

Aplicació de tecnologies de detecció 3D LiDAR i satèl·lit pel desenvolupament d'un model integral de seguiment i millora del rendiment productiu i econòmic en ametller superintensiu

Resum

El sistema tradicional de conducció de l'ametller, en secà, s'ha basat en el vas clàssic, amb una poda normalment severa i amb uns marcs de plantació amplis deguts a la limitació en la disponibilitat d'aigua. Actualment, amb la incorporació del reg, de nous materials vegetals millorats, la tecnificació i l'ús de sòls més fèrtils i amb més qualitat, és possible plantejar nous models productius, amb diferents sistemes de conducció de la plantació i de collita de l'ametlla. Entre els nous models productius, destaquen les plantacions d'alta densitat, que són possibles gràcies a l'ús de portaempelts de moderat o reduït vigor, que combinats amb noves varietats poden permetre assolir una producció alta i precoç. Malauradament, encara hi ha una considerable mancança de coneixement sobre el maneig adequat d'aquests nous sistemes de cultiu.

És per això que, amb aquest projecte, i mitjançant l'ús de tecnologies de processament d'imatges es desenvoluparan nous models predictius i d'identificació de millores en la collita, que es correlacionaran amb diferents tècniques de formació i dimensionat del cultiu (poda de formació i poda en verd), de maneig agronòmic (efectivitat en l'aplicació del reg, fertilitzants i fitosanitaris, i ús de cobertes vegetals) i necessitats de recursos (mà d'obra i materials); i així establir els millors models de funcionament de l'ametller superintensiu (amb varietats model com Avijor i Marinada amb portaempelt INRA GF-677), per assolir plantacions d'alta densitat (fins a 3.000 plantes/ha). A més a més, el cultiu de l'ametller amb superintensiu implica un elevat risc tecnològic per culpa del desconeixement en detall de l'efecte que té la intensificació del cultiu; entre altres modificacions, pot generar sobre la fisiologia de la planta i la seva resposta en termes de precocitat i rendiment, i de manera indirecta sobre la sostenibilitat del cultiu.

Tal com ja s'ha començat a estudiar i aplicar en altres conreus com la vinya, els fruiters de pinyol i llavor o l'olivera, on s'ha evolucionat des de sistemes tradicionals en vas cap a sistemes de majors densitats de plantació i amb una major efectivitat en l'aprofitament de recursos. En aquest context, destaca la importància de desenvolupar un model integral de seguiment i millora del cultiu d'ametller en superintensiu que pugui integrar les mesures locals i d'alta resolució dels sistemes d'escaneig 3D basats en LiDAR (*Light Detection and Ranging* o *Laser Imaging Detection and Ranging*) amb les imatges satèl·lit de menys resolució, però de més gran escala. Aquest sistema integral d'anàlisi d'imatge permetrà un monitoratge d'alta resolució del dosser foliar del cultiu. Així, el desenvolupament vegetatiu del cultiu es podrà correlacionar en continu amb les operacions agrícoles realitzades i la producció obtinguda, cosa que permet un maneig agronòmic més precís i eficient.

Objectius

L'objectiu d'aquest projecte és establir un nou model integral de seguiment del nou cultiu d'ametller en superintensiu, basat en noves tecnologies (LiDAR i anàlisi d'imatges de satèl·lit) que mitjançant la mesura del dosser foliar i altres paràmetres fenològics permetin establir els millors models de maneig de formació inicial del cultiu i altres estratègies de manteniment en campanya (poda d'hivern, poda en verd, fertilització, tractaments fitosanitaris, necessitats de reg i ús de cobertes vegetals) i el seu dimensionat cap a superfícies productives més grans.

