

/Indice

Indice	1
Uso di drone in Agricoltura	4
Introduzione	4
Il panorama normativo	7
Gli aeromobili e gli APR per il codice della navigazione italiano	7
L'uso del drone in agricoltura di precisione	8
Materiali e Metodi	12
Risultati e discussione.....	17
Dati rilevati dal drone sulla varietà Odisseo	19
Conclusioni	24
Bibliografia - Droni	25
Studi per l'utilizzo di <i>Nicotiana tabacum</i> L. coltura oleaginosa	29
Introduzione	29
La Politica energetica europea	31
Carbon sequestration	33
Il ruolo dell'agricoltura per la mitigazione dei cambiamenti climatici	35
Gestione conservativa del terreno	35
Miglioramento dei sistemi colturali e sistemi organici	35
Irrigazione e gestione dell'acqua	36
Cattura di Metano.....	36
Biocarburanti.....	36
La filiera delle Biomasse.....	36
Processi termochimici	37
Processi biochimici	38

Processi fisici	39
Colture energetiche “Dedicate”	40
Valutazione della convenienza energetica del sistema produttivo	42
Colture erbacee oleaginose	44
Caratteristiche botaniche della specie	62
Varietà colturali	64
Esigenze ed adattamento ambientale	64
Tecnica colturale	65
Miglioramento genetico e caratteristiche delle linee da olio	71
Scopo della tesi	74
Primo anno di sperimentazione <i>Vocazionalità ambientale</i>	75
Materiali e metodi (1° anno)	95
Risultati (1° anno)	98
Discussione (1° anno)	109
Secondo anno di sperimentazione <i>Tecniche Irrigue</i>	110
Materiali e Metodi (2° anno)	110
Risultati (2° anno)	113
Discussione (2° anno)	121
Terzo anno di sperimentazione	123
Prove di cimatura su diverse densità di impianto	123
Materiali e Metodi (3° anno)	125
Risultati (3° anno)	127
Discussione (3° anno)	134
Conclusioni	135
Bibliografia - <i>Nicotiana tabacum</i> L.	137
Ringraziamenti	139

Uso di drone in Agricoltura

Introduzione

La legge italiana del 14 luglio 2004, n. 178, "Disposizioni in materia di aeromobili a pilotaggio remoto delle Forze armate" definisce che per aeromobile a pilotaggio remoto, di seguito denominato «APR», si intende un mezzo aereo pilotato da un equipaggio che opera da una stazione remota di comando e controllo. (Gazzetta Ufficiale n. 168 del 20 luglio 2004).

Un aeromobile a pilotaggio remoto, o APR, comunemente noto come drone, è definito (wikipedia) come un velivolo caratterizzato dall'assenza del pilota umano a bordo. Il suo volo è controllato dal computer di bordo sotto il controllo remoto di un navigatore o pilota, posto sul terreno o in un altro veicolo. L'inclusione del termine aeromobile sottolinea che, indipendentemente dalla posizione del pilota e/o dell'equipaggio di volo, le operazioni devono rispettare le stesse regole e le procedure degli aerei con pilota ed equipaggio di volo a bordo. Il loro utilizzo è ormai consolidato per usi militari e crescente anche per applicazioni civili, ad esempio in operazioni di prevenzione e intervento in emergenza incendi, per usi di sicurezza non militari, per sorveglianza di oleodotti, con finalità di telerilevamento e ricerca. Sono noti anche attraverso altri acronimi, molti dei quali di derivazione anglosassone: oltre a RPA (Remotely Piloted Aircraft) possono essere indicati come UAV (Unmanned Aerial Vehicle), RPV (Remotely Piloted Vehicle), ROA (Remotely Operated Aircraft) o UVS (Unmanned Vehicle System).

E' bene precisare che l'elenco che si fornisce non è esaustivo ed inoltre tutte le attività riportate in letteratura necessitano ancora di notevoli studi per essere considerate perfettamente attendibili e quindi facilmente utilizzabili.

L'utilizzo dei droni può essere applicato a molti ambiti disciplinari tra cui la gestione e la conservazione degli habitat. Un drone potrebbe essere usato per il conteggio degli animali, per controllo dei pescherecci (ad esempio navi baleniere), per il monitoraggio degli animali e le loro migrazioni, per attività anti-bracconaggio e identificazione delle specie. Nell'ambito del monitoraggio delle specie selvatiche trovano impiego le termocamere, oppure con animali

microcippati il drone può ricevere i segnali radio e mappare la presenza degli animali; il vantaggio di tali sistemi è che non arrecano disturbi agli animali perché non emettono rumori molesti.

Altro campo di impiego, ancora tutto da verificare, è la protezione delle piante. Potrebbe essere impiegato nel settore fitosanitario per verificare la proprietà di un terreno, per stimare lo stato idrico delle piante, la biomassa, monitorare la loro crescita, per l'identificazione delle specie. Inoltre la tecnologia dei droni comincia ad essere studiata nell'ambito forestale per l'analisi dello stato fitosanitario e nutrizionale della vegetazione, per il rilevamento e la stima della biomassa, per il monitoraggio degli incendi, per la valutazione dei danni e per la pianificazione del taglio. Nel 2007 la NASA ha usato queste tecnologie per prendere immagini multispettrali per monitorare i grandi incendi in USA ma in maniera particolare in California. Attraverso l'uso di queste informazioni, gli operatori sono stati in grado di identificare i fuochi ancora attivi e di gestirli in maniera appropriata.

Altro campo in cui l'utilizzo di droni trova impiego è quello del monitoraggio dei cambiamenti climatici, infatti viene usato per monitorare le dinamiche glaciali, l'erosione delle coste e la degradazione delle foreste. Gli UAS possono essere utilizzati per monitorare i gas inquinanti in zone ad alta concentrazione di attività antropiche ma anche per valutare e misurare le radiazioni di determinate aree: ne è un esempio il recente (marzo 2011) terremoto del Tōhoku in Giappone che ha colpito la centrale nucleare di Fukushima; in quell'occasione sono stati utilizzati dei Global Hawk, col fine di monitorare i reattori dopo le esplosioni che si erano verificate. Inoltre essi possono essere utilizzati per accertamenti sulle emissioni di alcune attività industriali attraverso filtri che valutano le emissioni di anidride carbonica e metano. Questa tecnologia viene di norma utilizzato per lo studio dei cicloni, infatti essi vengono sacrificati per studiare i movimenti interni dei cicloni, da cui inviano informazioni, questo è utile perché recuperano informazioni senza mettere in pericolo vite umane.

Inoltre l'uso della tecnologia dei droni trova impiego anche in cartografia per mappare la morfologia del territorio, le caratteristiche dei ghiacciai, i bacini idrici dei fiumi, le spiagge e i crateri dei vulcani. Questa tecnologia viene anche applicata al monitoraggio dei fiumi e alla previsione delle inondazioni attraverso la mappatura dei fiumi, monitoraggio delle erosioni e la simulazione di inondazioni. Ultimamente i droni sono stati usati in situazioni di inondazioni, lo stato di sicurezza delle dighe, e per le emergenze in generale. Nel 2010, in North Dakota è stato registrato per la prima volta l'uso di questa tecnologia per monitorare le

innondazioni. Infatti fu utilizzato un drone per monitorare la rottura del ghiaccio e la progressione giornaliera dei flussi idrici dal bacino idrico.

Sempre per valutare eventuali emergenze, i droni possono essere utilizzati per studiare le frane e valutare il rischio. Inoltre questa tecnologia trova impiego anche per il monitoraggio di attività illegali quali pesca di frodo, abusi edilizi, attività illegali in aree protette. Inoltre il drone può essere utilizzato anche per pianificare spedizioni in zone impervie attraverso mappe di percorso (sensefly web site).

Altro campo di impiego è quello del monitoraggio dei gasdotti e degli oleodotti. Per questo tipo di attività vengono utilizzati immagini multispettrali al fine di costatare eventuali perdite delle condotte e i punti di criticità delle tubature, in quanto tali perdite non sono visibili all'occhio umano. Con le immagini multispettrali, in particolare nell'infrarosso, si possono percepire gas provenienti dal sottosuolo (Campbell, 2007).

La tecnologia dei droni o UAV/UAS, quindi, offre una miriade di possibili applicazioni per la protezione e la conservazione ambientale perché offre on demand immagini aeree veloci e economicamente efficienti. Ci sono diverse ragioni per cui questa tecnologia viene usata in ingegneria ambientale e nel campo della ricerca scientifica, tra cui la flessibilità di utilizzo, la tempestività, l'efficienza dell'uso, l'economicità e la discretezza dovuta al basso disturbo acustico arrecato nelle zone di utilizzo.

Nel passato recente venivano utilizzate in agricoltura anche le immagini satellitari ad alta risoluzione per studiare le variazioni delle condizioni delle colture e del suolo. Le immagini satellitari presentavano numerose problematiche: (a) non erano facilmente disponibili per diverse ragioni, non ultime alcune legate alla sicurezza nazionale; (b) si possono acquisire solo in giornate prive di copertura nuvolosa; (c) la disponibilità delle immagini sono funzione di diversi fattori legati all'uso di satelliti geostazionari o meno; (d) il grado di risoluzione è generalmente molto basso, raggiungendo in certi casi pixel di grandezza di oltre 20 m x 20 m; (e) i costi sono generalmente molto elevati; (f) le immagini satellitari non sono utilizzabili tal quale ma necessitano di complicati e time-consuming processi di elaborazione. Tale problematiche hanno spinto la ricerca verso un prodotto alternativo, in grado di riprendere immagini da quote molto basse (rispetto ai satelliti) con sistemi piccoli senza pilota (UAS). Essi presentano un basso costo di funzionamento una elevata risoluzione spaziale e temporale, e la loro elevata flessibilità nella acquisizione delle immagini; in altre parole le immagini vengono acquisite quando servono e non quando si rendono disponibili.

Non sorprende che ci siano stati diversi studi recenti nell'applicazione delle immagini UAS per la Precision Agriculture (PA). I risultati di questi studi indicherebbero che, per fornire un prodotto finale affidabile agli agricoltori, la progettazione della piattaforma, la produzione, la standardizzazione di georeferenziazione e mosaicatura di immagini, e il lavoro di estrazione informazioni sono obbligatori. Inoltre, è auspicabile che tali sforzi dovrebbero coinvolgere l'agricoltore, in particolare nel processo di progettazione di campo, acquisizione delle immagini, l'interpretazione e analisi delle immagini. (Zang, 2012)

Il panorama normativo

Il panorama normativo della materia è eterogeneo e composito. Esistono tre livelli normativi: la normativa internazionale, quella comunitaria e quella nazionale. Il rapporto tra queste fonti è di tipo gerarchico quindi quanto disposto da una fonte normativa inferiore soccombe alle disposizioni normative di grado superiore.

