

#### RESUM

*La incorporació dels cultius que proporcionen serveis agroecològics (ASC) entre els cultius hortícoles i la seva gestió mitjançant el roller crimper, que permet tombar i aixafar l'ASC i establir una densa capa de restes vegetals subjectes al sòl mitjançant les arrels, pot constituir una peça clau per a la millora del control de les espècies arvenses, i a més pot proveir importants serveis com són el control de l'erosió, la millora de la fertilitat i la qualitat del sòl. No obstant això, un factor limitant de la gestió amb el roller crimper pot ser la disminució de la producció del cultiu comercial. L'experiment que s'ha dut a terme en una parcel·la de l'empresa hortícola Verdcamp Fruits SAT analitza el desenvolupament de sis tipus de cultius ASC i l'efecte de la seva gestió sobre la producció comercial, el balanç energètic i l'eficiència energètica, així com el marge de rendibilitat en el cultiu de carabassa. Les gestions analitzades són: 1) l'aixafada de l'ASC i desherbatge manual (tractament roller), 2) l'aixafada de l'ASC sense desherbatge manual (tractament arvense), 3) la incorporació de l'ASC al sòl mitjançant picada i llaurada i l'establiment del biofilm, desherbatge mecànic i manual (tractament control) i 4) l'aixafada de l'ASC i la instal·lació del biofilm damunt la coberta i desherbatge manual (tractament híbrid). Els resultats obtinguts posen de manifest que el model de gestió híbrid permet obtenir un major marge de rendibilitat econòmica del cultiu respecte les altres gestions, una producció del cultiu igual a la del control i una eficiència energètica major que el tractament control i similar a la del tractament arvense.*

#### 01. Introducció

La col·laboració i el treball conjunt entre la pagesia i la recerca és essencial per a dissenyar sistemes agrícoles sostenibles que tinguin en compte les necessitats i abordin les dificultats reals a les que s'enfronta el sector agrícola. A Catalunya, una de les principals dificultats a les que han de fer front les productores i productors ecològics de cultius hortícoles és la gestió de la flora arvense.

Actualment, la gestió i el control de la flora arvense depèn en gran mesura de la llaurada regular del sòl, que comporta un alt consum d'energia, pot afectar negativament la qualitat i la salut del sòl (Roger-Estrade *et al.* 2010) i incrementar la contaminació ambiental (per exemple les emissions de CO<sub>2</sub> i l'erosió del sòl) compromentent la sostenibilitat dels cultius hortícoles ecològics. Per aquests motius, és essencial dissenyar estratègies de gestió de la flora arvense encaminades a mantenir i incrementar la fertilitat i la biodiversitat del sòl (Roger-Estrade *et al.* 2010). En aquest context, la incorporació dels cultius que proporcionen serveis agroecològics ("agroecological service crops", a partir d'ara ASC) entre els cultius comercials hortícoles pot constituir una peça clau per a la millora del control de les espècies arvenses, plagues i malalties, i a més pot proveir importants serveis com són el control de l'erosió, la millora de la fertilitat i la qualitat del sòl (Wezel *et al.* 2014).

La majoria de pageses i pagesos de Catalunya trituren els ASC i incorporen el material vegetal al sòl com a adob verd mitjançant la llaurada. No obstant això, durant els darrers anys, el roller crimper (RC) ha suscitat un gran interès, ja que permet tombar i aixafar l'ASC i establir una densa capa de residus vegetals subjectes al sòl per les

arrels. El RC està constituït per un corró de gran pes amb fulles sense tall acoblades (Fotografia 1) que permet la deposició de l'ASC sobre la superfície del sòl sense necessitat de llaurar (Kornecki *et al.* 2009).



**Fotografia 1.** Roller crimper de Soldo Macchine Agricole. Autor: F. Xavier Sans Serra.

Des de 2015, el Grup de Recerca d'Agroecologia de la Universitat de Barcelona ha testat experimentalment el RC a Catalunya. Aquesta experimentació ha permès constatar l'important efecte de la gestió dels ASC amb el RC sobre el control de la flora arvense, l'efecte variable sobre la producció, els beneficis per als caràbids i estafilínids, i l'increment de l'energia potencialment reciclable (Navarro-Miró *et al.*, 2022; Navarro-Miró *et al.*, 2019a; Navarro-Miró *et al.*, 2019b). No obstant, també es van observar algunes limitacions en la producció del cultiu comercial en sistemes gestionats amb el roller crimper (Navarro-Miró *et al.*, 2022). L'any 2021, gràcies al projecte ARP147/21/000008 finançat per la Generalitat de Catalunya, es va començar la col·laboració i el treball conjunt entre Verdcamp Fruits SAT i el grup de recerca. Aquest projecte ha permès avaluar l'ús del RC per a la gestió dels ASC en el cultiu ecològic de carabassa.