Per assolir aquest objectiu general, es plantegen els següents objectius específics:

- Determinar els paràmetres dimensionals òptims de dosser foliar en plantacions superintensives d'ametller (alçada, amplada i densitat) amb relació a la precocitat d'entrada en producció i al seu rendiment.
- Optimitzar el maneig de formació del cultiu (poda d'hivern i poda en verd) i altres modificacions agrícoles que permetin arribar als paràmetres dimensionals òptims de dosser foliar en plantacions superintensives d'ametller.
- Avaluar l'efecte de diferents sistemes experimentals de poda de formació sobre el desenvolupament del dosser foliar de nous cultius d'ametller en superintensiu, i determinar les necessitats de recursos (mà d'obra, tractaments fertilitzants i fitosanitaris, cobertes vegetals, necessitats hídriques, entre d'altres) associades a cada prova pilot.
- Reduir l'ús de recursos, principalment de fitosanitaris, mitjançant nous models de desenvolupament del dosser foliar de nous cultius d'ametller en superintensiu.
- Validar els paràmetres de seguiment: dosser foliar (grandària i densitat), nombre de flors, i percentatge de quallat, fruits i rendiment productiu, com a paràmetres amb significació dins dels nous models, sorgits de la correlació entre dues tecnologies de processament d'imatges (imatges de satèl·lit i sensors 3D LiDAR).
- Definir un model integral de seguiment continu del cultiu a partir de la relació establerta entre les mesures 3D d'un escàner terrestre mòbil i imatges satèl·lit.
- Establir un sistema de prioritats en la presa de decisions que s'haurà d'implementar dins del model integral de seguiment continu del cultiu d'ametller en superintensiu.
- Realitzar una transferència del model integral de seguiment del cultiu de l'ametller en superintensiu, per validar-lo (millora continua del model) i fer-lo més robust, amb dades basades en l'heterogeneïtat de diferents parcel·les productives.

Descripció de les actuacions dutes a terme en el projecte

Les actuacions dutes a terme en aquest projecte es resumeixen en:

- I. Parametrització de diferents assajos experimentals per determinar l'efecte de variables del cultiu superintensiu com ara: la varietat d'ametller, característiques del dosser foliar (alçada, amplada i densitat del cultiu, i modificacions del seu maneig), caracterització del sòl i les aportacions de fertilitzants i reg, entre d'altres.
- II. Aplicació del processament d'imatges que va començar amb la posada a punt de metodologies de seguiment (teledetecció i escaneig 3D LIDAR) i continuar amb els escanejos i amb l'obtenció i processament de les imatges i les dades obtingudes a la parcel·la d'ametller superintensiu.
- III. Complementàriament, s'ha fet un seguiment del cultiu (pre- i post-collita) per correlacionar-ho amb la informació del processament d'imatges, per la qual cosa s'ha desenvolupat un nou model de gestió.
- IV. Desenvolupament i validació d'un model de seguiment en continu del conreu, mitjançant la informació generada amb les actuacions anteriors.

Resultats finals i recomanacions pràctiques

Com a resultats del projecte s'ha generat una anàlisi de la tecnologia de teledetecció per fer-la servir com a eina d'anàlisi del conreu, que, una vegada corregida i correlacionada amb la tecnologia de LiDAR, ha permès obtenir informació valuosa mitjançant l'anàlisi i processament de les imatges generades.

S'ha de tenir en compte que, per una banda, l'anàlisi d'imatges de satèl·lit és una eina molt econòmica, però no és gaire precisa. Tot el contrari respecte la tecnologia LiDAR, que genera informació molt precisa i altament valuosa, malgrat tenir un cost econòmic d'aplicació molt elevat i difícil d'assumir dins dels costos de qualsevol pagès. Així, la cruïlla d'informació generada amb aquestes eines ha permès desenvolupar nous models d'optimització de la teledetecció, fent-la més precisa i aplicable en el dia a dia dels agricultors per a la presa de decisions en el maneig del conreu de l'ametller en nous models superintensius (o qualsevol conreu en el qual es posi a punt la tecnologia).

