

TÈCNIQUES DE CULTIU



El maneig integrat dels nutrients

CAP A UNA FERTILITZACIÓ SOSTENIBLE I RESILIENT

En la nova Política Agrària Comuna (2023-2027), la intensificació de la cura del medi ambient i l'acció pel clima, i la conservació del paisatge i la biodiversitat, es converteixen en un objectiu principal, que ha de dur-se a terme a través del coneixement, la innovació i la digitalització en les zones rurals. En relació també amb el Pacte Verd Europeu i l'Agenda 2030, la gestió sostenible dels recursos naturals, la reducció de la generació de residus i l'ús responsable dels productes químics (fitosanitaris, fertilitzants i antimicrobians) seran clau per a un creixement dirigit cap a una transició ecològica i resilient. Aquest nou marc inclou estratègies que afecten el sector agrari valencià, com l'Estratègia sobre Biodiversitat, el Pla per a l'Economia Circular o l'Estratègia de la Granja a la Mesa. Concretament aquesta última té per finalitat la creació d'un sistema alimentari més saludable i

sostenible a través de l'ús eficient dels recursos i el suport en eines d'agricultura de precisió.

Respecte a la nutrició dels cultius, l'Estratègia de la Granja a la Mesa imposa una sèrie d'objectius molt ambiciosos, com reduir les pèrdues de nutrients almenys a la meitat sense deteriorar la fertilitat del sòl, disminuir l'ús de fertilitzants de síntesis en més del 20% i millorar l'eficiència d'ús del nitrogen en almenys un 10%.

En 2022 es van publicar les **normes per a la nutrició sostenible en els sòls agraris** (RD 1051/2022) d'aplicació a Espanya, amb l'objectiu de regular l'aportació sostenible de nutrients i aconseguir, a més:

- Reduir les emissions de gasos d'efecte d'hivernacle,
- Evitar la contaminació de les aigües,

- Preservar i millorar les propietats biològiques dels sòls agraris,
- Evitar l'acumulació de metalls pesants,
- Preservar la biodiversitat,
- Mantindre i augmentar la capacitat dels sòls agraris com a embornals de carboni, i
- Fomentar l'adaptació i major resiliència dels cultius enfront del canvi climàtic.

Amb aquesta finalitat, les pràctiques actuals de fertilització racional dels cultius han de contemplar el maneig integrat dels nutrients, basant-se, com veiem en la **imatge 1**, en l'increment de la matèria orgànica del sòl; la implantació i manteniment de cobertes vegetals, i l'aplicació de fertilitzants minerals de manera sostenible, així com de nous productes agronutrients i bioestimulants

IMATGE 1: EL MANEIG INTEGRAT DELS NUTRIENTS

Incrementar la matèria orgànica dels sòls

- Aportació de productes orgànics (fem, purins, gallinassa, compost, vermicompost i altres productes orgànics d'origen vegetal i urbà).
- Aportació de residus valoritzables (vegeu **Llei 7/2022**).
- Aportació de restes de cultiu (poda, òrgans caiguts i destrío).

Implantar i mantindre cobertes vegetals

- El cultiu de plantes específiques protegeix el sòl de l'erosió.
- Millora la qualitat del sòl:
 - Augmenta la matèria orgànica
 - Reté la humitat
 - Controla males herbes i plagues
- Millora l'eficiència de l'ús dels nutrients:
 - Redueix pèrdues per lixiviació
 - Redueix pèrdues per volatilització



Aplicar els fertilitzants minerals de manera sostenible i incorporar l'ús de nous productes agronutrients i bioestimulants

- Fertilitzants minerals (nitrogen, fòsfor, potassi, etc.)
- Agronutrients, bioestimulants i biofertilizants:
 - Substàncies húmiques (ús en agricultura ecològica, AE)
 - Extracte d'algues (AE)
 - Aminoàcids i hidrolitzats de proteïnes (AE)
 - D'origen microbià (AE)
 - Microorganismes micorrízics
 - Microorganismes no micorrízics
 - D'origen no microbià (ús en agricultura convencional, AC)
 - Inhibidors de la nitrificació
 - Inhibidors de la desnitrificació
 - Ureasa

Les noves pràctiques de maneig racional de la fertilització influiran en el desenvolupament vegetatiu dels cultius i, per tant, en l'absorció d'aigua i nutrients per la planta. Requereixen, a més, una adequació dels plans d'adobament, els quals, fins ara, han vingut considerant el sòl com un mer suport dels cultius. De la mateixa manera, per a reduir de manera racional l'aportació de fertilitzants de síntesi, s'ha de considerar l'aprofitament dels productes d'origen orgànic, agronutrients i bioestimulants en funció de la composició, els seus factors de variació i la capacitat fertilitzant.

