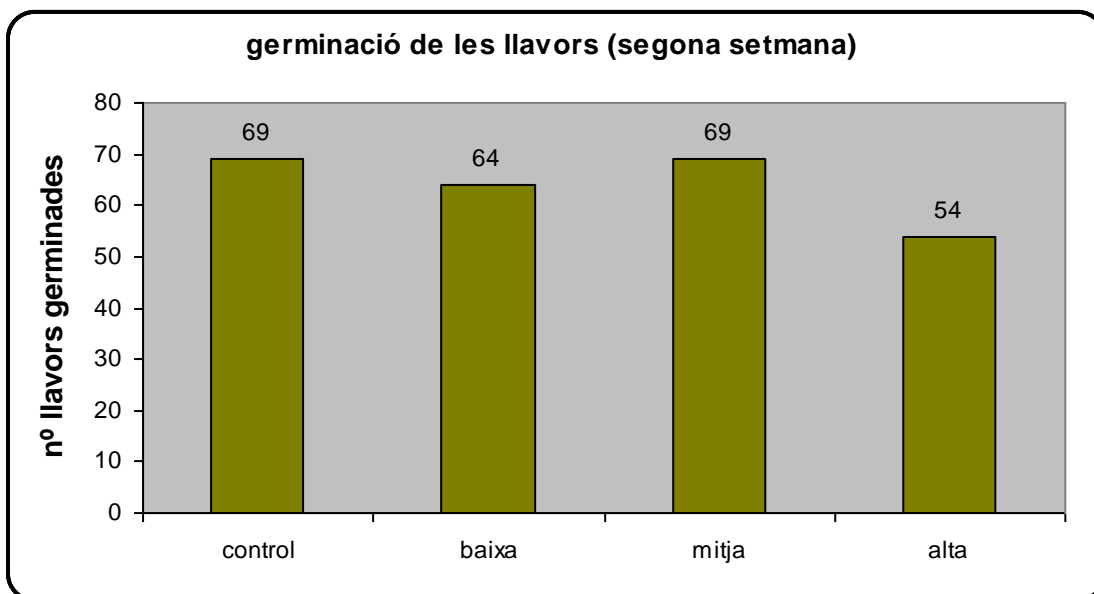


Fig. 19

En aquest gràfic es mostra la germinació de les plantes en la segona setmana de l'experiment. Es pot fer estrany el fet que hagin germinat menys llavors que en la setmana anterior pel que fa al control i la concentració mitjana, però cal recordar que són plaques de Petri diferents i estan en bosses diferents.

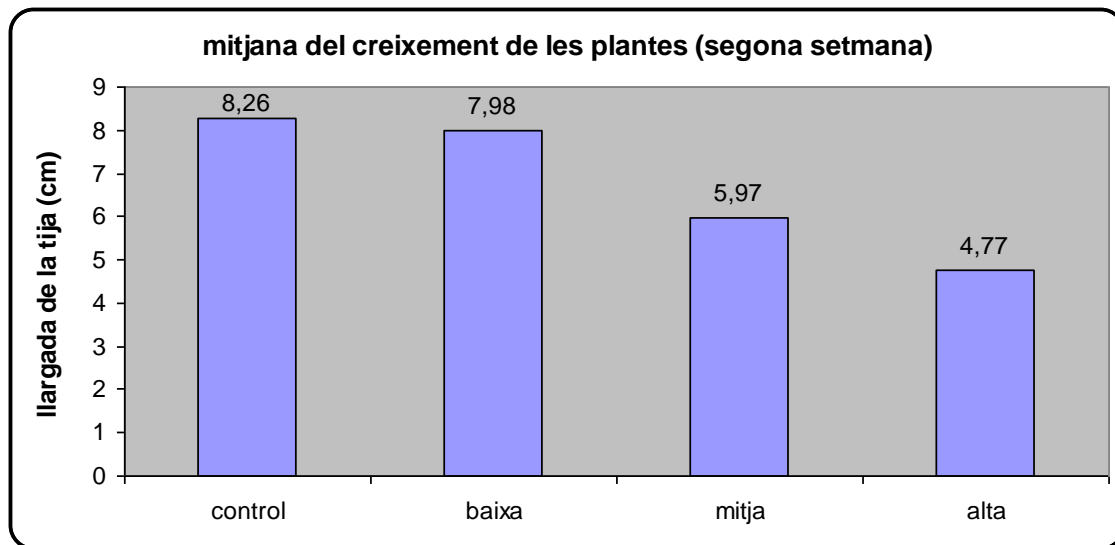
Les llavors germinades en la primera setmana les vam mesurar per conèixer la mida de la tija, per tant, vam interrompre el seu creixement.

Aquestes són llavors diferents, que han estat en fase experimental dues setmanes. Tot i tenir la mateixa quantitat de solució amb la mateixa concentració ha variat el nombre de llavors germinades i sorprenentment ha disminuït. Però hi ha algunes variables que no podem controlar com per exemple si hi havia una mica més de cotó o menys, si estava més moll, si la bossa tenia més aire o menys, etc. Tots aquest factors fan que la germinació no sigui l'esperada (que quant més temps més germinen), sinó que hi ha petits canvis. Així doncs obtenim finalment 69 llavors germinades en el control, 64 en la concentració baixa, 69 en la mitja i 54 en la baixa.

Veiem que la mostra amb la concentració més alta té força menys llavors germinades, per tant, podem dir novament que la pluja àcida ha dificultat el seu naixement. Pel que fa a la concentració baixa veiem una petita irregularitat, ja que han crescut menys llavors que no pas en una concentració superior (la mitja), però tal com hem explicat anteriorment pot ser degut a variables que no s'han pogut controlar.

Tot i així, s'ha de tenir en compte que el nombre de llavors que conté la placa de Petri és tan sols de 75. Aquest nombre no és del tot significatiu i una petita variació suposa un resultat força diferent. Si hi haguessin moltes més llavors, les dades serien més representatives i el marge d'error no seria tan gran.

En el gràfic següent (figura 20) es mostra la mitjana del creixement de les plantes després de dues setmanes.



Observem que les plantes del control han assolit una mitjana de 8'26cm (després d'una setmana tenien una mitjana de 7'12cm), per tant veiem que han crescut. Hem de recordar que podríem trobar alguna dada en desacord (que les plantes no haguessin crescut), pel simple fet que cada setmana són cultius diferents els que analitzem. Si ens fixem en la concentració baixa veiem que la mitjana de la llargada de la tija del blat és de 7'98 cm, valor força pròxim al del control. La setmana anterior aquestes plantes estaven en una mitjana de 4'41cm, per tant, veiem que el seu creixement ha estat molt significatiu. En la concentració mitjana les plantes han passat de tenir una mitjana de 0'71cm la primera setmana, als 5'97cm de la segona setmana. Novament veiem que les plantes han crescut molt. I finalment, la concentració més alta d'àcida també ha augmentat la mitjana de la mida de les plantes; ha passat de 0'56cm a 4'77cm.

