

## IL GIRASOLE (HELIANTHUS ANNUUS L.)

### ORIGINE E IMPORTANZA DELLA COLTURA

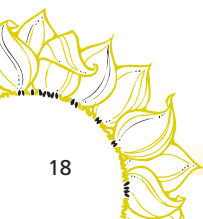
Il girasole è originario dell'ovest degli Stati Uniti dove costituiva una importante fonte di nutrimento per le popolazioni locali. È stato introdotto nel nostro continente a partire dagli inizi del 1500 con scopi ornamentali ed officinali. Viene considerata pianta oleifera a partire dal 1700 e solo nel 1860 iniziano gli studi di miglioramento genetico per aumentarne il contenuto in olio. Il girasole ha raggiunto un posto importante nell'agricoltura europea dopo la prima Guerra Mondiale grazie ai molteplici vantaggi offerti dalla sua coltivazione: valorizzazione di ambienti a siccità estiva, buona produttività, estrazione di olio di ottima qualità, sia per il suo valore nutrizionale sia per la sua stabilità e buone caratteristiche fisico-chimiche (Benvenuti e Vannozzi, 2001).

**Tab. 1** - Evoluzione della diffusione del girasole nel mondo. Da Baldoni e Giardini, 2001.

GIRASOLE	Anni 1948-1950	Anno 1993	Anno 2000
Sup. coltivata nel mondo (milioni di ettari)	6,238	18,152	21,715
Sup. coltivata Italia (ettari)			218,000
Rese (tonnellate/ha)	0,60		1,2
Produzione mondiale di olio (milioni di tonnellate)			9,5

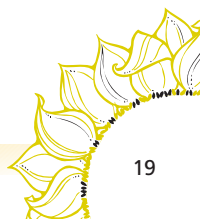
In particolare, nel Veneto la coltivazione in pianura di seminativi ha trovato nel tempo utilizzi diversi da quelli tradizionalmente alimentari, soprattutto come conseguenza all'introduzione, da parte dell'Unione Europea, dell'obbligo di messa a riposo di una parte della superficie oggetto di domanda di compensazione. Queste superfici si sono rese disponibili per attività agricole innovative tendenti a produzioni no food. Tra le produzioni che hanno trovato interesse maggiore presso gli operatori, spiccano le colture di semi oleosi per la produzione di biocombustibili. Negli anni dal 1995/96 al 1998/99 il girasole ha sempre avuto in Veneto, come a livello nazionale, una netta prevalenza sul colza in termini di superfici investite (tab. 2).

I risultati emersi sembrano interessanti per uno sviluppo su larga scala della coltivazione del girasole, anche se esistono alcuni vincoli, quali il costo della materia prima, le tecnologie di conversione e di alcuni altri condizionamenti (stabilità nei rifornimenti in termini quali-quantitativi, ecc.). Trattasi peraltro di problemi che sembrano superabili, soprattutto se si considerano le ampie possibilità di miglioramento dell'efficienza derivanti dall'attività di ricerca in un settore fortemente innovativo, quale quello della bioenergia (Piano di Sviluppo Rurale, Regione del Veneto, Giunta Regionale).



**Tab. 2 - Superfici e produzioni no food in Veneto sul totale Italia. (\*) = stime legate al numero di contratti stipulati (Fonte: Dati ed elaborazioni AISO).**

	1999/2000(*)			1998/1999			1997/1998			1996/1997			1995/1996				
	ha	ha	t	ha	t*ha-1	ha	t	t*ha-1	ha	t	ha	t	t*ha-1	ha	t	t*ha-1	
Girasole		Veneto	531	339	897	2,65	794	2.184	2,75	4.724	13.832	2,93	10.040	23.928	2,38		
no food	16.283	Italia	8.878	16.640	1,87	8.941	17.905	2	32.328	70.336	2,18	55.014	106.781	1,94			
Colza		Veneto	77	54	127	2,35	86	194	2,26	318	671	2,11	427	814	1,91		
no food	1.167	Italia	546	973	1,78	877	1.553	1,77	4.155	6.904	1,66	4.715	7.468	1,58			
Soia		Veneto	1.178	537	1.862	3,47	0	0	0	0	0	0	0	0			
no food	4.223	Italia	1.667	5.486	3,29	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Totale		Veneto	1.786	930	2.885	3,1	880	2.378	2,7	5.042	14.504	2,88	10.467	24.742	2,36		
no food	21.673	Italia	11.092	23.099	2,08	9.819	19.458	1,98	36.484	77.239	2,12	59.729	114.249	1,91			



