

Producció ecològica d'arròs amb tècniques de desherbatge mecànic

Núm. Expedient ARP049/19/00013

Memòria científica explicativa

Any 2020

Ajut finançat per la Generalitat de Catalunya: Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació (DARP)
dins els Ajuts per incentivar la recerca aplicada en matèria de producció agroalimentària ecològica
corresponents a 2019; amb títol Producció ecològica d'arròs amb tècniques de desherbatge mecànic; i
referència ARP049/19/00013; concedit per resolució de 08.10.2019



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Agricultura,
Ramaderia, Pesca i Alimentació**

Índex

1	Sol·licitant	3
2	Justificació	3
3	Objectius.....	3
4	Disseny experimental dels assajos	4
4.1	Descripció general dels assajos.....	4
4.2	Sòls de les parcel·les d'assaig	5
4.3	Sistema de reg.....	6
4.4	Sistema de sembra	7
4.5	Sensors i mesuradors d'humitat al sòl.....	8
5	Desenvolupament dels assajos	10
5.1	Activitats agronòmiques a la parcel·la d'assaig A	10
5.2	Activitats agronòmiques a la parcel·la d'assaig B	13
5.3	Collita.....	21
6	Estat de desenvolupament del pla de treball.....	21
7	Disseminació de la informació relacionada amb el projecte	22
8	Conclusions	28

1 Sol·licitant

L'entitat sol·licitant d'ajuts per incentivar la recerca aplicada en matèria de producció agroalimentària ecològica va ser la Universitat de Girona, concretament el Grup de Recerca en Enginyeria i Gestió del Reg de l'Escola Politècnica Superior.

Adicionalment es va comptar amb la participació i suport del Sr Albert Grassot de l'arròs Estany de Pals, la col·laboració de la Comunitat de Regants del Rec Molí de Pals i de l'AdV arròs de Pals.

2 Justificació

L'arròs és un element bàsic en la dieta de més de la meitat de la població mundial i es preveu que la seva demanda augmentarà aproximadament un 24% en els propers 20 anys (Nguyen and Ferrero, 2012). A la conca mediterrània, l'arròs es produeix en zones específiques i presenta una elevada importància tant socioeconòmica com mediambiental. Típicament es conrea en zones deltaïques, estuaris o aiguamolls, moltes de les quals són ecosistemes protegits com és el cas de la xarxa EU Natura-2000.

Actualment hi ha un gran marge de creixement per la producció d'arròs ecològic a Catalunya donat que la demanda per part del mercat europeu i local és superior a la producció. Un dels problemes fonamentals en la producció d'arròs és el control de les males herbes, especialment en el cas del conreu ecològic: en conreu convencional normalment representa un 30% dels costos de producció. A més, cal tenir en compte la creixent resistència de les males herbes als herbicides utilitzats i la progressiva restricció normativa en la seva aplicació. Aquest problema s'agreuja en el cas de la producció ecològica, donat que les limitacions en l'ús de productes fitosanitaris permetos obliga a realitzar desherbatge manual amb el consegüent impacte en els costos de producció.

En aquest sentit, el desherbatge mecànic es presenta com una bona opció donat que és una tècnica àmpliament utilitzada en el cultiu ecològic de diferents tipus de conreus extensius amb molt bons resultats (ITAB, 2012).

El problema del desherbatge mecànic en arròs està lligat al sistema de cultiu, ja que les condicions de sembra tradicional, en eixam i amb reg per inundació, limiten la seva utilització. Per aquest motiu aquest desherbatge ha d'estar associat a un canvi en el maneig del cultiu, sembrant a línies i mantenint el camp sense inundar en els primers estadis del cultiu (sembra en sec), o bé sembrant a línies i utilitzant un sistema de reg diferent, com pot ser el degoteig enterrat (SDI). Aquest darrer representa una innovació en el cultiu de l'arròs que ha demostrat millorar l'eficiència en l'ús d'aigua i nitrogen (Sidhu et al., 2019) a més de reduir la demanda energètica i les emissions de CO₂ (Coltro et al., 2017).

En condicions d'inundació, quantitats significatives de nutrients i fitosanitaris poden percolar amb els consegüents efectes sobre la qualitat de les aigües subterrànies (Katoh et al., 2004), fet que és especialment rellevant en zones classificades com a vulnerables a determinades espècies químiques com nitrats. La introducció de tècniques agronòmiques que permetin reduir l'aplicació d'adobs i herbicides, per tant, contribueix tant en garantir la viabilitat econòmica de l'explotació com en preservar la qualitat de les aigües subterrànies.

En el projecte que es va proposar es plantejaven solucions pel desherbatge eliminant les aportacions de productes químics i substituint-les per mètodes exclusivament mecànics.

3 Objectius

L'objectiu principal de l'activitat proposada era avaluar la viabilitat del control mecànic de les males herbes en el cultiu de l'arròs.

L'activitat pretenia:

- ✓ Validar tècnicament la producció d'arròs ecològic amb desherbatge mecànic en una parcel·la comercial certificada amb reg per inundació i sembra directa, amb la finalitat de ser una opció de maneig complementària a les tècniques tradicionals que ja s'utilitzen.

- ✓ Validar tècnicament la producció d'arròs amb desherbatge mecànic en una parcel·la amb reg per degoteig enterrat i sembra directa.
- ✓ Avaluar la viabilitat econòmica del cultiu utilitzant les tècniques proposades i comparar els rendiments obtinguts amb els cultius en què s'apliquen herbicides.

Tot i que l'objectiu general del projecte era avaluar la viabilitat del control mecànic de les males herbes en el cultiu de l'arròs calia considerar a més tots els elements del medi que condicionen la producció.

L'estratègia bàsica es centrava en la gestió de l'aigua i el control mecànic però també incloïa el maneig de nutrients, plagues i malalties que afecten a l'equilibri agro-ecosistèmic. Per tal de donar resposta a la necessitat dels productors d'arròs de Pals es proposà un enfocament doble. Per una banda s'aportava una millora incremental a la producció tradicional d'arròs ecològic (Assaig A) i per altra es va analitzar la viabilitat d'una aproximació més disruptiva centrada en la implementació de noves tecnologies de reg per degoteig enterrat (Assaig B). Cadascun d'aquests enfocaments es va desenvolupar en un assaig ubicat en parcel·les diferents.

4 Disseny experimental dels assajos

En aquest apartat es descriu detalladament les activitats realitzades en el marc de l'activitat.

4.1 Descripció general dels assajos

Es van realitzar les activitats de recerca en dues parcel·les experimentals, una de 0,3168 ha (assaig A, Figura 1) i l'altra de 0,6404 ha (assaig B, Figura 1) a la zona productora d'arròs Pals. La primera era una parcel·la certificada en què s'està produint arròs ecològic, amb reg per inundació; la segona era una parcel·la equipada amb un sistema de reg per degoteig enterrat.



Figura 1.- Localització de les parcel·les a la zona productora d'arròs de Pals (Googlemaps, 2018).

4.2 Sòls de les parcel·les d'assaig

A la Taula 1 es presenten les característiques físiques del sòl i el contingut de nutrients de les parcel·les d'assaig. La parcel·la A es va mostrejar al juny de 2020 i la parcel·la B es va mostrejar el gener de 2020 (Taula 1).

Taula 1.- Característiques físico-químiques del sòl a les parcel·les d'assaig A i B

Paràmetre	Unitat	Assaig A			Assaig B
Profunditat de mostreig	cm	0 - 20	20 - 40	40 - 60	0 - 20
Matèria orgànica oxidable	%	2,63	2,12	1,26	4,00
Conductivitat elèctrica 25°C ext. 1:5 H ₂ O	dS/m	0,228	0,207	0,183	0,443
Sorra	%	46,0	38,0	38,0	6,5
Llim	%	20,0	20,8	24,0	53,4
Argila	%	34,0	41,2	38,0	40,1
Textura	-	Franco-argil·lo-arenosa	Argilosa	Franco-argilosa	Argil·lo-llimosa
Contingut d'aigua a saturació	% Vol	45	49	45	68
Contingut d'aigua a -33kPa	% Vol	23	20	22	39,9
Contingut d'aigua a -1500 kPa	% Vol	8	9	8	24,3
CE p.s.	dS/m	1,51	-	-	2,29
CE ext. 1:5	dS/m	0,228	-	-	0,393
S.A.R. p.s.		1,4	-	-	2,6
pH p.s.	-	8,4	-	-	8,5
Nitrogen org. total (N _{Kjeldahl})	% s.m.s.	0,178	-	-	0,211
Nitrogen nítric (N-NO ₃)	mg/kg s.m.s.	<0,2	-	-	5,9
Fòsfor (P _{Olsen})	mg/kg s.m.s.	54	-	-	33
Potassi (K) _{ac. amònic}	mg/kg s.m.s.	155	-	-	195
Potassi (k) _{p.s.}	meq/l	0,45	-	-	0,307
Calci (Ca) _{ac. amònic}	mg/kg s.m.s.	6749	-	-	8280
Calci (Ca) _{p.s.}	meq/l	9,0	-	-	16,9
Magnesi (Mg) _{ac. amònic}	mg/kg s.m.s.	232	-	-	545
Magnesi (Mg) _{p.s.}	meq/l	2,05	-	-	5,8
Sodi (Na) _{ac. amònic}	mg/kg s.m.s.	80	-	-	150
Sodi (Na) _{p.s.}	meq/l	3,41	-	-	8,9
Clorurs (Cl ⁻) _{p.s.}	meq/l	4,	-	-	4,9
Sulfats (SO ₄ ²⁻) _{p.s.}	meq/l	8,4	-	-	19,9
Carbonats (CO ₃ ²⁻) _{p.s.}	meq/l	0,7	-	-	0,9
Bicarbonats (HCO ₃ ⁻) _{p.s.}	meq/l	4,0	-	-	4,6
Cadmi (Cd) _{ext. àcid}			-	-	<0,05
Arsènic (As) _{ext. àcid}			-	-	25

Les parcel·les A i B presenten textures diferenciades, la parcel·la A granulometria gruixuda i la B fina. Cap dels valors corresponents als paràmetres analítics mostra rellevància especial, a excepció de l'elevat contingut en matèria orgànica del sòl B.

4.3 Sistema de reg

La parcel·la A amb reg per inundació, disposava d'un bombament accionat per un motor de combustió que impulsava l'aigua des d'un canal de reg secundari de la Comunitat de Regants del Rec del Molí de Pals fins a l'entrada a la parcel·la, des d'on es distribuïa lliurement. El maneig del reg va ser a criteri de l'arrossaire que gestionava el camp. La quantificació de l'aigua aportada es va mesurar inicialment a partir d'un comptador volumètric, però problemes de funcionament per obturació ocasionada per les restes vegetals presents a l'aigua de reg van obligar a estimar el volum d'aigua aplicat a partir de les hores de funcionament del motor i el cabal mesurat en moments puntuals. A la Figura 2 es poden veure els elements del sistema de reg de la parcel·la A.



Figura 2.- Bombament i entrada d'aigua a la parcel·la d'assaig A.