Observem també que tot i que el control hagi tingut un creixement més lent que la setmana anterior, és el que té una mitjana més alta; seguit de la concentració baixa, després la mitjana i finalment l'alta. La pluja àcida continua afectant les plantes, ja que com més alta és la concentració més reduïda és la mida de les plantes de blat.

3. Tercera setmana

A la tercera setmana traiem novament 4 bosses amb els corresponents conreus (un per a cada concentració). Analitzem les dades i obtenim els resultats següents pel que fa a la germinació:

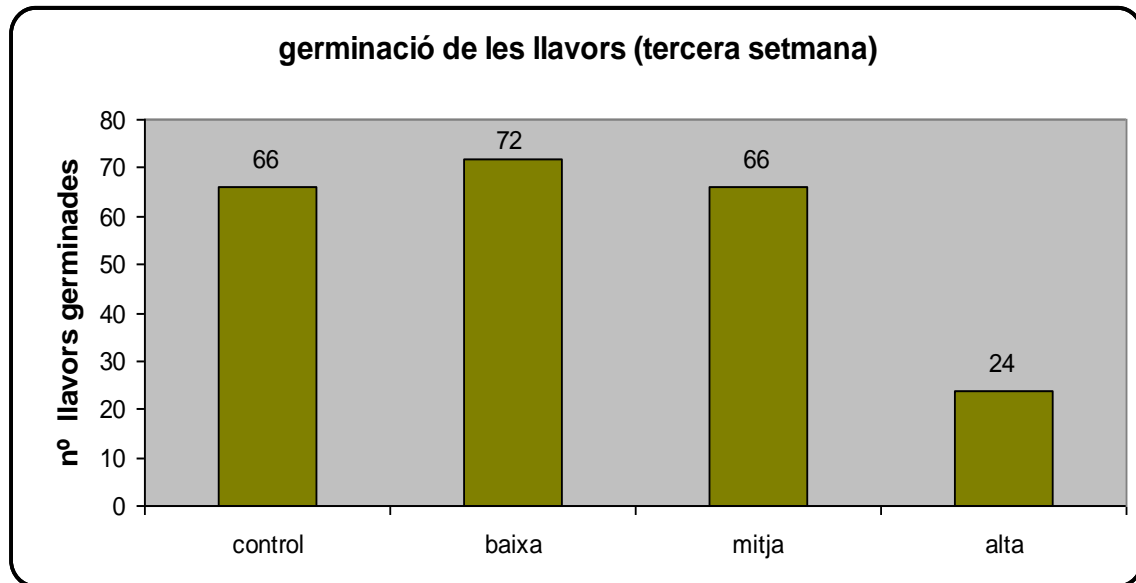


Fig. 21

En el control veiem que han nascut 66 llavors, en la concentració baixa 72, en la concentració mitjana 66 i en la solució més àcida 24. Si comparem aquestes dades amb les de la setmana anterior observem que en totes les concentracions, excepte la baixa, han germinat menys llavors. Tal com hem mencionat ja en altres ocasions, això és degut a que són conreus diferents i hi ha molts factors no controlats que poden fer variar la germinació d'un conreu a l'altre. Tot i així observem que en la concentració més alta és on han nascut menys plantes, fet que ens indica novament que la pluja àcida ha interferit en la germinació.

En el control i la concentració mitja han nascut 66 llavors, una quantitat força elevada. Aquest resultat, força semblant al de les setmanes anteriors, ens indica que en concentracions moderades la pluja àcida no afecta a la germinació de les llavors.

Com en totes les ocasions hem mesurat la llargada de la tija d'aquestes llavors germinades en la tercera setmana, i hem calculat la mitjana, tot obtenint els resultats següents:

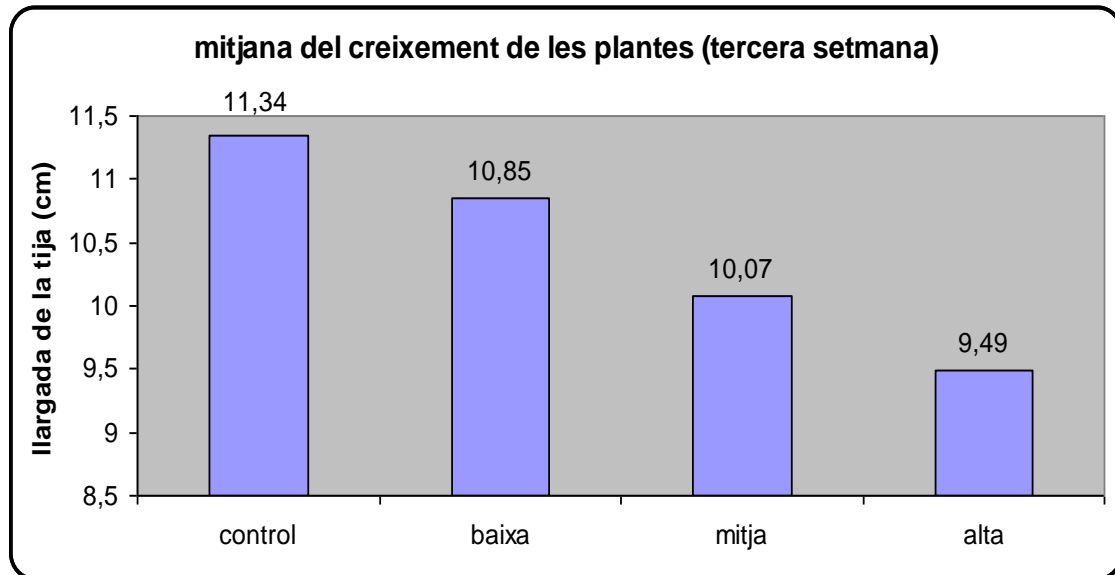


Fig. 22

Tal com observem les plantes del control tenen en la tercera setmana una mitjana de la llargada de la tija superior a la de la segona setmana; han passat de 8,26cm a 11,34cm. La concentració baixa ha passat de tenir una mitjana de 7'98cm a tenir-la de 10'85cm. Així doncs, també és clar el seu creixement. La concentració amb una acidesa mitja té ara 10'07cm de mitjana de la llargada de la tija, quan la segona setmana era tan sols de 5'97cm. La concentració més alta ha passat de 4'97cm de mitjana a 9'49cm. Veiem que les plantes de totes les concentracions han augmentat de mida, ja que les mitjanes són ara més altes.

Si comparem els resultats d'aquesta tercera setmana entre ells veiem la tendència de tots els resultats. Les llavors que estaven en el control (sense presència de metabisulfit sòdic) han crescut més que no pas les altres plantes de blat que es trobaven en concentracions d'acidesa. Com més alta és la concentració d'acidesa que hi ha en el conreu més li costa a la planta créixer, per tant, la mitjana de la llargada de la tija del blat és més baixa.

