

WP 4 - BIORAFFINERIE INTEGRATE IN CICLI PRODUTTIVI AGROALIMENTARI

WP Leader: Daniele Pochi

TASK 4.3 - Valutazione di colture oleaginose non alimentari per l'autoproduzione di biocarburanti e/o biolubrificanti da utilizzare in macchine agricole ed altri utilizzi agricoli

(Task Leader: L. Lazzeri – L. Righetti, CREA-CI, Bologna)

TASK 4.4 - Valutazione sperimentale dell'attitudine di oli "bio-based" all'utilizzo sulle macchine agricole per ridurre l'impatto dei lubrificanti sull'ambiente

(Task Leader: D. Pochi, CREA-IT, Monterotondo, Roma)

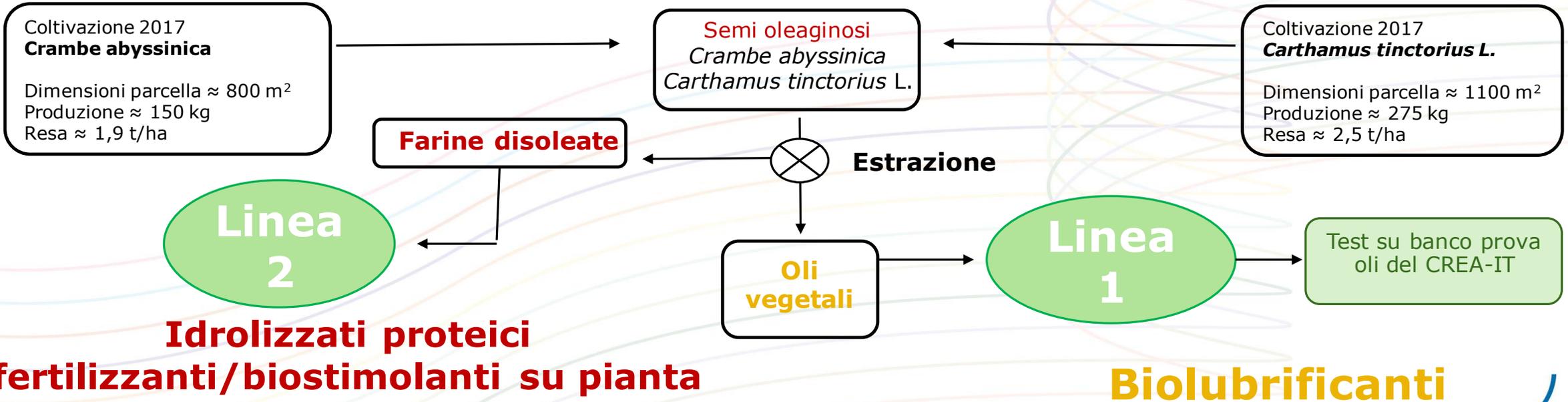
RELATORE: Roberto FANIGLIULO, CREA-IT Monterotondo (RM)

Task leader: Dr. L. Lazzeri, Dr.ssa L. Righetti (CREA-CI)

Collaborazioni esterne: **InnovHub SSOG**, Milano; Dr. P. Bondioli e Dr.ssa L. Folegatti

Obiettivo generale: definizione di due filiere di chimica verde a partire da due colture oleaginose per valutare potenziali utilizzi dell'olio e dei coprodotti in agricoltura

Coltivazione a ridotti input agronomici



Task leader: Dr. L. Lazzeri, Dr.ssa L. Righetti (CREA-CI)

Collaborazioni esterne: **InnovHub SSOG**, Milano; Dr. P. Bondioli e Dr.ssa L. Folegatti

Disoleazione semi su scala pilota

Estrazione olio	Crambe	Cartamo
Resa %	44.8	80
Olio residuo pannello (%)	19.3	8.8

Buona resa di estrazione degli oli ottenuta per pressione meccanica e pre-riscaldamento del seme a 80°C

Degommazione e caratterizzazione degli oli

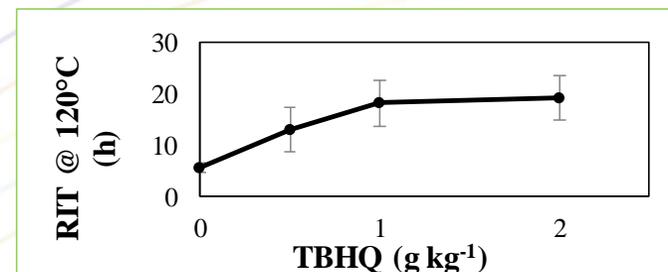
Caratterizzazione olio	CRAMBE grezzo	CARTAMO grezzo	CRAMBE degommato	CARTAMO degommato
Composizione acidi grassi	52.8% acido erucico 19.0% acido oleico	54.2% acido oleico 36.1% acido linoleico	-	-
Acidità (% oleic acid)	0.91	0.99	1.21	0.84
Elementi (mg/kg)	P 40.6 Ca 26.5	P 41.6 Ca 13.8	P 4.6 Ca 6.1	P < 5 Ca < 2

Ottenimento di olio ad alto erucico di crambe ed olio ad alto oleico di cartamo, con bassa acidità e privi di contaminanti pro-ossidanti;

Degommazione per abbassamento del contenuto di calcio e fosforo, e quindi dei fosfolipidi, e delle impurità.