A més, el treball conjunt i l'experiència de Verdcamp Fruits SAT en la producció hortícola ecològica, ha permès desenvolupar el sistema de gestió dels ASC híbrid, que consisteix en l'aixafada de l'ASC amb el roller crimper i la instal·lació de biofilm damunt de la coberta, gestió promissòria per suplir les dificultats observades en la gestió dels ASC mitjançant el roller crimper en horticultura ecològica.

Aquesta fitxa tècnica recull els resultats del projecte "Comparació d'estratègies de gestió de diversos cultius amb serveis agroecològics (incorporació al sòl vs. deposició en superfície) en cultius hortícoles ecològics". Dins d'aquest objectiu general, el projecte va abordar els objectius específics següents:

- 1) avaluar el desenvolupament dels diferents ASC; i
- 2) avaluar l'efecte dels ASC i la seva terminació sobre la producció comercial de carabassa, el balanç i l'eficiència energètica, així com el marge de rendibilitat de cada tipus d'ASC i gestió.

## 02. Metodologia

### 02.01. Disseny experimental

Aquest projecte s'ha desenvolupat en una parcel·la ecològica de 4 hectàrees de regadiu, propietat de Verdcamp Fruits SAT, situada a Cambrils a la comarca del Baix Camp. Els sòls de la finca són del tipus Xaranga-Espardenyot segons la classificació de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC). El clima és mediterrani; segons les dades recopilades per l'estació meteorològica situada a l'aeroport de Reus, en una sèrie de 1950 a 2019, la precipitació mitjana anual és 452,36 mm i la temperatura mitjana anual és 15,7°C.

Per a l'estudi es van seleccionar sis tipus d'ASC (Taula 1) i es van distribuir en sis franges longitudinals de 40 m d'amplada a les 4 hectàrees de la parcel·la.

**Taula 1.** Composició dels ASC analitzats i densitat de sembra.

Tipus d'ASC	Espècies	Densitat sembra
Ordi + pèsol	<i>Hordeum vulgare</i> L.	150 kg/ha
	<i>Pisum sativum</i> L.	100 kg/ha
Pèsol	<i>Pisum sativum</i> L.	160 kg/ha
Mostassa + pèsol	<i>Sinapis alba</i> L.	50 kg/ha
	<i>Pisum sativum</i> L.	75 kg/ha
Fava + pèsol	<i>Vicia faba</i> L.	80 kg/ha
	<i>Pisum sativum</i> L.	100 kg/ha
Facèlia + pèsol	<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.	15 kg/ha
	<i>Pisum sativum</i> L.	125 kg/ha
Fenigrec + facèlia	<i>Trigonella foenum-graecum</i> L.	70 kg/ha
	<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.	4 kg/ha

Dins de cadascuna d'aquestes franges, es van delimitar 4 subfranges de 10 m d'amplada. Els ASC de dues

subfranges, escollides a l'atzar, es van aixafar amb el roller crimper i a les altres dues es van picar i incorporar al sòl com a adob verd mitjançant la llaurada.



**Fotografia 2.** Tractaments dels ASC: roller -que consisteix en l'aixafada de l'ASC amb el roller crimper (dalt); control -que consisteix en la incorporació de l'ASC al sòl mitjançant la picada i llaurada, i l'establiment del biofilm (mig), i c) híbrid -que consisteix en l'aixafada de l'ASC amb roller crimper i la instal·lació del biofilm damunt de la coberta (baix). Autor: F. Xavier Sans Serra.

Un cop aixafats o incorporats els ASCs al sòl, es va definir quatre tractaments i quatre rèpliques per a cadascun d'ells. Els tractaments han estat:

- 1) **roller**: consisteix en l'aixafada de l'ASC i desherbatge manual (Fotografia 2a).
- 2) **arvense**: és el tractament amb l'ASC aixafada, però sense desherbatge manual durant el cultiu.
- 3) **control**: consisteix en la incorporació de l'ASC al sòl mitjançant picada i llaurada (Fotografia 2b) i l'establiment del biofilm + desherbatge mecànic i manual.

- 4) **híbrid**: consisteix en l'aixafada de l'ASC amb el roller crimper i la instal·lació del biofilm damunt de la coberta + desherbatge manual (Fotografia 2c).

Les quatre rèpliques dels tractaments, subparcel·les de 10 × 15 m, roller, arvense i híbrid es van distribuir de manera equidistant a les dues subfranges amb l'ASC aixafat, mentre que les quatre subparcel·les control es van distribuir també de manera equidistant a les dues subfranges amb l'ASC enterrat al sòl.