4. Quarta setmana

Els següents gràfics mostren els resultats dels últims quatre conreus corresponents a la quarta setmana de l'experiment.

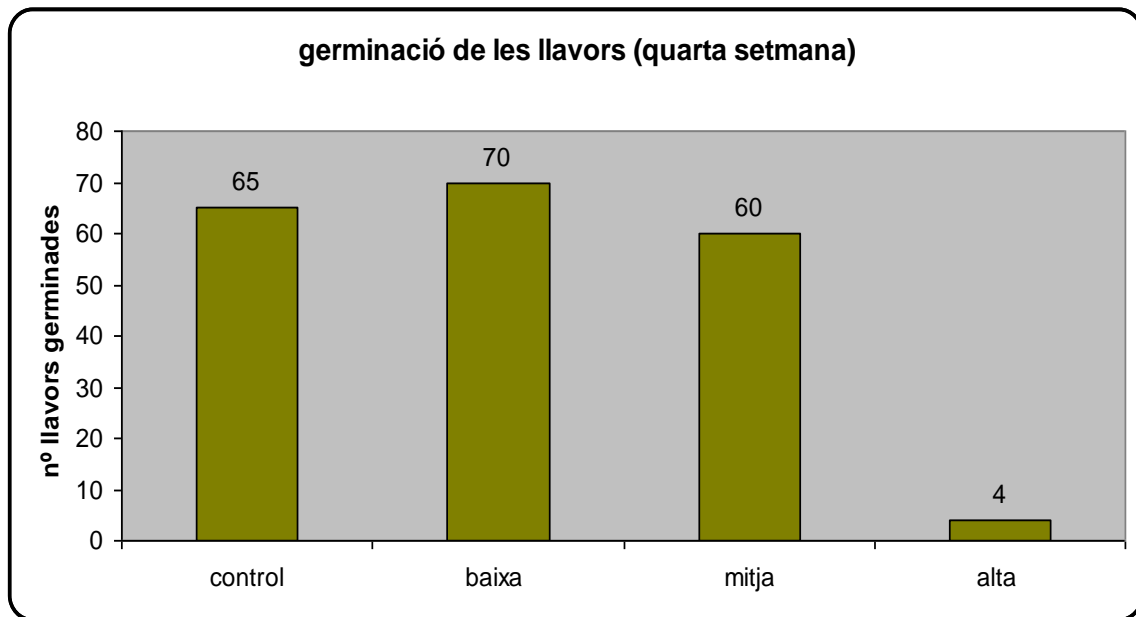


Fig. 23

Pel que fa a la germinació veiem que hi ha unes dades una mica sorprenents. En el control han nascut 65 plantes. En la concentració baixa han nascut 70 plantes i en la concentració mitjana observem que només n'han nascut 60. Aquestes diferències no són significatives si tenim en compte que el nombre de llavors total és reduït i que, per tant, el marge d'error és força elevat.

Les dades de la concentració alta són molt sorprenents, però tenen una explicació. Hi va haver un problema durant l'experiment. A l'hora de treure les últimes bosses ens vam adonar que la solució de metabisulfit sòdic s'havia vessat fora de la càpsula de porcellana. Una part també havia caigut sobre les llavors, fet que va impedir la seva germinació. Com que cada setmana extraiem les dades d'un conreu diferent això no ha afectat a cap més resultat de l'experiment.

Tot i així aquest problema també ens ha servit per tenir més clar l'efecte de la pluja àcida. En tots els conreus queia només sobre les plantes la solució que s'evaporava (quantitats molt baixes), però en aquest conreu hi va caure molta quantitat de sofre. Veiem alhora, que si hi cau sofre els efectes són devastadors. Aquest fet no té a veure amb la pluja àcida, perquè no és cap àcid el que cau sobre les llavors; però podem apreciar els efectes del sofre. Només quatre plantes van continuar vives i segurament és perquè no els va tocar la solució que s'havia vessat.

Si calculem la mitjana de la llargada de la tija d'aquestes llavors nascudes obtenim els següents resultats:

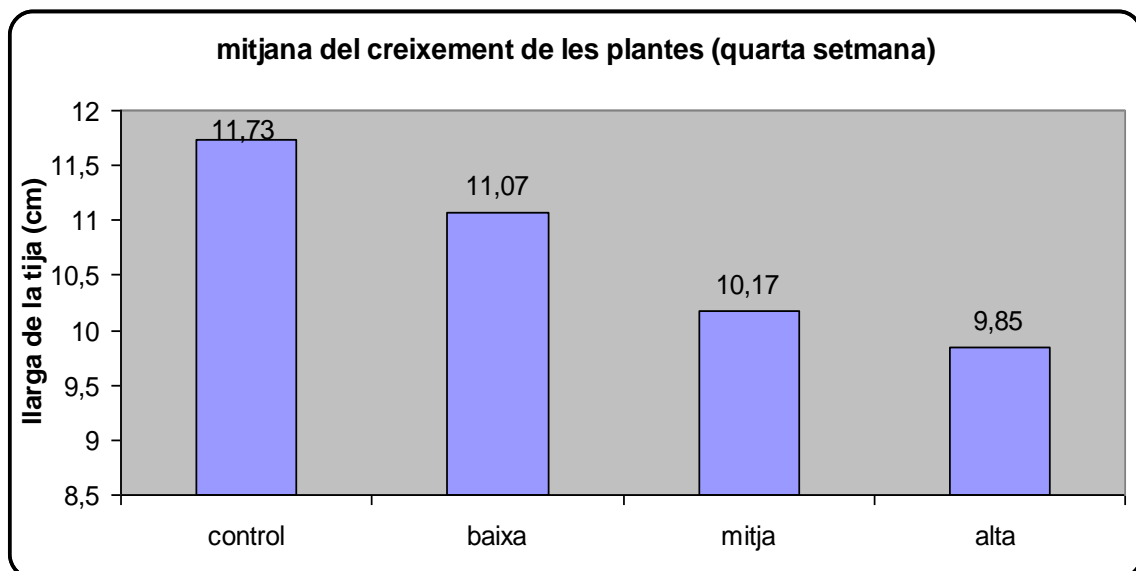


Fig. 24

En el control obtenim una mitjana de 11'73cm. Si ens fixem en els resultats de la setmana anterior veiem que era de 11'34cm, per tant, les plantes han crescut més. Pel que fa a la concentració baixa obtenim una mitjana de 11'07cm, quan la de la setmana anterior era de 10'85cm. Les tiges de les plantes d'aquesta concentració són més llargues ara, igual que la concentració mitjana que ha passat de 10'07cm a 10'17cm. La concentració alta veiem que en aquesta quarta i última setmana té una mitjana de 9'85cm, i recordem que en la tercera setmana era de 9,49cm.