A livello internazionale l'ICAO (International Civil Aviation Organization) riconosce molte categorie di aeromobili con pilota a bordo (*manned*) o senza (*unmanned*), dando a tutte lo status di "aeromobile". Anche un APR è quindi un'aeromobile e i concetti normativi non subiscono alterazioni di principio circa il velivolo, il pilota e l'operatore, per cui valgono le stesse responsabilità e certificazioni, quali il certificato di immatricolazione, il certificato di aeronavigabilità, la licenza del pilota, la licenza dell'operatore. In particolare esiste un quadro normativo generale applicabile, tuttavia un insieme di norme implementative adeguate è in fase di definizione. Gli APR di peso inferiore ai 150 kg sono di pertinenza delle singole autorità aeronautiche nazionali, l'ENAC in Italia, come stabilito nei regolamenti europei.

Gli aeromobili e gli APR per il codice della navigazione italiano

Il 17 luglio 2015 viene pubblicata da parte dell'Ente Nazionale per l'Aviazione Civile la nuova normativa sui Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto, con diverse novità rispetto al regolamento precedente.

Di seguito si riportano alcuni degli articoli rilevanti estratti dal codice della navigazione:

743. Nozione di aeromobile: Per aeromobile si intende ogni macchina destinata al trasporto per aria di persone o cose. Sono altresì considerati aeromobili i mezzi aerei a pilotaggio remoto, definiti come tali dalle leggi speciali, dai regolamenti dell'ENAC e dai decreti del Ministero della difesa, per quelli militari.

749. *Ammissione degli aeromobili alla navigazione*: Sono ammessi alla navigazione gli aeromobili immatricolati mediante iscrizione nel registro aeronautico nazionale ed abilitati nelle forme previste dal presente codice.

763. *Condizioni di navigabilità*: L'aeromobile che intraprende la navigazione deve essere in stato di navigabilità, convenientemente attrezzato e atto all'impiego al quale è destinato.

764. *Certificato di navigabilità*: L'idoneità dell'aeromobile alla navigazione aerea è attestata dal certificato di navigabilità. Il certificato di navigabilità abilita l'aeromobile alla navigazione.

765. *Impiego dell'aeromobile*: L'aeromobile può essere adibito soltanto al servizio o all'impiego consentito alla categoria alla quale, dal certificato di navigabilità, risulta assegnato.

Per tali normative quindi, come tutte le attività di lavoro aereo svolte con aeromobili, le attività di monitoraggio con APR possono essere svolte solo dopo aver obbligatoriamente acquisito le necessarie autorizzazioni, in genere rappresentate da Permessi di Volo, che possono essere concesse solo da ENAC, e la cui mancanza porterebbe ad operare in condizioni certamente illegali, e potenzialmente di effettivo rischio per la sicurezza.

Inoltre, il completo svolgimento del processo autorizzativo costituisce anche prerequisito irrinunciabile per l'ottenimento di polizze assicurative che coprano effettivamente i rischi correlati alle attività di lavoro aereo come richiesto dalle normative europee.

Quindi dal punto di vista normativo, chi pilota da remoto un APR ha, dal punto di vista normativo, le stesse caratteristiche e responsabilità che ha chi pilota un aeromobile da bordo. Ciò significa che i piloti di APR adibiti a lavoro aereo devono essere dotati di apposite licenze rilasciate da ENAC dopo adeguata e comprovata formazione.

L'uso del drone in agricoltura di precisione

L'agricoltura di precisione è una strategia gestionale dell'agricoltura che si avvale di moderne strumentazioni ed è mirata all'esecuzione di interventi agronomici che tengano conto delle effettive esigenze colturali, delle caratteristiche fisico-chimiche del suolo e della sua fertilità. Quindi essa consiste nella gestione agronomica differenziata del campo considerando la variabilità spaziale presente nel terreno. Se i campi fossero uniformi non ci sarebbe bisogno di questo tipo di approccio (Basso, 2005)

L'agricoltura di precisione analizza e gestisce la variabilità spaziale del campo per ottimizzare la redditività, la sostenibilità e la salvaguardia dei servizi agro-ecologici. Per questo motivo, la

definizione di agricoltura di precisione si sta evolvendo con i cambiamenti tecnologici. La American National Research Council definisce agricoltura di precisione o *precision farming* "una strategia di gestione che utilizza le tecnologie d'informazione per portare i dati provenienti da fonti multiple a supportare le decisioni connesse con la produzione vegetale¹". L'agricoltura di precisione adatta pratiche di gestione di un campo agricolo, secondo la variabilità delle condizioni del sito; di conseguenza, vi è la necessità di metodi rapidi per valutare tale variabilità (Zhang e Kovacs, 2012; Mulla, 2013). La variabilità può essere di natura spaziale o temporale. Variabilità spaziale si verifica nell'ambito di diverse zone, mentre variabilità temporale si verifica in diversi tempi di misura (Whelan e Taylor, 2013). All'interno del campo di una diversa coltura, è necessario il monitoraggio per descrivere le condizioni del sito con una elevata risoluzione spaziale e temporale (Campbell and Wynne, 2011). L'agricoltura di precisione utilizza un intenso numero di dati e informazioni raccolte in tempo reale, che in seguito vengono analizzati nello spazio e nel tempo per consentire un uso più efficiente dei fattori produttivi in agricoltura. Il tutto è finalizzato ad una migliore produzione agricola e alla tutela della qualità ambientale (Harmon et al., 2005). L'applicazione di tecniche geospaziali e sensori (ad esempio, sistemi di informazione geografica, telerilevamento, GPS, UAV) per identificare variazioni nel campo è importante per l'applicazione dell'agricoltura precisione.

Il termine telerilevamento indica l'insieme di tecniche, strumenti e mezzi interpretativi che permettono l'acquisizione a distanza di informazioni qualitative e quantitative su oggetti senza entrare a contatto con essi. Il veicolo d'informazione del telerilevamento è l'energia elettromagnetica, sia proveniente dal sole, sia quella emessa dalla terra e dalla vegetazione, o generata da strumenti radar o laser. Utilizzando tali informazioni ed integrandole con altre conoscenze come il periodo dell'anno, l'andamento storico della piovosità ed ogni altra esperienza precedente è possibile stimare lo status della coltura. L'acquisizione dei dati telerilevati si basa sulla misurazione della quota di energia elettromagnetica che, raggiunta la superficie terrestre o gli oggetti che si trovano su di essa, viene riflessa o emessa. L'energia elettromagnetica viaggia nello spazio sotto forma di onde elettromagnetiche, le quali differiscono tra loro per la distanza tra due picchi successivi (lunghezza d'onda). L'insieme di tutte le lunghezze d'onda elettromagnetiche ordinate in base alle diverse lunghezze costituiscono uno spettro elettromagnetico continuo che per comodità viene diviso in porzioni.

¹ a management strategy that uses information technology to bring data from multiple sources to bear on decisions associated with crop production

In agricoltura le porzioni più usate sono l'ultravioletto, l'infrarosso e il vicino infrarosso. La misurazione dell'energia radiante emessa da un corpo in un definito intervallo di lunghezza d'onda è definita spettrometria (Basso, 2005b).

L'ultimo decennio ha visto un rapido aumento dell'uso di Unmanned Aerial System (UAS) anche in agricoltura (Zhang and Kovacs, 2012). Il telerilevamento basato sull'*Unmanned Aerial Vehicles* (UAS) offre grandi possibilità di acquisire un dato in maniera facile e veloce sul campo per le applicazioni di agricoltura di precisione. Questo campo di studi è in rapida crescita per i benefici e vantaggi per la gestione delle risorse agricole, in particolare per lo studio dello stato di salute delle colture (Candiago et al., 2015). I veicoli aerei senza equipaggio dotati di sensori NIR e multispettrali stanno affermandosi come un importante, a prezzi accessibili, componente di agricoltura di precisione e il miglioramento produttivo delle colture (Frank et al., 2015).

La spettrometria è stata utile nel ambito della ricerca per determinare principali frequenze d'onda e modelli spettrali che si riferiscono agli stress delle piante. Al fine di fare un uso migliore dei dati spettrali, numerosi indici spettrali di vegetazione (VI) sono stati sviluppati. Essi sono la combinazione algebrica della risposta alla radiazione elettromagnetica da parte della vegetazione per più bande dello spettro. Essi sono stati appositamente elaborati per lo studio della vegetazione, per caratterizzare gli stati vegetazionali, utilizzando la riflettanza delle colture a lunghezze d'onda differenti. Gli indici di vegetazione possono risultare più utili dei dati di assorbanza delle singole lunghezze d'onda per ottenere informazioni sui parametri della vegetazione (Haboudane et al., 2004). Gli indici possono essere utilizzati per monitorare le condizioni delle piante, valutare lo stato nutrizionale delle stesse, rilevare stress abiotici e biotici, stimare la crescita delle piante e le condizioni fisiologiche, e determinare la resa delle colture di previsione (Basso et al, 2011; Li et al, 2014; Marino et al., 2014a, 2015a).

Tra i vari indici spettrali vegetazionali, il Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) viene generalmente impiegato per ottenere i dati produttivi e per ottenere informazioni circa le dinamiche di crescita delle colture. L'NDVI è stato messo in relazione alla resa in granella e a altri importanti caratteri agronomici quali la LAI, quantità di biomassa fresca prodotta e quantitativo di azoto (Aparicio et al., 2000; 2002; Cabrera-Bosquet et al., 2011, Zhu et al., 2008, Marino et al., 2015b, 2014b).