La sembra dels ASC es va realitzar el 29 d'octubre de 2020, i la terminació dels ASC mitjançant el RC (tractaments arvense, roller i híbrid) i mitjançant la picada i llaurada (tractament control) es va fer el 7 i 8 d'abril de 2021, respectivament. La collita de carabassa es va dur a terme del 18 al 21 de setembre de 2021. Les taules 2 i 3 recullen de manera sintètica les dates de les operacions agrícoles corresponents a la gestió dels ASC, l'establiment del cultiu de carabassa i el control de la flora arvense en els tractaments amb RC i el tractament control. La varietat cultivada va ser la varietat local carabassa rodona (*Cucurbita maxima* Duchesne) (Fotografia 3).



**Fotografia 3.** Carabassa rodona (*Cucurbita maxima* Duchesne) utilitzada en el present estudi. Autor: Ernest Mas Barrabeig.

## 02.02. Biomassa aèria de cada ASC i de la flora arvense

L'avaluació de la biomassa aèria de cada ASC es va dur a terme el 31 de març i l'1 d'abril de 2021. Es va recol·lectar una submostra en cada ASC de 1 m x 1 m a cadascuna de les subparcel·les per tal d'obtenir la biomassa aèria, i es va separar les diferents espècies d'ASC de la mescla i la flora arvense. El material recol·lectat es va pesar.

## 02.03. Producció del cultiu comercial de carabassa rodona

L'estudi es va dur a terme en un cultiu de carabassa d'una varietat tradicional de la zona que VerdCamp Fruits SAT cultiva de manera habitual. La producció d'aquesta varietat varia entre les 25 i les 40 tones/hectàrea. La collita del cultiu es va realitzar un cop es va arribar al final

del cicle vegetatiu de la carabassa. Es van collir les carabasses comercials i no comercials que hi havia dins d'una àrea de 7 m × 5 m dins de cada subparcel·la, i es van pesar.

**Taula 2.** Relació d'operacions a les subparcel·les on s'han aixafat els ASC amb el roller crimper. Acrònims dels tractaments RC- roller crimper; AR- arvense; HI- híbrid.

Data	Operació agronòmica	Tractament	ASC
7/4/2021	Terminació del ASC amb el RC	RC, AR, HI	Tots
15/4/2021	Terminació del ASC amb el RC	RC, AR, HI	Tots
19/4/2021	Terminació del ASC amb el RC (4 passades)	RC, AR, HI	fenigrec + facèlia
24/4/2021	Posar biofilm	HI	Tots
27/4/2021	Terminació del ASC amb el RC (2 passades)	RC, AR, HI	fenigrec + facèlia
28/4/2021	Plantació carabassa	RC, AR, HI	Tots
7/6/2021	Desherbatge manual (rep.1)	RC, HI	Tots
1/7/2021	Desherbatge manual (rep.2)	RC, HI	Tots
21/9/2021	Collita carabassa	RC, AR, HI	Tots

## 02.04. Balanços energètics i índex d'eficiència energètica

Per a l'avaluació dels balanços energètics, es van recollir dades sobre les entrades i sortides d'energia durant tot el cicle de cultiu de l'ASC i del cultiu de la carabassa per a cada tractament. Les entrades d'energia inclouen la mà d'obra humana, el consum de gasoil, l'aigua per al reg, les llavors dels ASC, el planter de carabassa, el compost utilitzat i la fracció d'energia incorporada a la maquinària estimada sobre la base del pes de la maquinària i la vida econòmica. El consum energètic dels diferents sistemes es va estimar multiplicant cada entrada/sortida pel seu corresponent coeficient d'energia equivalent, extret de la literatura (Taula 4). El consum de gasoil del tractor per a cada operació concreta es va mesurar segons el procediment suggerit per Canali *et al.* (2015).

L'ús d'energia dels combustibles fòssils, estimat a partir de les equivalències de la taula 4, va tenir en compte el consum de gasoil i els costos del lubricant (Mandal *et al.*, 2002). Les aportacions energètiques de la fabricació dels

tractors i de la maquinària es van calcular mitjançant la fórmula següent:

$$ME = \frac{E \times G}{T}$$

on ME és l'energia de la maquinària (MJ h<sup>-1</sup>), E és l'energia estimada per a la producció d'una màquina (E = 62,7 MJ kg<sup>-1</sup>), G és el pes de la màquina (kg) i T és la vida econòmica d'una màquina (h). Es va aconseguir la vida econòmica dels tractors i de la maquinària de diferents fonts (Özgöz *et al.*, 2017; Alluvione *et al.*, 2011; ASAE 2000). L'eficiència energètica es va avaluar amb l'índex d'eficiència en l'ús d'energia (EUE) segons la següent fórmula:

$$EUE = \text{Sortides d'energia (MJ ha}^{-1}\text{)} / \text{Entrades d'energia (MJ ha}^{-1}\text{)}$$

**Taula 3.** Relació d'operacions a les subparcel·les on s'han incorporat els ASC al sòl mitjançant la picada i llaurada (tractament control).