S'ha de tenir en compte que les dades extrems de les llavors que es trobaven sotmeses a la solució de la concentració més alta són tan sols quatre. La mida mitjana d'aquestes llavors és el valor que s'expressa en el gràfic, però és un valor amb un marge d'error molt elevat ja que amb tan sols quatre dades no es pot tenir un resultat significatiu. La mida mitjana s'ha calculat només per tenir una petita idea de quin ha estat el creixement de les llavors que no han estat afectades pel vessament de la solució.

Així doncs, veiem que novament les plantes han crescut totes i que com més alta és la concentració de metabisulfit sòdic més baixa és la mitjana de la llargada de la tija del blat.

5. Comparacions globals

Fins ara ens hem fixat amb els resultats de cada setmana tot comparant-los amb els de la setmana anterior. Però cal analitzar també la relació entre totes les setmanes, tant pel que fa a la germinació com a la mitjana de la llargada de la tija de les plantes de blat.

El gràfic següent estableix una relació entre la germinació de les llavors en les diferents concentracions durant les quatre setmanes que ha durat l'experiment.

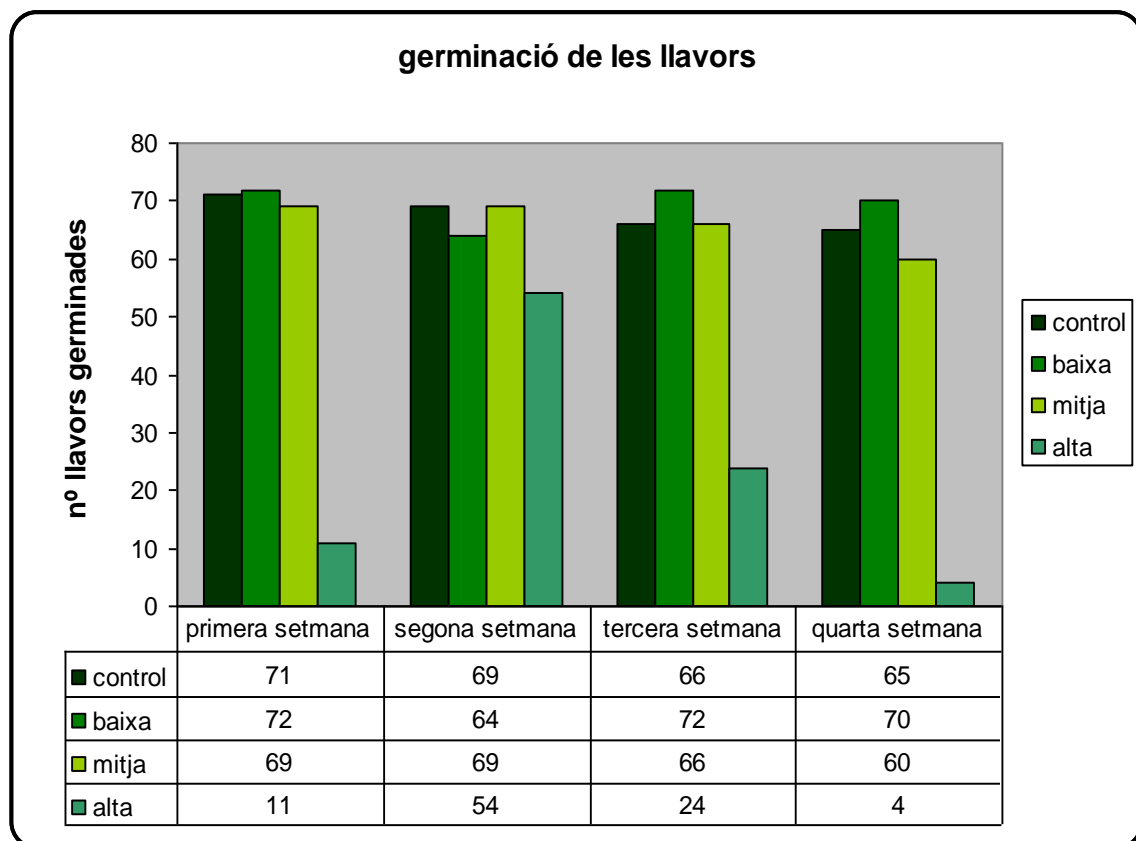


Fig. 25

En aquest gràfic de barres podem veure la germinació de cada concentració en les quatre setmanes. Observem que la concentració baixa, mitjana i el control tenen uns valors no molt dispersos al llarg de les setmanes. Veiem tot i així algunes variacions.

Per exemple, la concentració baixa sempre té alguna llavor més germinada que no pas el control, però en la segona setmana no és així. Però aquestes són variacions que no ens fan pensar que tinguin a veure amb la pluja àcida. Així doncs podríem dir que l'acidesa que hi ha en la concentració baixa i mitjana no afecta molt la germinació de les llavors ja que les dades són molt semblants a les del control. Però hem de recordar que aquestes irregularitats en el nombre de llavors germinades són degudes a irregularitats estadístiques; tenim un nombre reduït de mostres que no ens dona un resultat del tot significatiu.

Si observem la germinació de la concentració alta veiem moltes irregularitats. En la primera setmana tan sols han nascut 11 llavors, en la segona però veiem ja un clar augment del nombre de plantes que han germinat (54 llavors). Però si mirem la tercera setmana tornem a veure un clar descens: tan sols han germinat 24 llavors. Està clar que la pluja àcida afecta a la germinació de les llavors en concentracions altes d'acidesa; però també han afectat altres factors no controlats que han fet que el conreu que ha estat en fase experimental dues setmanes tingui més llavors germinades que no pas el que ha durat tres setmanes. La quarta setmana, com hem esmentat anteriorment, només té quatre llavors germinades degut a un problema en l'experiment.

Així doncs, podem concloure tot dient que la germinació per a la concentració baixa i mitjana no es veu molt afectada, però la solució amb una acidesa més alta sí que ha afectat la germinació.