ELS PLANS D'ADOBAMENT

En concret, pel que fa a la referida exigència d'una aplicació sostenible dels agronutrients i bioestimulants, els plans d'adobament hauran d'establir, d'una banda, les dosis òptimes de nutrients essencials i, de l'altra, les fonts de nutrients adequades per a cada tipus de sòl i condició de cultiu; a més del moment i manera d'aplicació.

1

Les dosis òptimes de nutrients essencials

Cadascuna de les operacions que es realitzen per a cobrir aquestes dosis òptimes haurà d'incorporar-se a la secció de «fertilització» del quadern d'explotació seguint les directrius de l'Annex III del Reial Decret 1051/2022

Per a aconseguir les dosis òptimes de nutrients essencials (N, P, K, S, Ca, Mg, Cl, Fe, Zn, Mn, B, Cu, Mo i Ni), ha de tindre's en compte la demanda nutricional de cada cultiu i considerar l'aportació dels nutrients provinents del sòl (contingut de matèria orgànica i nutrients disponibles), de l'aigua de reg (N, P, Mg i Ca) i de les reserves de la planta (diagnòstic nutricional).

Per a garantir un ús eficient dels nutrients i la seua aportació correcta a les plantes, es necessiten **eines de diagnòstic** dirigides a evitar la deficiència o l'excés de nutrients en els cultius. El diagnòstic de problemes nutricionals potencials ha de ser una pràctica rutinària en el maneig de les parcel·les. Aquest pot realitzar-se mitjançant l'anàlisi foliar —o d'altres òrgans, com a flor, saba o tronc, per als quals existisquen taules de referència—, del diagnòstic visual o de l'ús d'eines d'agricultura de precisió.

DIAGNÒSTIC NUTRICIONAL

Núm. ARBRES / SUBPARCEL·LA	Núm. ARBRES A MOSTREJAR
< 150	1/3
150-250	1/5
250-450	1/9
450-750	1/15
750-1500	1/30
1500-2500	1/50

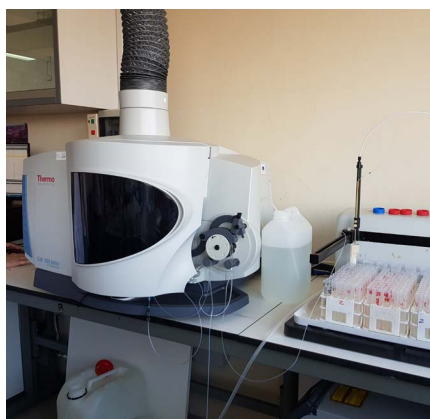
Taula 1. Relació dels arbres a mostrejar en funció de la grandària de les parcel·les.

L'**anàlisi foliar**, en combinació amb l'anàlisi química del sòl, és molt útil per a avaluar l'equilibri nutricional de les plantes. De tots els òrgans descrits, la fulla és el de més fàcil mostreig. La informació proporcionada determina si la planta ha tingut suficient aportació d'un determinat element, confirma deficiències, toxicitats o desequilibris nutricionals en plantes amb símptomes o sense ells, avalua l'eficàcia dels programes de fertilització i proporciona una manera de comparar diferents tractaments fertilitzants. Les taules de referència per al diagnòstic foliar han d'estar establides en unes condicions de cultiu semblants a la parcel·la que s'està avaluant.

El procediment per a l'anàlisi foliar s'ha estandarditzat en els diferents cultius, amb l'objectiu d'aconseguir comparacions i interpretacions adequades, definint el tipus de fulla a analitzar i el moment adequat per a realitzar el mostreig. Només així s'aconseguirà una anàlisi química fiable i una interpretació dels resultats sòlida que permetrà un correcte ajust dels programes de fertilització.