Data	Operació agronòmica	Tractament	ASC
8/4/2021	Picadora	Control	Tots
15/4/2021	Grada de discos (rep.1)	Control	Tots
16/4/2021	Grada de discos (rep.2)	Control	Tots
16/4/2021	Passada de subsolador	Control	Tots
18/4/2021	Grada de discos (rep.3)	Control	Tots
19/4/2021	Passada de fresa	Control	Tots
24/4/2021	Passada de fresa invertida	Control	Tots
24/4/2021	Posar biofilm	Control	Tots
28/4/2021	Plantació carabassa	Control	Tots
5/6/2021	Desherbatge mecànic (3 rep.)	Control	Tots
7/6/2021	Desherbatge manual	Control	Tots
21/9/2021	Collita carabassa	Control	Tots

### 02.05. Marge de rendibilitat econòmica

Per al càlcul del marge de rendibilitat de cada tractament, en primer lloc, es van calcular tots els costos de gestió agronòmica i els ingressos generats per la venda de la carabassa per a cada tractament. Els costos inclouen la mà d'obra, el gasoil i l'amortització de la maquinària utilitzada, les llavors dels ASC, el planter de carabassa, el

biofilm i el compost utilitzat en cada tractament. Els ingressos es van calcular a partir del preu de liquidació al pagès (o preu a peu de finca) de 0,35 €/kg (preu considerant la producció ecològica del cultiu), i de la producció de carabassa comercial. En segon lloc, es va calcular el marge de rendibilitat (MR) de cada tractaments segons la següent fórmula:

$$MR = \text{Ingressos (€)} / \text{Costos (€)}$$

**Taula 4.** Taula d'equivalències de les entrades i sortides d'energia.

Entrades i sortides d'energia	Unitats	Energia equivalent (MJ unitat <sup>-1</sup> )	Referències
<b>Entrades</b>			
Treball humà	h	1,96	Mandal <i>et al.</i> , 2002
Aigua per al rec	m <sup>3</sup>	0,63	Özgöz <i>et al.</i> , 2017
Combustible fòssil	L	56,31	Mandal <i>et al.</i> , 2002
Compost	kg	1,908	Pergola <i>et al.</i> , 2018
Planter	unitat	0,2	Bojaca & Schrevens 2010
Biofilm	ha	5496	Razza <i>et al.</i> , 2010
<b>Sortides</b>			
Carabassa	t ha <sup>-1</sup>	1884,06	U.S. Department of Agriculture, 2022

## 03. Resultats i discussió

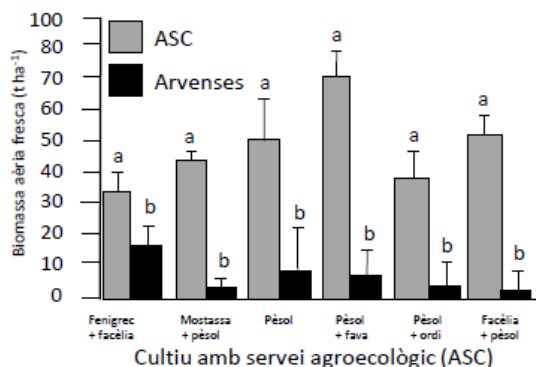
### 03.01. Biomassa aèria de cada ASC i de la flora arvense

No es van observar diferències significatives en la biomassa aèria entre els diversos ASC (Figura 1). De la mateixa manera, tampoc es van observar diferències significatives entre la biomassa aèria de la flora arvense present en els diferents ASC (Figura 1).

### 03.02. Producció del cultiu comercial de carabassa rodona

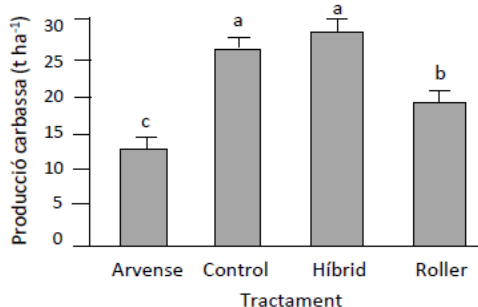
De manera general, la producció de carabassa és significativament més alta en els tractaments de control i híbrid que en els tractaments de roller i arvense (Figura 2). No obstant, l'anàlisi estadística indica que hi ha una interacció entre el tractament i l'ASC, per tant la

producció dependrà tant del tractament com de l'ASC analitzat.