## DESCRIZIONE DELLA PIANTA

Il girasole è una pianta annua della famiglia delle Asteraceae a ciclo primaverile-estivo. Il fusto è eretto, vigoroso, cilindrico, internamente pieno di midollo. Nelle specie da olio la lunghezza del fusto varia dai 60 ai 220 cm e il suo diametro dai 2 ai 5 cm. A maturità tende a piegarsi al disotto della calatide (infiorescenza).

I cotiledoni della plantula sono picciolati, con lembo ovale lungo circa 3 cm e largo 2 cm. Le foglie sono alterne, grandi, trinervate, con margine dentato e pubescenti su entrambi i lati. La forma varia a seconda della posizione, il numero varia da dodici a quaranta e il colore va da un verde scuro ad un verde tenue.

L'infiorescenza è formata da numerosi fiori collocati su ricettacolo discoidale. Il suo diametro varia a seconda delle varietà e va dai 10 ai 40 cm. La calatide fin dall'inizio della fioritura effettua movimenti di rotazione: la superficie discoidale forma un angolo retto con la direzione dei raggi del sole. I fiori ligulati sono di colore giallo e disposti radialmente in 1-2 file. I fiori tubolosi sono ermafroditi e disposti in archi spiraliformi che si irradiano dal centro del disco.

Il frutto è un achenio (impropriamente detto seme) compresso, largo 3,5-9 mm, lungo 7,5-17 mm, con spessore di 2,3-5 mm. Il colore varia dal bianco al nero, a volte con nervature bianche o grigie.

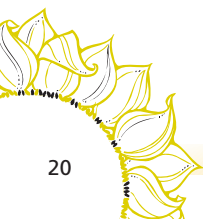
L'apparato radicale consiste in un fittone centrale (che può superare i 2 m di profondità) dal quale si dipartono numerose ramificazioni. La più alta concentrazione di radici laterali si trova a 10 cm dal colletto. In condizioni di siccità si sviluppa maggiormente l'apparato radicale profondo rispetto a quello superficiale.

## IL CICLO DELLA PIANTA E LE SUE FASI

Il girasole compie il suo ciclo di sviluppo in 110-145 giorni. La temperatura base è pari a 6 °C. In condizioni ottimali la pianta produce 12 t ha<sup>-1</sup> di biomassa. A partire dalla fioritura la calatide e poi gli acheni costituiscono l'organo di riserva della pianta verso i quali migrano gli assimilati.

Il ciclo di sviluppo della pianta può essere suddiviso nelle seguenti fasi (fig. 4):

- dalla semina all'emergenza: in condizioni ottimali l'emergenza può verificarsi in 5-7 giorni;
- dall'emergenza alle 6 foglie vere: in media dura 30 giorni con un rapido sviluppo dell'apparato radicale;
- dalle 6 foglie vere al bottone florale di 15 mm di diametro: periodo durante il quale si completa la differenziazione del numero dei fiori, che dipende dalla lunghezza del fotoperiodo, dalla densità delle piante e dal loro vigore;
- dal bottone florale di 15 mm di diametro alla fioritura: periodo che può durare dai 25 ai 30 giorni ed è caratterizzato da una crescita esponenziale della pianta;
- dalla fine della fioritura alla maturazione fisiologica: la durata di questo periodo dipende molto dai fattori ambientali. Si riscontra un calo dell'accumulo di sostanza secca e un aumento della respirazione dei tessuti. In questa fase inizia e si completa il trasferimento degli assimilati verso gli acheni.