Additivazione con antiossidante

tert-butilidrochinone (TBHQ)

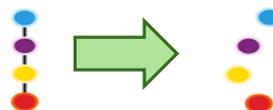


Determinazione della concentrazione ottimale di TBHQ mediante valutazione del tempo di induzione di Rancimat, indice di stabilità ossidativa dell'olio: 2-3 g/kg

Recupero dei pannelli proteici di crambe

- Olio 20%
- Proteine 24%
- Carbonio 51-53%

Idrolisi enzimatica Alcalase/Flavorzyme



Idrolizzato proteico
grado di idrolisi 40%

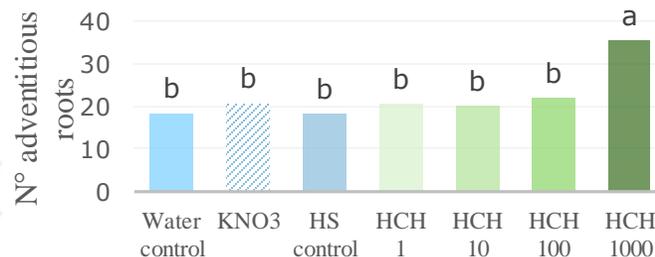
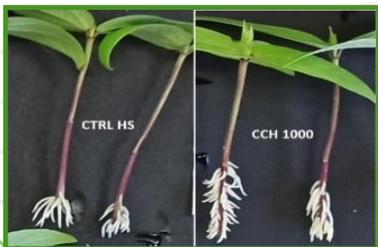
Peptidi PM <30 KDa
Aminoacidi liberi



Ottenimento di idrolizzati proteici con contenuto in azoto pari a 7-8 % p/p, amino acidi liberi (glutamina, arginina, lisina, triptofano e altri) 10-11 % p/p; macro e micronutrienti, molecole bioattive

Valutazione dell'azione biostimolante in pianta mediante biosaggi

Effetto auxino-simile
su radici di mung bean
(*vigna radiata*):
aumento del numero
delle radici secondarie



Potenziale utilizzo
come biostimolante
nella fase di trapianto

Effetto su mais (*Zea mais* L.) cresciuto
in coltura idroponica

Aumento della
ramificazione radicale

Aumento del
contenuto di N in
radici e foglie

Aumento dello SPAD
(indice del contenuto
di clorofilla)



Linea 1: Realizzazione di un banco prova per la verifica delle prestazioni tecniche degli oli a base vegetale (*bio-based*) come lubrificanti di trasmissioni e per l'azionamento di impianti idraulici.

Linea 2: Definizione di una metodologia di prova dei biolubrificanti basata su cicli di lavoro (oleodinamico e/o meccanico) al banco in condizioni controllate e ripetibili in modo da avere risultati confrontabili.

Linea 3: Implementazione di un laboratorio di analisi presso il CREA-IT di Monterotondo finalizzato all'osservazione delle caratteristiche fisico-chimiche dei campioni di olio prelevati durante i cicli di lavoro al banco.

Linea 4: Esecuzione di prove comparative tra oli convenzionali e biolubrificanti provenienti dalla task 4.3

Linea 5: Test dei più promettenti biolubrificanti (lubrificanti e idraulici) **su trattori e macchine agricole**, in condizioni di normale utilizzo nelle operazioni agricole.

Linea 1: Realizzazione di un Banco Prova Oli (BPO) per la verifica delle prestazioni tecniche degli oli a base vegetale (*bio-based*) come lubrificanti di trasmissioni e per l'azionamento di impianti idraulici.



Il BPO presenta un unico circuito di base costituito da un serbatoio per l'olio, da una pompa di circolazione a bassa pressione, da un filtro principale e da uno scambiatore di calore, su cui si innestano due sezioni operative indipendenti:

- Una sezione «oleodinamica», simula il funzionamento dell'impianto idraulico di un trattore agricolo o altro dispositivo ed applica al fluido un carico di lavoro idraulico.
- Una sezione «trasmissione», riproduce le condizioni di lavoro di un lubrificante nella scatola del cambio del trattore.

Linea 2: Definizione di una **metodologia di prova** degli oli «bio-based» basata su cicli di lavoro (oleodinamico e/o meccanico) al banco in condizioni controllate e ripetibili in modo da avere risultati confrontabili.

1 – Fase preliminare: manutenzione e pulizia del banco prova

2 – Definizione del ciclo di lavoro applicato: varia in funzione del tipo di olio:

- Olio idraulico > solo sezione oleodinamica
- Lubr. trasmissione > solo sezione trasmissione
- Olio UTTO > sezione oleodinamica + sezione trasmissione

3 – Definizione dei parametri operativi (temperature e pressioni di esercizio, portata, potenza idraulica) indicativi delle prestazioni tecniche del fluido in prova e **delle caratteristiche chimico-fisiche** (viscosità cinematica, I.V., acidità e N. perossidi) indicative delle proprietà lubrificanti.

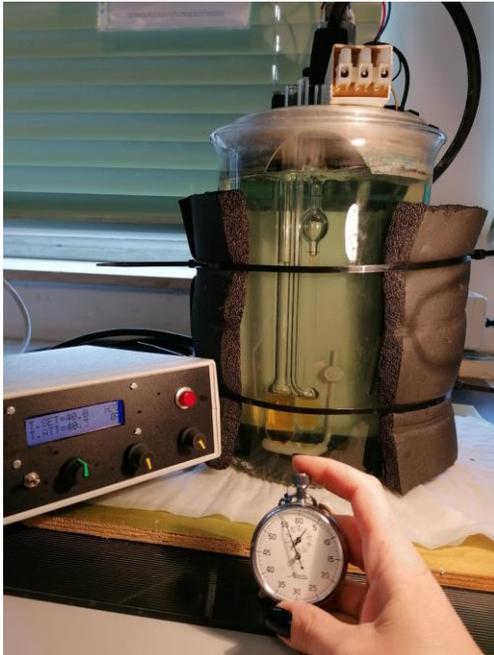
4 – Campionamento periodico dell'olio per le analisi di laboratorio: per monitorare l'evoluzione delle proprietà chimico-fisiche nel corso del test.

Linea 2: Definizione di una **metodologia di prova** degli oli «bio-based» basata su cicli di lavoro (oleodinamico e/o meccanico) al banco in condizioni controllate e ripetibili in modo da avere risultati confrontabili.