La realització correcta del **mostreig foliar** és essencial per a un correcte diagnòstic. Per a això, les subparcel·les a mostrejar han de ser unitats amb condicions edàfiques homogènies, arbratge uniforme i mateixa combinació varietat/portaempelt. La grandària de mostra estarà en funció del nombre d'arbres en cada subparcel·la (**Taula 1**) i, com a mínim, ha de constar d'unes 100 fulles preses de 15 a 20 arbres uniformes, els quals hagen rebut el mateix programa de fertilitzants, en les quatre orientacions de l'arbre; cal evitar fulles immadures pel fet que canvien ràpidament la composició; no incloure fulles malaltes, danyades per insectes, mortes ni amb tractament foliar recent ni mostrejar arbres d'aparença anormal, situats a la vora de les parcel·les o al final de les files, perquè poden estar recoberts amb partícules de terra i pols.

D'esquerra a dreta. Fraccionament en els diferents òrgans del material vegetal. Espectròmetre d'emissió amb font de plasma d'acoblament inductiu per a l'anàlisi de la ionòmica. Clorurímetre per a determinació de clor.



DIAGNÒSTIC FOLIAR AMB SENSORS ÒPTICS. TELEDETECCIÓ

La teledetecció s'ha convertit en una eina essencial per al desenvolupament de l'agricultura de precisió. Una de les seues aplicacions més prometedora és la determinació de l'estat nutricional dels cultius al llarg del cicle fenològic mitjançant sensors òptics, amb l'objectiu d'optimitzar els plans de fertilització d'una manera més ràpida i menys costosa. Esta metodologia permetrà el diagnòstic foliar sense necessitat d'anàlisis químiques que requereixen mesures destructives, no immediates, que generen un cost elevat per a l'agricultor. Les plantes emeten o reflecteixen energia electromagnètica (resposta espectral), i la forma com ho fan depèn dels components estructurals i bioquímics dels teixits, entre els quals es pot trobar la concentració de nutrients. Per això, l'energia emesa per les plantes sanes, amb excés o amb mancances nutricionals, pot tindre diferents respostes espectrals que es podem detectar mitjançant sensors.

Els mètodes de detecció que s'estan desenvolupant en l'actualitat es basen en el mesurament de la reflectància de les fulles i la cerca de relacions entre la concentració de nutrients i la resposta espectral de les plantes. Això es pot realitzar mitjançant dispositius específics com els mesuradors de clorofil·la, espectròmetres portàtils o sistemes d'imatge multi o hiperespectral. La informació espectral es pot analitzar per a crear models estadístics que relacionen la informació mesurada pels sensors amb la concentració dels nutrients o per a crear índexs espectrals que puguen indicar l'estat de la planta, com l'índex de vegetació de diferència normalitzada (NDVI), l'índex transformat de reflectància d'absorció de clorofil·la (TCARI), l'índex vegetatiu optimitzat ajustat del sòl (OSAVI) o l'índex de reflectància fotoquímica (PRI).

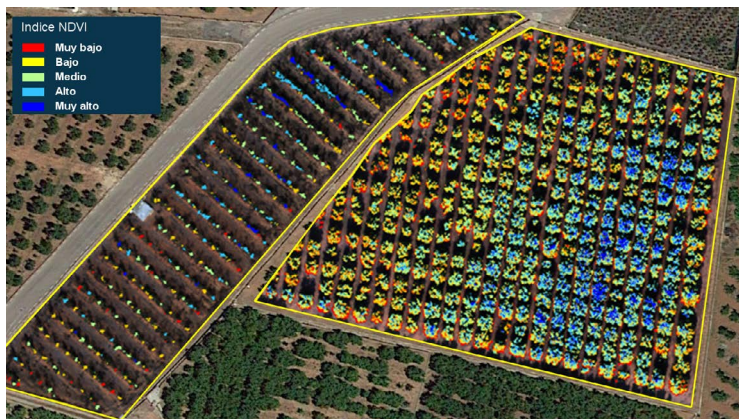
ENLLAÇ WEB

INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL I ROBOTS AL SERVEI DEL CAMP VALENCIÀ

Article de Jose Blasco, Enrique Aguilar, Carlos Ruiz-Català i Sergio Cubero en *L'Agrària* #02, p. 20 (desembre de 2022)

El CDAS, juntament amb l'equip dels doctors Blasco i Cubero, del Centre d'Agroenginyeria de l'IVIA, està desenvolupant eines digitals basades en teledetecció per al diagnòstic nutricional ràpid de cultius com els cítrics, el caqui i l'alvocat.