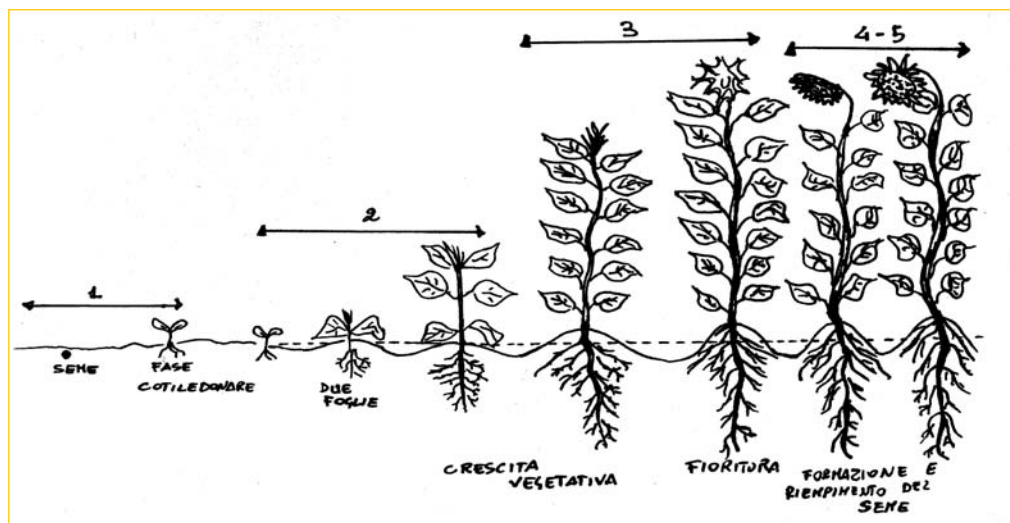


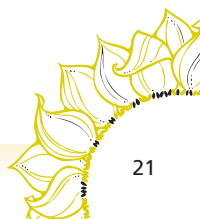
Fig. 4 - Le fasi del ciclo del girasole.

### ESIGENZE PEDOCCLIMATICHE

Il girasole è una pianta definibile di buona adattabilità e di non eccessive esigenze. Necessita di una buona piovosità primaverile, di una forte luminosità e di un periodo di secco alla fine del ciclo. Si adatta a tutti i tipi di terreno, sia per quanto riguarda la tessitura sia per quanto riguarda il pH, purché non estremo. Inoltre, presenta una moderata tolleranza alla salinità. E' una tipica pianta da rinnovo il cui prodotto agrario utile è costituito dagli acheni (42-45% olio e 20-25% proteina) (Benvenuti e Vannozzi, 2001). La pianta mostra una notevole adattabilità climatica pur essendo termofila e ben si adatta alla coltivazione, sia nelle pianure fresche ed irrigue del nord Italia sia nelle zone asciutte e calde della collina interna del centro sud del Paese. Per quanto riguarda la fertilizzazione, la pianta risponde particolarmente all'azoto, che viene utilizzato abbastanza precocemente. Il girasole presenta in realtà un basso coefficiente di utilizzazione di questo elemento apportato con i concimi, motivo per cui sembrano da sconsigliare elevate concimazioni azotate; è addirittura possibile eliminare la concimazione azotata, senza penalizzare le rese (Benvenuti e Vannozzi, 2001).

### SINTESI DELL'OLIO

Il contenuto di olio nel seme aumenta regolarmente fino a 30 giorni dopo la fioritura per poi rallentare. A maturità il 95% dell'olio è contenuto nella mandorla. La composizione degli acidi grassi dell'olio varia a seconda della latitudine e della varietà, alto oleico o meno (Benvenuti e Vannozzi, 2001).



## TECNICA CULTURALE

### *Avvicendamento*

Tipica pianta da rinnovo, sfrutta l'effetto residuo di una "preparatrice" come il mais e prepara il terreno per la barbabietola. Per evitare l'insorgere di malattie il girasole non deve tornare sullo stesso terreno prima di 3-5 anni e a sufficiente distanza da altre oleaginose (colza e soia).

### *Preparazione del terreno*

Per questa coltura le lavorazioni hanno lo scopo di aumentare la capacità idrica del terreno. La minima lavorazione può portare a rese medie inferiori rispetto all'aratura tradizionale, soprattutto in terreni limosi rispetto a quelli argillosi.

In terreni poco infestati e con pochi residui colturali da interrare, un'aratura a ridotta profondità (25-30 cm) può dare risultati comparabili e alle volte migliori di un'aratura profonda (50 cm).