**Figura 1.** Biomassa aèria expressada en pes fresc (t/ha) generada per cada ASC i biomassa de flora arvense present en cada ASC (t/ha). Els valors (mitjana ± error estàndard) de les columnes amb la mateixa lletra no són significativament diferents segons el model ANOVA ( $P < 0,05$ ).

L'anàlisi de l'efecte de cada tractament (control, híbrid i roller) sobre la producció dels diferents ASC, mostra que en el tractament control no hi ha un efecte significatiu de l'ASC sobre la producció de la carabassa (Taula 5). No obstant això, la producció de carabassa varia significativament en relació amb l'ASC en els tractaments híbrid i roller. En el tractament híbrid, l'ús dels ASC fava + pèsol, ordi + pèsol i pèsol, van comportar un increment significatiu de la producció en comparació a l'ús de l'ASC facèlia + pèsol. En el tractament roller, l'ús dels ASC fava + pèsol i ordi + pèsol va incrementar significativament la producció en comparació a l'ús del fenigrec + facèlia i de la facèlia + pèsol.



**Figura 2.** Producció total de la carabassa (comercial + no comercial) (t/ha) per a cada tractament. Els valors (mitjana ± error estàndard) de les columnes amb diferent lletra són significativament diferents segons el model ANOVA ( $P < 0,05$ ).

### 03.03. Balanços energètics i índex d'eficiència energètica

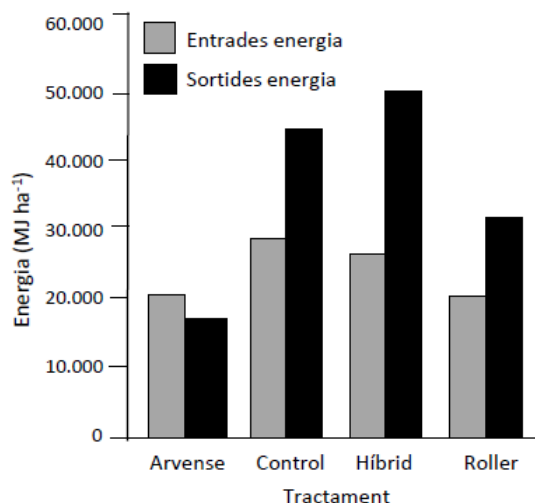
#### 03.03.01 Balanços energètics

L'anàlisi de les entrades i sortides d'energia dels diferents tractaments posa de manifest que els tractaments control i híbrid van requerir una entrada d'energia al sistema més alta que els tractaments arvense i roller (Figura 3). Els resultats mostren que el tractament híbrid és el que va generar més sortida d'energia en forma de producció de carabassa comercial, mentre que el tractament arvense va ser el que va registrar el valor menor (Figura 3).

L'anàlisi de les entrades i sortides d'energia per a cada tractament i ASC assenyalen que les sortides d'energia van variar considerablement en funció del tractament i de l'ASC (Taula 6). No obstant això, en la majoria dels tractaments, els ASC amb la major sortida d'energia en forma de producció de carabassa van ser l'ordi + pèsol i el pèsol. En el cas del tractament arvense es va estimar més entrada que sortida d'energia en els ASC de facèlia + pèsol, fenigrec + facèlia i mostassa + pèsol (Taula 6).

**Taula 5.** Producció comercial de la carabassa (t/ha) de cada tractament i ASC. En cada tractament els valors de les files que no comparteixen lletres són significativament diferents segons el model ANOVA ( $P < 0,05$ ).

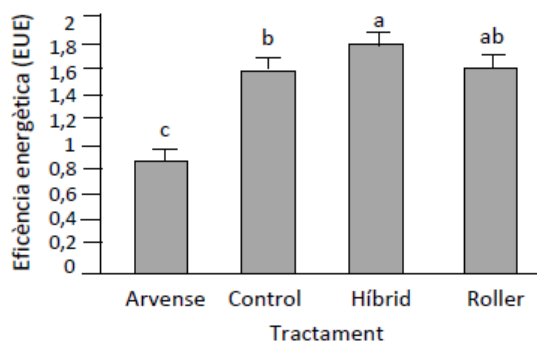
Tractament	Tipus d'ASC	Producció comercial (t/ha)		
Arvense	Facèlia + pèsol	4,86	± 0,72	a
	Fava + pèsol	11,18	± 1,59	a
	Fenigrec + facèlia	6,71	± 1,69	a
	Mostassa + pèsol	9,54	± 3,00	a
	Ordi + pèsol	12,36	± 2,14	a
	Pèsol	11,57	± 2,53	a
Control	Facèlia + pèsol	23,21	± 2,73	a
	Fava + pèsol	25,93	± 0,58	a
	Fenigrec + facèlia	22,64	± 0,61	a
	Mostassa + pèsol	23,43	± 1,23	a
	Ordi + pèsol	27,11	± 2,99	a
	Pèsol	21,82	± 1,30	a
Híbrid	Facèlia + pèsol	19,43	± 2,74	b
	Fava + pèsol	29,14	± 1,57	a
	Fenigrec + facèlia	22,86	± 1,47	ab
	Mostassa + pèsol	27,25	± 2,42	ab
	Ordi + pèsol	29,21	± 1,65	a
	Pèsol	29,93	± 2,61	a
Roller	Facèlia + pèsol	8,79	± 1,78	c
	Fava + pèsol	24,00	± 0,83	a
	Fenigrec	9,61	± 2,89	bc
	Mostassa + pèsol	18,21	± 2,60	ab
	Ordi + pèsol	25,36	± 1,68	a
	Pèsol	18,36	± 1,21	ab