També podem comparar, per a cada concentració, la llargada de la tija de les llavors durant les quatre setmanes que ha durat l'experiment. El gràfic següent mostra les dades obtingudes al llarg de tota la fase experimental:

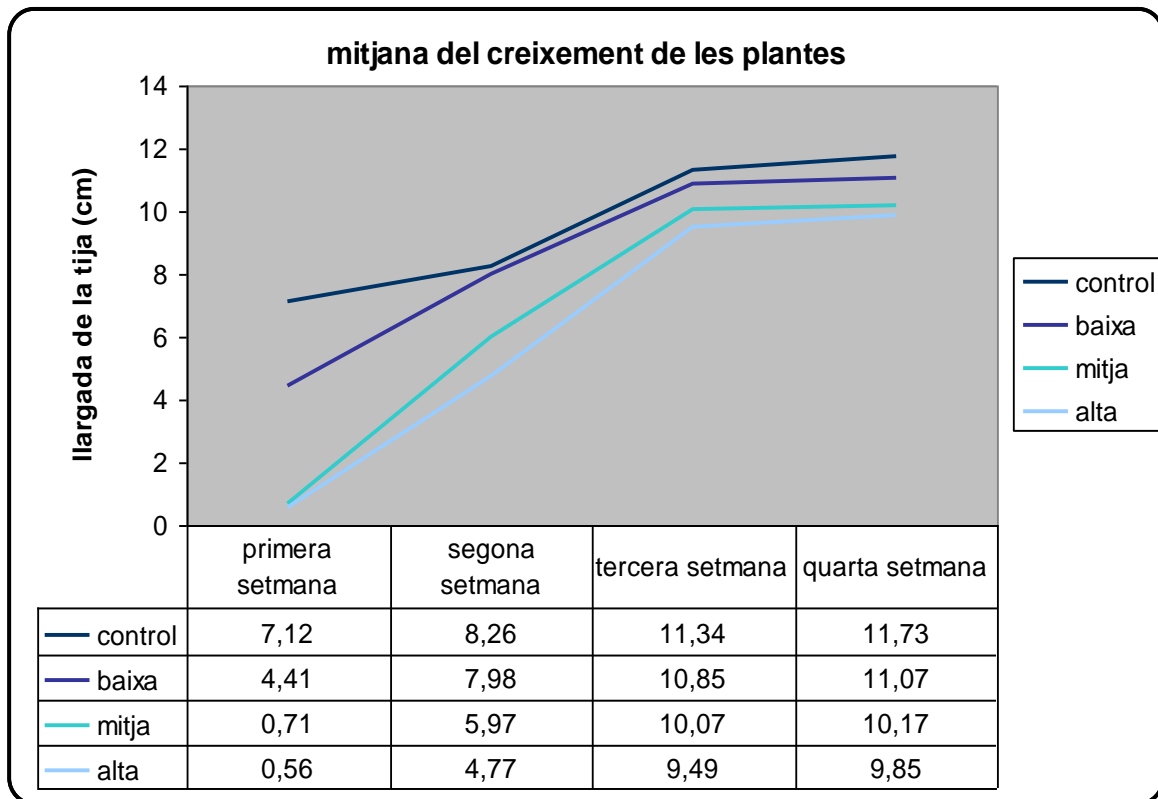


Fig. 26

Veiem que en la primera setmana les mitjanes són molt diferents. Les plantes del control tenen gairebé 7cm més de mitjana que les de la concentració alta. En aquesta setmana podem veure amb claredat els efectes de la pluja àcida. Com més alta és la concentració de metabisulfit sòdic que hi ha en la solució, més baixa és la mitjana de la llargada de la tija de les llavors de blat. Tot i així cal dir que de llavors de concentració alta en teníem poques que fossin germinades i aquest valor no és gaire fiable (hauríem de tenir un nombre de llavors comparable a la resta de concentracions per tenir un resultat significatiu i comparable).

En la segona setmana veiem que el control ha augmentat poc la mida mitjana, a diferència de les concentracions baixa, mitjana i alta, que han crescut molt. Tot i així els valors de control es mantenen sempre per sobre dels altres.

En la tercera i quarta setmana seguim veient aquesta tendència. Les plantes del control són les que han crescut més, seguides de la concentració baixa, a continuació la mitjana i finalment l'alta. Però veiem que les plantes que es troben amb les solucions que contenen metabisulfit sòdic s'acosten cada vegada més als valors del control.

Al final, tenim uns valors molt propers als 10 i 11cm. Mirant el gràfic a nivell general veiem una tendència a assolir aquests valors i no sobrepassar-los.

El blat és un cereal que té una característica pròpia que es veu reflectida en el gràfic. Les llavors són plantades a finals de la tardor i al cap de pocs dies ja germinen. Però en poques setmanes comença l'hivern i el fred i el blat s'ha adaptat a aquestes condicions. Quan ha assolit uns 10 o 12 cm atura el seu creixement per resistir les baixes temperatures. La planta al ser encara petita i molt a prop del terra pot suportar el fred de l'hivern i així no mor. Per tant, ens hem trobat que les nostres llavors de blat han arribat a aquesta fase i no sobrepassen aquests valors perquè estan preparant-se per resistir l'hivern. Parlem doncs, del període evanacional.

Aquesta característica doncs ens dóna explicació al fet de que els valors al final s'igualin molt. Tot i així veiem una clara diferència entre les llavors sotmeses a la pluja àcida i les que no ho estaven; el creixement de les plantes afectades per la pluja àcida és molt més lent que no pas el de les plantes del control.

7. CONCLUSIONS

Després de tota la recerca que s'ha dut a terme podem extreure algunes conclusions. Sabem que la pluja àcida és el fenomen que consisteix en una pluja amb uns nivells de pH inferiors als normals. Aquesta pluja es forma a partir de gasos contaminants emesos a l'atmosfera que contenen sofre i nitrogen. Aquesta pluja àcida cau sobre el sòl portant conseqüències per als cultius, la vegetació i també per al propi sòl. Els efectes es poden veure molt clarament en els boscos o en monuments.

La pluja àcida no afecta per igual a totes les zones, sinó que hi ha zones del planeta (normalment les més industrialitzades) que pateixen més els efectes de la pluja àcida.

La pluja àcida, com tots els problemes, té una solució; la reducció dels gasos contaminants que la provoquen. Així doncs, cal prendre mesures per evitar, en la mesura del possible, que aquests gasos contaminants siguin emesos a l'atmosfera.

Tots els humans pensem que un de nosaltres sol no pot solucionar cap problema global i, en part, tenim raó. Però sempre hem de pensar en el conjunt. I hem de tenir en compte d'on ve el problema. El problema de la contaminació ha estat causat per tots nosaltres. Cadascú de nosaltres en té part de culpa: contaminem poc, però som molts en aquest planeta i al final acaba sent molta la contaminació que ocasionem. Hem de pensar que si amb la petita contaminació de cadascú hem acabat causant aquest gran problema, també podem solucionar-lo amb la petita col·laboració de cadascú de nosaltres.

Accions tant senzilles com apagar el llums de les habitacions on no hi som o desendollar els aparells electrònics que no utilitzem ajuden a disminuir la contaminació. També és important, a l'hora de comprar un nou aparell elèctric tenir en compte el seu consum. I podem pensar que això no té molt a veure amb la pluja àcida. Però sí, hi té molt a veure.

El raonament és tan simple com parar-nos a pensar d'on ve la llum que utilitzem a casa, tota l'electricitat que consumim. De les centrals tèrmiques, hidràuliques, nuclears... i la majoria d'elles tenen com a font d'energia principal els combustibles fòssils. Si gastem menys energia gràcies a aquests petits detalls se n'haurà de produir menys, per tant s'utilitzaran menys combustibles fòssils. Com menys combustió de carbó i petroli, menys gasos emesos a l'atmosfera. Gasos, que recordem, causen la pluja àcida.