Le lavorazioni secondarie si effettuano vicino al momento della semina. Il tutto dovrà essere compiuto con il minimo passaggio di macchine per limitare il compattamento del terreno.

### *Fertilizzazione*

Tra gli elementi nutritivi l'azoto svolge un ruolo predominante. L'assorbimento di questo elemento da parte della pianta avviene precocemente ed è necessario per lo sviluppo fogliare e per la formazione di un numero adeguato di acheni. Per gli investimenti tradizionalmente adottati (5-6 piante a m<sup>2</sup>) sono consigliabili 80-100 kg ha<sup>-1</sup> con una distribuzione anticipata.

Per quanto riguarda il fosforo si va dai 60-80 kg ha<sup>-1</sup> per i terreni ben dotati con pH neutro, a circa 100 kg ha<sup>-1</sup> per quelli scarsamente dotati. Per il potassio le dosi possono andare da zero a 150 unità in relazione alla dotazione del terreno. Sia per il fosforo che per il potassio, data la loro scarsa mobilità, è consigliabile anticipare la somministrazione al momento della preparazione del letto di semina.

Tra i microelementi è importante ricordare il boro, di cui la pianta è molto esigente.

La fase critica cade tra le 5 paia di foglie e la formazione del bottone fiorale: in questo momento assorbe l'80% del suo fabbisogno totale pari a 400 g ha<sup>-1</sup>.

### *Impianto*

La semina può essere effettuata tra la fine di marzo e i primi di aprile. Viene effettuata attraverso seminatrici pneumatiche di precisione con dischi da girasole. Il quantitativo di seme è pari a 4-6 kg per ettaro (in caso di semina su sodo la quantità va aumentata del 10%). Per terreni con buone capacità di rifornimento idrico l'investimento si aggira intorno ai 7-9 semi a m<sup>2</sup> per un totale di 6-7 piante a m<sup>2</sup>.

### *Lotta alle malerbe*

In genere il girasole è molto sensibile alla competizione delle malerbe in ogni stadio del suo sviluppo. In particolare nelle prime 4 settimane di vegetazione, forti infestazioni possono determinare riduzioni di resa del 65-70% (Benvenuti e Vannozzi, 2001).

Le infestanti più comuni sono: *Chenopodium album*, *Sinapis arvensis*, *Anagallis arvensis*, *Solanum nigrum*, *Abutilon theophrasti*, *Setaria* spp, *Echinochloa crus-galli* e *Digitaria* spp. Il controllo delle infestanti per questa coltura non presenta grosse difficoltà: l'integrazione dei metodi agronomici classici quali le rotazioni, le lavorazioni del terreno, le modalità di semina, la concimazione e il rifornimento idrico, possono essere dei validi sostituti alla difesa chimica (da valutare per il basso margine di reddito che lascia questa coltura).

### Irrigazione

Le attuali varietà di girasole, in regime di massima disponibilità idrica, evidenziano un fabbisogno di acqua per l'intero ciclo pari a 600 mm. Se l'apporto idrico viene frazionato a seconda delle fasi fenologiche (tab. 3) si possono ottenere rese elevate (3,5-4,0 t ha<sup>-1</sup>) anche con solo 400-450 mm di acqua.

Il girasole è comunque in grado di fornire buone produzioni anche in limitata disponibilità idrica, per questo è diventata una delle piante da rinnovo più diffusa negli areali non irrigui del Centro Italia.

**Tab. 3 - Distribuzione equilibrata nelle diverse fasi fenologiche.**

Fase fenologica	Fabbisogno idrico (mm)
Dall'emergenza alla fioritura	160-180
Fioritura	70
Dopo la fioritura	160-200
<b>Totale</b>	<b>390-450</b>

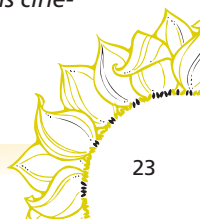
### Raccolta

La coltura è da considerarsi pronta per la raccolta 15-20 giorni dopo la maturazione fisiologica. Per gli ambienti dell'Italia centro-settentrionale l'epoca di raccolta va dalla seconda metà di agosto alla prima quindicina di settembre. Indici del raggiungimento di questa fase sono: la caduta spontanea degli involucri fiorali dei frutti, il colore bruno delle calatidi e la secchezza delle foglie basali.