**Figura 3.** Entrades i sortides d'energia (MJ/ha) en cada tractament.

### 03.03.02 Índex d'eficiència energètica

L'anàlisi conjunta de tots els ASC indica que no hi ha diferències significatives en l'índex d'eficiència energètica entre els tractaments híbrid i roller (Figura 4). No obstant, s'observa una reducció significativa de l'índex d'eficiència energètica en el tractament control en comparació amb l'híbrid. L'índex d'eficiència energètica del tractament arvense va ser significativament menor que la resta de tractaments (Figura 4).



**Figura 4.** Índex d'eficiència energètica per als diferents tractaments. Els valors (mitjana ± error estàndard) de les columnes amb diferent lletra són significativament diferents segons el model ANOVA ( $P < 0,05$ ).

La comparació de l'índex d'eficiència energètica entre els tractaments control, híbrid i roller per a cada ASC, posa de manifest que la composició de l'ASC no va tenir un efecte significatiu sobre l'índex d'eficiència energètica en els tractaments control i híbrid, mentre que en el tractament roller sí que va tenir un efecte significatiu (Taula 7). Els ASC compostos per fava + pèsol i ordi + pèsol i gestionats mitjançant el tractament roller van ser significativament més eficients que els ASC amb fenigrec + facèlia i amb facèlia + pèsol (Taula 7).

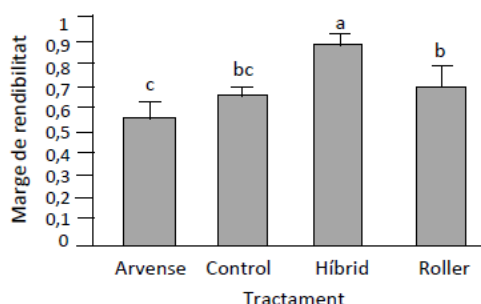
**Taula 6.** Entrades i sortides d'energia per tractament i ASC.

Tractament	Tipus d'ASC	Entrades d'Energia (MJ/ha)	Sortides d'Energia (MJ/ha)
Arvense	Facèlia + pèsol	19.378,79	9.151,15
	Fava + pèsol	19.811,06	21.061,10
	Fenigrec + facèlia	18.736,82	12.650,12
	Mostassa + pèsol	19.652,49	17.965,86
	Ordi + pèsol	21.761,67	23.281,60
	Pèsol	20.607,67	21.801,27
Control	Facèlia + pèsol	28.807,22	43.737,11
	Fava + pèsol	28.825,05	48.850,98
	Fenigrec + facèlia	27.920,42	42.660,50
	Mostassa + pèsol	28.672,48	44.140,83
	Ordi + pèsol	30.787,49	51.071,48
	Pèsol	29.075,72	41.112,88
Híbrid	Facèlia + pèsol	26.273,87	36.604,59
	Fava + pèsol	26.932,99	54.906,89
	Fenigrec + facèlia	25.753,16	43.064,23
	Mostassa + pèsol	26.756,81	51.340,64
	Ordi + pèsol	28.702,65	55.041,47
	Pèsol	27.579,43	56.387,22
Roller	Facèlia + pèsol	19.722,20	16.552,81
	Fava + pèsol	20.889,82	45.217,44
	Fenigrec + facèlia	19.094,93	18.100,43
	Mostassa + pèsol	20.384,35	34.316,81
	Ordi + pèsol	22.925,10	47.774,38
	Pèsol	21.004,74	34.585,96

### 03.04. Marge de rendibilitat econòmica de cada tractament

Els resultats mostren que el tractament híbrid va comportar el major marge de rendibilitat econòmica en comparació amb la resta de tractaments. Per contra el

menor marge de rendibilitat va correspondre al tractament arvense (Figura 5).



**Figura 5.** Marge de rendibilitat per als diferents tractaments. Els valors (mitjana ± error estàndard) de les columnes amb diferent lletra són significativament diferents segons el model ANOVA ( $P < 0,05$ ).