La parcel·la B tenia instal·lat un sistema de reg per degoteig enterrat amb 4 subparcel·les experimentals (anomenades sectors a la Figura 3). Per minimitzar l'efecte vorera es va deixar una franja perimetral sense conreu. Els laterals de reg estaven enterrats a 15 cm de profunditat amb degoters integrats autocompensants de 1 l/ha de cabal d'emissió i espaiats 30 cm. Les separacions entre laterals van ser de 38 cm i 76 cm, segons la subparcel·la experimental.

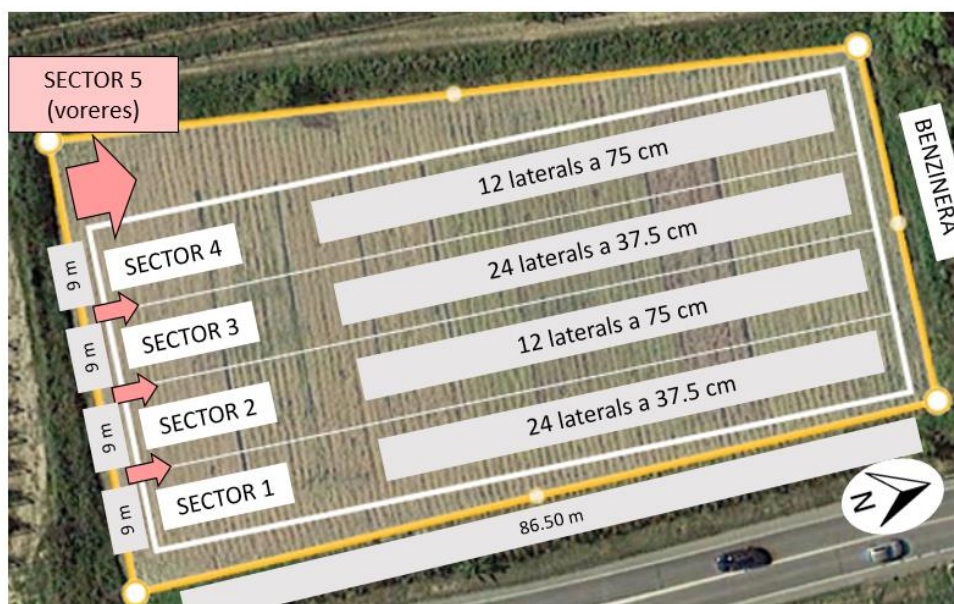


Figura 3.- Esquema reg amb laterals enterrats a l'assaig B Els laterals estan separats 37.5 cm i 75 cm.

4.4 Sistema de sembra

Les parcel·les A i B es van sembrar en sec amb una sembradora que es va dissenyar a partir de l'experiència i necessitats detectades per l'arrossaire. Es va partir d'una transplantadora amb dosificació d'adob granular que es va modificar per a poder distribuir la llavor d'arròs (Figura 4), els rodets dosificadors de llavor permetien mantenir la dosi de sembra independentment de la velocitat d'avançament per mitjà d'una roda que accionava el mecanisme de distribució de la llavor. A la part del darrera de la màquina s'hi van acoblar 6 braços de sembra separats 30 cm entre ells. Els braços de sembra disposaven d'una bota de sembra de doble disc que obria el solc on es dipositava la llavor minimitzant el risc d'embossament en presència de residus vegetals. Finalment, darrera

els discos de sembra, hi havia un roda per cobrir el solc on es dipositava la llavor i d'aquesta manera afavorir la germinació.



Figura 4.- Sembradora utilitzada per a la sembra de les parcel·les d'assaig.

4.5 Sensors i mesuradors d'humitat al sòl

A la parcel·la d'assaig A es van instal·lar sondes d'humitat al sòl per tal de determinar el contingut d'aigua a les profunditats de 5, 15, 25, 35, 45 i 55 cm: les sondes, Drill & Drop probe de Sentek (Stepney, Austràlia) registraven en continu.

A la parcel·la B també es va realitzar un seguiment en continu del contingut d'aigua al sòl, en aquest cas amb sonda 10 HS de Meter Group (Pullman, Estats Units). Els punts de mesura detallats es mostren a la Figura 5.

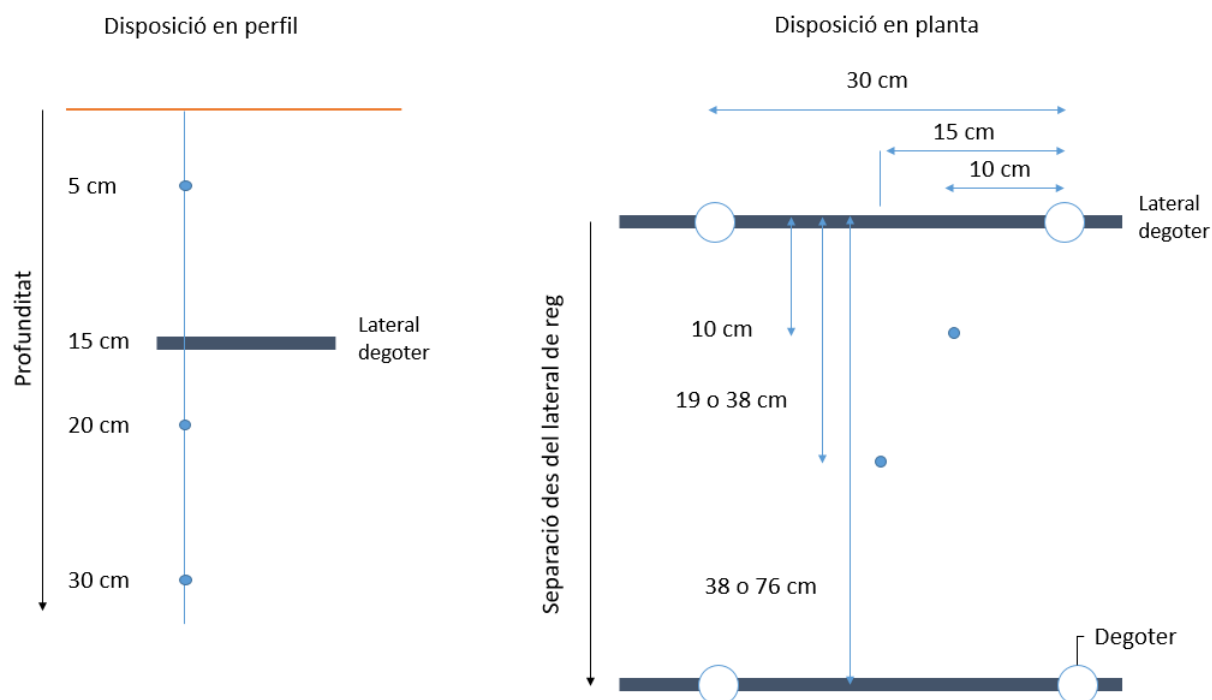


Figura 5.- Disposició de les sondes de contingut d'aigua al sòl en l'assaig B

L'estació meteorològica que el Grup de Recerca d'Enginyeria i Gestió del Reg tenia instal·lada a la parcel·la B (Figura 6) va enregistrar en continu la precipitació, humitat ambiental, radiació solar, velocitat i direcció del vent, temperatura ambiental i evapotranspiració de referència.



Figura 6.- Estació meteorològica instal·lada a la parcel·la d'assaig B

5 Desenvolupament dels assajos

5.1 Activitats agronòmiques a la parcel·la d'assaig A

SEMBRA

Després de la preparació del sòl, el dia 1 de juny de 2020 es va sembrar la parcel·la amb la varietat Akita Komachi a la dosi de sembra de 130 kg/ha i tal i com s'ha descrit a una separació de 30 cm entre línies de sembra.

FERTILITZACIÓ

La fertilització realitzada en aquesta parcel·la va ser amb una aplicació d'adob de fons consistent en un compost orgànic amb microorganismes. Concretament es varen aportar 15 kg/ha de Nitrogen (N), 16 kg/ha de fòsfor (P_2O_5) i 13 kg/ha de potassi (K_2O). No es va realitzar adobat de cobertura perquè el sòl presentava uns nivells de nutrients elevats (Taula 1).

APORTACIÓ D'AIGUA

Es va realitzar el primer reg per inundació el dia 37 després de la sembra de l'arròs. El criteri de reg va ser de mantenir una làmina d'aigua d'uns 10 cm sobre el nivell del terreny.

Es va estimar el volum d'aigua aplicat a partir del número de regs i el temps de reg i el cabal proporcionat per la bomba de reg segons es descriu en l'apartat Sistema de reg 4.3 (Sistema de reg).

El volum total d'aigua de reg aplicat es va estimar en 9008 m³/ha, amb una aportació addicional de 1316 m³/ha de la pluja. A la Figura 7 s'observa l'evolució del volum d'aigua aportat i la ETc, determinada a partir de les dades recollides per l'estació meteorològica. S'observa que fins el dia 37 després de sembra, que és quan es realitza el primer reg, no es va arribar a cobrir la ETc del cultiu.

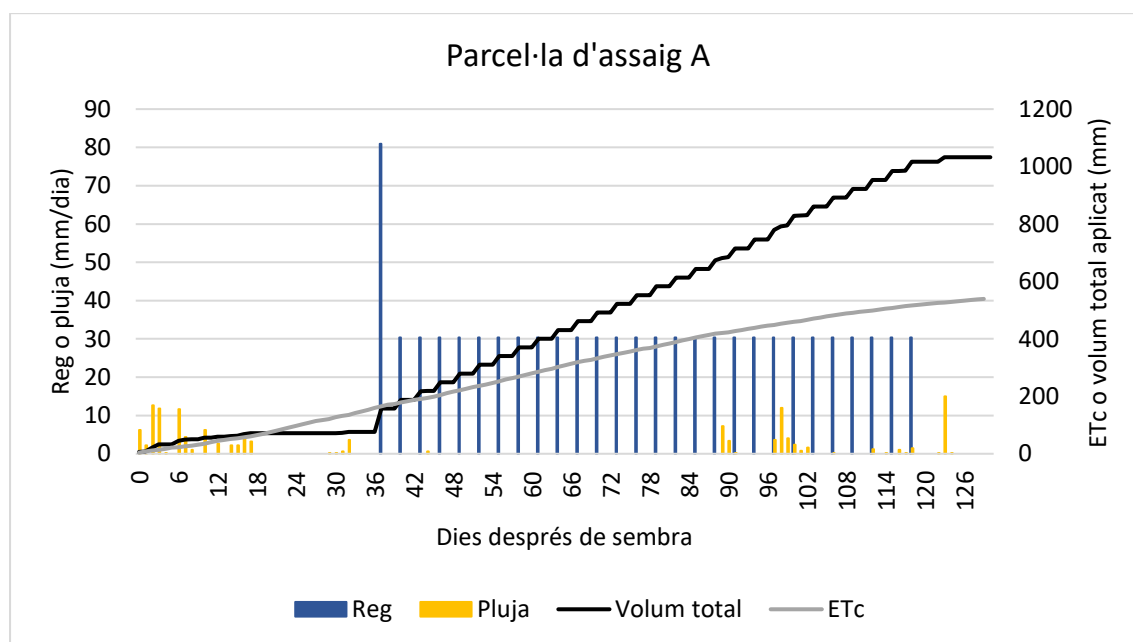


Figura 7.- Aportació d'aigua i ETc a la parcel·la d'assaig A.