Metodologia di prova - Condizioni di lavoro applicabili con il banco prova

Section	Main parameters of working conditions	Unit	FTR working conditions	
			Maximum	Work cycle
Main circuit (low pressure section)	Tested fluid volume	dm³	20-22	20-22
	Pressure	MPa	<0.15	<0.15
	Fluid temp. in the reservoir	°C	≤60	≤60
Hydraulic	Fluid temp. after 40 MPa valve	°C	≈100	≈100
	Flow rate	dm ³ min ⁻¹	6.3	6.3
	Pressure levels	MPa	10, 20, 30 ,40	40
	High pressure pump maximum speed	min ⁻¹	1800	1800
	Maximum hydraulic power	kW	4.2	4.2
Transmission (speed multiplier)	Fluid volume in the multiplier	dm ³	1.9	1.9
	Fluid temp. at transmission inlet	°C	≤60	≤60
	Fluid temp. at transmission outlet	°C	≈85	≈85
	Flow rate in the transmission	dm ³ min ⁻¹	0.2	0.2
	Electric eng. max. speed	min ⁻¹	980	660-800
	Dynamometric brake shaft max. speed	min ⁻¹	1700	1670
	Power	kW	45	18-25
Torque applicable at the dyn. Brake	Nm	440	10.4	

Linea 3: Implementazione di un laboratorio di analisi presso il CREA-IT di Monterotondo finalizzato all'osservazione delle caratteristiche fisico-chimiche dei campioni di olio prelevati durante i cicli di lavoro al banco.



LABORATORIO ANALISI CHIMICO- FISICHE:

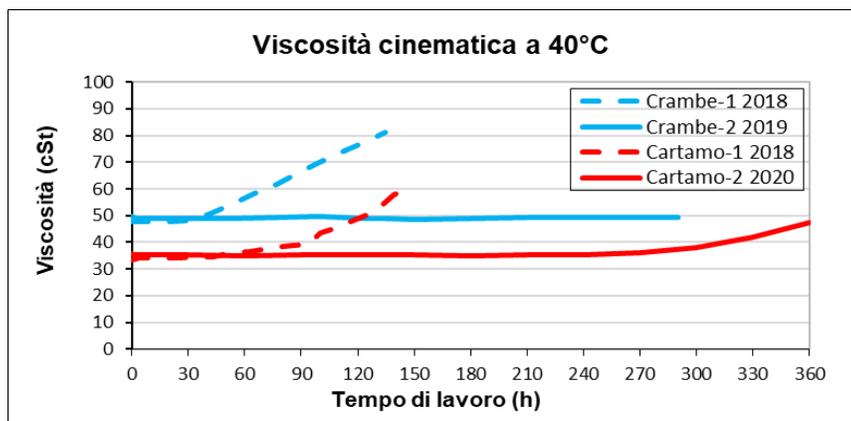
VISCOSITA' CINEMATICA A 40°C e 100°C - STANDARD: ASTM D445 - ASTM D2270

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI ACIDITA' E DI PEROSSIDI

STANDARD: UNI EN ISO 660:2020 - UNI EN ISO 3960:2017

Linea 4: Esecuzione di prove comparative tra oli convenzionali e «bio-based» provenienti dalla task 4.3

CONFRONTO TRA LE PROPRIETA' CHIMICO-FISICHE DEGLI OLI VEGETALI FORMULATI DA CREA-CI ED INNOVHUB E TESTATI AL BANCO PROVA



Crambe-1:
47,8 – 81,1

Cartamo-1:
33,5 – 59,7

Crambe-2:
49,7 – 49,3

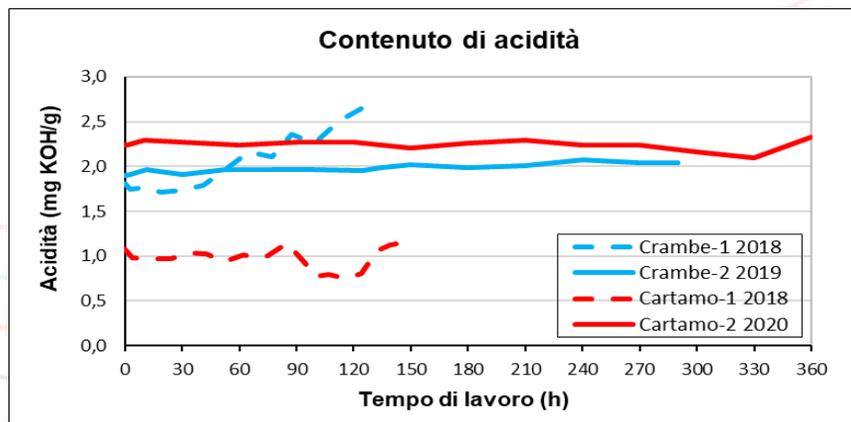
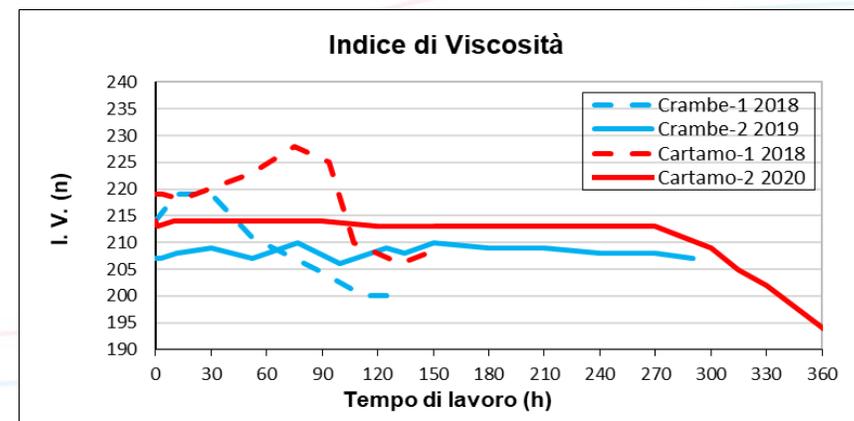
Cartamo-2:
35,6 – 47,3