Hi ha moltes més accions ben simples que podem fer per reduir el consum d'energia. Per exemple, ser moderats en la utilització de la calefacció a l'hivern i de l'aire condicionat a l'estiu. Sempre hem de tenir l'habitatge amb una temperatura agradable, però hem de pensar que no són bons els contrastos de calor i fred per a la nostra salut. Així, si controlem la temperatura de casa nostra podem mirar per la nostra salut i, alhora, ajudar a reduir el consum d'energia.

Com hem comentat anteriorment, els automòbils emeten òxids de nitrogen durant la combustió de la gasolina o el gasoil. Per tant, una altra acció que podem fer tots plegats per ajudar el medi ambient és, en la mesura de les nostres possibilitats, no utilitzar tant el cotxe. Hi ha moltes altres maneres de moure's i circular pel poble o la ciutat. Els autobusos també emeten gasos contaminants, però tenen una capacitat de viatgers molt més gran, així doncs les emissions no acaben sent tantes.



Fig. 28 Bicicletes públiques per fomentar l'ús del transport no-contaminant.

El transport públic és, doncs, una bona manera de desplaçar-se, i la bicicleta ja és el punt màxim d'ecologia. Es tracta de contribuir a millorar la situació, i aquestes accions hi ajuden molt.

Així doncs, podem veure que la pluja àcida és un problema global, i per tant, està a les mans de tots solucionar-lo.

Després de fer una recerca d'informació vam dissenyar un experiment per comprovar quins eren els efectes visuals que tenia la pluja àcida sobre les plantes. Així doncs, vam simular la pluja àcida per obtenir uns resultats i extreure'n conclusions.

Després de tenir clar què era la pluja àcida, com es formava, com podia afectar i a on, entre d'altres coses, vam voler comprovar aquests efectes.

El resultat de l'experiment concorda amb la hipòtesi plantejada : "Com més alta sigui la concentració de metabisulfit sòdic més tardaran les plantes a germinar i més lent serà el seu creixement". Hem pogut veure com el metabisulfit sòdic (simula la pluja àcida) condiona el creixement de les plantes; en concret, de les llavors de blat. Aquí doncs, es demostra que tota la informació trobada anteriorment és certa, i només cal mirar algunes fotografies per saber que això és així.

Hem observat que la pluja àcida no afecta molt la germinació de la planta si es troba en concentracions baixes, però en la concentració de 1g de metabisulfit sòdic per litre de solució sí que afecta.

El creixement de les plantes es veu molt condicionat per la presència del metabisulfit sòdic, ja que alenteix molt aquest procés.

La concentració de metabisulfit sòdic de 1g/L (la concentració més alta en l'experiment) condiona molt el creixement de les llavors i també la seva germinació en les primeres setmanes. Així doncs, una concentració relativament petita de metabisulfit sòdic ja ens ajuda a veure els efectes de la pluja àcida.

Tal com hem apreciat en les proves preliminars, una concentració més elevada que aquesta fa que directament les llavors no puguin germinar. Per tant, com més alta és la concentració de metabisulfit sòdic en la solució més afecta al creixement de les plantes, i si aquesta concentració és molt elevada les plantes no poden germinar (tal com s'ha vist en les proves preliminars).

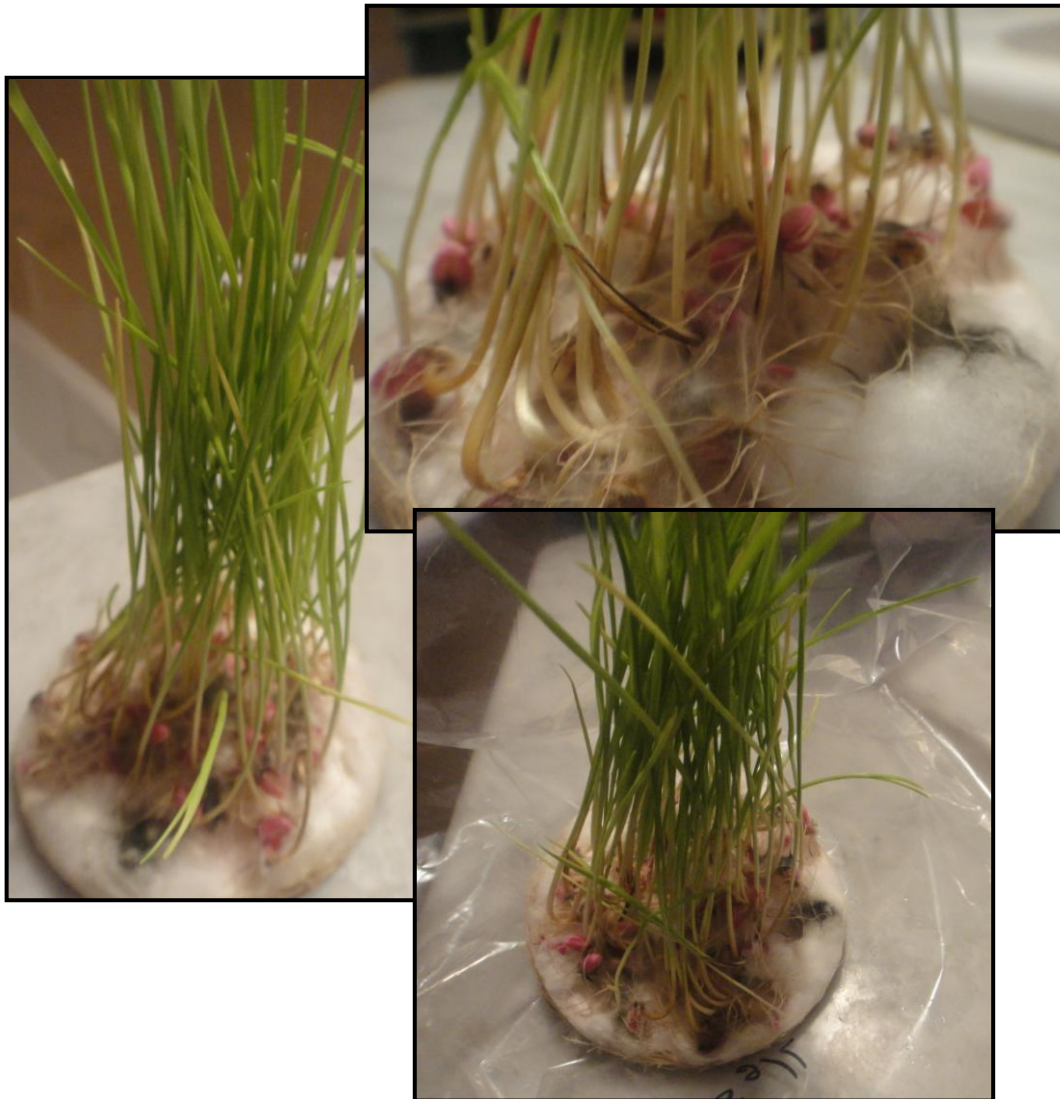


Fig. 27 Imatges de les plantes de blat durant l'experiment.