A la Figura 8 es mostra el contingut d'aigua volumètric del sòl a les profunditats de 5, 15, 25, 35, 45 i 55 cm. S'observa que a partir de 15 cm de profunditat la humitat es va mantenir molt estable durant tot el període de cultiu.

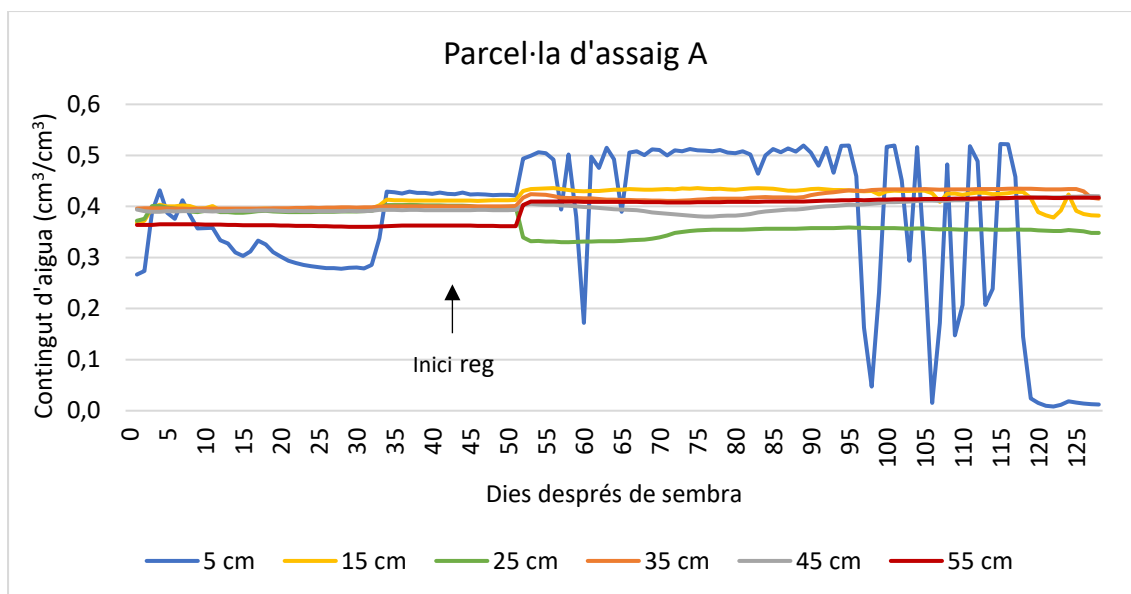


Figura 8.- Contingut d'aigua al sòl a la parcel·la d'assaig A.

DESHERBATGE MECÀNIC

A partir de les tècniques pel control de les males herbes en condicions d'inundació utilitzada al Japó, es va redissenyar una eina per adaptar-se a les condicions locals (Figura 9). Aquesta, permetia treballar a la zona d'entre les línies de l'arròs quan la separació és prou gran. En l'assaig es va sembrar a una separació entre línies de 30 cm per permetre poder realitzar el control mecànic sense malmetre el cultiu.

La part davantera de l'eina constava d'un patí que permetia tenir un punt de suport i ajaure la mala herba. Darrera el patí, es van disposar dos rodets troncocònics amb ganivetes inserides al seu voltant de manera que quan s'avançava giraven en sentit contrari produint un efecte d'esmicolament de la mala herba.

Es van realitzar les primeres proves de funcionament amb accionament manual de l'eina el dia 20 de juliol de 2020, amb el camp inundat tal i com s'observa a la Figura 10. Durant tot el mes de juliol es va anar passant aquesta màquina manual per les zones on es van detectar males herbes, fent aproximadament 3 passades complertes per tot el camp.



Figura 9.- Eina expressament desenvolupada per al desherbatge mecànic en moll a la parcel·la d'assaig A



Figura 10.- Desherbatge mecànic realitzat en moll a la parcel·la d'assaig A

Taula 2.- Recompte de males males herbes en el cultiu de l'arròs de la parcel·la de l'assaig A

Data	Dies després de la sembra	<i>Cyperus difformis</i> (plantes/m ²)	<i>Echinochloa oryzae</i> (plantes/m ²)	Arròs salvatge (plantes/m ²)	Total males herbes (plantes/m ²)	% cobertura males herbes
30/07/2020	69	92 (± 53)	0 (± 0)	0 (± 0)	92 (± 53)	12 (± 6)
12/08/2020	72	32 (± 18)	1 (± 3)	1 (± 1)	34 (± 18)	7 (± 3)

Amb la col·laboració del Servei d'Agricultura i la Secció de Sanitat Vegetal de Girona i l'A.D.V. de l'Arròs de Pals, es va fer un control de les males herbes el dia 30 de juliol, quan s'havia realitzat la primera passada de l'eina, i un segon el dia 12 d'agost, després de finalitzar les tasques de desherbatge en moll amb l'eina. D'entre les plantes identificades, la que va tenir una major presència va ser la *Cyperus difformis*, que presentava densitats properes a les 90 plantes/m², i amb el desherbatge mecànic es va reduir fins a prop de 35 plantes/m² (Figura 11).

Tot i l'aparent reducció en la densitat de plantes, la fracció de sòl que aquestes cobrien va resultar ser molt baixa en els dos recomptes (Figura 12), segurament degut a la pròpia morfologia de la planta i als baixos estadis de desenvolupament en els que es trobava en el primer recompte.

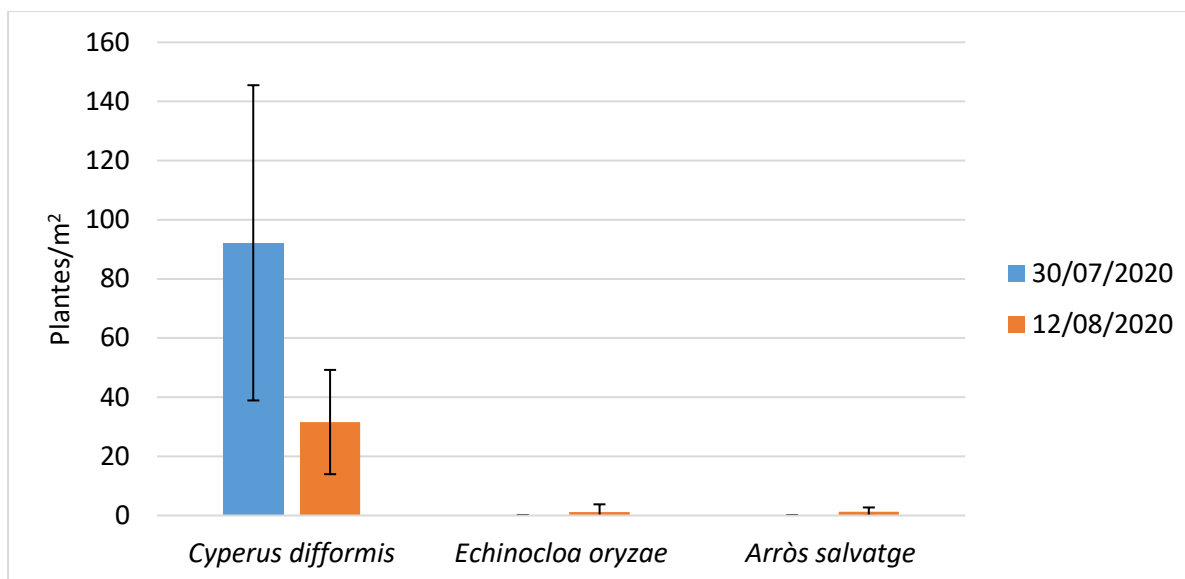


Figura 11.- Densitat de males herbes en els dos recomptes realitzats en la parcel·la d'assaig A, en data 30 de juliol i 12 d'agost

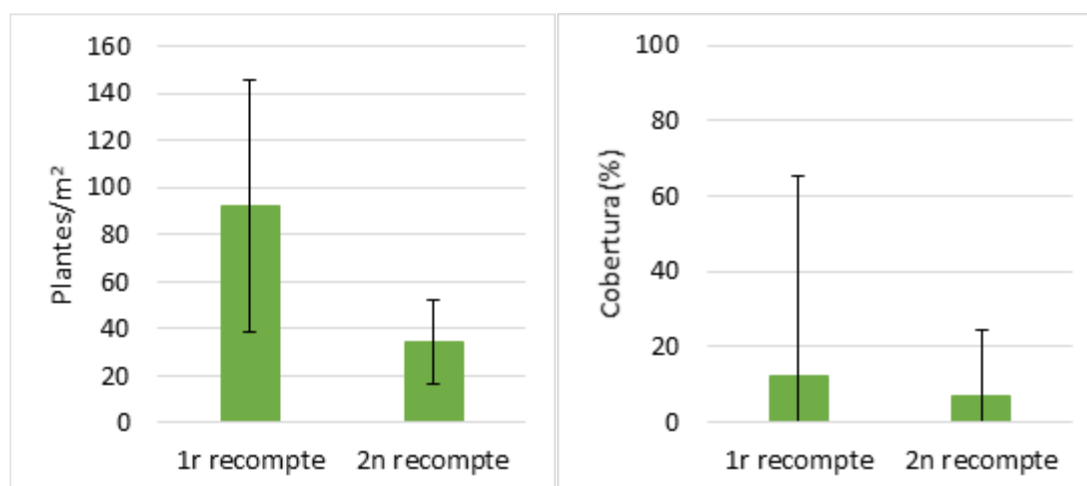


Figura 12.- Densitat de males herbes (gràfic esquerre) i fracció del sòl coberta per les males herbes (gràfic dret) en els dos recomptes realitzats en la parcel·la d'assaig A, en data 30 de juliol i 12 d'agost

5.2 Activitats agronòmiques a la parcel·la d'assaig B

SEMBRA

La sembra es va realitzar el dia 2 de juny de 2020 en sec amb la sembradora modificada amb la varietat Bahia, després de preparar el llit de sembra a una dosi de 130 kg/ha i 30 cm de separació entre línies de sembra.

FERTILITZACIÓ

A la parcel·la de l'assaig B, i segons els valors observats dels nutrients al sòl a inici d'any (2020) (Taula 1) es va considerar que no s'havia de realitzar adobat de fons en fòsfor i potassi.

Com que la parcel·la d'assaig disposava d'un sistema de fertirrigació es va adobar el cultiu segons la periodificació mostrada a la Figura 13, amb un complex nutricional líquid anomenat Organia Biofuerza líquido stability (8-2-3) més un 2% d'aminoàcids aportats amb Efishoil supèrbia de Fertinagro. La barreja resultant va tenir un contingut equivalent a un 10 -3-3. Les aportacions totals a la parcel·la d'assaig B a data 14 de setembre de 2020 van ser de 150 Kg/ha de Nitrogen (N), 55 kg/ha de Fòsfor (P_2O_5) i 75 Kg/ha de Potassi (K_2O) (Figura 14).