Crambe-1:
214 – 200

Cartamo-1:
219 – 208

Crambe-2:
207 – 207

Cartamo-2:
214 – 194



Crambe-1:
1,81 – 2,60

Cartamo-1:
1,08 – 1,12

Crambe-2:
1,90 – 2,05

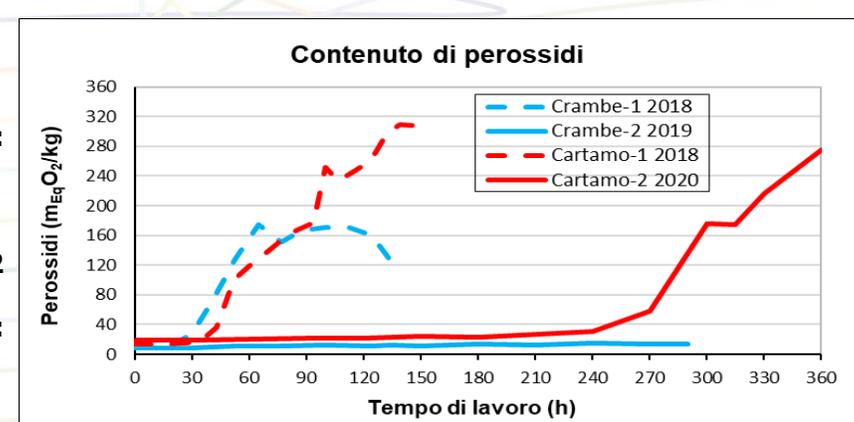
Cartamo-2:
2,24 – 2,33

Crambe-1:
8 – 125

Cartamo-1:
14 – 308

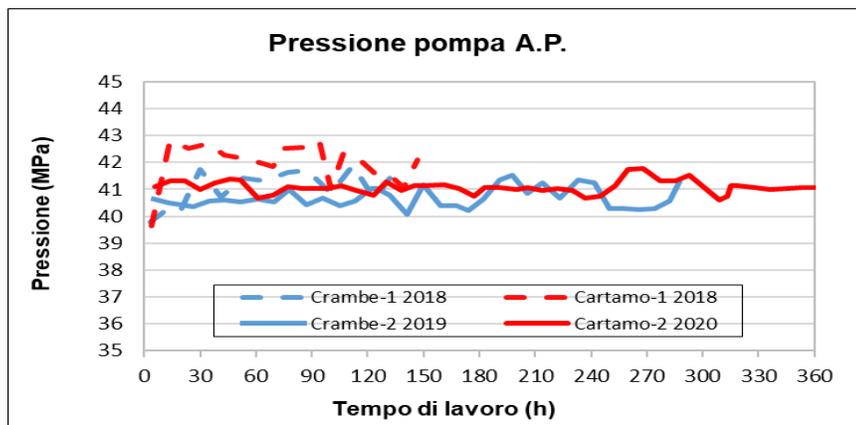
Crambe-2:
10,9 – 14,2

Cartamo-2:
17 – 275



Linea 4: Esecuzione di prove comparative tra oli convenzionali e «bio-based» provenienti dalla task 4.3

CONFRONTO TRA LE PRESTAZIONI TECNICHE DEGLI OLI VEGETALI FORMULATI DA CREA-CI ED INNOVHUB E TESTATI AL BANCO PROVA



Crambe-1:
41.1 MPa

Cartamo-1:
42.0 MPa

Crambe-2:
40.7 MPa

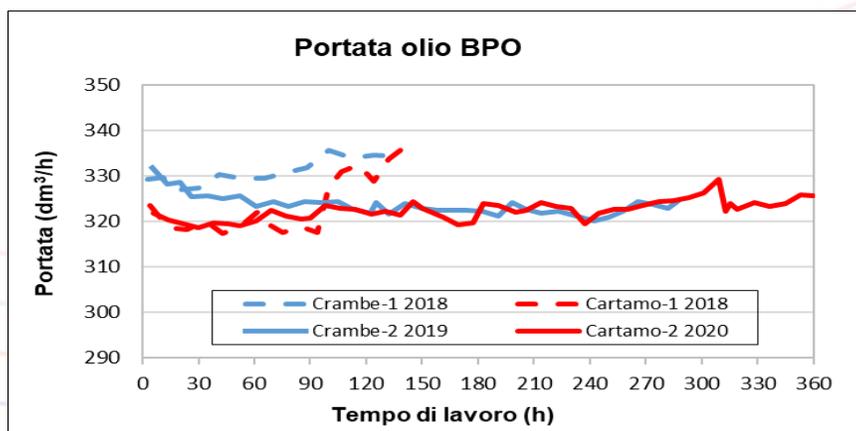
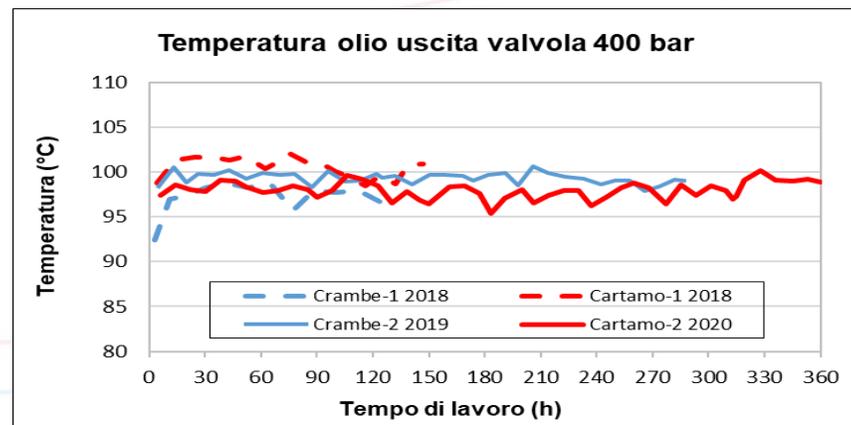
Cartamo-2:
41.1 bar