Agüera Vega et al. (2015) hanno riportato che l'NDVI di una coltura di girasole, studiata mediante immagini scattate con un RGB e un sensore NIR montato su un UAV, può essere utilizzato per rilevare le differenze di resa in granella, biomassa e il contenuto di azoto nella

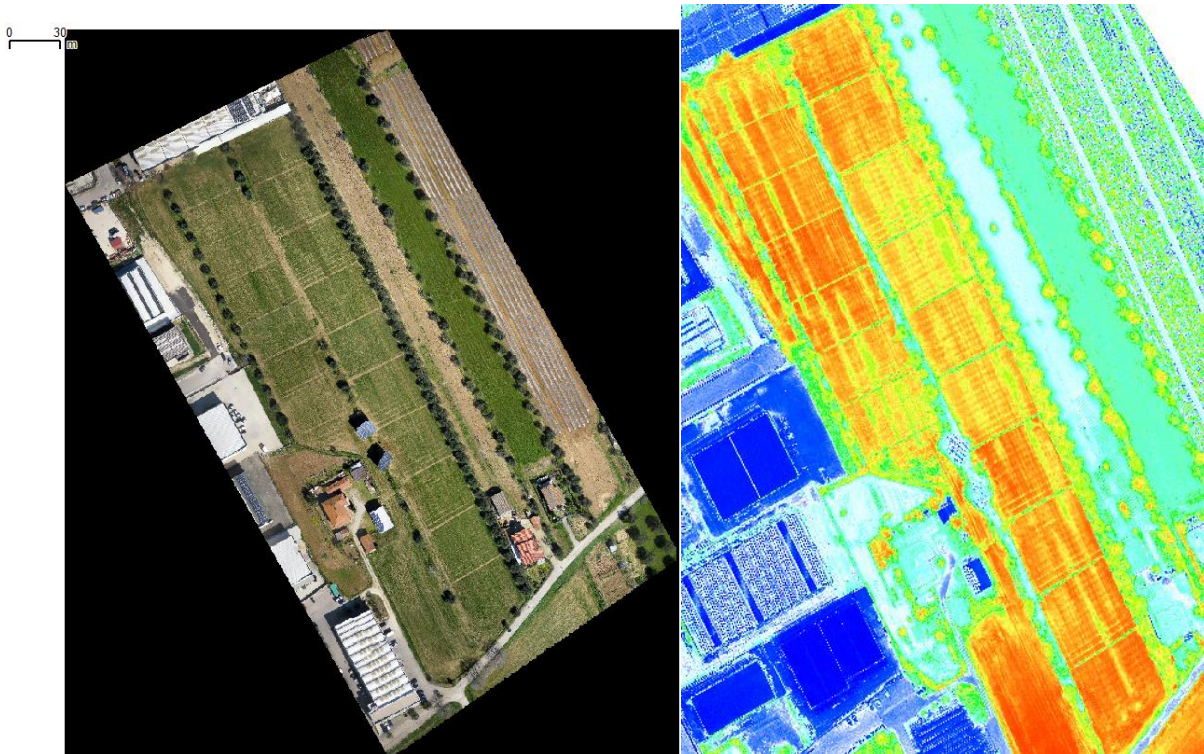
biomassa delle piante in coltivazione.

Il presente studio è stato svolto con il supporto di un UAV ad ala fissa provvisto di un sensore multispettrale (RGB e vicino infrarosso) per acquisire immagini durante la stagione di crescita di un campo sperimentale di varietà di grano duro e tenero. Lo scopo del lavoro è stato quello di valutare la variabilità produttiva fra ed entro le varietà, nonché di stimare statisticamente le eventuali relazioni tra NDVI e i principali parametri di crescita delle varietà.



Materiali e Metodi

La ricerca è stata effettuata in Italia centrale nell'annata agraria 2015, a Mosciano Sant'angelo in provincia di Teramo. Il campo sperimentale è stato allestito in un'area pianeggiante, a 75 metri sul livello del mare. La prova sperimentale ha riguardato una superficie totale di circa due ettari, coltivata con 17 varietà di grano, 10 di tenero e 7 di duro, riportate di seguito.



Immagini nel visibile (sx) e NDVI (dx) del campo alla fioritura.

Zetae – ciclo medio precoce, derivante dall'incrocio di Latino x Zenit. La qualità della granella è media. Buon produttore. Taglia medio-bassa. Buona resistenza all'allettamento. Maturazione precoce. Buona resistenza all'Oidio e discreta a Septoria. Indicata per tutti gli ambienti di coltivazione. Peso medio 1000 semi: 43-47 grammi

Ariosto – taglia medio-alta, spiga medio compatta aristata nera, ciclo medio tardivo, moderatamente resistente all'allettamento, resistente al freddo, moderatamente resistente all'oidio, suscettibile alla ruggine bruna e resistente alla septoriosi, tollerante alla fusariosi. Peso ettolitrico elevato 82-84 kg/hl, peso dei 1000 semi elevato 47-50, resistente alla bianconatura, tenore proteico di + 1,5 su media testimoni, indice di glutine molto elevato 97.

Pigreco - Varietà a ciclo medio adatta ad ambienti fertili, altamente produttiva, di taglia medio-

elevata con elevato numero di semi per spiga. La varietà è tollerante alla ruggine bruna e poco suscettibile a septoria e Fusarium spp. e SBMCW. Contenuto proteico elevato >13,5 e qualità del glutine 94.

Odisseo - epoca di spigatura medio tardiva, altezza medio bassa, colore delle ariste bruno, potenziale produttivo molto alto, peso ettolitrico buono, contenuto proteico medio alto, qualità glutine (scala 1-10), buona (5,5), resistenza a: Oidio buona, Ruggine bruna media Septoria ottima, freddo buona, Allettamento media.

Clovis - varietà di frumento duro adattabile al Nord e Centro Italia, risulta essere molto produttiva ma anche molto stabile nei diversi areali, si contraddistingue particolarmente nelle situazioni difficili grazie al suo elevato potere di accostamento, epoca di spigatura tardiva, altezza medio alta, tollerante all'allettamento, peso dei 1000 semi 48 g.

Ramirez – varietà a spigatura precoce, maturazione precoce, resistente al freddo, poco sensibile all'allettamento, di taglia medio alta, con spiga aristata. Varietà all'oidio, a septoriosi, a fusariosi e a ruggine gialla poco sensibile, resistente alla ruggine bruna. Il contenuto in proteine è medio elevato e l'indice di glutine è elevato.

Monastir – Varietà medio precoce, al freddo resistente, con buona resistenza all'allettamento, di taglia media con spiga aristata. Dotato di elevata capacità di accostamento, peso specifico molto elevato, il peso dei mille semi è medio elevato al pari del contenuto proteico e di glutine. Resistente a oidio e rugini, poco suscettibile a fusarium.

Inoltre si sono messe a confronto le seguenti varietà di frumento tenero:

Ambrogio – frumento tenero di forza, ciclo particolarmente precoce, il colore della granella è rosso, taglia media, molto produttivo. Tollerante a freddo allettamento, rugini e oidio, mediamente tollerante a septoriosi e fusariosi. Il peso dei 1000 semi varia da 40 a 47 grammi

Rebelde – varietà di taglia media con spiga aristata ciclo medio-tardivo, resistenze allettamento, al freddo, all'oidio, alla ruggine bruna, septoriosi, mentre risulta moderatamente resistente alla gialla e tollerante alla fusariosi. Il peso ettolitrico è elevato 81-83 kg/hl, mentre il peso dei 1000 semi è basso 34-37 g e il contenuto proteico è elevato

Artico - varietà di taglia media con spiga mutica, a ciclo medio, resistente all'allettamento, moderatamente resistente al freddo e all'oidio e alla fusariosi. Risulta essere moderatamente sensibile alla septoriosi. Il peso ettolitrico è Medio 77-79 kg/hl, come il peso dei 1000 semi

che è medio 37-40 g

Akim – Varietà precoce per semine tardive, non aristato di altezza media, mediamente resistente all'allettamento, oidio, mediamente sensibile a septoriosi, fusariosi e rugini. Il peso dei 1000 semi è di 38 grammi con buon peso ettolitrico di 80 kg/hl.

Ethic – Varietà a taglia medio alta con spiga mutica, ad elevato accestimento, di ciclo medio. Resistente al freddo, alle rugini e alla septoriosi. Moderatamente resistente a oidio e moderatamente tollerante alla fusariosi. Il peso è elevato 76-80 kg/hl, il peso dei 1000 semi è elevato di 40-43 g. Il contenuto proteico è basso.

Artdecò – Ha ciclo medio tardivo, altezza media, ed è mediamente resistente all'allettamento. Il peso dei mille semi è di 40-42 g, il peso ettolitrico è di 80 kg/hl. Resistente alla ruggine gialla, mediamente resistente fusariosi, oidio e septoria.

Arabia – Varietà a taglia medio-alta con spiga aristata. Il ciclo è precoce e l'accestimento è buono. Moderatamente resistente all'allettamento e all'oidio, moderatamente al freddo e alla septoriosi, moderatamente suscettibile alle rugini, moderatamente tollerante alla fusariosi. Possiede peso ettolitrico elevato 81-83 kg/hl, con peso 1000 semi buono di 40-43 g, il contenuto proteico è buono.

Catullo – varietà biscottiera a ciclo precoce con elevato accestimento, buona resistenza al freddo, molto resistente all'allettamento, di altezza media. Presenta una buona produttività ed ad adattabilità. La spiga è aristata, ed il peso dei 1000 semi buono. E' resistente alle principali malattie fungine. Presenta un rapporto P/L di 0.3 – 0.7.

Assuncion – Varietà a taglia medio-bassa con spiga aristata a ciclo medio-precoce con accestimento medio elevato. Risulta essere resistente all'allettamento, all'oidio e alle rugini, moderatamente resistente al freddo, moderatamente resistente alla septoriosi e moderatamente tollerante alla fusariosi. Il peso ettolitrico è buono 79-81 kg/hl, come anche il peso dei 1000 semi 40-43 g. Il contenuto proteico è medio.

La semina è stata effettuata il 15 dicembre 2014, distribuendo 200 kg di seme per ettaro. La raccolta è stata effettuata il 9 giugno 2015. Il terreno è stato preparato con minima lavorazione e precisamente con una fresatura seguita da una lavorazione secondaria con erpice a dischi e successiva rullatura. La concimazione di base è stata effettuata a dicembre in pre semina con 200 kg ad ettaro di Ravel 25. Le altre applicazioni di sono state effettuate durante il ciclo culturale in copertura, alla fine di Marzo con Azoto formula 3 un formulato contenente enzima

inibitore dell'ureasi quindi a più lenta cessione di azoto con il 35% di azoto e il 23 % di SO₃, e ad aprile nella fase di levata con 150 kg fertilente 30 con il 30 % di N e il 23 % di SO₃ e con due applicazioni fogliari di azoto con prodotto Ramendo a dose di 2 kg per ettaro e Azocereal a dose di 5 kg per ettaro.