La raccolta avviene a fine estate (per evitare le piogge e le infestazioni fungine) per mezzo di mietitrebbiatrice da grano opportunamente modificata. L'umidità degli acheni deve essere intorno al 9-10% con impurità non superiori al 2%. A tali percentuali di umidità la conservazione del seme risulta facile, mentre se è superiore diventa necessario l'essiccamento. Da ricordare che il seme non sopporta temperature superiori ai 50 °C.

### AVVERSITÀ

Il girasole viene colpito dalle avversità durante la fase vegetativa o all'inizio della fioritura. Tra le più comuni si ricordano: la *Plasmopara helianthi* (peronospora), la *Sclerotinia sclerotiorum* (muffa bianca che colpisce il colletto, il bottone fiorale e la calatide), la *Botrytis cinerea* (muffa grigia) e il *Rizopus arrhizus* (colpiscono la pianta durante la fioritura).



## CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE DELL'OLIO DI GIRASOLE

Le caratteristiche chimico-fisiche dell'olio influiscono sul suo comportamento come combustibile nei motori endotermici. In tabella 4 vengono riportate le principali caratteristiche chimico-fisiche dell'olio di girasole e del gasolio, in modo da poter fare un confronto diretto delle loro proprietà.

**Tab. 4** - Principali proprietà dell'olio di girasole e del gasolio (fonti: CTI, 1993, I.F.P., 1985, American Chemical Society, Fuels and Chemicals from Biomass, modificato).

Proprietà	Olio di girasole	Gasolio
Massa volumica a 20 °C (kg dm <sup>-3</sup> )	0,915	0,82
Viscosità a 38 °C (cSt)	37,1	2,7
PCI volumico (Potere Calorifico Inferiore) (MJ dm <sup>-3</sup> )	32,9	35,8
Numero di Cetano (CN)	37	47
(FP) Flash Point (°C)	274	68
Punto di solidificazione (°C)	-18	
Numero di iodio (IV)	110-143	

La *massa volumica* è funzione della temperatura: si riduce di circa un decimo al raddoppiare della temperatura. La più elevata massa volumica dell'olio vegetale rispetto al gasolio determina, per un motore a parità di consumo orario (dm<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>), un maggior consumo in termini di massa rispetto al gasolio.

La *viscosità* esprime la fluidità di un liquido e comprende, sia l'attrito tra i diversi strati del fluido che l'attrito esercitato tra gli strati esterni del fluido e le pareti del tubo o della superficie che lo accoglie. Rispetto al gasolio, a 38 °C l'olio di girasole ha una viscosità circa 14 volte superiore. L'elevata viscosità influenza il sistema d'iniezione a causa della scarsa atomizzazione del combustibile, a livello della camera di combustione provocando una combustione "sporca" che incide negativamente sulla durata del motore.

Dato che la viscosità decresce all'aumentare della temperatura, essa può essere ridotta riscaldando l'olio prima dell'iniezione oppure scaldando filtri, serbatoi o condotti prima dell'iniettore.

Il *potere calorifico inferiore* (PCI) è quello che si realizza quando il calore dei gas di combustione non viene recuperato (non considera la frazione di energia impiegata per l'evaporazione dell'acqua di combustione). Il potere calorifico dell'olio di girasole risulta essere inferiore a quello del gasolio: ciò significa un maggior consumo specifico per ottenere la medesima potenza erogabile.

Il *numero di cetano* (CN) indica il comportamento di un combustibile all'accensione. E' un

numero proporzionale alla pressione cui è necessario portare la miscela aria-combustibile perché questa si autoaccenda. Influenza l'avviamento a freddo, la combustione, la pressione massima e la rumorosità del motore. Più è alto il valore del CN maggiore è la prontezza del combustibile all'accensione. Il range ottimale si aggira tra 40 e 50.

Il *flash point* (FP) rappresenta la temperatura minima alla quale i vapori di un combustibile si accendono in presenza di una fiamma. L'olio vegetale presenta un *flash point* molto più elevato di quello del gasolio, comportando così più sicurezza nello stoccaggio, nel trasporto e nella manipolazione. Un valore basso può rilevare la presenza di composti volatili e infiammabili come, per esempio, metanolo nel biodiesel.