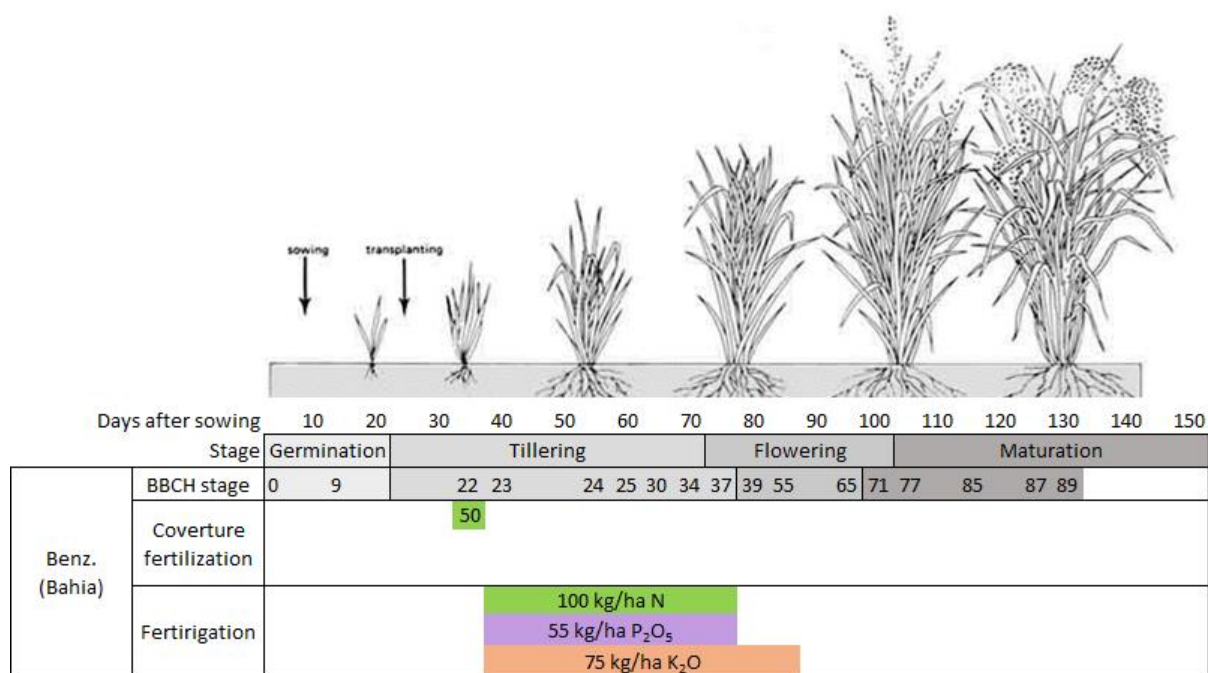


Figura 13.- Fertilització realitzada a la fertirrigació en la parcel·la d'assaig B.

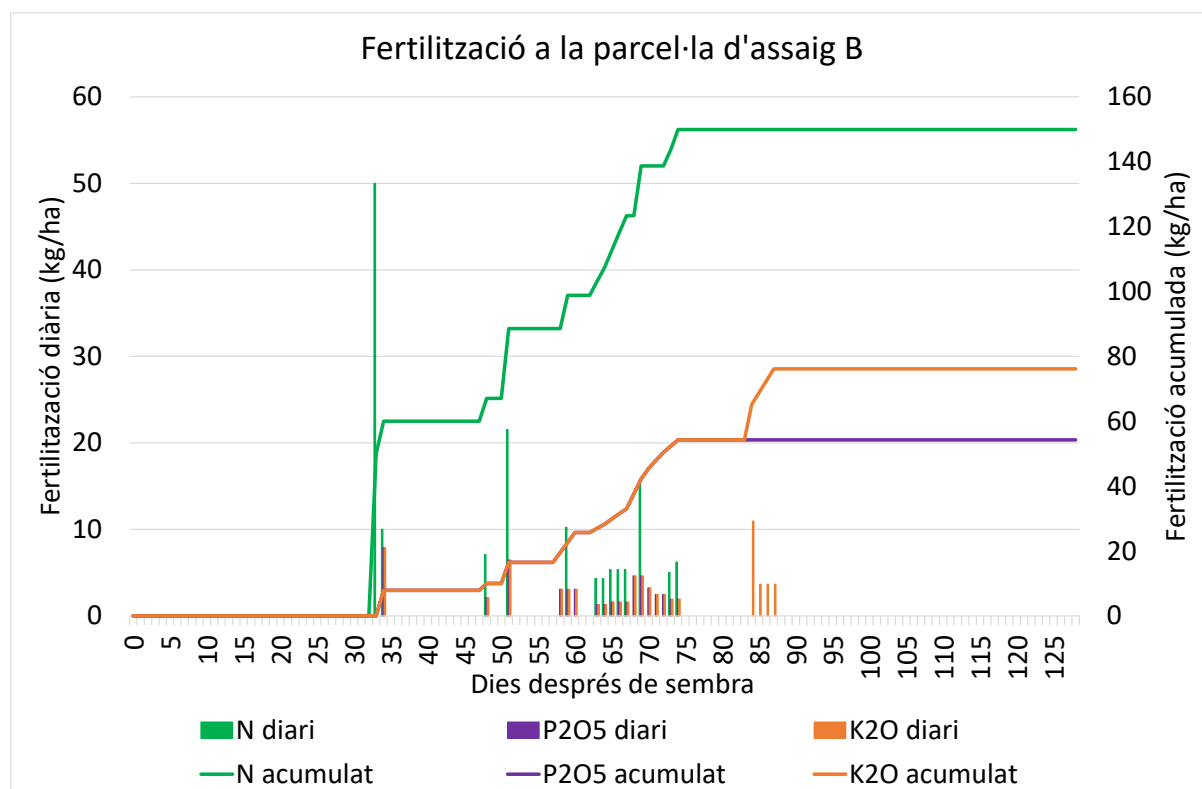


Figura 14.- Aportació de fertilitzant a la parcel·la d'assaig B.

A més a més, el dia 19 de juny de 2020, al dinovè dia després de la sembra, es va aplicar d'adob foliar per aportar aminoàcids i micronutrients (Shift, 2,67 l/ha)

TRACTAMENTS FITOSANITARIS

Tot i que el plantejament inicial era que a la parcel·la d'assaig B també es realitzaria un maneig segons els criteris d'agricultura ecològica, tal i com s'observa a Taula 3, es van realitzar tractaments herbicides i fungicides. Es va prendre la decisió de realitzar tractaments químics no autoritzats en agricultura ecològica per reduir la forta pressió de les males herbes i evitar perdre el cultiu i l'assaig. Aquesta decisió es va prendre després d'analitzar l'historial de la parcel·la i evitar el que havia succeït en els assajos del 2019, on el desconeixement en la utilització de les tècniques de desherbatge mecànic i les baixes eficiències de reducció de males herbes, juntament amb la forta pressió del banc de llavors present al sòl, van impedir el desenvolupament del cultiu d'arròs i van donar un avantatge competitiu a les males herbes que va ser irreversible. Finalment, i seguint les recomanacions dels tècnics de la Unitat de Malherbologia del Servei de Sanitat Vegetat, l'agost de 2019 es va desbrossar el cultiu, per evitar al màxim la incorporació de llavors de les males herbes al sòl. Així doncs, amb l'aplicació puntual d'herbicides es va realitzar un cert control de les males herbes que es pretenia complementar amb el desherbatge mecànic.

Taula 3.- Tractaments fitosanitaris aplicats en el camp d'assaig B.

Data	Dies després de la sembra	Tractament	Productes
21/05/2020	-12	Herbicide	Touchdown 7 l/ha (Glifosat 36%) MCPA 1 l/ha (MCPA 50%) Dash 1 l/ha (Metil oleat/Metil palmitat 34,8%)
21/06/2020	19	Herbicide	Clincher Plus 6,2 l/ha (Cihalofof-butyl 20%) Dash 0,89 l/ha (Metil oleat/Metil palmitat 34,8%) Londax 89 g/ha (Bensulfuron-metil 60%) Shift 2,67 l/ha (aminoàcids, NPK, micronutrients...)
08/07/2020	36	Herbicide	Viper Max 3,4 l/ha (Penoxsulam 1,33% + Cyhalofof-butyl 10%) Loyant 1,5 l/ha (Florpyrauxifen benzyl 2,5%)
02/09/2020	92	Fungicide	Amistar Top 1 l/ha (Azoxistrobin 20% + Difenconazol 12,5%)

APORTACIÓ D'AIGUA

Des de la sembra fins a l'emergència del cultiu, es varen aplicar entre un i dos regs al dia amb el criteri de saturar el sòl en superfície. El temps de reg es fixava a partir de les dades de contingut d'aigua al sòl mesurat de manera continua per les sondes instal·lades. Les mesures de les sondes es contrastaven amb inspeccions regulars al camp almenys dues vegades cada setmana. Això permetia valorar si el que mesuraven les sondes era extrapolable a la resta del camp.

El volum d'aigua de reg aplicat durant la campanya de reg, que es va allargar fins el 6 d'octubre, va ser de 7432 m³/ha i l'aportació per la pluja de 1254 m³/ha.

A la Figura 15 s'observa l'evolució dels volums d'aigua de reg i pluja i l'ETc. S'observa que gairebé sempre es va arribar a cobrir la ETc del cultiu. El dia 36 després de la sembra es va realitzar un tractament herbicide (Taula 3) i els dies 37 i 38 es va inundar el camp d'assaig per afavorir l'activitat del producte aplicat. Del dia 56 al 62 es van augmentar les dosis de reg arribant a 150-170 m³/ha/dia, necessaris perquè l'aigua arribés a la superfície. Posteriorment, entre el dia 62 i 82 després de sembra es varen aplicar dosis de reg de 80 a 100 m³/ha/dia per tal de mantenir el contingut d'aigua a valors de saturació a la profunditat de 5 cm, tant en la posició propera al lateral com entre laterals (Figura 17). A partir del dia 83 s'asseca el camp per poder entrar a desherbar mecànicament.