## 04. Conclusions

L'estudi realitzat en col·laboració amb Verdcamp Fruits SAT ha permès avançar en el coneixement sobre l'ús del roller crimper en finques d'horticultura ecològica a Catalunya. Els resultats corroboren les limitacions en la producció del cultiu comercial en sistemes gestionats amb el roller crimper ja assenyalades en diversos estudis precedents. No obstant això, el model de gestió innovador dels ASC, anomenat híbrid, consistent en l'aixafada de l'ASC amb roller crimper i la instal·lació de biofilm damunt de la coberta, permet mantenir un nivell de producció igual al de la gestió tradicional que consisteix en la incorporació de l'ASC al sòl mitjançant picada i llaurada i l'establiment de biofilm. Aquest patró pot estar relacionat amb l'increment de temperatura del sòl que promou la mineralització de la matèria orgànica.

El balanç energètic mostra que el tractament roller redueix significativament les entrades d'energia en comparació al tractament híbrid. No obstant això, la major producció comercial obtinguda en el tractament híbrid fa que la seva eficiència energètica sigui similar. Per tant, el tractament innovador híbrid pot ajudar a reduir la dependència de la llaurada sense afectar la producció i alhora permet mantenir una eficiència energètica similar al tractament roller i més alta que al tractament control en els sistemes hortícoles ecològics experimentats. Tot i així, és necessari avaluar com afecta aquesta gestió en la qualitat i la fauna del sòl al llarg del temps.

Aquest estudi també ha permès posar de manifest que en els tractaments amb roller crimper l'eficiència energètica està influenciada per la composició de l'ASC utilitzat, mentre que en els tractaments control i híbrid la composició de l'ASC no va tenir cap efecte significatiu. Els ASC compostos per ordi + pèsol, fava + pèsol van incrementar l'eficiència energètica en comparació als ASC compostos per facèlia + pèsol i fenigrec + facèlia.

Finalment, l'estudi també mostra que el tractament híbrid té el major marge de rendibilitat econòmica en comparació a la resta de tractaments.

**Taula 7.** Índex d'eficiència energètica per a cada tractament i ASC. En cada tractament (control, híbrid i roller), els valors de les files amb diferent lletra són significativament diferents segons el model ANOVA ( $P < 0,05$ ).

Tractament	Tipus d'ASC	Eficiència energètica			
		Índex	±	Error	Significativitat
Arvense	Facèlia + pèsol	0,47	±	0,07	a
	Fava + pèsol	1,06	±	0,15	a
	Fenigrec + facèlia	0,68	±	0,17	a
	Mostassa + pèsol	0,91	±	0,29	a
	Ordi + pèsol	1,07	±	0,19	a
	Pèsol	1,06	±	0,23	a
Control	Facèlia + pèsol	1,52	±	0,18	a
	Fava + pèsol	1,69	±	0,04	a
	Fenigrec + facèlia	1,53	±	0,04	a
	Mostassa + pèsol	1,54	±	0,08	a
	Ordi + pèsol	1,66	±	0,18	a
	Pèsol	1,41	±	0,08	a
Híbrid	Facèlia + pèsol	1,39	±	0,20	a
	Fava + pèsol	2,04	±	0,11	a
	Fenigrec + facèlia	1,67	±	0,11	a
	Mostassa + pèsol	1,92	±	0,17	a
	Ordi + pèsol	1,92	±	0,11	a
	Pèsol	2,04	±	0,18	a
Roller	Facèlia + pèsol	0,84	±	0,17	c
	Fava + pèsol	2,16	±	0,07	a
	Fenigrec + facèlia	0,95	±	0,28	bc
	Mostassa + pèsol	1,68	±	0,24	ab
	Ordi + pèsol	2,08	±	0,14	a
	Pèsol	1,65	±	0,11	abc

## 05. Implicacions pel sector

La col·laboració i el treball conjunt entre el Grup de Recerca d'Agroecologia i VerdCamp Fruits SAT ha facilitat l'establiment de les bases per a desenvolupar un nou model de gestió innovador basat en l'aixafada dels ASC mitjançant el roller crimper i l'ús de biofilm damunt de la coberta. Aquesta innovadora gestió dels ASC ha permès obtenir una producció igual al sistema de gestió convencional dels ASC amb biofilm, té una eficiència energètica similar a la del roller crimper, i més marge de rendibilitat econòmica en comparació a la resta de tractaments. A més, l'ús de l'híbrid és més segur des del punt de vista productiu en comparació al roller crimper, ja que evita el posterior rebrot de l'ASC (Navarro-Miró *et al.*, 2019a).