Crambe-1:
99,5°C

Cartamo-1:
100,5°C

Crambe-2:
99,4°C

Cartamo-2:
99,9°C



Crambe-1:
331 L/h

Cartamo-1:
324 L/h

Crambe-2:
324 L/h

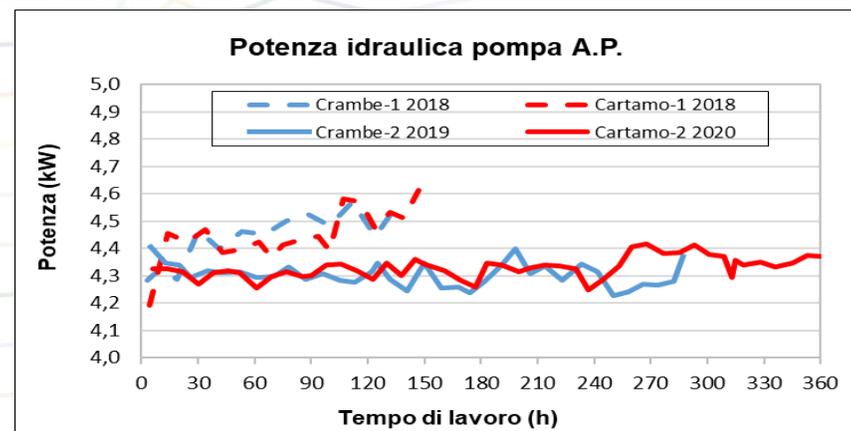
Cartamo-2:
322 L/h

Crambe-1:
4,44 kW

Cartamo-1:
4,45 kW

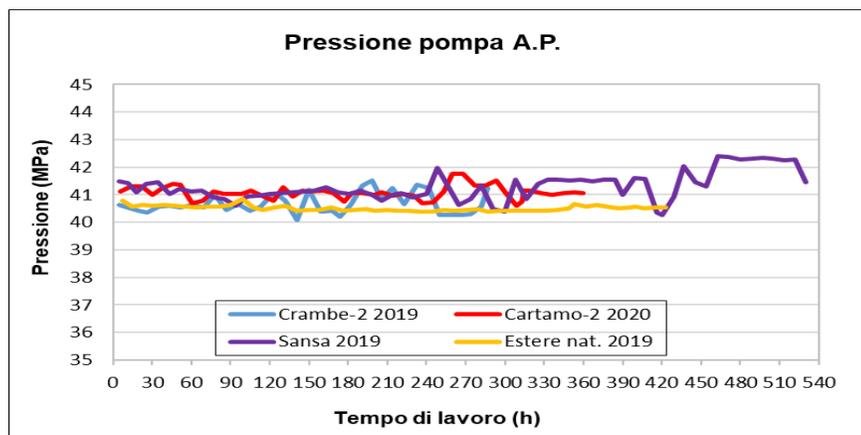
Crambe-2:
4,30 Kw

Cartamo-2:
4,33 kW



Linea 4: Esecuzione di prove comparative tra oli convenzionali e «bio-based» provenienti dalla task 4.3

CONFRONTO TRA LE PRESTAZIONI TECNICHE DEGLI OLI VEGETALI A CONFRONTO CON BENCHMARK COMMERCIALE



Crambe-2:
40.7 MPa

Cartamo-2:
41.1 MPa

Sansa:
41.3 MPa

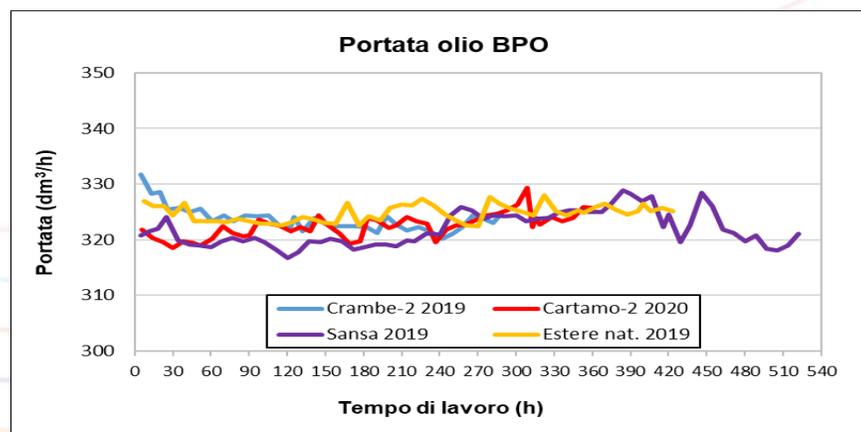
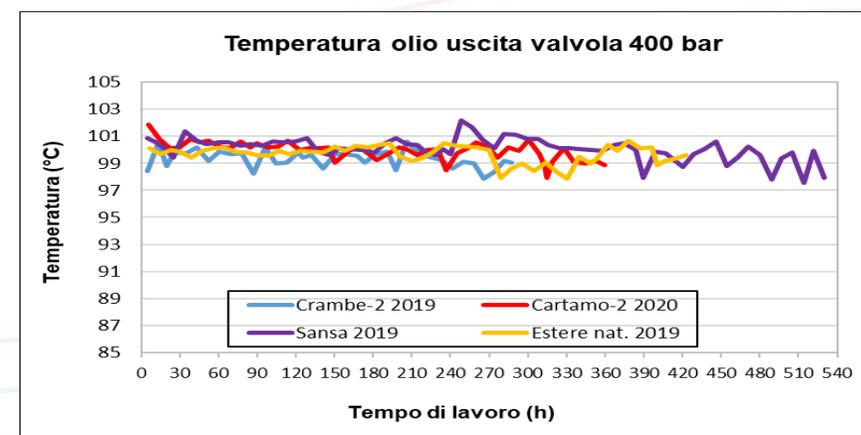
Estere nat.:
40.5 MPa