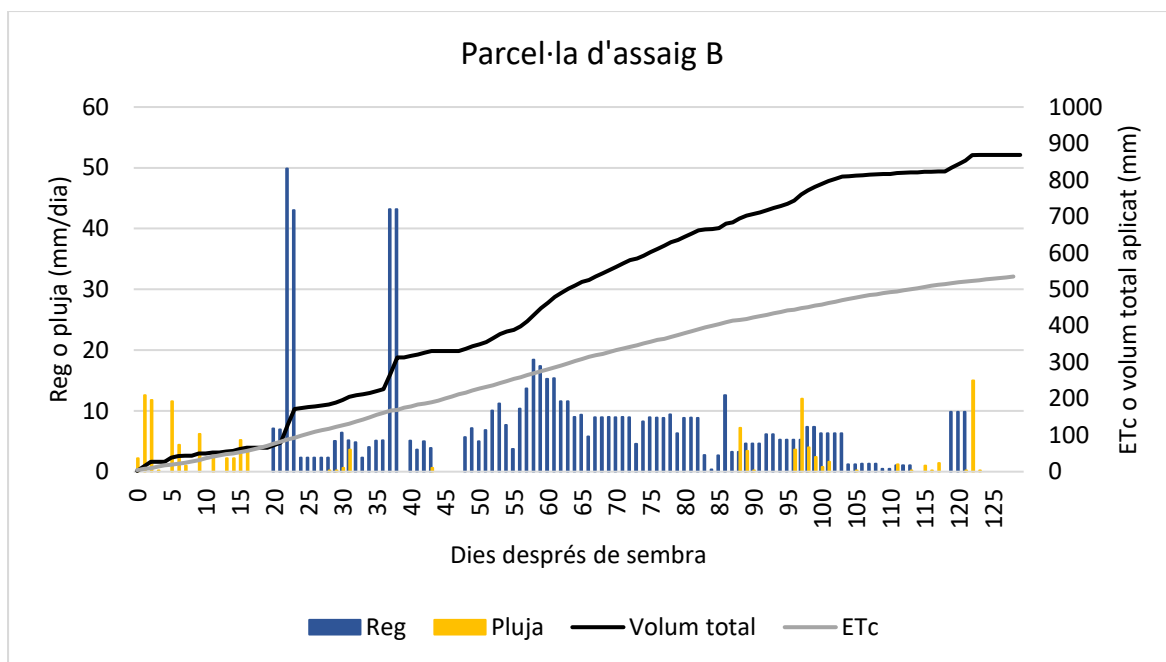


Figura 15.- Comparació entre les necessitats d'aigua del cultiu (ETc) i l'aigua aportada a la parcel·la B

A la Figura 16 i Figura 17 es mostra l'evolució del contingut volumètric d'aigua al sòl a les profunditats de 5, 22 i 32 cm, tant a sobre de la línia de sembra com entre línies, mesurat i registrat amb les sondes 10HS de Meter Group (Pullman, Estats Units). Es disposava de sondes al sector 3 i sector 4, amb separacions de 38 i 76 cm entre laterals respectivament. S'observa que el contingut d'aigua al sòl es va mantenint força estable durant tot el període de cultiu, llevat dels moments puntuals d'inundació o assecat del camp. La parcel·la va quedar inundada els dies 22 i 23 després de la sembra degut a l'entrada inesperada d'aigua de reg procedent d'un camp veí. Aquesta inundació no programada va permetre comprovar l'efecte beneficiós de la inundació en el control de la mala herba. S'observa també les variacions del contingut d'aigua degudes a la segona inundació realitzada a la parcel·la en els dies 36 i 37 realitzada amb l'objectiu, tal i com s'ha descrit anteriorment, de complementar l'efecte del tractament herbicida. També destaquen les disminucions de contingut d'aigua al sòl provocades per una reducció en les dosis de reg a fi d'assecat el sòl i permetre el pas de la maquinària per al tractament mecànic de les males herbes.

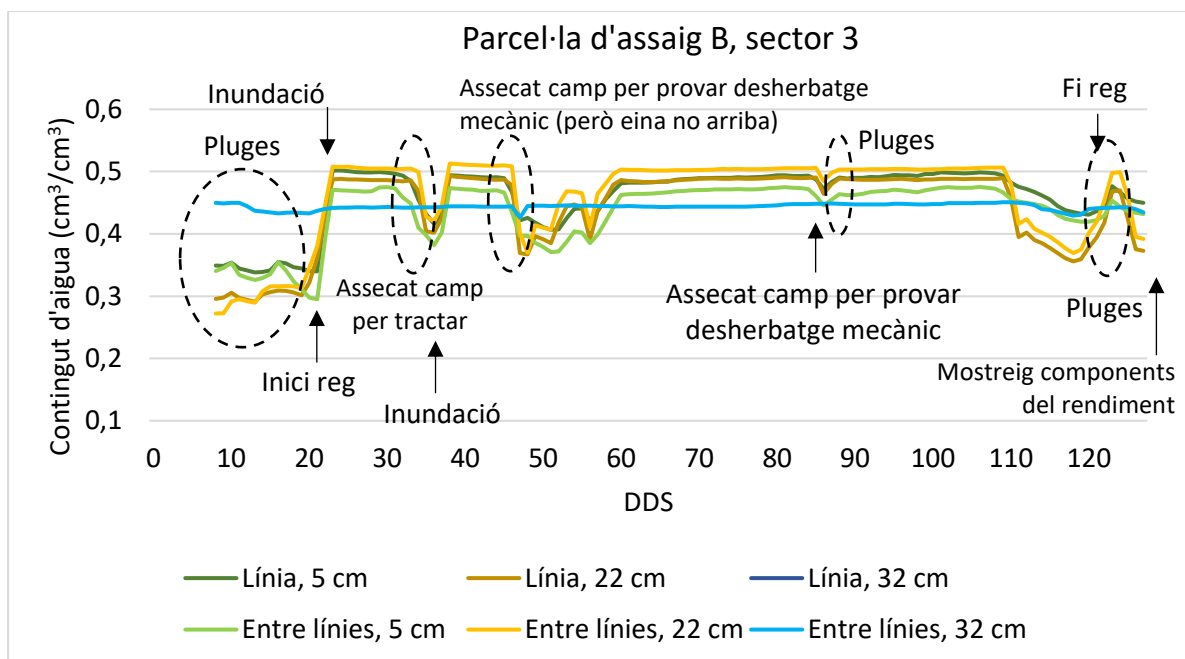


Figura 16.- Contingut d'aigua al sòl (%) enregistrat per les sondes del sector 3 de la parcel·la d'assaig B.

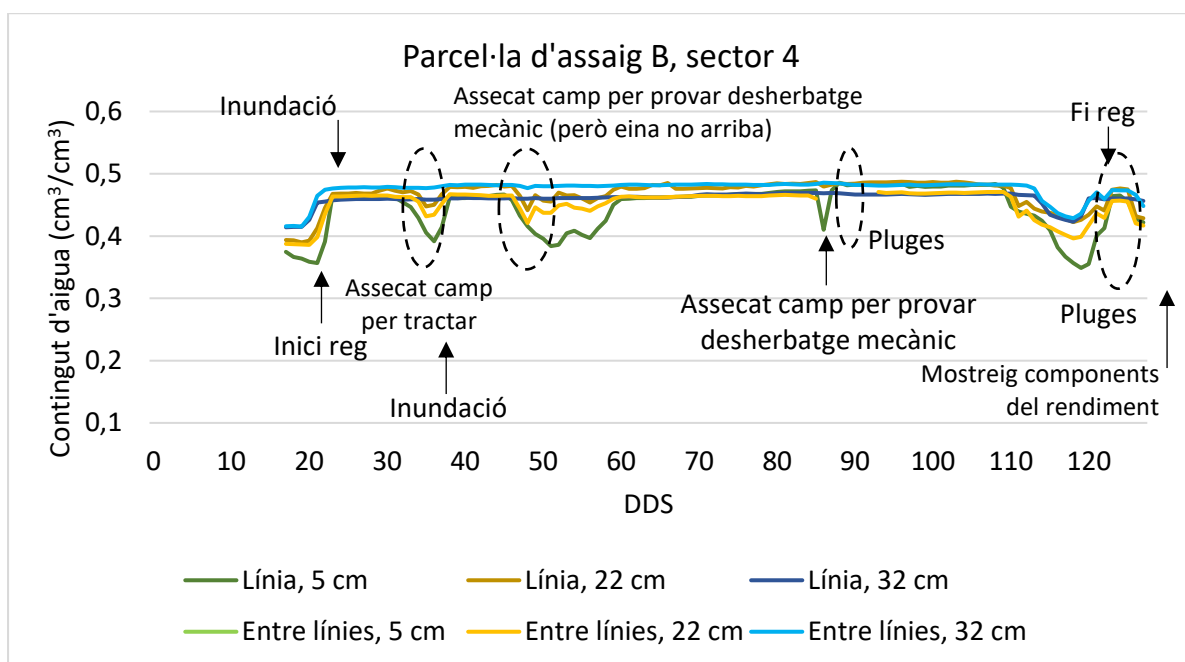


Figura 17.- Contingut d'aigua al sòl (%) enregistrat per les sondes del sector 4 de la parcel·la d'assaig B.

DESHERBATGE MECÀNIC

Es va desenvolupar una eina per tal de realitzar el desherbat mecànic en arròs cultivat amb reg per degoteig enterrat. Aquesta eina es va adaptar al bastidor de la sembradora per a treballar exactament en la zona entre línies de conreu i no afectar les plantes. L'eina consistia en relles separades a 30 cm cadascuna d'elles amb dues aletes amb forma triangular i amb un lleuger angle d'atac en el sòl per afavorir que es clavessin en el terreny i tallessin la mala herba.

El 2 de juliol es van provar les relles passant-les manualment i van mostrar bona efectivitat en un sòl solt i sense encrostament (Figura 18). Posteriorment, el 28 d'agost de 2020, es va fer una prova amb les relles muntades al bastidor on es va observar que l'eina no es clavava bé i no presentava la mateixa efectivitat que en la prova

anterior en terreny solt (Figura 19 i Figura 20). Degut a aquesta limitació, és important millorar el disseny de manera que es pugui variar l'angle d'atac per tal que les relles puguin clavar-se bé en terrenys encrostats (Figura 21).



Figura 18.- Prova amb accionament manual de la rella dissenyada per al desherbatge mecànic en arròs amb degoteig enterrat.



Figura 19.- Vista lateral de l'eina per a desherbar mecànicament l'arròs cultivat amb reg per degoteig enterrat.



Figura 20.- Vista posterior de l'eina per a desherbar mecànicament l'arròs cultivat amb reg per degoteig enterrat.



Figura 21.- Detall del posicionament en el cultiu de l'eina per a desherbar mecànicament l'arròs cultivat amb reg per degoteig enterrat.

També es varen realitzar avaluacions del grau d'afectació per males herbes a la parcel·la d'assaig B en dos moments del cultiu amb la col·laboració del Servei d'Agricultura i la Secció de Sanitat Vegetal de Girona i l'A.D.V.

de l'Arròs de Pals. Les espècies identificades per al recompte van ser *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa oryzae*, *Echinochloa crus-galli* i *Cyperus difformis*.

Tal i com s'ha indicat a l'apartat corresponent l'últim tractament herbicida es va fer el dia 08/07/2020 i entre els dos moments de recompte, no es va realitzar cap tipus de tractament per les males herbes.

Taula 4.- Recompte de males herbes en el cultiu de l'arròs de la parcel·la de l'assaig B.

Data	Dies després de la sembra	<i>Digitaria sanguinalis</i> (plantes/m ²)	<i>Echinochloa oryzae</i> (plantes/m ²)	<i>Echinochloa crus-galli</i> (plantes/m ²)	<i>Cyperus difformis</i> (plantes/m ²)	Total herbes (plantes/m ²)	Cobertura herbes (%)
30/07/2020	58	16 (± 25)	7 (± 7)	6 (± 7)	12 (± 31)	41 (± 29)	21 (± 23)
12/08/2020	71	25 (± 15)	6 (± 7)	9 (± 9)	4 (± 8)	44 (± 25)	10 (± 8)

A la Figura 22 es presenten les dades del recompte en funció de l'espècie i, a la Figura 23, es mostra la densitat general i el percentatge de cobertura de les males herbes.