En el treball ens hem trobat amb alguns problemes. L'experiment ha estat la part més complicada ja que s'ha hagut de fer molts cops la primera part, per determinar les concentracions. La idea primera era fer l'experiment amb diferents cultius, per veure també si afectava de la mateixa manera a totes les plantes, però després se'ns disparaven les variables i era gairebé impossible de realitzar. Així doncs, el treball va haver de ser reduït a un sol cultiu: el blat. Tot i així, la part més important era comparar les diferents concentracions; i aquest experiment ha estat realitzat amb èxit i se n'han tret els resultats esperats.

S'ha pogut apreciar clarament que com més contaminat està l'aire més alta és l'acidesa de la pluja i més afecta als cultius.

Amb l'experiment s'han corroborat totes les nostres hipòtesis. La pluja àcida és un problema real i com més alta és la seva acidesa més afecta a les plantes.

Així doncs, després de fer una llarga recerca d'informació i posar els coneixement adquirits en pràctica amb l'experiment, podem concloure dient que la pluja àcida és un greu problema mediambiental. Cal recordar que té solució, i que com tots els problemes mediambientals, és causada per nosaltres i alhora pot ser solucionada per nosaltres.

8. WEBGRAFIA

Wikipedia (2011). *Lluvia àcida*. Recuperat 5 de Maig del 2011 des de http://es.wikipedia.org/wiki/Lluvia_%C3%A1cida

UPC (2010). *La pluja àcida*. Recuperat 5 de Maig del 2011 des de <http://biblioteca.upc.es/e-ambit/info/documents/GAD/Eupm/pluja.htm#>

Edu 365. *Què és la pluja àcida?* Recuperat 7 de Maig del 2011 des de <http://www.edu365.cat/eso/faqs/ciencies/pluja.htm>

Wikipedia (2011). *Ácido sulfúrico*. Recuperat 1 de Juny del 2011 des de http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_sulf%C3%BArico

Wikipedia (2011). *Ácido nítrico*. Recuperat 1 de Juny del 2011 des de http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_n%C3%ADtrico

Wikipedia (2011). *Energia renovable*. Recuperat 5 de Juny del 2011 des de http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_renovable

Info agro. *El cultivo del trigo*. Recuperat 9 de Desembre del 2011 des de <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm>

Wikipedia (2011). *Convertidor catalítico*. Recuperat 20 de Juliol del 2011 des de http://es.wikipedia.org/wiki/Convertidor_catal%C3%ADtico

Agencia de protección ambiental de EE.UU. (2007). *LLuvia àcida*. Recuperat 5 de Maig del 2011 des de <http://www.epa.gov/acidrain/spanish/reducing/index.html>

9. ANNEX

En aquest annex s'inclouen les taules dels resultats, mitjançant els quals hem realitzat els gràfics comentats anteriorment. Podem veure quines han estat les mesures de totes les plantes que han germinat en cada concentració cada setmana.

Els resultats estan expressats en cm (corresponen a la llargada de la tija de la planta) i es classifiquen segons la concentració en la qual estaven les llavors. El valor final expressat en negreta és la mitjana de la longitud de la tija de les plantes. En cada concentració tenim també anotat el nombre de llavors que no han germinat, entre parèntesis.

La primera taula correspon a totes les mesures preses després d'una setmana d'experiment.

Control	Concentració baixa	Concentració mitjana	Concentració alta
7,2	0,1	2,1	0,3
6,5	4,6	1	1,1
6,4	7,4	0,2	0,2
5,3	4,4	0,6	0,4
1,8	2,5	0,4	0,3
1,5	1,4	0,4	0,5
8,3	3,2	0,6	0,2
6,6	0,7	0,3	0,4
7,3	5,1	1,1	0,8
8,1	3,6	1	0,8
9,1	6,4	0,8	1,2
5,9	2,6	0,2	(64 no nascudes)
7,9	1,5	0,4	0,56
10,5	2,7	0,3	
9,1	4,9	0,8	
9,4	4	0,5	
3,8	6,6	0,9	
4,5	7,2	0,3	
6,9	8	1,1	
11,2	2,9	0,3	
8,9	7,1	0,6	
7,1	5,5	3	
5,5	2,3	2,8	
5,8	7,5	0,7	
7,8	9,2	0,3	
6,1	6	0,3	
12,1	2,8	0,5	
4,1	3,6	0,5	

9,2	6,4	0,8
7,8	10	0,7
6,3	6,9	0,5
9,5	4,7	0,7
8,2	4,1	0,2
7,3	5	1
11,6	4,9	0,7
8,6	7,3	0,7
8,1	8,4	0,4
7,4	7,2	0,3
7,4	4,4	0,4
10,4	3,1	0,5
9,7	3,1	0,3
8,9	1,1	0,3
4,5	5,6	0,3
9,4	3,7	0,4
2,3	2,4	0,5
9,6	6	1,3
10	7,2	0,6
5	2,2	0,5
9	1,2	0,6
2,4	0,5	0,7
5,6	1	0,8
4,6	3,1	0,8
3,2	1,6	1
7	2,8	0,6
7,9	3,5	0,7
8,8	4,7	0,2
8,3	3,6	0,4
10,2	4,9	1,2
7,8	6,1	0,9
5,2	2,4	0,9
5,2	5,8	0,9
3,6	6	0,6
6,6	2,2	0,7
8,7	5,2	0,7
9,8	6,3	0,9
4,6	5,5	0,6
8,1	2,6	0,8
8,2	3,5	0,8
0,7	5,2	0,9
4,3	6	(6 no nascudes)
9,8	3,6	0,71
(4 no nascudes)	2,7	
7,12	(3 no nascudes)	
	4,41	

La taula següent correspon als resultats obtinguts durant la segona setmana de l'experiment. Els resultats estan expressats de la mateixa manera que en totes les taules.