Il controllo delle malerbe è stato effettuato attraverso l'utilizzo di erbicida in fase di fine accestimento e inizio levata con prodotto a base di Pinoxaden 3,09% (30 g/l); Clodinafop-propargyl 3,09% (30 g/l); Cloquintocet-mexyl 0,77% (7,5 g/l) il tutto a dose di 1 litro per ettaro per le infestanti a foglia stretta e florasulame 0,25% (= 2,50 g/L) e fluroxipir 14,53% (= 100,00 g/L) il tutto a dose di un litro per ettaro per le infestanti a foglia larga. Il diserbo è stato effettuato il 17 aprile 2014. Durante il ciclo colturale sono stati effettuati 2 trattamenti fungicidi il primo con SEGURIS XTRA prodotto a base di Isopyrazam a dose di un litro per ettaro miscelato con gli erbicidi il 17 aprile 2014, il secondo con PROSARO a base di Protioconazolo 12,7 % (=125 g/L) Tebuconazolo 12,7 % (= 125 g/L) a dose di 0,25 litri per ettaro.

Le temperature giornaliere massime e minime e le precipitazioni sono state registrate mediante una stazione metereologica standard per i campi sperimentali.

Gli stadi fenologici della colticazione di grano duro sono stati periodicamente registrati utilizzando la scala di Zadoks et al. (1974). Sono stati effettuati campionamenti da 0.5 metri quadrati georeferenziati per il calcolo dei parametri di crescita quali, la biomassa, numero di spighe, LAI, altezza delle piante, nelle date del 23 febbraio allo stadio di plantula, 30 marzo in accestimento, il 14 maggio in fioritura e il 7 giugno alla raccolta. La sostanza secca delle piante è stata determinata dopo essiccazione mediante stufa a 75°C.

I voli sono stati effettuati in 4 differenti date, le stesse in cui sono state effettuate le analisi distruttive, mediante drone senseFly, Switzerland. L'altezza di volo è stata di 80 metri sul livello del mare dalle 10 alle 12 a.m. Per ogni volo, il drone ha acquisito due immagini del campo, una attraverso la fotocamera Canon S110 RGB (12MP) e l'altra attraverso la fotocamera S110 NIR che acquisisce immagine nel verde, rosso e nelle frequenze del vicino infrarosso, permettendo l'acquisizione degli indici vegetazionali a una risoluzione di 12 mega pixel. L'assorbimento massimo dei picchi è stato di 550 nanometri nel verde, 625 nanometri nel rosso e 850 nanometri nel vicino infrarosso (NIR) per le rispettive lunghezze d'onda. Sono state scattate 96 immagini per ogni volo e per ogni camera che sono state successivamente processate con POSTFLIGHT TERRA 3D PROFESSIONAL PHOTOGRAMMETRY SOFTWARE. Il prodotto finale dell'analisi sono stati un RGB Geo TIFF e un NDVI Geo TIFF, con risoluzione di 3,5 cm per

pixel. L'NDVI è stato stimato come di seguito: $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$, dove il red e il NIR sono valori digitali dei pixel corrispondenti alle medesime bande di assorbimento. Le immagini TIFF e i campioni georeferenziati sono stati processati con QGIS 2.8.1. I punti a terra per la georeferenziazione sono stati rilevati con GPS Leica Viva GS15 (Leica Geosystem AG, Switzerland) su dieci punti per ogni volo.

Allo stato attuale i dati sono stati analizzati in maniera completa solo per la varietà Odisseo.

Le analisi di regressione, i coefficienti di determinazione, il livello di significatività e il RMSE sono stati calcolati sui dati georeferenziati di LAI, Biomassa e NDVI, utilizzando il programma Origin PRO 8 (Origin Lab Corporation, Northampton MA 01060 USA).

Per le altre varietà in coltivazione nel campo sperimentale si è determinato alla raccolta il risultato produttivo delle parcelle. Inoltre si sono determinate le caratteristiche della produzione quali: umidità, peso specifico, percentuale di proteine con il metodo Kjeldahl e analisi sul contenuto di micotossine (DON).

Per l'analisi del DON i campioni di granella sono stati sottoposti a macinazione con mulino Cyclotec (PBI), utilizzando una griglia da 0,5 mm. Sono stati utilizzati 5 g di sfarinato integrale ai quali sono stati aggiunti 25 ml acqua distillata; l'analisi è stata effettuata sull'estratto acquoso mediante metodica immunoenzimatica ELISA utilizzando il kit Ridascreen-DON, R-Biopharm®. A tal fine è stato utilizzato il preparatore automatico BRIO (SEAC) ed il lettore per micropiastre SIRIO (SEAC). Il limite di sensibilità del metodo è pari a 18,5 ppb, con un range di linearità fino a 500 ppb, ed il recupero di tossina nei cereali è compreso fra l'85 ed il 110 %. I risultati rappresentano il valore medio di analisi ripetute (n= 2; CV < 10%).

Risultati e discussione

Per tutte le varietà in coltivazione di grano duro e tenero è stata valutata la resa in granella alla raccolta, il peso specifico delle cariossidi e l'umidità relativa, la percentuale di proteine, le micotossine contenute. Il tutto al fine di capire la produttività delle diverse varietà nell'areale del centro Italia. (Tab 1 e 2). Relativamente all'indagine analitica per la rilevazione del DON, i risultati ottenuti mostrano che i livelli medi di contaminazione nell'annata esaminata sono stati ampiamente al di sotto del limite di 1750 ppb previsto dal Reg. Ce 1881/2006.

Tabella 1. Dati produttivi delle varietà di frumento duro

Frumento duro					
Varietà	Peso specifico (kg hl⁻¹)	Umidità %	Proteine %	DON (ppb)	t ha⁻¹
Zetae	83.5	11	15.5	60	5.5
Ariosto	82.65	11.2	15.5	70	7.4
Pigraco	78.6	11.3	15.2	40	5.8
Odisseo	84.4	10.8	13.3	150	6
Clovis	81.7	11.1	13.5	150	6
Ramirez	80.35	11.3	13	10	6.7
Monastir	80.35	11.1	15.1	0	6.3

Dai risultati produttivi della tabella 4 emerge che la varietà Ariosto è stata la più produttiva e che anche Ramirez e Monastir hanno prodotto bene, leggermente al di sotto della media Zetae e Pigraco. La presenza di DON per la stagione è stata contenuta e comunque molto al di sotto del valore limite. Il contenuto proteico è sempre stato superiore o uguale a 13 %.

Tabella 2. Dati produttivi delle varietà di frumento tenero

Frumento tenero					
Varietà	Peso specifico (kg hl⁻¹)	Umidità %	Proteine %	DON (ppb)	t ha⁻¹
Ambrogio	78.6	11.7	13.8	40	6
Rebelde	83.5	11.3	14.6	60	4.5
Artico	77.7	11.6	12	40	6.1
Akim	75.9	11.7	13.2	100	6
Ethic	73.2	11.5	13.3	80	5.3
Artdecò	78.6	11.7	12.2	0	5.8
Arabia	81.25	11.6	12.2	70	6.2
Catullo	80.8	11.5	10.4	40	6.3
Assuncion	79.9	11.8	12.3	10	6.8

I dati produttivi delle varietà di Frumento tenero mostrano che la varietà più produttiva è stata l'Assuncion, mentre più contenuta è stata quella di rebelde con 4.5 tonnellate ad ettaro. Buone produzioni si sono ottenute con le varietà Catullo, Arabia, Artico ed Ambrogio. La presenza di DON per la stagione è stata contenuta e comunque molto al di sotto del valore limite. Il contenuto proteico è stato al contrario del dato produttivo buono per la varietà Rebelde che ha fatto registrare un 14.6 % di proteine mentre più basso per Catullo con un 10.4 %.

Dati rilevati dal drone sulla varietà Odisseo

I risultati delle temperature minime e massime, delle precipitazioni registrate durante il periodo di studio, dal primo dicembre 2014 alla prima decade di giugno sono presentati in tabella 1. La temperatura minima è stata registrata a dicembre (-1°C), mentre la massima è stata registrata in giugno (36,2°C). Durante la stagione di coltivazione le precipitazioni si sono attestate sui 680,2 mm di pioggia.; metà delle quali sono state registrate in 6 settimane da fine gennaio a inizio marzo. Nell'ultimo periodo, sono stati registrati 120 mm di pioggia il 5 marzo subito dopo che la coltura si trovava allo stadio di plantula. Dallo stadio di accostamento allo stadio di fioritura le precipitazioni sono state scarse, mentre dall'antesi al riempimento sono risultate apprezzabili. Le temperature sono state miti dall'emergenza fino alla fioritura. Dalla fioritura alla raccolta le temperature massime si sono attestate attorno ai 30°C come atteso.

Tabella 3. Dati meteorologici registrati durante la sperimentazione e stadi fenologici della coltura. (Zadoks et al., 1974)

Month	Decade	T Min (°C)	T max (°C)	Rain (mm)	UAV flights	Phenological stage
Dec	I	6.4	20.1	26		Sowing
	II	5.3	17.3	2.4		
	III	-1.0	17.9	25.2		
Jan	I	1.2	16.1	4		Emergence
	II	5.2	19.7	11.2		
	III	1.5	15.9	70.4		
Feb	I	1.7	13.8	78.4		Seedling growth
	II	2.6	13.8	4.8		
	III	4.2	20.5	72	1 st	
Mar	I	3.3	20.5	126.4		Tillering
	II	4.6	16.0	29.6		
	III	5.7	21.6	39	2 nd	
Apr	I	5.1	21.7	43		Anthesis
	II	6.6	25.0	3.2		
	III	10.0	24.9	13.2		
May	I	12.4	31.2	14		Anthesis
	II	14.0	29.8	7.2	3 rd	
	III	10.9	26.1	30.2		
June	I	17.2	30.8	0		Ripening
	II	15.7	30.4	31.8	4 th	
	III	14.6	32.0	18.2		
July	I	19.9	34.3	26.6		Harvest