Il *punto di solidificazione* rappresenta la temperatura alla quale un olio si presenta in forma solida. Gli oli vegetali presentano una notevole variabilità nei punti di solidificazione: l'olio inizia ad opacizzarsi e ad aumentare il suo spessore fino a diventare completamente solido. Questo parametro influenza il limite di filtrabilità e di scorrimento del combustibile: le particelle solide sospese nell'olio fluido potrebbero essere catturate dal filtro del carburante e provocare, così, la sua otturazione. Anche in questo caso diventa importante il preriscaldamento dell'olio prima di lasciare il serbatoio o prima di entrare nella pompa di iniezione.

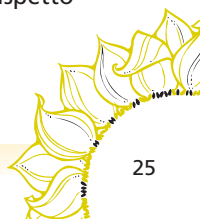
Il *numero di iodio* (IV) ci fornisce informazioni sul grado di insaturazione. Più è alto l'indice, maggiore è l'insaturazione. Valori troppo elevati compromettono la stabilità, in quanto i doppi legami sono deboli e spesso gli acidi polimerizzano, causando la formazione di gomme, fattore altamente indesiderabile nel motore. Invece valori troppo bassi, indicativi di un alto contenuto di acidi saturi, influenzano il comportamento a basse temperature. Per poter usare un olio vegetale puro per lunghi periodi senza avere problemi è richiesto un numero di iodio minore di 25. L'olio di girasole presenta un elevato numero di iodio e quindi il suo uso prolungato può provocare un deterioramento precoce del motore e, in particolare, ridurre la vita della pompa di iniezione e dell'iniettore stesso.

## UTILIZZAZIONE DELL'OLIO DI GIRASOLE NEI MOTORI DIESEL

Date le caratteristiche sopra analizzate sono stati fatti alcuni studi sulla possibilità di utilizzare l'olio di girasole, puro e modificato, come combustibile nei motori Diesel in sostituzione al gasolio (Scrosta, 2005).

Le prove sono state fatte sia con olio puro (dopo l'estrazione non viene modificato) che con olio raffinato (dopo l'estrazione viene sottoposto a diversi processi chimici e fisici in funzione dello scopo per cui viene commercializzato).

Attualmente il biodiesel è il combustibile più usato tra i derivati della raffinazione dell'olio. Per quanto riguarda i motori, si sono utilizzati sia motori ad iniezione diretta (DI) che quelli ad iniezione indiretta (IDI). Nei primi, per effettuare una completa ed efficiente combustione, il combustibile deve essere fornito all'iniettore sotto forma di un sottile velo (l'olio grezzo ha grandi difficoltà a temperatura ambiente ad arrivare a questo grado di finezza, quindi, ci si deve assicurare che l'olio arrivi all'iniettore a determinate temperature in cui la viscosità non è più un problema); nei secondi, invece, esiste una precamera di combustione nella quale inizia la combustione che si propaga poi nella camera principale (in questo caso la sensibilità dell'iniettore è minore per cui l'uso di olio grezzo crea meno problemi rispetto al DI).





In particolare i combustibili utilizzati sono stati:

- olio grezzo ottenuto da estrazione e non raffinato (SVO - *Straight Vegetable Oil*);
- olio ottenuto da estrazione e raffinato (sottoposto a più o meno blandi trattamenti);
- olio miscelato con gasolio in differenti proporzioni;
- olio additivato con altre sostanze chimiche.

Nella tabella 5 si trovano riassunti gli inconvenienti riscontrati nei motori non modificati fatti funzionare con diverse tipologie di oli vegetali.