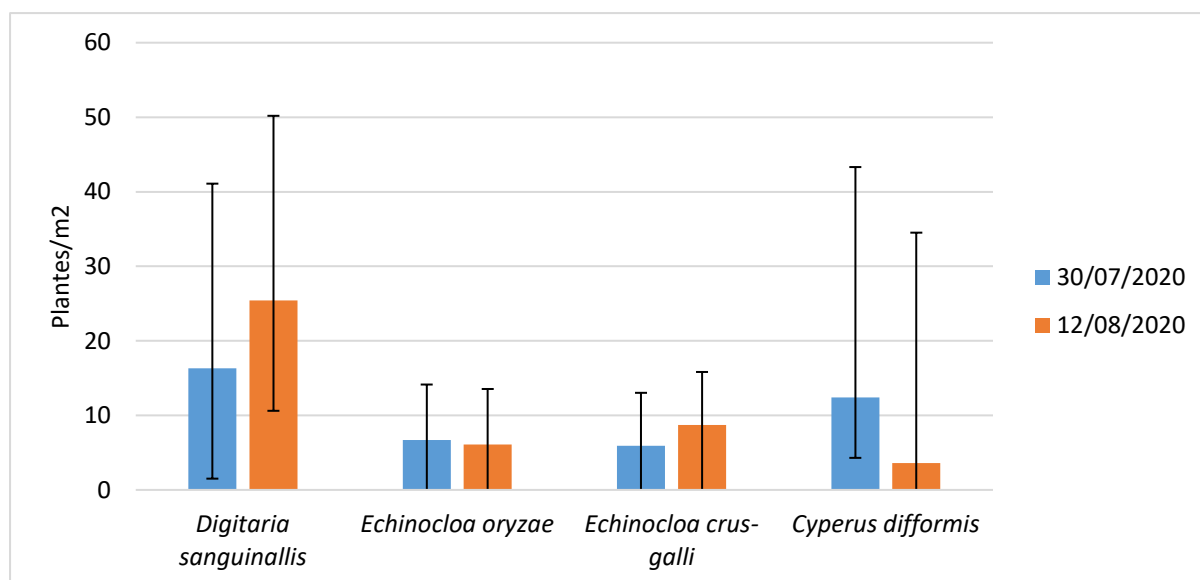


Figura 22.- Densitat de males herbes descrit per espècies en els dos recomptes realitzats en la parcel·la B, en data 30 de juliol i 12 d'agost.

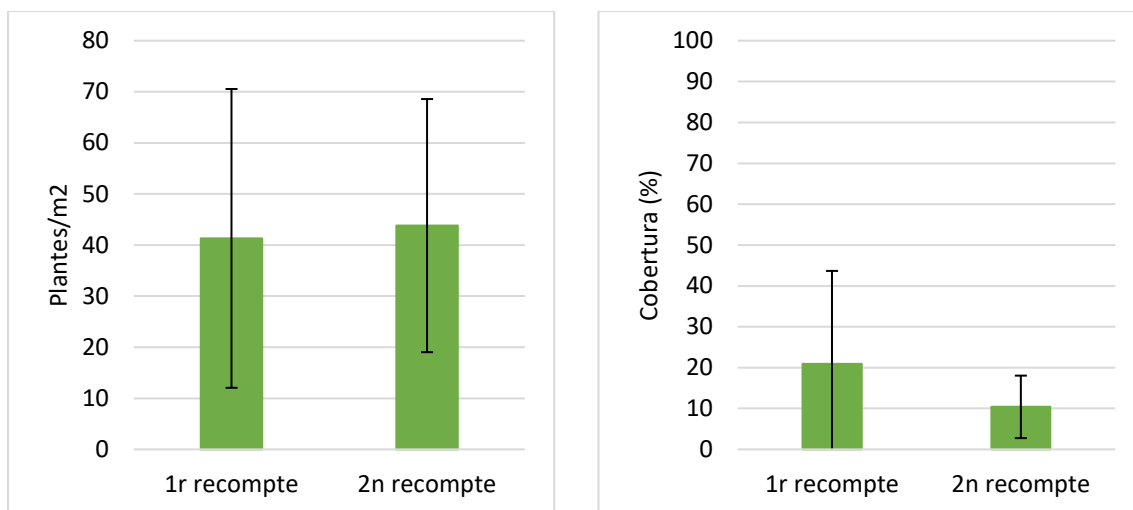


Figura 23.- Densitat de males herbes (gràfic esquerre) i fracció del sòl coberta per les males herbes (gràfic dret) en els dos recomptes realitzats en la parcel·la B.

Els tractaments herbicides van permetre reduir les densitats de mala herba fins a unes 45 plantes/m². L'*Echinochloa* no va presentar diferències entre els dos recomptes, mentre que *Digitaria* va presentar un lleuger increment i *Cyperus* una lleugera disminució. Entre les dues dates va coincidir que el camp va estar uns dies en condicions d'inundació de manera que aquest fet podria indicar que la *Digitaria* s'adaptaria millor a les condicions d'inundació mentre que *Cyperus* no.

5.3 Collita

El dia 3 de novembre i havent assolit el grau de maduresa fisiològica es van recol·lectar les parcel·les d'assajos. Es va determinar la producció en gra a partir dels components del rendiment, realitzant un mostreig aleatori en 4 posicions i seleccionant les plantes d'una àrea de 0.0625 m².

Els rendiments al 14% d'humitat del gra que es varen obtenir a les parcel·les A i B van ser de 2480 kg/ha i 6616 kg/ha respectivament. La producció a la parcel·la A va ser considerablement inferior a l'esperable a la zona, degut a què una pluja intensa immediatament després de la sembra en sec va provocar entollament, i en conseqüència la naixença va ser pobre i irregular, sense haver-hi opció de resembra del camp degut a la data excessivament tardana.

6 Estat de desenvolupament del pla de treball

A la Taula 5 es presenta la programació de les activitats que es van preveure per a aconseguir els objectius. A la finalització del projecte s'han realitzat totes les activitats previstes.

Taula 5.- Programació de les activitats previstes en el projecte.

	12/19	01/20	02/29	03/20	04/20	05/20	06/20	07/20	08/20	09/20	10/20
Disseny experimental											
Instal·lació											
Prova del sistema											
Preparació del terreny											
Sembra											
Operativa cultiu											
Dades/mostres											
Collita											
Avaluació resultats											
Conclusions											
Disseminació											

7 Disseminació de la informació relacionada amb el projecte

Durant l'execució del projecte de recerca s'ha difós la informació referida al seu desenvolupament pel canals de les xarxes socials del grup de recerca i dels seus membres i, amb la publicació de notícies als webs de l'Escola Politècnica Superior i del Campus de l'Aigua de la Universitat de Girona. També s'ha generat una notícia a la televisió pública de Catalunya, s'ha gravat i editat un vídeo de l'activitat i s'ha realitzat una jornada tècnica virtual emmarcada en el Pla Anual de Transferència Tecnològica 2020 de la Generalitat de Catalunya. A més a més també s'ha editat una fitxa resum del projecte.

A la Figura 25, Figura 25 i a la Figura 26 es mostren algunes de les publicacions realitzades a les xarxes socials.

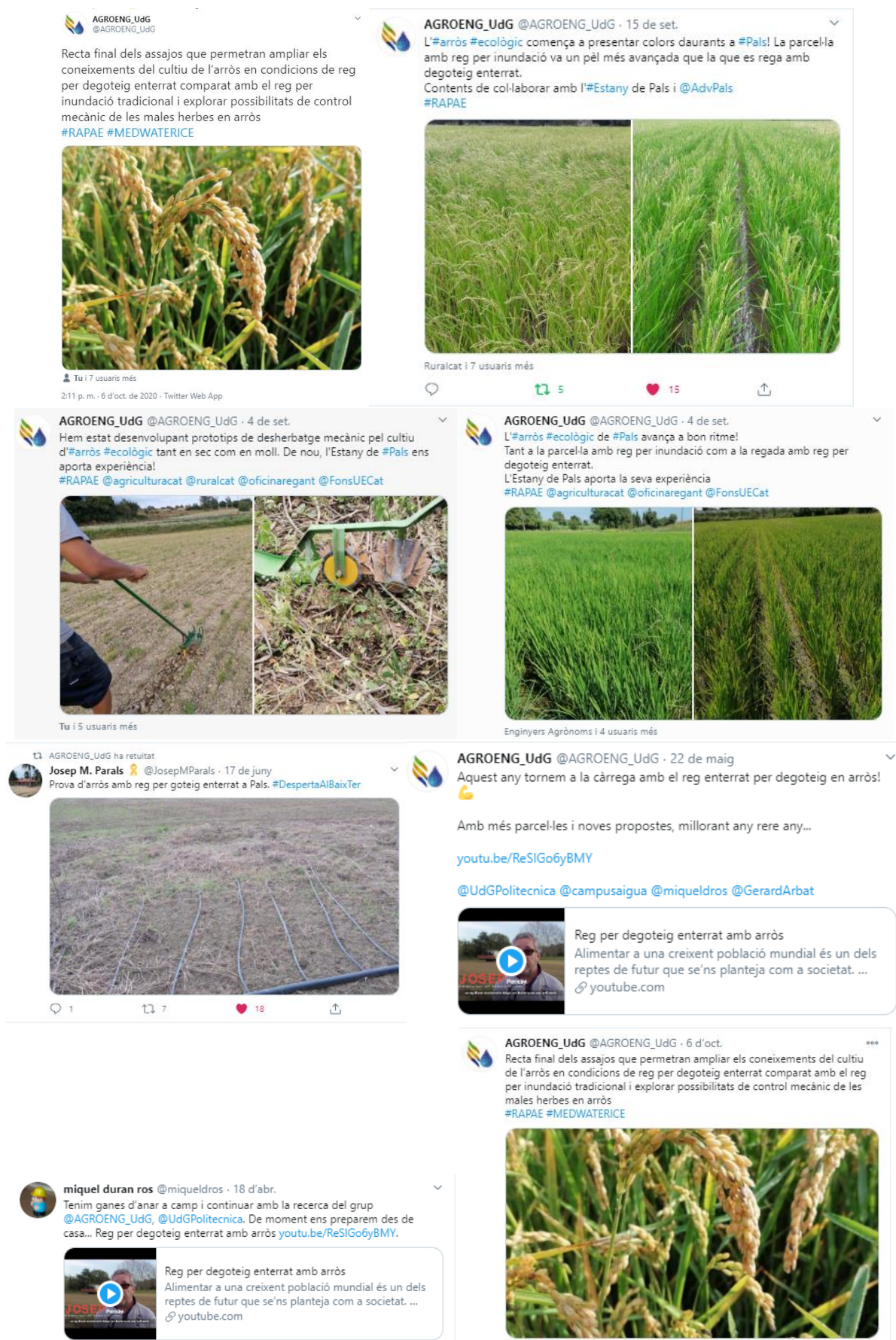


Figura 24.- Piulades realitzades referides a l'execució del projecte des dels comptes del grup de recerca i dels seus membres.