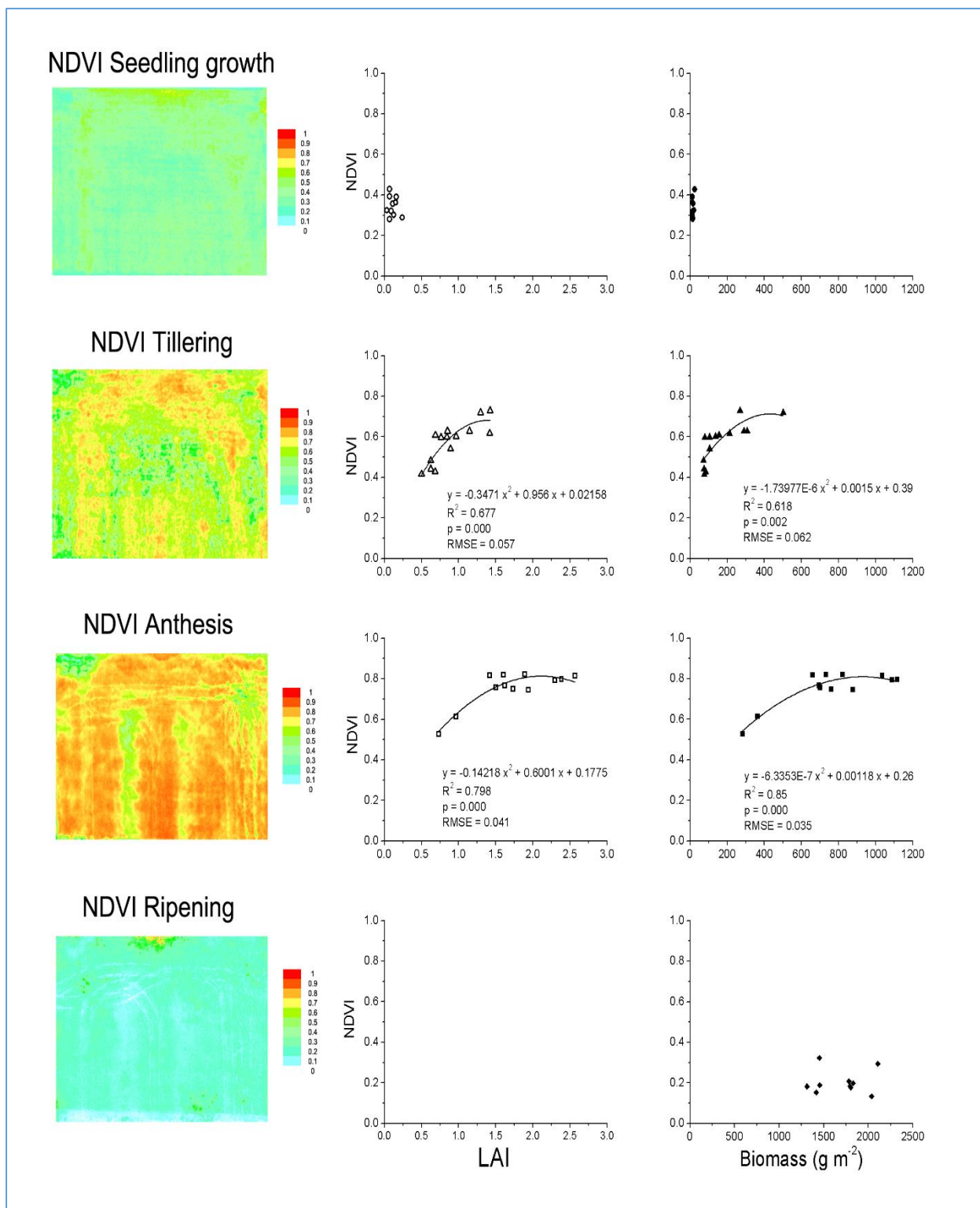


Figura 2. Mappa NDVI (LS), relazione tra NDVI index and LAI leaves area index (Middle) e relazione tra NDVI index e la sostanza secca (RS) ai quattro stadi fenologici. Cultivar Odisseo.

La Figura 2 mostra la raccolta dei dati alle quattro di campionamento, sulla sinistra, l'immagine dell'NDVI del campo, mentre nel mezzo la regressione tra l'NDVI e il LAI, e sulla destra la regressione tra l'NDVI e la biomassa.

Allo stadio fisiologico di plantula è stata rilevata una relazione non significativa tra l'NDVI e il LAI e tra l'NDVI e i dati relativi alla biomassa. I valori dell'NDVI variano tra 0.28 e 0.43, mentre quelli del LAI variano da 0.03 a 0.24, e quelli della biomassa fresca da 12 a 24 grammi per metro quadrato di coltivazione. Allo stadio di plantula, le piante coprivano parzialmente il suolo, fatto che ha largamente influenzato la riflettanza. È ben risaputo che alcuni degli effetti indotti dal suolo sugli indici vegetazionali vengono attribuiti in aggiunta all'irradiazione NIR al di sotto e tra le file delle piante (Huete, 1988, 1989; Huete et al. 1985). Inoltre la riflettanza della coltivazione è più bassa con una copertura vegetale minore, mentre la riflettanza del suolo diminuisce quando la copertura della vegetazione aumenta. Alcuni riflessi del suolo del NIR disseminato e trasmesso tornano indietro al sensore, in relazione alle proprietà di riflettanza del suolo. In accostamento la relazione tra l'NDVI e i parametri della cultura, quali LAI e biomassa sono stati altamente significativi. L' R^2 per l'NDVI con il LAI è risultato di 0.677 ($P < 0.001$), mentre l' R^2 dell'NDVI con la biomassa è risultato di 0.618 ($P < 0.002$). Il valore dell'NDVI è variato da 0.42 a 0.73; quello del LAI da 0.5 a 1.42, e la sostanza secca da 72 a 80 g m² (tab3). Il primo quartile (Q_1 , tab3) ha mostrato valori che hanno variato tra 0.5 a 0.68 per il LAI e da 72 a 80 g m² per la biomassa. L'ultimo quartile mostra un largo range: il LAI da 1.1 a 1.42, e la biomassa da 170 a 501 g m⁻².

Reyniers e Vrindts (2006), da rilievi spaziali e dati rilevati a terra, hanno trovato un coefficiente di correlazione di 0.73 tra l'NDVI e la Biomassa, comparabile con i risultati del presente lavoro. Allo stadio di accostamento, la mappa dell'NDVI realizzata attraverso la camera montata sul drone mostra una evidente variabilità spaziale: il più basso valore ha mostrato nel centro del campo un NDVI di circa 0,42 e il più alto valore nella parte superiore del campo con valori di NDVI di circa 0.73. Come atteso, la variabilità spaziale del suolo ha giocato un ruolo fondamentale, influenzando la crescita delle piante, come dimostrato dalle analisi distruttive, che hanno rivelato un grande differenza in termini di numero di culmi nel campo sperimentale. Nella parte centrale del campo, dove il valore dell'NDVI è risultato basso, il numero di culmi registrato è stato di 327 per metro quadrato, mentre nella porzione della parcella in cui il valore di NDVI è stato elevato il numero di culmi è stato di 496. L'intensa pioggia di marzo in cui sono caduti 195 mm e quella della prima decade di aprile con 43 mm ha incrementato la perdita di

azoto per lisciviazione da parte del suolo, la conseguenza è stata una riduzione del numero di culmi e del valore di NDVI. Nella fase di fioritura, la regressione tra NDVI e LAI, e NDVI e biomassa ha ottenuto valori di elevata significatività. I Risultati mostrano che entrambi I parametri di crescita sono stati significativi ($P < 0.001$) positivamente correlati alle misure di NDVI effettuate in ²accestimento e fioritura. Tuttavia, queste correlazioni sono state notevolmente migliorate quando LAI e biomassa sono stati misurati all'antesi rispetto all'accestimento. Questi risultati sono in accordo con gli altri dati rilevati in letteratura Villegas et al. (2001), Tanno et al., (1985), Turner (1997) riportanti il più alto valore di R^2 per la relazione tra NDVI e la sostanza secca alla fioritura.. Studi più vecchi hanno dimostrato che in antesi il grano duro è fortemente correlato con VIs (Cabrera-Bosquet *et al.*, 2011). Ancora, Marti et al. (2007), lavorando con grano tenero in sperimentazione, hanno trovato una alta correlazione tra parametri di crescita e NDVI misurati in fase di fioritura.

É stato dimostrato come la regressione polinomiale è la più semplice forma di regolazione delle relazioni tra NDVI e i parametri di crescita. Tuttavia, i rapporti esponenziali o polinomiali piuttosto che lineari tra NDVI e caratteristiche di sviluppo sono stati ampiamente studiati (Gamon *et al.*, 1995; Aparicio *et al.*, 2000; Alvaro *et al.*, 2007). Una relazione lineare è stata rilevata quando il valore del LAI non ha raggiunto valori di saturazione. Tradizionalmente, una limitazione chiave di alcuni indici multispettrali di vegetazione (VIS), come indice normalizzato differenza vegetazione (NDVI), è che si avvicina asintoticamente a un livello di saturazione quando biomassa o indice di area fogliare supera un certo valore (Gao *et al.*, 2000; Thenkabail *et al.*, 2000). Al di là di certi valori LAI, il rapporto di NDVI con LAI diventa non significativo; di conseguenza, è difficile stimare la biomassa di una chioma molto densa (Clevers e Jongschaap, 2001). Al contrario, Cabrera-Bosquet et al. (2011), Hansena e Schjoerring (2003) non hanno segnalato problemi di saturazione. Nel presente lavoro (tab. 3), l'NDVI all'antesi era superiore a 0,5, mentre il LAI variava tra 0,7-2,57. Il rapporto NDVI - LAI è stato molto significativo, anche se la curva sembra appiattirsi per il LAI per valori superiori a 1.6. La mappa NDVI all'antesi rilevata una vasta variabilità spaziale della coltura. I valori di NDVI variavano da 0,53 (per le due strisce nella zona centrale del campo) a 0,82 (centro del campo caratterizzato da maggiori valori registrati nel verde, rosso scuro nella mappa

NDVI). In fase di riempimento, non è stata trovata alcuna relazione tra NDVI e biomassa. La presenza di spighe e foglie senescenti ha indotto una diminuzione della riflettanza NIR, nonché una diminuzione adsorbimento della clorofilla che aumenta la riflettanza nel rosso come sostenuto da Haboudane et al. (2004), che porta a valori NDVI inaffidabili. Come conseguenza la mappa di NDVI a maturazione è piuttosto uniforme, non mostrando aree con evidente differenza nella crescita delle colture, anche se l'NDVI variava da 0.12 al 0.23 (Tab. 4).

Tabella 4. Valori NDVI, LAI e biomassa ai quattro differenti stadi fenologici, minimi, mediana, massimi, significatività, e valori dei quarti (Q).