L'experimentació realitzada en aquest projecte en parcel·les a gran escala (un total de 4 hectàrees d'experiment) i els bons resultats assolits en la finca de producció comercial de VerdCamp Fruits SAT faciliten la ràpida disseminació dels resultats i poden afavorir la reducció de la dependència de la llaurada en sistemes hortícoles ecològics de Catalunya.

## 06. Referències

- Alluvione, F., Moretti, B., Sacco, D. & Grignani, C. (2011). EUE (energy use efficiency) of cropping systems for a sustainable agriculture. *Energy*, 36(7): 4468-4481.
- ASAE (2000). STANDARD ASAE D497.4 MAR99 agricultural machinery management data. 2000.
- Bojaca, C. R. & Schrevens, E. (2010). Energy assessment of peri-urban horticulture and its uncertainty: case study for Bogota, Colombia. *Energy*, 35(5): 2109-2118.
- Canali S., Campanelli G., Ciaccia C., Leteo F., Testani E. & Montemurro, F. (2013). Conservation tillage strategy based on the roller crimper technology for weed control in Mediterranean vegetable organic cropping systems. *European Journal of Agronomy*, 50: 11-18.
- Kornecki T.S. Prince A.J., Raper R.L. & Arriaga F.J. (2009). New roller crimper concepts for mechanical termination of cover crops in conservation agriculture. *Renewable Agriculture and Food Systems* 24: 165-173.
- Mandal, K.G., Saha, K.P., Ghosh, P.K., Hati, K.M. & Bandyopadhyay, K.K. (2002). Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass and Bioenergy*, 23(5): 337-345.
- Navarro-Miró, D., Blanco-Moreno, J. M., Ciaccia, C., Chamorro, L., Testani, E., Kristensen, H. L., ... & Sans, F. X. (2019a). Agroecological service crops managed with roller crimper reduce weed density and weed species richness in organic vegetable systems across Europe. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(6): 1-13.
- Navarro-Miró, D., Iocola, I., Persiani, A., Blanco-Moreno, J.M., Kristensen, H.L., Hefner, M., ... & Canali, S. (2019b). Energy flows in European organic vegetable systems: Effects of the introduction and management of agroecological service crops. *Energy*, 188: 116096.

Navarro-Miró, D., Blanco-Moreno, J. M., Ciaccia, C., Testani, E., Iocola, I., Depalo, L., ... & Sans, F.X. (2022). The concurrent assessment of agronomic, ecological and environmental variables enables better choice of agroecological service crop termination management. *Journal of Applied Ecology*, 59(4): 1026-1037.

Özgöz, E., Altuntaş, E. & Asiltürk, M. (2017). Effects of soil tillage on energy use in potato farming in Central Anatolia of Turkey. *Energy*, 141: 1517-1523.

Pergola, M., Persiani, A., Palese, A.M., Di Meo, V., Pastore, V., D'Adamo, C. & Celano, G. (2018). Composting: The way for a sustainable agriculture. *Applied Soil Ecology*, 123: 44-750.

Razza, F., Farachi, F., Tosin, M., Degli Innocenti, F. & Guerrini, S. (2010). Assessing the environmental performance and ecotoxicity effects of biodegradable mulch films. In VII international conference on life cycle assessment in the agri-food sector Bari (pp. 22-4).

Roger-Estrade J., Anger C., Bertrand, M. & Richard, G. (2010). Tillage and soil ecology: partners for sustainable agriculture. *Soil and Tillage Research* 111: 33-40.

U.S. Department of Agriculture ARS (2022). FoodData Central. [fdc.nal.usda.gov](https://fdc.nal.usda.gov) (accessed June 6, 2022).

Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., C., Vallod, D. & David, C. (2014). Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 34: 1-20.

### Agraïments

Voldríem agrair la col·laboració de tot l'equip de VerdCamp Fruits SAT; el paper de l'Ernest Mas Barrabeig ha estat clau en l'execució d'aquest projecte tant en la tasca logística com tècnica. També hem d'agrair a Lluís Domingo Romeu el suport en el treball de camp realitzat. La font de finançament ha estat el projecte ARP147/21/000008 del Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural de la Generalitat de Catalunya.

**David Navarro-Miró<sup>1,2</sup>, Ernest Mas Barrabeig<sup>3</sup>, Alejandro Pérez<sup>1</sup>, José Manuel Blanco-Moreno<sup>1</sup>, Lourdes Chamorro<sup>1</sup>, F. Xavier Sans Serra<sup>1</sup>**

1, Grup de Recerca d'Agroecologia, Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio), Universitat de Barcelona; 2, Connecta Natura; 3, VerdCamp Fruits SAT.

**934039867 – fsans@ub.edu**

*El projecte ha estat finançat pel Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural de la Generalitat de Catalunya a través de l'ajut per incentivar la recerca aplicada en matèria de producció agroalimentària ecològica.*