En les imatges, índexs NDVI i TCARI/OSAVI d'una plantació jove d'alvocat (parcel·la esquerra) i una plantació adulta de cítrics (parcel·la dreta).



2

Les fonts de nutrients adequades a cada tipus de sòl i condició de cultiu

Actualment, es disposa d'un gran nombre de productes fertilitzants, agromineralitzants o bioestimulants. Tots ells han d'estar contemplats en el marc legislatiu de productes fertilitzants, el qual inclou diferents disposicions a escales europea i estatal.

Bioestimulants

En el nou Reglament europeu sobre la comercialització de productes fertilitzants, en vigor des de juliol de 2022, apareix per primera vegada el terme bioestimulant: «Determinades substàncies, mesclades i microorganismes, denominades bioestimulants de les plantes, no són aportacions de nutrients pròpiament dits, si bé estimulen els processos naturals de nutrició».

El Reglament (UE) 2019/1009 del Parlament Europeu i del Consell, l qual va entrar en vigor el 16 de juliol de 2022, estableix disposicions relatives a la comercialització dels productes fertilitzants, modifica els Reglaments (CE) 1069/2009 i (CE) 1107/2009 i deroga el Reglament (CE) 2003/2003. En ell apareix per primera vegada el terme **bioestimulant** referit a determinades substàncies, mesclades i microorganismes que no són aportacions de nutrients pròpiament dits, si bé estimulen els processos naturals de les plantes millorant-ne l'eficiència en l'ús de nutrients, la tolerància a l'estrès abiòtic, les característiques de qualitat del producte i la disponibilitat de nutrients immobilitzats en el sòl o la rizosfera. D'aquesta manera, els bioestimulants actuen, a més dels fertilitzants, amb l'objectiu d'optimitzar l'eficiència d'aquests agromineralitzants i reduir-ne les dosis d'aplicació. Poden ser d'origen microbià (micorrízics i no micorrízics) i no microbià, com els inhibidors de la nitrificació, la desnitrificació o la ureasa. Cal destacar que, amb l'entrada en vigor d'aquest reglament, els bioestimulants ara estan subjectes a regulacions específiques per a la seua comercialització a la UE. Això garanteix que els productes comercialitzats com bioestimulants complisquen amb els estàndards de qualitat i seguretat establits per la UE i, per tant, ofereix als agricultors i als consumidors una major protecció.

TIPO	HÚMICS	INHIBIDORS	AA	ALGUES	FONGS	BACTERIS
Estructura sòl	●			●	●	
Solub/Fijac nutrients	●		●	●	●	●
Acció quelant	●		●	●		●
Activitat microbiana		●			●	●
Activitat H ⁺ -ATPasa	●					●
Activitat enzimàtica	●		●			●
Canvis arrel	●		●	●	●	
Producció hormones			●	●		●

Taula 2. Mecanismes que incrementen l'absorció de nutrients per les plantes.

En l'àmbit estatal, la legislació sobre productes fertilitzants queda definida en el **Reial Decret 999/2017**, el qual modifica el Reial Decret 506/2013. Segons aquest, el desenvolupament de nous productes fertilitzants, en concret aquells que incorporen microorganismes l'acció dels quals siga facilitar la disponibilitat de nutrients per a la planta, exigeix adaptar el marc legislatiu vigent. Encara que no recorre al terme bioestimulant, sí que contempla aquest tipus de productes. Com en la legislació europea, per a elaborar productes fertilitzants només podrà emprar-se microorganismes que hagen demostrat que, per si sols o barrejats amb un adob, amb independència del seu contingut en nutrients, estimulen els processos biològics de la planta millorant-ne l'eficiència en l'absorció o l'ús de nutrients, la tolerància a l'estrès abiòtic o la qualitat de la collita, i permeten per tant la reducció de l'aportació de fertilitzants minerals. En l'Annex I d'aquest RD apareix la relació de tipus de productes fertilitzants. I és en el grup 4 (Altres adobs i productes especials) on s'integren, al costat d'àcids húmics i fúlvics, algues, aminoàcids i inhibidors, els productes especials basats en microorganismes: micorrízics i no micorrízics (Taula 2).