Crambe-2:
99.3°C

Cartamo-2:
99.9°C

Sansa:
100.1°C

Estere nat.:
99.7°C



Crambe-2:
324 L/h

Cartamo-2:
322 L/h

Sansa:
322 L/h

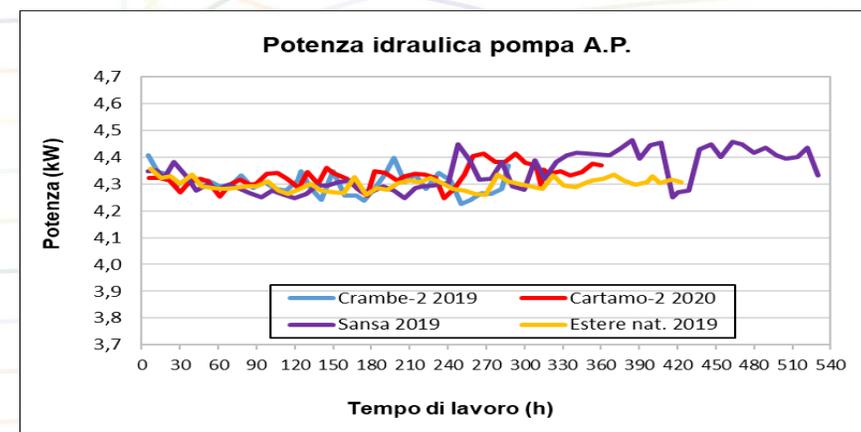
Estere nat.:
325 L/h

Crambe-2:
4.30 kW

Cartamo-2:
4.33 kW

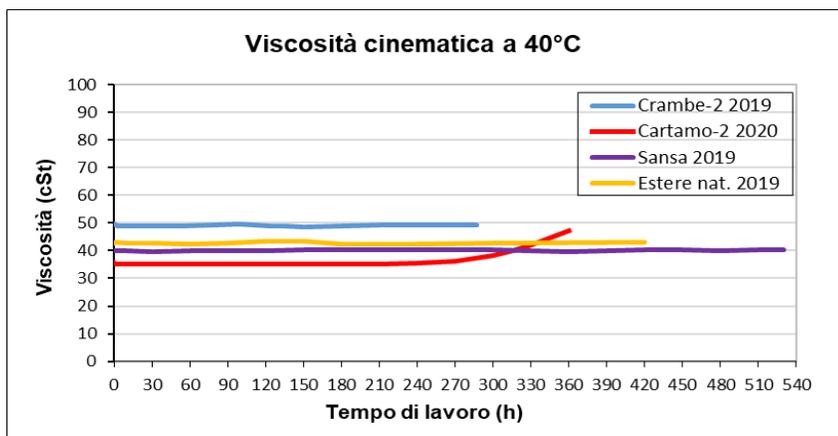
Sansa:
4.34 kW

Estere nat.:
4.30 kW



Linea 4: Esecuzione di prove comparative tra oli convenzionali e «bio-based» provenienti dalla task 4.3

CONFRONTO TRA LE PROPRIETA' CHIMICO-FISICHE DEGLI OLI VEGETALI A CONFRONTO CON BENCHMARK COMMERCIALE



Crambe-2:
49.7 - 49.3

Cartamo-2:
35.6 - 47.3

Sansa:
39.9 - 40.3

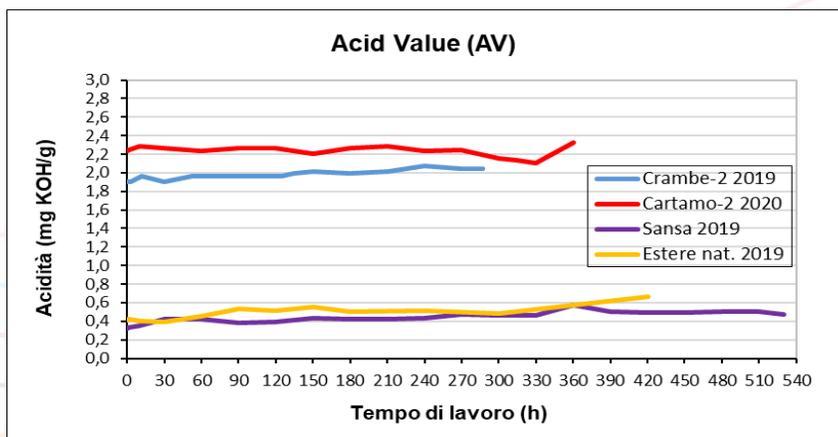
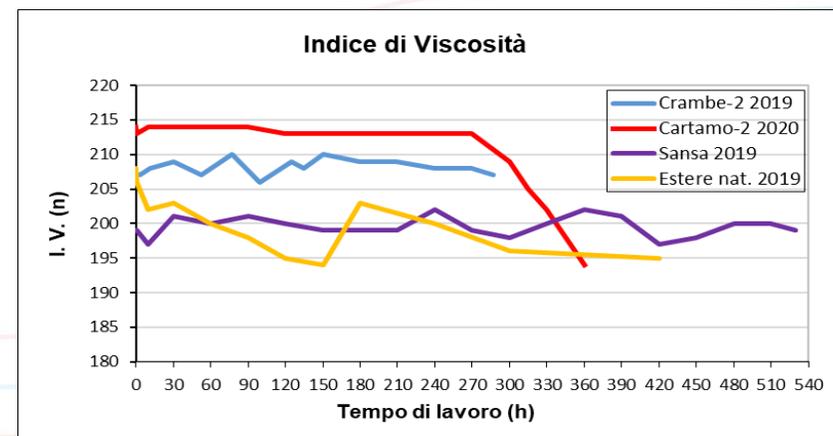
Estere nat.:
42.8 - 43.1