	Seedling growth			Tillering			Anthesis			Ripening		
	NDVI	LA I	Biomass	NDVI I	LA I	Biomass	NDVI I	LA I	Biomass	NDVI I	LA I	Biomass
min	0.28	0.0 3	12.5	0.42	0.5 0.6	72	0.53	0.7 3	282	0.12	-	1312
Q ₁	0.30	0.0 7	13.3	0.5	0.8 0.8	80	0.75	1.4 8	685	0.15	-	1451
median	0.34	0.1 0	14.5	0.6	1.1 5	104	0.78	1.6 8	745	0.17	-	1788
Q ₃	0.38	0.1 5	15.7	0.62	1.4 0	169	0.81	2.0 3	916	0.197	-	1822
max	0.43	0.2 4	24.5	0.73	1.4 2	502	0.82	2.5 7	1116	0.23	-	2106
Mean	0.34	0.1 1	15.8	0.57	0.9 1	171	0.75	1.7 2	760	0.17	-	1698

Conclusioni

In questo studio, un sistema sensore multispettrale montato su drone è stato usato per ottenere immagini di una coltura di grano duro durante la stagione di crescita.

Come previsto, le immagini NDVI hanno fotografato diverse condizioni della coltura nelle diverse fasi di crescita (fase di plantula, accestimento, antesi e riempimento). In accestimento e in fase antesi, i coefficienti di correlazione di regressioni polinomiali rilevati tra NDVI e LAI così come NDVI e biomassa sono risultati altamente significativi. Questa variabilità è stata generata da un diverso numero di culmi per metro quadrato. La variabilità spaziale delle colture è stata più evidente in fase di antesi, quando il valore di biomassa è stato molto elevato (da 282 g m⁻² per 116 g m⁻²), mentre in fase di riempimento e di plantula i rapporti non sono stati significativi.

Questi risultati permettono di affermando che le mappe di NDVI realizzate da drone sono in grado di monitorare la variabilità spaziale in campo dalla fase di accestimento a antesi, la mappa può individuare un'area campo influenzata da alcuni fattori che limitano la produttività. Quest'ultimo caso può essere utile per valutare il rendimento (quantità e qualità) e omogeneità di un raccolto di grano duro.

La diffusione dell'uso di droni in agricoltura sembrerebbe dare informazioni rilevanti in un tempo relativamente breve, nell'ordine di una giornata attualmente, fattore molto utile per l'applicazione di tecniche di coltivazione di precisione. La limitazione delle mappe NDVI consiste nel fatto che essi indicano solo le porzioni di campo dove prestare attenzione, non necessariamente danno informazioni sulla ragione che sta determinando un cattivo andamento della crescita colturale. È probabile che in un prossimo futuro, le immagini rilevate da drone consentiranno applicazioni a tasso variabile in tempo reale attraverso l'adozione di diversi indici di vegetazione.

Bibliografia- Droni

- Agüera Vega F., Carvajal Ramírez F., Pérez Saiz M., Orgaz Rosúa F., 2015. Multi-temporal imaging using an unmanned aerial vehicle for monitoring a sunflower crop. *Biosyst. Eng.* 132: 19-27.
- Alvaro F, García del Moral LF, Royo C, 2007. Usefulness of remote sensing for the assessment of growth traits in individual cereal plants grown in the field. *Int. J. Remote Sens.* 28:2497-2512.
- Aparicio N, Villega D, Araus JL, Casadeus J, Royo C, 2002. Relationship between growth traits and spectral vegetation indices in Durum Wheat. *Crop Sci.* 42:1547-1555.
- Aparicio N, Villegas D, Casadesus J, Araus JL, Royo C, 2000. Spectral Vegetation Indices as non destructive Tools for Determining Durum Wheat Yield. *Agron. J.* 92:83-91.
- Basso B, Cammarano D, Cafiero G, Marino S, Alvino A, 2011. Cultivar discrimination at different site elevations with remotely sensed vegetation indices. *Italian Journal of Agronomy* 6:e1.
- Basso B, Sartori L, Bertocco M, (2005), *Agricoltura di precisione, Concetti teorici e applicazioni pratiche*, pg 7 – b 33-44
- Cabrera-Bosquet L, Molero G, Stellacci AM, Bort J, Nogués S, Araus JL, 2011. NDVI as a Potential Tool for Predicting Biomass, Plant Nitrogen Content and Growth in Wheat Genotypes Subjected to Different Water and Nitrogen Conditions. *Cereal Res. Commun.* 39: 147-159.
- Campbell, J. (Ed.). (2007). *Introduction to remote sensing*. Guildford Press: New York, NY, USA

- Campbell JB, Wynne RH, 2011. Introduction to Remote Sensing, 5th Ed., The Guilford Press, New York, USA, 670 pages.
- Candiago S, Remondino F, De Giglio M, Dubbini M, Gattelli M, 2015. Evaluating Multispectral Images and Vegetation Indices for Precision Farming Applications from UAV Images. *Remote Sens.* 7: 4026-4047.
- Clevers JGPW, Jongschaap R, 2001. Imaging spectrometry for agriculture applications. FD vanderMeer, SM DeJong (Eds.), *Imaging Spectrometry. Basic Principles and Prospective Applications*, Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands 157-199.
- Frank L, Norbert K, David S, Achim W, Andreas H, 2015. Remote, aerial phenotyping of maize traits with a mobile multi-sensor approach Andreas. *Plant Methods* 11:9.
- Gamon JA, Field CB, Goulden ML, Griffin KL, Hartley AE, Joel G, Peñuelas J, Valentini R, 1995. Relationships between NDVI, canopy structure, and photosynthesis in three Californian vegetation types. *Ecol. Applic.* 5: 28-41.
- Gao X, Huete AR, Ni W, Miura T, 2000. Optical-biophysical relationships for vegetation spectra without background contamination. *Remote Sens. Environ.* 74(3): 609-620.
- Gazzetta Ufficiale n. 168 del 20 luglio 2004, Legge 14 luglio 2004, n. 178, Disposizioni in materia di aeromobili a pilotaggio remoto delle Forze armate"
- Haboudane D, Miller JR, Pattey E, Zarco-Tejada PJ, Strachan IB, 2004. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modeling and validation in the context of precision agriculture. *Remote Sens. Environ.* 90: 337-352
- Hansena PM, Schjoerring JK, 2003. Reflectance measurement of canopy biomass and nitrogen status in wheat crops using normalized difference vegetation indices and partial least squares

- regression *Remote Sens. Environ.* 86: 542-553.
- Harmon T, Kvien C, Mulla D, Hoggenboom G, Judy J, Hook J., 2005. Precision agriculture scenario. In P. Arzberger (Ed.), NSF workshop on sensors for environmental observatories. Baltimore, MD, USA: World Tech. Evaluation Center.
- Huete AR, 1989. Soil influences in remotely sensed vegetation-canopy spectra, in *Theory and Applications of Optical Remote Sensing* (G. Asrar, Ed.) 107-141.
- Huete AR, 1988. A soil adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sens. Environ.* 25: 295-309.
- Huete AR, Jackson RD, Post DF, 1985. Spectral response of a plant canopy with different soil backgrounds. *Remote Sens. Environ.* 17: 37-53.
- Li F, Miao Y, Feng G, Yuan F, Yue S, Gao X, Liu L, Liu B, Ustin SL, Chen X, 2014. Improving estimation of summer maize nitrogen status with red edge based spectral vegetation indices. *Field Crop. Res.* 157: 11-123.
- Marino S, Coccozza C, Tognetti R, Alvino A, 2015a. Use of proximal sensing and vegetation indexes to detect the inefficient spatial allocation of drip irrigation in a spot area of tomato field crop. *Precis. Agric.* 16: 613-629.
- Marino S, Alvino A, 2015b. Hyperspectral vegetation indices for predicting onion (*Allium cepa* L.) yield spatial variability. *Computer and Electronics in Agriculture* 116: 109-117.
- Marino S, Aria M, Basso B, Leone AP, Alvino A, 2014a. Use of soil and vegetation spectroradiometry to investigate crop water use efficiency of a drip irrigated tomato. *Eur. J. Agron.* 59: 67-77.
- Marino S, Alvino A, 2014b. Proximal sensing and vegetation indices for site-specific evaluation on an irrigated crop tomato. *Eur. J. Remote Sens.* 47: 271-283.

- Marti J, Bort J, Slafer GA, Araus JL, 2007. Can wheat yield be assessed by early measurements of Normalized Difference Vegetation Index? *Annals of Appl. Biol.* 150:253-257.
- Mulla DJ, 2013. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: key advances and remaining knowledge gaps. *Rev. Biosyst. Eng.* 114.
- Reyniers M, Vrindts E, 2006. Measuring wheat nitrogen status from space and ground-based platform. *Int. J. Remote Sens.* 27(3):549-567.
- Sensefly, web side, DRONES FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION & CONSERVATION
- Thenkabail PS, Smith RB, De Pauw E, 2000. Hyperspectral vegetation indices and their relationships with agricultural crop characteristics. *Remote Sens. Environ.* 71: 158-182.
- Villegas D, Aparicio, N, Blanco R, Royo C, 2001. Biomass Accumulation and Main Stem Elongation of Durum Wheat Grown under Mediterranean Conditions. *Annals of Botany* 88: 617-627.
- Whelan B, Taylor J, 2013. Precision Agriculture for Grain Production Systems. CSIRO Publishing, Collingwood, VIC, Australia.
- Zadoks JC, Chang TT, Konzak CF, 1974. A Decimal Code for the Growth Stages of Cereals. *Weed Research* 14:415-421.
- Zhang C, Kovacs JM, 2012. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agric.* 13:693-712.
- Zhu Y, Yao X, Tian YC, Liu X J, Cao W X, 2008. Analysis of common canopy vegetation indices for indicating leaf nitrogen accumulations in wheat and rice. *Int. J. Appl. Earth Obs.* 10: 1-10.

Studi per l'utilizzo di *Nicotiana tabacum* L coltura oleaginosa

Introduzione

La temperatura media della Terra è aumentata di 1.3 gradi Fahrenheit rispetto al passato, e si prevede un aumento di ulteriori 3,2-7,2 gradi per il ventunesimo secolo (IPCC, 2007). Questa apparentemente lieve variazioni di temperatura potrebbe avere profonde implicazioni per gli agricoltori e allevatori. Secondo l'Environmental Protection Agency, con un incremento della temperatura media di un grado si otterrebbe un:

- allungamento della stagione di crescita in regioni con primavere relativamente fresche;
- variazione delle stagioni;
- compromissione di colture in regioni dove calura estiva già limita la produzione;
- aumento dei tassi di evaporazione del suolo;
- aumento delle possibilità di gravi siccità;

Le concentrazioni atmosferiche di anidride carbonica può essere abbassata riducendo le emissioni o trasferendo il biossido di carbonio dall'atmosfera in ecosistemi acquatici, terrestri o oceanici. La conversione a lungo termine di prati e foreste in terre coltivate e pascoli ha portato a perdite storiche di carbonio del suolo in tutto il mondo. (FAO, 2009) Oltre agli accordi internazionali che tracciano le linee-guida per il perseguimento di tale obiettivo, la UE ha varato la direttiva chiamata "20-20 by 2020" (Commissione Europea, 2008), che prevede una riduzione del 20% delle emissioni su base 1990 e un utilizzo di fonti energetiche primarie rinnovabili per almeno il 20% dell'approvvigionamento. La tendenza di lungo termine è ancora più ambiziosa: nel vertice del G8 che ha avuto luogo in Giappone nel luglio 2008 è stato sottoscritto da parte di tutti i paesi partecipanti un impegno a ridurre le emissioni di gas serra del 50% entro il 2050.