AVALUACIÓ DE L'APLICABILITAT EN L'AGRICULTURA VALENCIANA DE FERTILITZANTS I ESTIMULANTS DE NOVA GENERACIÓ



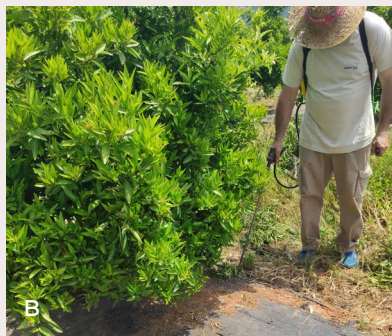
Assajos que s'estan duent a terme a l'Estació Experimental Agrària de Carcaixent (EEAC)

A. Assaig en agricultura convencional (AC): parcel·la cv. Lanelate

- T1. Control (sense aplicació foliar)
- T2. Aminoàcids
- T3. Àcids húmics i fúlvics
- T4. Micronutrients (B, Mn, Zn i Mo)
- T5. Alga *Eclonia maxima*
- T6. Alga *Ascophyllum nodosum*

B. Assaig en agricultura ecològica (AE): parcel·la cv. Neufina

- T1. Control
- T2. Producte basat en fongs micorrízics
- T3. Bacteris *Pseudomonas*
- T4. Bacteris *Lactobacillus*



3 El moment d'aplicació

En el cas dels fertilitzants minerals, l'aplicació haurà de coincidir amb els moments de màxima absorció. Per a l'ús de productes orgànics, es desconeix l'alliberament estacional de nutrients en forma disponible per a les plantes. Sobre aquesta matèria, els equips de la doctora Pérez i el doctor de Pau del CDAS-IVIA estan realitzant, d'una banda, una caracterització dels diferents productes orgànics i, de l'altra, estudis de mineralització per a conèixer la dinàmica de nutrients en el sòl i quantificar així els nutrients disponibles procedents d'aquestes fonts al llarg del cicle de cultiu.

4 La forma d'aplicació

L'aportació d'agronutrients es realitzarà principalment en fertireg, fent servir sistemes eficients de reg (reg localitzat), mitjançant injecció o enterrat en el terreny de productes i materials orgànics i organominerals (per a disminuir les emissions d'amoniac), amb un major fraccionament de les aplicacions, incorporant els fertilitzants sòlids al terreny, utilitzant adobs recoberts d'alliberament lent i inhibidors de la nitrificació, entre d'altres.

Els agronutrients i la PAC

Amb l'objectiu de definir, optimitzar i implementar tècniques i estratègies de gestió sostenible en els nostres sistemes de producció agrícola que complisquen amb els objectius de l'Agenda 2030 de la nova Política Agrària Comuna, s'han posat en marxa assajos per l'Equip de Nutrició i Fertilitat del Sòl (CDAS-IVIA) en col·laboració amb l'Estació Experimental de Carcaixent (EEC) i la participació d'empreses pertanyents a l'Associació Espanyola de Fabricants d'Agronutrients (AEFA). En ells, s'està analitzant la integració d'aquests nous productes fertilitzants en la fertilització dels cultius, estudiant el seu efecte sobre l'eficiència d'absorció de nutrients per la planta i la disponibilitat d'aquests en el sòl. Els resultats ajudaran a definir pautes d'adobament que permeten reduir l'aportació de fertilitzants de síntesi i les pèrdues de nutrients del sistema.

>Autora de l'article:

Ana Quiñones

Institut Valencià d'Investigacions Agràries (IVIA). Centre per al Desenvolupament d'Agricultura Sostenible.
quinones_ana@gva.es