Crambe-2:
207 - 207

Cartamo-2:
214 - 194

Sansa:
199 - 199

Estere nat.:
208 - 195



Crambe-2:
1.90 - 2.05

Cartamo-2:
2.24 - 2.33

Sansa:
0.32 - 0.48

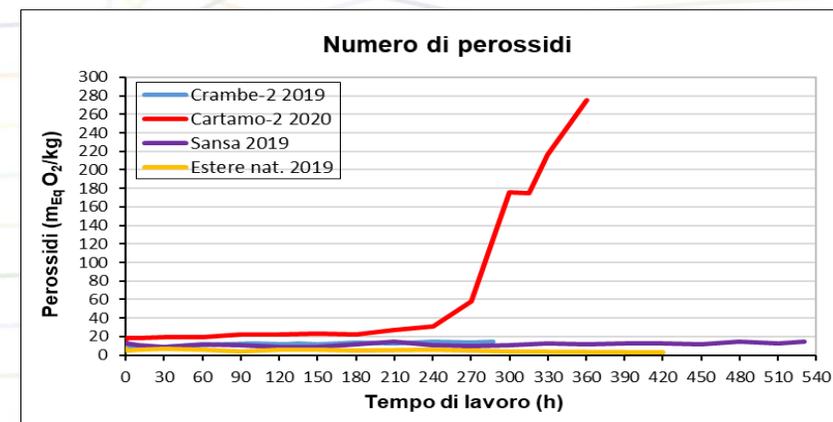
Estere nat.:
0.41 - 0.66

Crambe-2:
11 - 14

Cartamo-2:
17 - 275

Sansa:
13 - 15

Estere nat.:
7 - 3



Linea 5: Test dei più promettenti oli «bio-based» (lubrificanti e idraulici) su trattori e macchine agricole, in condizioni di normale utilizzo nelle operazioni agricole.



Il passaggio successivo ai test al banco prova prevede il test dei migliori biolubrificanti su macchine operative per valutare la possibilità di introdurli nei cicli produttivi agricoli.

In un trattore di media potenza del CREA-IT, in sostituzione del lubrificante minerale per trasmissioni e circuiti idraulici, stiamo testando un fluido **UTTO MATROL-BI base di esteri da oli vegetali**, fornito da Novamont.



Nel contempo, in un braccio pulisci fossi stiamo testando un **fluido idraulico MATROL-BI a base di olio vegetale**, che ha ricevuto il **marchio Ecolabel EU** (marchio europeo usato per certificare il ridotto impatto ambientale di un prodotto).

Rispettivamente dopo **360** e **160** ore di lavoro, il monitoraggio dei due biolubrificanti non ha evidenziato variazioni significative delle proprietà chimico-fisiche e delle prestazioni operative, né problemi di compatibilità dei materiali. Tale attività proseguirà anche nel corso del 2024.

CONCLUSIONI

- Sono state definite due **filiere di chimica verde da colture oleaginose** per valutare potenziali utilizzi degli oli vegetali e dei coprodotti in agricoltura, in un'ottica di **economia circolare**.
- Riguardo alla produzione di **biostimolanti**, il loro effetto sulle radici indica che tali prodotti potrebbero essere utilizzati come supporto nella crescita della pianta (fase di trapianto).
- L'utilizzo di **oli vegetali tal quali** come lubrificanti è limitato dalla loro **instabilità termica e ossidativa** che ne riduce prestazioni e durata tecnica. E' possibile ovviare a questo limite utilizzandoli come basi che, per aggiunta di opportuni additivi, divengono stabili fornendo un prodotto ecosostenibile e idoneo a svolgere la funzione lubrificante.
- Il nostro studio ha riguardato **oli vegetali** ad alto contenuto di acido oleico (Cartamo e Sansa) o erucico (Crambe), rettificati e raffinati in modo da costituire delle **basi ottimali**. Tramite aggiunta di un **antiossidante per alimenti** sono stati ottenuti **fluidi stabili e totalmente biodegradabili** validati come fluidi idraulici al banco prova oli del CREA-IT.
- I risultati dei test indicano che le **prestazioni operative** e le **proprietà lubrificanti** dei suddetti biofluidi sono **comparabili** a quelle di un **formulato commerciale** a base di esteri sintetici da olio vegetale.
- L'introduzione di biolubrificanti nei processi produttivi è possibile. Tuttavia, essa è subordinata ad uno **studio accurato sui pacchetti di additivi** da utilizzare e bilanciare, indispensabili per garantire la stabilità ossidativa e termica del fluido, senza pregiudicarne ecosostenibilità e biodegradabilità, e soprattutto l'integrità delle macchine che lo utilizzano.

RICADUTE TECNICHE

L'attività condotta nell'ambito del progetto AGROENER ha consentito di identificare altri ambiti di intervento per promuovere l'impiego di biolubrificanti ed i relativi soggetti competenti con cui collaborare.

Azioni concluse

- Test funzionali di sensori in linea - installati sul banco prova oli - per il monitoraggio continuo delle proprietà lubrificanti dell'olio in esercizio, per lo studio della possibilità di installare tali sensori su trattori agricoli di serie (collaborazione con CNH Industrial Italia S.p.A.)
- Test al banco prova di olio di sansa di oliva raffinato e additivato come possibile fluido idraulico per applicazioni agricole (collaborazione con INNOVHUB Stazioni Sperimentali per l'Industria degli Oli e dei Grassi e ASSITOL (MI) - Associazione Italiana Industria Olearia, Roma)
- Test al banco di olio di Jatropha raffinato e additivato come possibile fluido idraulico per applicazioni agricole (Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria)