La domanda di energia cresce nel mondo ad un ritmo elevato, soprattutto in virtù del forte sviluppo dei paesi emergenti asiatici, di pari passo aumenta anche il consumo di fonti energetiche primarie, i trend di sfruttamento delle risorse energetiche infatti mostrano per l'anno

in corso andamenti crescenti, per quasi tutte le fonti ad eccezione del nucleare; particolare preoccupazione suscita il forte aumento del consumo di carbone (+4,5%) e di gas naturale (+3,1%). Il consumo di fonti rinnovabili ed in particolare di energia proveniente dalle biomasse è anch'esso in crescita in termini relativi (+ 4,7%), tuttavia il totale consumo di bioenergia, se si eccettua il consumo di legna da ardere nei paesi in via di sviluppo, risulta essere inferiore all'incremento del consumo di carbone negli ultimi anni (IEA-WEO). Nel vertice del G8 ad Hokkaido Toyako, i paesi industrializzati hanno raggiunto un accordo di massima per un dimezzamento delle emissioni di gas entro il 2050. L'accordo è stato sottoscritto anche dai principali paesi in via di sviluppo che non fanno parte del G8 per quanto riguarda la scadenza del 2050, sebbene siano restii ad accettare il termine impegnativo del 2020. A livello europeo, il 50% del fabbisogno energetico è soddisfatto dall'importazione di petrolio e gas proveniente da paesi extracomunitari. L'UE ha incrementato fortemente le importazioni di petrolio (+10% dal 1995 al 2005), e di gas naturale (+58% nello stesso periodo). Nell'ultimo decennio il tasso totale di dipendenza energetica dei 27 Stati membri dell'UE è aumentato di 9 punti percentuali; undici Paesi hanno ridotto, nel 2005, la loro dipendenza energetica rispetto al 1995, ma altri undici hanno aumentato la loro dipendenza dallo 0,4% al 9,6%; altri Stati, come Ungheria, Polonia, Paesi Bassi e Irlanda hanno registrato un aumento della dipendenza energetica superiore al 15%. Il contributo delle energie rinnovabili sul totale del consumo interno lordo è passato dal 5,1% nel 1995 al 6,7% nel 2005 con una crescita relativa del 31%. Nel 2006 la biomassa ha rappresentato una quota predominante (68%) sul totale dell'energia da fonti rinnovabili.

L'Unione Europea ha sottoscritto diversi accordi internazionali per la riduzione delle emissioni di anidride carbonica in atmosfera, e recentemente anche altri paesi che non avevano aderito in passato a tali accordi stanno riconsiderando le proprie posizioni. La situazione energetica e i vincoli ambientali hanno delineato delle precise scelte politiche all'interno dell'UE, ponendo vincoli ai paesi membri per il raggiungimento di determinati obiettivi in tempi prestabiliti. L'Unione Europea deve affrontare delle problematiche energetiche reali sia sotto il profilo della sostenibilità e delle emissioni dei gas serra che dal punto di vista della sicurezza dell'approvvigionamento e della dipendenza dalle importazioni, senza dimenticare la competitività e la realizzazione effettiva del mercato interno dell'energia.

Il Libro verde sull'energia (1996 e revisione 2006) costituisce una tappa importante nello sviluppo di una politica energetica dell'Unione europea (UE). In quanto secondo mercato

energetico del mondo, l'UE può far valere il suo primo posto a livello mondiale nel settore della gestione della domanda e della promozione delle fonti di energia rinnovabili.

La Politica energetica europea

La politica energetica europea si articola su tre obiettivi principali:

- la sostenibilità, per lottare attivamente contro il cambiamento climatico, promuovendo le fonti di energia rinnovabili e l'efficienza energetica;
- la competitività, per migliorare l'efficacia della rete europea tramite la realizzazione del mercato interno dell'energia;
- la sicurezza dell'approvvigionamento, per coordinare meglio l'offerta e la domanda interne di energia dell'UE nel contesto internazionale.

Il Libro verde individua i settori di azione prioritari, per i quali la Commissione propone misure concrete al fine di attuare una politica energetica europea che fornisca un'energia sostenibile, competitiva e sicura per i decenni futuri. Determinata a combattere i cambiamenti climatici, l'UE s'impegna a ridurre di almeno il 20% le proprie emissioni interne entro il 2020, portando anche le rinnovabili a raggiungere la quota del 20% sulle fonti primarie utilizzate a scopo energetico, inoltre s'impegna ad incrementare del 20% l'efficienza energetica dei sistemi produttivi. La riduzione delle emissioni di gas serra quindi, passa attraverso un minor consumo di energia e un maggiore ricorso a fonti di energia rinnovabili.

Per raggiungere questo obiettivo è necessario fare passi avanti nei tre settori che più di altri utilizzano queste fonti:

- la produzione di energia elettrica: aumentando la produzione di elettricità da fonti rinnovabili e producendo elettricità in maniera sostenibile a partire dai
- il consumo di combustibili per autotrazione: aumentando l'uso di biocarburanti, che nel 2020 dovranno rappresentare il 10% dei combustibili;
- impianti di riscaldamento e condizionamento: incrementandone l'efficienza e riducendone i consumi.

Rispetto alla media dei 28 Paesi dell'Unione Europea, i consumi di energia primaria in Italia si caratterizzano per un maggiore ricorso a petrolio e gas. La quota di fonti energetiche rinnovabili sul totale dei consumi primari di energia è leggermente più elevata rispetto alla media dei Paesi OCSE, soprattutto grazie al notevole apporto della fonte idroelettrica. Il trend mostra una

crescente dipendenza dalle importazioni di gas naturale rispetto a quelle di petrolio, sintomo sia di un maggiore ricorso alle importazioni che del rapido declino della produzione nazionale di idrocarburi.

La posizione attuale dell'Italia, rispetto al protocollo di Kyoto e successivi provvedimenti europei è definita nella "Quarta Comunicazione nazionale dell'Italia alla Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sul Cambiamento Climatico". Nella valutazione si è tenuto conto di uno scenario di riferimento al 2010 che contiene i dispositivi legislativi e normativi decisi e operativi fino a quella data, e dell'analisi del quadro delle politiche e misure messe in atto a livello nazionale.

Le misure decise e operative individuate per colmare la distanza dall'obiettivo contribuiscono alla riduzione di gas serra per 7,4 Mt CO₂ eq. e l'insieme delle misure decise ma non ancora operative e allo studio risultano pari a 16,5 Mt CO₂ eq. A queste bisogna aggiungere il contributo dell'assorbimento di carbonio (sinks) pari a 25,3 Mt CO₂ eq. Inoltre, con riferimento alla direttiva ETS (Direttiva 2003/87/CE Emission Trading System), il contributo dei settori ad essa soggetti è stato stimato pari a 13,2 Mt CO₂ eq per anno; anche ipotizzando che i fattori appena elencati producano nel 2010 il 100% dei risultati attesi, l'obiettivo resta ancora distante, e pone il nostro paese in una situazione di "debito" pari a 41 Mt CO₂ eq.

Per contribuire a ridurre questa ulteriore distanza, si è ipotizzato un ricorso all'uso di meccanismi flessibili pari a 20,8 Mt CO₂ eq (di cui 3,4 già decisi e operativi), pari al 20% della distanza complessiva. Considerando tutte quelle misure che si possono ritenere acquisibili entro il periodo di riferimento 2008-2012, si arriva a un valore di emissione superiore del 4% al valore del 1990. Difficilmente, quindi, l'obiettivo di Kyoto potrà essere raggiunto e, in vista del secondo periodo di impegno, sarà necessario mettere in campo ulteriori politiche e misure che consentano di conseguire riduzioni importanti.

Per quanto riguarda l'impegno relativo al primo periodo, va sottolineato che l'Italia, dal 1° gennaio 2008, ha accumulato giornalmente un debito di oltre 4 milioni di euro che arriverà dunque entro la fine del 2009 a quasi 3 miliardi di euro.

Il principale documento di politica energetica nazionale, cui fare riferimento, in cui si definiscono obiettivi e priorità della politica energetica in Italia, è il Piano Energetico Nazionale.

Le principali norme sulle fonti energetiche rinnovabili e sul risparmio energetico, quindi la politica energetica italiana, derivano da:

- applicazione del Piano Energetico Nazionale, in cui si era fissato l'obiettivo al 2000 di aumentare la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili del 44%, con una ripartizione interna di questo mercato suddiviso in 300 MW di energia eolica, 75 MW di energia solare fotovoltaica e l'adozione da parte di tutte le Regioni di Piani d'Azione per l'utilizzo e la promozione di energie rinnovabili sul proprio territorio.
- Leggi 9/91 e 10/91, che hanno introdotto l'aspetto significativo della parziale liberalizzazione della produzione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili e assimilate e reca norme in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti di energia.
- aggiornamento del D.P.R. 412/93 con il D.P.R. 551/99, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia. L'aggiornamento ha introdotto norme precise sui rendimenti degli impianti termici nonché sulle modalità di controllo e verifica da parte delle Province e dei Comuni.
- "Libri Bianchi" sullo sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili nell'Unione europea e in Italia. Decreti Legislativi 79/99 e 164/2000.

Altro importante obiettivo della Politica Energetica Nazionale è il raggiungimento di uno sviluppo sostenibile, e quindi di un consumo energetico compatibile con il mantenimento di un adeguato standard di qualità ambientale e di utilizzo delle risorse naturali. Argomento principale è la riduzione delle emissioni di gas serra e il relativo Protocollo di Kyoto del dicembre 1997.