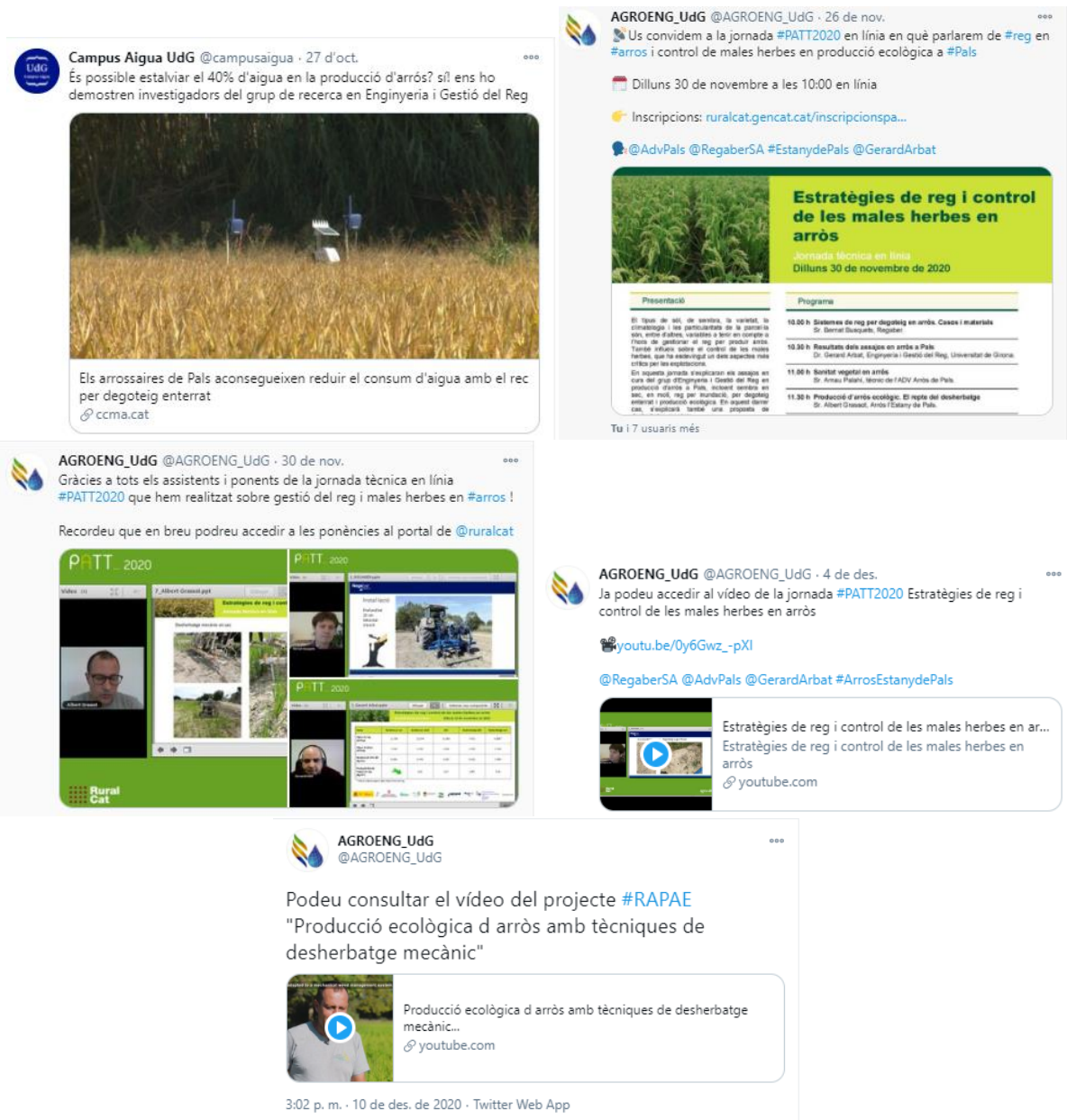


Figura 25.- Piulades realitzades referides a l'execució del projecte des dels comptes del grup de recerca i dels seus membres.

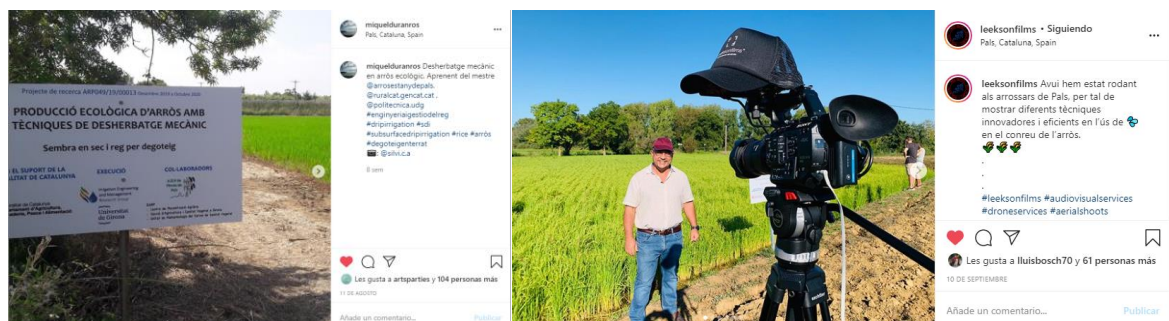


Figura 26.- Difusió realitzada de l'execució del projecte des de comptes d'Instagram.

També s'han realitzat publicacions al web de l'Escola Politècnica Superior i Campus de l'aigua (Figura 27).

Recta final als assajos d'arròs del Grup de Recerca d'Enginyeria i Gestió del Reg

05 d'octubre 2020

Recerca i transferència Societat



El grup de recerca d'Enginyeria i Gestió del Reg està desenvolupant els assajos en el cultiu de l'arròs a la zona de Pals en el marc del projecte de *Producció ecològica d'arròs amb tècniques de desherbatge mecànic*, projecte emmarcat en la línia d'ajuts per incentivar la recerca aplicada en matèria de producció agroalimentària ecològica i finançat pel Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació de la Generalitat de Catalunya i en el marc també, del projecte *Towards a sustainable water use in*

Mediterranean rice-based agro-ecosystems del programa europeu PRIMA i finançat per l'Agència Estatal de Investigació.

Els assajos permetran ampliar els coneixements que es disposen del cultiu de l'arròs en condicions de reg per degoteig enterrat comparat amb el reg per inundació tradicional i també veure les possibilitats de control mecànic de les males herbes en el cultiu de l'arròs.

L'arròs a les parcel·les d'assajos està madurant a bon ritme i es preveu collir-lo a finals d'octubre principis de novembre.

Figura 27.- Notícia publicada al web de l'Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona i al web del campus de l'aigua de la Universitat de Girona.

Els assajos realitzats i els resultats també es van difondre mitjançant una notícia del Telenotícies Comarques de Televisió de Catalunya (Figura 28).



Figura 28.- Captura de pantalla de la notícia emesa el dia 26 d'octubre de 2020 al Telenotícies comarques de Televisió de Catalunya.

A les parcel·les on es varen desenvolupar els assajos es varen col·locar cartells informatius del projecte on hi apareixien les entitats finançadores, executores i els col·laboradors (Figura 29).

PRODUCCIÓ ECOLÒGICA D'ARRÒS AMB TÈCNiques DE DESHERBATGE MECÀNIC

Sembra en sec i reg per inundació

AMB EL SUPORT DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA

Generalitat de Catalunya
Departament d'Agricultura,
Ramaderia, Pesca i Alimentació

EXECUCIÓ

Irrigation Engineering
and Management
Research Group
Universitat
de Girona

COL-LABORADORS

A.D.V. de l'Arròs de País
DARP
- Centre de Mecanització Agrària
- Secció d'Agricultura i Sanitat Vegetal a Girona
- Unitat de Malherbologia del Servei de Sanitat Vegetal

PRODUCCIÓ ECOLÒGICA D'ARRÒS AMB TÈCNiques DE DESHERBATGE MECÀNIC

Sembra en sec i reg per degoteig

AMB EL SUPORT DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA

Generalitat de Catalunya
Departament d'Agricultura,
Ramaderia, Pesca i Alimentació

EXECUCIÓ

Irrigation Engineering
and Management
Research Group
Universitat
de Girona

COL-LABORADORS

A.D.V. de l'Arròs de País
DARP
- Centre de Mecanització Agrària
- Secció d'Agricultura i Sanitat Vegetal a Girona
- Unitat de Malherbologia del Servei de Sanitat Vegetal

Figura 29.- Cartells de les parcel·les d'assajos A i B, esquerra i dreta respectivament.

També es va realitzar una jornada tècnica en el marc del Pla Anual de Transferència Tecnològica 2020 de la Generalitat de Catalunya per tal de difondre i transferir els resultats obtinguts i els coneixements adquirits en l'execució del projecte. Aquesta jornada, que es va realitzar telemàticament el 30 de novembre de 2020 una vegada recol·lectat l'arròs i analitzats els resultats obtinguts, va comptar amb la participació de 21 assistents (Figura 30).



Estratègies de reg i control de les males herbes en arròs
Jornada tècnica en línia
Dilluns 30 de novembre de 2020

Presentació
El tipus de sol, de sembra, la varietat, la climatologia i les particularitats de la parcel·la són, entre d'altres, variables a tenir en compte a l'hora de gestionar el reg per produir arròs. També influeix sobre el control de les males herbes, que ha esdevingut un dels aspectes més crítics per les explotacions.
En aquesta jornada s'explicaran els assajos en curs del grup d'Enginyeria i Gestió del Reg en producció d'arròs a País, incloent sembra en sec, en molí, reg per inundació, per degoteig enterrat i producció ecològica. En aquest darrer cas, s'explicarà també una proposta de desherbatge mecànic.
Aquesta jornada és una activitat de Recerca Aplicada en Producció Agroalimentària Ecològica "Producció ecològica d'arròs amb tècniques de desherbatge mecànic" (ARP049/19/00013), finançada per la Generalitat de Catalunya (DARP) i del projecte PRIMA - Programació Conjunta Internacional "Toward a sustainable water use in Mediterranean rice-based agro-ecosystems" (PIC2019-103730), finançat per la Agència Estatal de Investigació.

Organització
Grup de Recerca en Enginyeria i Gestió del Reg
Universitat de Girona

Col·laboració
Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació
A.D.V. de l'Arròs de País
Regist
NETAFIM
Regalber
#PATT2020

Programa
10.00 h Sistemes de reg per degoteig en arròs. Casos i materials
Sr. Bernat Busquets, Regalber.
10.30 h Resultats dels assajos en arròs a País
Dr. Gerard Arbat, Enginyeria i Gestió del Reg, Universitat de Girona.
11.00 h Sanitat vegetal en arròs
Sr. Arnau Palani, tècnic de l'ADV Arròs de País.
11.30 h Producció d'arròs ecològic. El repte del desherbatge
Sr. Albert Grassó, Arròs l'Estany de País.
12.00 h Torn obert de preguntes
12.30 h Cloenda de la jornada

Aquesta jornada es realitza en línia.
Us hi podeu inscriure mitjançant l'enllaç que trobareu a l'apartat d'inscripcions.
El dia abans de la jornada rebreu l'enllaç d'accés a l'aula virtual des d'on podreu seguir-la.

Inscripcions
La jornada és gratuïta però cal inscriure's prèviament a través del RuralCat:
ruralcat.geniol.cat/inscripcionspatt
Per més informació podeu contactar amb la Universitat de Girona:
Persona de contacte: Aïme aima.arnau@unigir.net - Tel.: 669 971 318

Generalitat de Catalunya
Departament d'Agricultura,
Ramaderia, Pesca i Alimentació

PLA ANUAL 2020
DE TRANSFERÈNCIA TECNOLÒGICA
2020/19/2.50

Figura 30.- Cartell de la jornada tècnica telemàtica realitzada el 30 de novembre de 2020 en el marc del PATT de la Generalitat de Catalunya.