RICADUTE TECNICHE

Azioni in corso

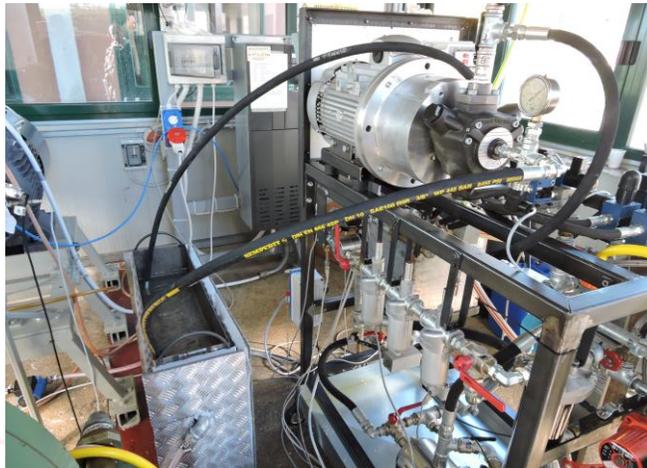
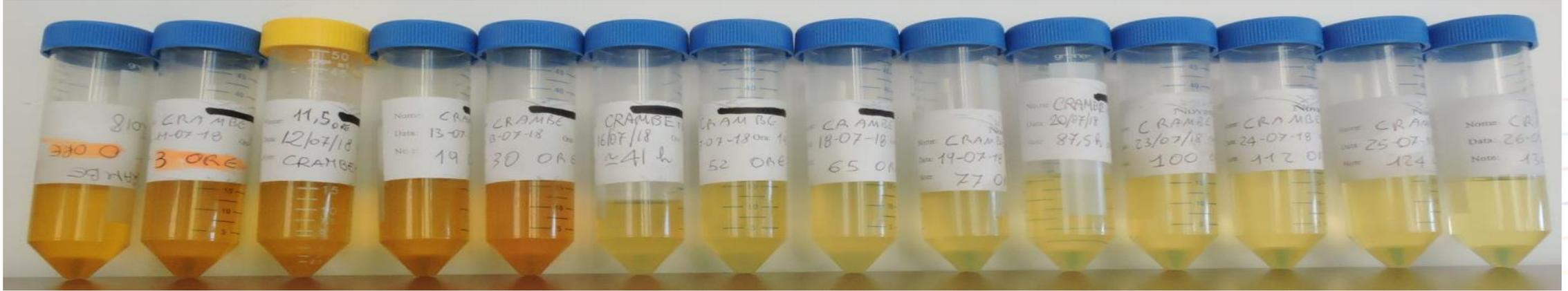
- Sostituzione di lubrificanti convenzionali per applicazioni a perdita totale: l'olio di sansa di oliva, raffinato ed additivato, è risultato promettente nella lubrificazione delle catene di motoseghe ed il loro impiego avrebbe un impatto positivo sull'ambiente agroforestale in cui sono disperse quantità rilevanti di prodotti spesso di pessima qualità (collaborazione con INNOVHUB Stazioni Sperimentali per l'Industria degli Oli e Grassi e ASSITOL – Associazione Italiana Industria Olearia)
- Introduzione di biofluidi idraulici altamente biodegradabili nelle attività del settore nautico e della pesca: per l'azionamento delle attrezzature di bordo delle imbarcazioni al fine di contenere l'impatto sull'ambiente marino dovuto alle frequenti dispersioni in mare di oli minerali

DIVULGAZIONE

1. Ugolini, L.; Malaguti, L.; Matteo, R.; Pagnotta, E.; Beleggia, R.; Righetti, L. 2023. **Protein Hydrolysates from Crambe abyssinica Seed Cake as Potential Biostimulants for Root Development.** *Agronomy*, 13(11), 2755.
2. Fanigliulo, R.; Bondioli, P.; Biocca, M.; Grilli, R.; Gallo, P.; Fornaciari, L.; Folegatti, L.; Benigni, S.; Calderari, I.; Pochi, D., 2023. **Olive Pomace Oil as a Chainsaw Lubricant: First Results of Tests on Performance and Safety Aspects.** *Lubricants*, 11(11), 494.
3. Ugolini, L.; Matteo, R.; Lazzeri, L.; Malaguti, L.; Folegatti, L.; Bondioli, P.; Pochi, D.; Grilli, R.; Fornaciari, L.; Benigni, S.; Fanigliulo, R., 2023. **Technical performance and chemical-physical property assessment of safflower oil tested in an experimental hydraulic test rig.** *Lubricants*, 11(2), 39.
4. Fanigliulo, R.; Pochi, D.; Bondioli, P.; Grilli, R.; Fornaciari, L.; Folegatti, L.; Malaguti, L.; Matteo, R.; Ugolini, L.; Lazzeri, L., 2023. **Semi-refined Crambe abyssinica (Hochst. EX R.E.Fr.) oil as biobased hydraulic fluid for agricultural applications.** *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(3), 1859–1871.
5. Pochi, D.; Grilli, R.; Fornaciari, L.; Betto, M.; Benigni, S.; Fanigliulo, R., 2021. **Bench Testing of Sensors Utilized for In-line Monitoring of Lubricants and Hydraulic Fluids Properties.** *Sensors*, 21(24), 8201.

DIVULGAZIONE

6. Fanigliulo, R.; Bondioli, P.; Fornaciari, L.; Folegatti, Grilli, R.; Benigni, S.; Calderari, I.; Pochi, D., 2021. **Bench Test of a Hydraulic Biofluid Based on Refined Pomace Oil.** *European Journal of Lipid Science and Technology*, 123(12), 2100116.
7. Pochi, D.; Fanigliulo, R.; Bisaglia, C.; Cutini, M.; Grilli, R.; Fornaciari, L.; Betto, M.; Pari, L.; Gallucci, F.; Capuzzi, L.; Sagliano, A.; Palmieri, F.; Chiatti, G., 2020. **Test Rig and Method for Comparative Evaluation of Conventional and Bio-Based Hydraulic Fluids and Lubricants for Agricultural Transmissions.** *Sustainability*, 12, 8564.
8. Pochi, D.; Fanigliulo, R.; Grilli, R.; Fornaciari, L.; Bisaglia, C.; Cutini, M.; Brambilla, M.; Sagliano, A.; Capuzzi, L.; Palmieri, F.; Chiatti, G., 2020. **Design and assessment of a test rig for hydrodynamic tests on hydraulic fluids.** In: Coppola, A., Di Renzo, G.C., Altieri, G., D'Antonio, P. (Eds.) "Lecture Notes in Civil Engineering" Book Series, vol. 67, 419-429. Springer, Cham, Switzerland.
9. Pochi, D.; Fanigliulo, R.; Bisaglia, C.; Cutini, M.; Grilli, R.; Betto, M.; Fornaciari, L., 2020. **Vegetable-based oil as UTTO fluid for agricultural tractors application.** *Applied Engineering in Agriculture*, 36(1), 79-88.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

CREA-IT: D. Pochi, R. Fanigliulo, R. Grilli, L. Fornaciari, S. Benigni

CREA-CI: L. Lazzeri, L. Righetti, L. Ugolini, R. Matteo, L. Malaguti, N. Casadei