Amb tot això, s'han pogut optimitzar nous processos més tecnificats i precisos, basats en l'aplicació de la teledetecció (amb garanties LiDAR) en diferents fases fenològiques del cultiu de manera que l'agricultor té accés a la informació necessària per a la presa de les decisions més adients, tant per a optimitzar la producció del cultiu, com per a incidir en altres aspectes importants del conreu (avançar l'entrada en producció, minimitzar costos - materials i mà d'obra -, fer una gestió més sostenible del conreu principal i d'altres secundaris - ex., cobertes vegetals -, millorar rendiments productius i econòmics), així com desenvolupar una agricultura més precisa, eficient, sostenible, professional i tecnificada.

Conclusions

- Les imatges de satèl·lit de la plataforma Sentinel-2 donen millors correlacions al creuar-les amb les imatges generades mitjançant LiDAR. Necessàries per desenvolupar models de gestió a les explotacions agrícoles, en aquest cas d'ametller superintensiu.
- L'històric de l'índex NDVI dona informació per dur a terme qualsevol anàlisi espacio-temporal de l'explotació sent l'índex NDVI una variable representativa del dosser foliar i fàcilment accessible per l'agricultor.
- Els mapes de distribució espacial de l'índex NDVI del total de l'explotació, juntament amb els mapes de NDVI classificat en 3 classes (segons densitat i salut de la vegetació del cultiu), tenen una aplicació directa per l'anàlisi de la variabilitat de l'explotació i la determinació de la dosi d'acord amb el LAI per a l'aplicació de productes fitosanitaris, fertilitzants i reg.
- Els models obtinguts per al cultiu d'ametller superintensiu són específics per cada fase fenològica del cultiu (pre- i postpoda i pre- i postcollita).

Líder del Grup Operatiu

ENTITAT: ALMOND FOODS SL

Coordinador del Grup Operatiu

ENTITAT: ALMOND FOODS SL

Altres membres del Grup Operatiu (no perceptors d'ajut)

ENTITAT: UNIVERSITAT DE LLEIDA CCT

ENTITAT: GRUP COPERATIU FRUITS DE PONENT

ENTITAT: ASOCIACIÓN NACIONAL DE DESCASCADORES DE ALMENDRAS

ENTITAT: FRUPINSA

ENTITAT: AGROMILLORA

Àmbit/s territorial/s d'aplicació

PROVÍNCIA/ES	COMARCA/QUES
Lleida	Segrià

Difusió del projecte (publicacions, jornades, multimèdia...)

- [Xarxes socials](#).
- Previstes: Publicació científica, Comunicació a "15th European Conference On Precision Agriculture" (ECPA 2025) i nova difusió web en les diferents webs dels membres, que inclouran també els resultats obtinguts recentment.

Pàgina web del projecte

<https://www.grap.udl.cat/ca/recerca/projectes-dinnovacio/grup-operatiu-aei-2021/>

Altra informació del projecte

DATES DEL PROJECTE	PRESSUPOST TOTAL
Data d'inici: Juliol 2021	Pressupost total: 249.928,80 €
Data final: Setembre 2024	Finançament DACC: 113.967,53 €
Estat actual: Finalitzat	Finançament UE: 85.975,51 €
	Finançament propi: 49.985,76 €

Amb el finançament de:

Projecte finançat a través de l'Operació 16.01.01 (Cooperació per a la innovació) a través del Programa de desenvolupament rural de Catalunya 2014-2022.

Ordre ARP/113/2021, de 20 de maig, per la qual s'aproven les bases reguladores dels ajuts a la cooperació per a la innovació a través del foment de la creació de grups operatius de l'Associació Europea per a la Innovació en matèria de productivitat i sostenibilitat agrícoles i la realització de projectes pilot innovadors per part d'aquests grups, i Resolució ACC/1660/2021, de 27 de maig, per la qual es convoca l'esmentat ajut.



Generalitat de Catalunya
Departament d'Acció Climàtica,
Alimentació i Agenda Rural



Fons Europeu Agrícola
de Desenvolupament Rural:
Europa inverteix en les zones rurals