Es pot veure el vídeo gravat durant la jornada a l'enllaç següent (Figura 31):

<https://youtu.be/qRU-qLYcnsq>

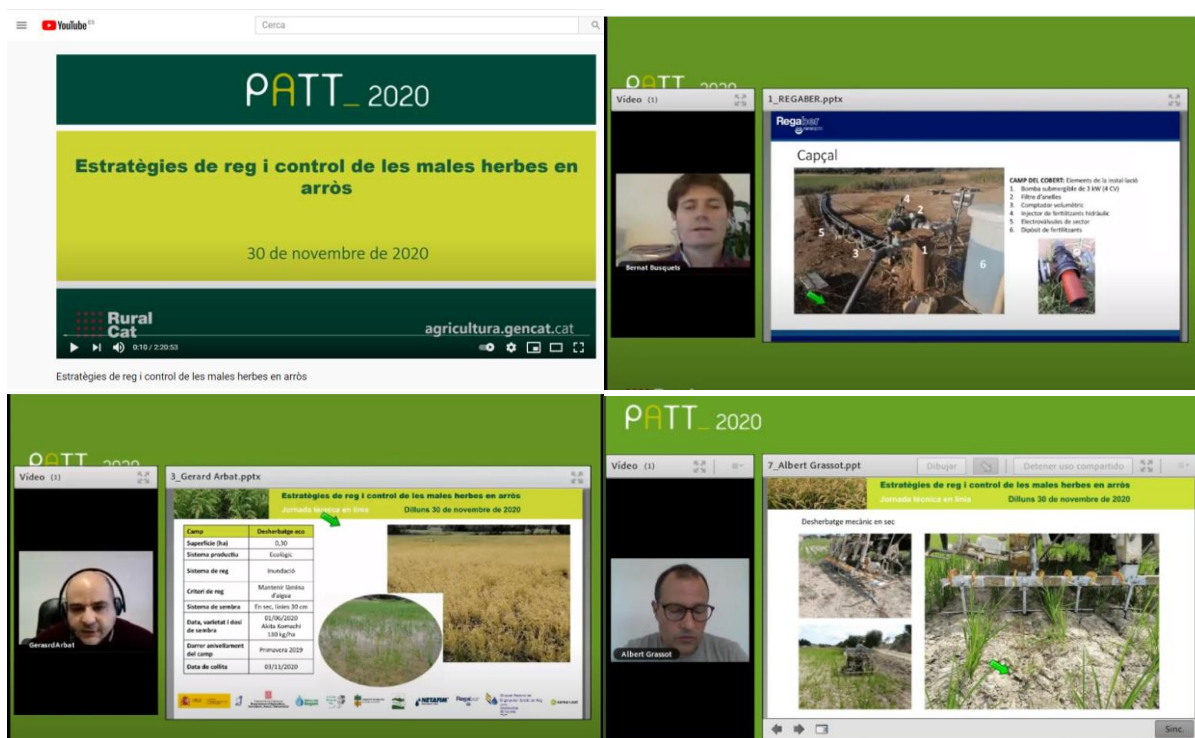


Figura 31.- Captures de pantalles de la jornada realitzada el 30 de novembre de 2020 en el marc del Pla Anual de Transferència Tecnològica de la Generalitat de Catalunya.

A més a més, també es pot consultar i descarregar el material de les ponències als enllaços al portal Ruralcat següents:

- Sistemes de reg per degoteig en arròs. Casos i materials - Sr. Bernat Busquets
https://ruralcat.gencat.cat/c/document_library/get_file?uuid=278a892e-ae4c-49a8-bbb1-f7722bd987b1&groupId=20181
- Resultats dels assajos en arròs a Pals - Sr. Gerard Arbat
https://ruralcat.gencat.cat/c/document_library/get_file?uuid=abc71848-2a4d-4aa4-bbd4-ff31511416d3&groupId=20181
- Sanitat vegetal en arròs - Sr. Arnau Palahí
https://ruralcat.gencat.cat/c/document_library/get_file?uuid=2bc3af44-3a71-45a8-92ee-fedc0090ee68&groupId=20181
- Producció d'arròs ecològic. El repte del desherbatge - Sr. Albert Grassot
https://ruralcat.gencat.cat/c/document_library/get_file?uuid=7da0990d-09a6-4e6c-bca7-d92ed4c970fc&groupId=20181

També es pot consultar el vídeo creat per difondre el projecte de recerca realitzat al link: <https://youtu.be/uHFe-LGTr-8> (Figura 32).

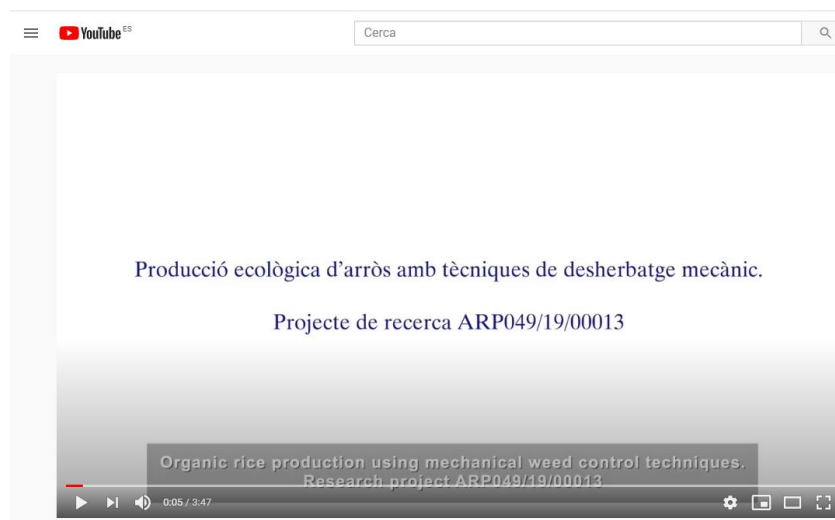


Figura 32.- Captura de pantalla del vídeo realitzat en el marc del projecte de Recerca Aplicada en Producció Agrària Ecològica.

Adicionalment, s'ha creat i publicat una fitxa per a difondre el projecte de recerca i els seus resultats (Figura 33).

Producció ecològica d'arròs amb tècniques de desherbatge mecànic

Producció ecològica d'arròs amb tècniques de desherbatge mecànic

Projecte de recerca ARP049/19/00013

Objectiu
Avaluar la viabilitat del desherbatge mecànic en el cultiu de l'arròs considerant la gestió de l'aigua i l'equilibri agro-ecosistèmic.

Assajos
Els assajos es van dur a terme durant la temporada 2020 en les 2 parcel·les d'arròs del Baix Empordà (Girona) que s'indiquen a la Taula 1.

Taula 1. Característiques dels camps d'assaig.

	Camp A	Camp B
Tipus de sembra i sistema de reg	Sembra en sec i reg per inundació	Sembra en sec i reg per degoteig enterrat
Varietat de sembra	Akita Komachi	Bahia
Sistema productiu	Ecològic	No ecològic ⁽¹⁾
Superfície (ha)	0,32	0,64
Textura del sòl	Franco-argil·loarenosa	Argil·lolimosa

⁽¹⁾ Camp de producció no ecològica dissenyat amb l'objectiu d'avançar en el coneixement de tècniques de desherbatge mecànic aplicables en producció ecològica.

Metodologia
En les dues parcel·les es va fer una sembra en sec, amb una separació de 30 cm entre les línies de sembra. Aquesta va permetre el posterior control de les males herbes amb els mitjans mecànics previstos en el projecte (Fig. 1).

En el camp A, on la incidència inicial de males herbes va ser més baixa, es va poder dur a terme el control de les males herbes exclusivament amb mitjans mecànics. En el camp B malauradament el control mecànic va haver d'anar acompanyat del control químic de les males herbes en determinats moments del cicle del cultiu, degut a l'elevada incidència d'adventícies i a la no disponibilitat de la maquinària de desherbatge a inicis del cultiu. A més, es va dur a terme una tècnica d'inundació puntual de la parcel·la, que va actuar de manera molt favorable al control de les males herbes.

Fig. 1. Sembradora a línies amb una separació de 30 cm entre els discos de sembra.

Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca
Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca

Projecte de recerca ARP049/19/00013

1

Figura 33.- Imatge de la primera pàgina de la fitxa del projecte.

8 Conclusions i futures perspectives

A la finalització del projecte es conclou:

- ✓ La sembradora desenvolupada ha permès sembrar adequadament a 30 cm de separació entre línies i ha facilitat un bon establiment de les dues varietats en comparació a la sembra convencional amb menor

separació entre línies de sembra. Per altra part, la separació de 30 cm s'ha mostrat suficient per permetre el pas de les eines pel control mecànic de la mala herba sense afectar al conreu.

- ✓ La separació entre línies de 30 cm no ha perjudicat el rendiment del conreu, que en un dels camps d'assaig va estat proper a la producció habitual de la zona, que està al voltant del 6.500 kg/ha.
- ✓ S'ha observat un bon comportament de l'eina de desherbatge mecànic en el cultiu d'arròs inundat reduint de manera significativa la presència de males herbes després de la seva aplicació. No obstant caldrà passar de la tracció manual a la mecànica per tal de millorar la productivitat tècnica i econòmica del sistema i poder-ne difondre el seu ús a una escala major
- ✓ Pel que es refereix a l'eina desenvolupada per al cultiu d'arròs en reg per degoteig, s'ha observat un bon funcionament i efectivitat en l'eliminació de les males herbes amb l'accionament manual en sòls solts. Quan s'ha col·locat al bastidor i s'ha aplicat en sòls amb encrostament, no ha mostrat la mateixa efectivitat, degut a la impossibilitat de poder ajustar l'angle d'atac de la rella. Aquest fet obliga a redissenyar l'element de subjecció de la rella al bastidor per tal que sigui més resistent i permeti la modificació de l'angle d'atac.
- ✓ En reg per degoteig enterrat la inundació puntual del camp s'ha mostrat com una tècnica molt interessant pel control de les males herbes. En efecte, l'alternança de condicions anaeròbies amb períodes curts d'inundació ha permès un control molt més efectiu de la mala herba que no pas les condicions aeròbies permanents. En reg per degoteig enterrat en arròs es poden plantejar diferents alternatives per aconseguir la inundació del camp:
 - ✓ 1. Augmentar la dosi de reg per sobre les necessitats del conreu fins aconseguir una làmina d'aigua en superfície, sempre que les propietats del sòl permetin l'ascens de l'aigua des dels degoters
 - ✓ 2. Anivellar el camp i amb un sistema de reg auxiliar aportar l'aigua suficient per inundar. Aquesta solució implica costos econòmics superiors.

En resum, es pot concloure que el desherbatge mecànic de l'arròs tant en condicions de reg per inundació com de reg per degoteig és tècnicament viable amb accionament manual si es canvien algunes condicions del maneig agronòmic del cultiu, com seria realitzar sembra en sec i a línies més separades del que es realitza habitualment.

Per a passar a l'accionament mecànic cal treballar en l'escalat de les eines i implementar un sistema de geolocalització amb precisió centimètrica en el sistema de sembra i desherbatge mecànic per poder passar la màquina pel mateix traçat i no malmetre el conreu.