**Tab. 5 - Problemi relativi all'impiego di oli vegetali e loro differenti esteri in motori a ciclo diesel (fonte: Bruno et al., 1990; modificato).**

Problemi	OVG <sup>(1)</sup>		OVA <sup>(2)</sup>		OVR <sup>(3)</sup>		MO/G <sup>(4)</sup>		OVT <sup>(5)</sup>	
	IDI	DI	IDI	DI	IDI	DI	IDI	DI	IDI	DI
Incompleta combustione	++	+++	++	+++	+	++	+	+	-	-
Formazione depositi	++	+++	+	+++	++	++	+	++	-	-
Occlusione filtro e condotti alimentazione	+++	+++	+++	+++	+	+	++	++	+/-	-
Irregolarità funzionamento pompa di iniezione	-	+++	-	+++	-	++	-	++	-	-
Usura sistema di alimentazione	+	+	+	+	+	+	+	+	+/-	+/-
Contaminazione e diluizione olio lubrificante	++	++	++	++	+	++	+	++	-	+

Note: (1) **OVG** olio vegetale grezzo; (2) **OVA** olio vegetale additivato; (3) **OVR** olio vegetale raffinato; (4) **MO/G** miscela olio-gasolio; (5) **OVT** oli vegetali transesterificati.

Influenza: +++ elevata; ++ notevole; + scarsa; +/- ridotta; - nulla.

Dalla tabella si evince che i maggiori inconvenienti riscontrati nell'uso dell'olio grezzo al 100% sembrerebbero essere legati principalmente all'elevata viscosità: al momento dell'iniezione il fluido non verrà spruzzato nel modo ottimale e non si formerà la giusta miscela aria-combustibile. I depositi carboniosi si formano proprio per l'incompleta combustione delle grandi goccioline di olio. L'abbassamento dell'efficienza termica che ne consegue è il risultato di un peggioramento del cono di spruzzata al momento dell'iniezione e dell'abbassamento della pressione di compressione dovuto ad una maggiore adesività del pistone. Il grande sforzo richiesto per far scorrere questo fluido all'interno dei canali e dei filtri di alimentazione può causare uno stress aggiuntivo anche al sistema di distribuzione, causando sfalsamenti nella regolazione.

Dato che la viscosità diminuisce con la temperatura, ad elevate temperature questi inconvenienti sono ridotti al minimo, così che le prestazioni motoristiche ottenute con olio grezzo possono essere paragonate a quelle con olio esterificato o con gasolio. In particolare, le soluzioni proponibili per superare il problema dell'elevata viscosità possono riguardare:

- modifiche al sistema di distribuzione per migliorare la combustione;
- modifiche al motore per riscaldare l'olio grezzo prima che venga iniettato nella camera di combustione;
- modifiche nella composizione dell'olio in quanto ne influenza il comportamento durante la combustione;
- aggiunta di additivi;

- miscele olio-gasolio (le miscele si possono ottenere facilmente e non si richiedono modifiche al motore né processi industriali aggiuntivi).

Da quanto mostrato fino ad ora si può dire che l'olio di girasole estratto con il sistema a freddo, mediante pressa meccanica, presenta caratteristiche chimico-fisiche compatibili con il suo utilizzo come biocombustibile nei motori endotermici.

Il principale problema nel suo utilizzo è la viscosità che ha motivato l'utilizzo di miscele con gasolio nella sperimentazione su motori. Le misure di viscosità nelle miscele sono risultate essere drasticamente inferiori di quelle dell'olio grezzo. Ciò può essere ovviato, ricordiamo, mediante l'incremento di temperatura dell'olio prima di entrare nella camera di combustione. Si è riscontrato, però, che l'olio di varietà di girasole alto oleico, pur presentando elevati valori di viscosità, ha bassi valori del numero di iodio. Quindi, la scelta di varietà ad alto oleico può essere un giusto compromesso in quanto l'elevata viscosità viene ovviata attraverso il preriscaldamento dell'olio che non può modificare le proprietà chimiche del prodotto (in particolare il basso valore del numero di iodio). Inoltre, il potere calorifico (PCI) dell'olio di girasole non è troppo diverso da quello tipico del gasolio, essendo inferiore solo del 7-8%.

Alla luce dei risultati conseguiti, ai fini della ricerca del miglioramento delle caratteristiche dell'olio di girasole a scopo energetico, ci si può orientare verso diverse possibilità operative che riguardano:

- le tecniche di estrazione;
- la scelta varietale;
- i processi di raffinazione dell'olio vegetale.

In particolare, il miglioramento genetico può diventare un campo di ricerca interessante per lo studio di varietà adatte alla produzione di olio ad uso energetico.



**Foto 4** - Serbatoio aggiuntivo in un trattore modificato per permettere l'utilizzo diretto dell'olio vegetale.