Control	Concentració baixa	Concentració mitjana	Concentració alta
9,7	9,1	5,6	6,5
1,6	4,4	7,4	8
6,7	6,2	3,2	2,5
9,2	1,1	6,4	6,3
7,4	1,8	7,5	2
10,3	4,4	5,6	8
14,3	10,5	3	8,3
9,8	11	7,5	5,6
7,3	8,3	6,5	2,3
6,4	9,6	4	4,3
7,8	10,1	3,1	6,1
9,9	7	1,7	6
15,6	8,3	4,4	2,2
8,1	6,5	3,1	0,9
5,6	7,4	6,1	6,5
10,2	11,4	7,4	6
5,6	10,2	5,1	3
10,4	9,5	4,8	6,1
7,9	9,2	5,3	3,6
6,7	7,8	6	3,5
9,7	11,2	8,1	2
9,2	8,1	6,7	4
9,9	9,6	3	1,3
8,2	12,7	5,6	3,4
4,5	9,7	6,2	7,2
10,6	10,1	7,1	9,1
14	8,4	6,4	8,3
11,6	11,4	11,2	4,1
5,6	8,1	10	6
6,3	10,2	6,7	7,4
4,3	7,1	4,6	3,6
4,6	9,3	3,2	8,8
2,8	10,6	6,4	5,1
15,4	11,9	8,5	7,9
6,7	9,2	13	5,3
13,3	12,5	6,7	7,1
5,8	10,7	8,6	1
9,8	8,8	6,2	1,1
7,5	6,1	7,3	6
7,5	8,2	1,2	4,1
11,3	7,7	6,4	3,5
9,6	5,2	6,4	0,4
6,7	7,1	6,3	6,2
11,1	8,2	9,1	7,3
8,7	3,3	5,6	6

8,8	4,6	2,5	8,7
6,9	7,6	8,4	0,7
7	5	4,6	5,2
9,1	8,9	6,4	2,8
9,3	9,1	9,3	2
7,3	8,6	6,9	1,8
6,1	10,1	7	5,2
9	7,9	4	2,4
10,2	5	3	(21 no nascudes)
7,6	5,7	4,6	4,77
10,3	8,1	6,1	
9	8,4	9,4	
7,8	3,1	7,1	
6,1	7,1	8,8	
9,7	4,2	8,2	
10,4	9,5	8,3	
5,7	5,7	1,2	
4,8	5,2	5,5	
5,1	(11 no nascudes)	1,4	
8	7,98	7,1	
7,9		6,2	
1,8		2,9	
8,6		2,6	
8,5		5,9	
(6 no nascudes)		(6 no nascudes)	
8,26		5,97	

A continuació es mostra la taula en la qual consten les dades obtingudes en la tercera setmana de l'experiment.

Control	Concentració baixa	Concentració mitjana	Concentració alta
7,1	9,9	15,1	8,8
8	12,1	8,5	9,8
10,5	8,4	10,2	6,5
9,9	8,9	6,2	10,8
16,3	16,3	15,1	15,3
14,2	10,5	10,3	6,4
13,7	11,3	12,3	12,1
17,6	12,5	14,8	14,3
9,3	14,2	7,4	4,2
9,1	10,1	9,2	9,7
8,8	12,4	7,4	13,2
10,3	3,3	11,5	9,3
9,9	11,7	13,2	8,5
14,4	13,2	8	7,4
16,2	10,9	7,7	7,3
11,3	11,7	10,8	12,2
13,9	12,3	10,4	7,5
16,6	9,1	7,3	5,2
15,1	11,7	9,3	10,1
15,9	10,4	10,2	11,2
15,1	10,8	5,8	14
16	13,2	8,9	12,1
13,6	11,6	6,5	2,4
15	14,7	10,1	(51 no nascudes)
13	12,8	6,9	9,49
16,9	15,5	9,3	
7,9	12,3	7,8	
12,5	15,9	9,1	
12,5	16,1	8,1	
15,8	12	11,9	
12,7	12,4	12,2	
7,7	11,7	11,1	
11,1	11	7,3	
8,6	12,3	9,2	
9,1	10,4	10,7	
12,4	9,5	14,3	
11,6	10,8	8,6	
6,6	13,6	12,9	
6,7	15,5	15,7	
9,3	16,8	13,6	
12,1	12,8	9,3	
7,7	8,5	10,1	
14	13,3	8,6	
9,8	10,7	5,5	
10,5	8,5	9,3	
9,7	9,9	12,5	

13,1	11,4	11,1
8,5	6,7	10,5
9,6	5,9	6,2
11,3	6,7	12,5
14,1	9,9	11,6
8,2	10,8	11,1
8,5	17	7,5
9,7	9,3	9,3
7,5	3,7	10,1
14	11,7	13,5
9,7	10,1	8,9
10,3	9,7	7,1
10,9	11,6	11,3
8,1	8,4	6,4
15,4	10	10,7
10,3	7,1	6,6
8,6	10,2	12
8,3	9,1	15,9
6,7	9,6	9,1
9,6	11,4	13,2
(9 no nascudes)	9,9	(9 no nascudes)
11,34	7,1	10,07
	8,6	
	8,1	
	7,8	
	5,6	
	(3 no nascudes)	
	10,85	

Finalment tenim la taula, amb la qual s'han realitzat els gràfics dels resultats de la quarta setmana, de les últimes dades obtingudes.

Control	Concentració baixa	Concentració mitjana	Concentració alta
8,1	12,3	16,6	9,1
12,3	14,7	10,1	8,6
12,4	10,9	8,7	10,3
7,9	13,6	12,8	11,4
12,6	9,8	10,4	
10,3	7,1	11	9,85
8,4	12,2	8,3	
12,9	12,8	1,6	
13,9	13,6	10,6	
10	7,9	10,5	
6	12,5	10,7	
11,8	10,3	10,1	
12,1	10,5	10	
17,9	10,7	10,8	
12,4	9,2	11,9	
9,8	7,6	12,6	

13,1	9,7	10,4
5,8	9,4	11,1
12,9	11,1	10,9
8,4	8,7	12,6
11,7	10,6	12,3
6,8	14,7	10,3
10,3	12,9	9,8
17,3	6,9	12,1
14,4	10,1	2,4
9,5	15,7	10,6
11,8	14,3	14
15,9	15,4	16,2
10,7	11,1	10,3
12,7	11,6	9,1
7,2	8,1	10,9
11,2	10,5	9,5
16,3	11,5	11,9
10,6	8,8	9,4
15,3	9,7	9,9
15,5	10,1	11,7
6,5	10,2	11,1
13,4	8,7	9,5
9,1	9,7	11,1
12,5	10,2	5,6
15,2	7,1	10
8,1	12,2	8,8
9,7	13,2	7,4
16,8	11,5	8,3
15,4	9,6	6,5
14,7	11,1	9,5
11,3	9,5	11
12,6	15,1	10,6
10,8	10,4	14,1
10,5	14,8	5,8
13,8	16,1	8,7
13,5	15,6	7,6
10,9	8,4	9
9,7	14,9	9,3
14	10,2	11,2
7,2	11,3	12,3
8,8	6,1	8,4
10,8	7,2	15,1
15,4	10,4	7,8
16,2	16,7	9,6
12,5	12,4	(15 no nascudes)
11,4	10,3	10,17
10,4	9,9	
15,2	9,1	
9,8	10,3	
(10 no nascudes)	13,4	
11,73	14,3	
	10,7	

8,1
9,4
(5 no nascudes)
11,07