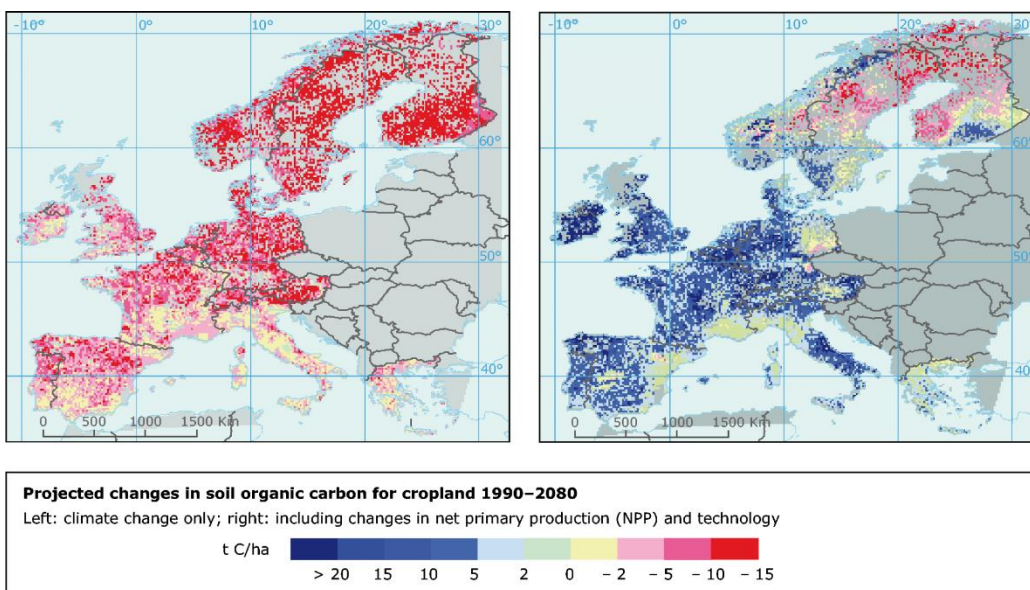
Il nuovo piano energetico è focalizzato principalmente sul risparmio energetico e sulle fonti rinnovabili, due obiettivi che possono rappresentare un'occasione di sviluppo industriale, economico e sociale per l'Italia.

Carbon sequestration

Il sequestro del carbonio nel settore agricolo si riferisce alla capacità di terreni agricoli e delle foreste di eliminare l'anidride carbonica dall'atmosfera. L'anidride carbonica viene assorbita da alberi, piante e colture, attraverso la fotosintesi e immagazzinata come carbonio nella biomassa quale: tronchi d'albero, rami, foglie e radici e suoli (EPA, 2008). Foreste e prati stabili sono indicati come riserve di carbonio in quanto sono in grado di accumulare grandi quantità di carbonio nei loro ecosistemi per lunghi periodi di tempo. I terreni sono il più grande *sink* terrestre per il carbonio del pianeta. La capacità di terreni agricoli di sequestrare il carbonio

dipende da diversi fattori: Clima, tipo di terreno, tipo di coltura, la vegetazione di copertura e di pratiche gestionali. La quantità di carbonio immagazzinato nel suolo sotto forma di materiale organico è influenzata dagli input di materiale vegetale morto, dal processo di decomposizione, dal disturbo naturale e umano del suolo. In agricoltura l'impiego di pratiche che inducono il minimo disturbo dell'agro ecosistema favoriscono il sequestro di carbonio, quindi di fatto gli agricoltori possono essere in grado di rallentare o addirittura invertire la perdita di carbonio dai loro campi (EPA, 2008).

La variazione della sostanza organica avrà un effetto marcato sulla fertilità, biodiversità, struttura del suolo, capacità di ritenzione idrica, rischio di erosione e compattamento. Due problemi sono dominanti per le prospettive della variazione del contenuto di sostanza organica nei suoli: i cambiamenti climatici e il cambio della destinazione di uso del suolo. Il suolo può sequestrare CO₂ dall'atmosfera quindi mitigare il riscaldamento globale. In aree con basse temperature e sufficiente umidità, la decomposizione della biomassa è stata ridotta dando luogo all'accumulo di carbonio organico del suolo. L'aumento delle temperature accelerano i tassi di decadimento, portando ad un'intensificazione di emissioni di CO₂ e CH₄ dal suolo verso l'atmosfera. I suoli dell'UE contengono circa 75 miliardi di tonnellate di carbonio, il 7% del totale di bilancio globale del carbonio (IPCC, 2000). Si tratta di una quantità enorme rispetto ai 2 miliardi di tonnellate di carbonio emesse ogni anno dagli Stati membri dell'UE. Rilasciando solo una frazione del carbonio nei suoli europei per l'ambiente potrebbe facilmente spazzare via eventuali risparmi di emissioni di gas a effetto serra di origine antropica ottenute in altri settori (Schulze et al., 2009).



Sx = effetto dei soli cambiamenti climatici. Dx = nel caso di progressi delle scienze agronomiche e genetiche in grado di aumentare le rese, aumenterebbe anche il sequestro di Carbonio.

Il ruolo dell'agricoltura per la mitigazione dei cambiamenti climatici

Diverse pratiche e tecnologie agricole sono in grado di ridurre le emissioni di gas a effetto serra e prevenire il cambiamento climatico migliorando lo stoccaggio del carbonio nel suolo, sia preservando il carbonio presente nel suolo, sia riducendo le emissioni di anidride carbonica e di altri gas serra. Pertanto è evidente che pratiche agricole innovative, come le tecniche conservative di lavorazione del terreno, la produzione biologica, il miglioramento dei sistemi di coltivazione, il corretto uso del suolo, la corretta gestione delle risorse idriche e l'uso razionale dei fertilizzanti azotati, sono strategie con cui che gli agricoltori possono affrontare il cambiamento climatico.

Gestione conservativa del terreno

L'agricoltura conservativa replica i processi naturali attraverso il mantenimento di una copertura permanente del suolo con *cover crops* o residui colturali. L'impianto delle colture avviene attraverso la semina diretta (o non lavorazione) o in condizioni appropriate, la minima lavorazione senza l'inversione degli strati. La razionale rotazione colturale crea le migliori condizioni ambientali per l'apparato radicale e contrasta l'insorgere di infezioni e malattie; influisce il meno possibile sulla naturale composizione del suolo, sulla sua struttura e sulla biodiversità, favorisce l'infiltrazione dell'acqua e la conservazione dell'umidità, contrastando l'erosione e contribuendo a migliorare la qualità delle acque (WCCA,2001).

Miglioramento dei sistemi colturali e sistemi organici

Recenti studi hanno evidenziato il potenziale dell'agricoltura biologica nella riduzione delle emissioni di gas (Rodale Institute, 2008). I Sistemi biologici aumentano i livelli di sostanza organica del suolo attraverso l'utilizzo di compost, cioè di concimi di origine organica e colture di copertura. Inoltre eliminano le emissioni derivanti dalla produzione e il trasporto di fertilizzanti minerali. Esempi di pratiche che riducono le emissioni di biossido di carbonio e incrementano la quantità di carbonio del suolo comprendono: la semina diretta, i frangivento, il pascolo a rotazione e le foraggere perenni (Alberta Agriculture, 2000). In particolare la conversione dei terreni marginali coltivati in bosco o prato permanente massimizza lo stoccaggio del carbonio su un terreno che è meno adatto per le colture. (ATTR, 2009)

Irrigazione e gestione dell'acqua

I miglioramenti in termini di efficienza dell'uso dell'acqua attraverso misure quali efficientamento della meccanizzazione che consente una riduzione delle ore di funzionamento, le tecnologie basate sulla distribuzione localizzata dell'acqua irrigua possono significativamente ridurre la quantità di acqua e azoto applicata al sistema di coltivazione. Ciò riduce anche le emissioni di ossido di azoto e quantitativi di acqua. (ATTRA, 2009)

Cattura di Metano

Grandi emissioni di metano e di ossido di azoto sono attribuibili al trattamento dei reflui zootecnici, soprattutto nei caseifici. La digestione anaerobica converte rifiuti di origine animale in energia catturando metano e impedendo che venga rilasciato nell'atmosfera. Il metano trasformato in energia può essere utilizzato per alimentare una serie di attività in azienda, così come per generare elettricità. Ulteriori benefici includono la riduzione degli odori da reflui zootecnici e la riduzione dei costi di manodopera associati allo smaltimento del letame (ATTRA, 2009).

Biocarburanti

I biocarburanti possono essere derivanti da semi oleosi (biodiesel), o da mais (etanolo) o anche da fonti di cellulosa. Per accertare la vera neutralità climatica dei biocarburanti richiede una attenta analisi del ciclo di vita delle specie in esame (ATTRA, 2009).

La filiera delle Biomasse

Per biomassa si intende la parte biodegradabile dei prodotti, gli scarti e i residui dell'attività agricola e forestale e relative lavorazioni (incluso sostanze vegetali ed animali), così come la parte biodegradabile dei rifiuti e dei reflui industriali e cittadini (Direttiva UE, 2008). Da queste è possibile ricavare bioenergia cioè energia ottenuta da fonti rinnovabili. La bioenergia è in grado di contribuire sostanzialmente a soddisfare in modo sostenibile la futura domanda di energia, considerato che essa rappresenta già oggi, a livello mondiale, la fonte più importante di energia rinnovabile e possiede un significativo potenziale di espansione sia per quel che riguarda la produzione di elettricità e calore, sia sotto forma di biocarburanti nel settore dei trasporti. (ENEA, 2011). Le biomasse si possono considerare risorse primarie rinnovabili, quindi inesauribili nel tempo, purché vengano impiegate ad un ritmo complessivamente non superiore alle capacità di rinnovamento biologico.

Con il termine "biomasse" si intendono sostanze di origine biologica in forma non fossile:

- materiali e residui di origine agricola e forestale;
- prodotti secondari e scarti dell'industria agroalimentare;
- reflui di origine zootecnica;
- rifiuti urbani (in cui la frazione organica raggiunge, mediamente, il 40 % in peso).

Tra le biomasse vengono inoltre considerate:

- alghe e molte specie vegetali che vengono espressamente coltivate per essere destinate alla conversione energetica;
- altre specie vegetali utilizzate per la depurazione di liquami organici.

Sono da escludere le plastiche e i materiali fossili, che, pur rientrando nella chimica del carbonio, non hanno nulla a che vedere con la caratterizzazione che qui interessa dei materiali organici (Asdrubali, 2008)

Dalle biomasse di origine vegetale si possono originare più filiere in base al tipo di conversione. Per la conversione termochimica da biomassa vegetale attraverso i processi di combustione, pirolisi, gassificazione si genera rispettivamente calore, olio e gas.

Processi termochimici

I processi termochimici sono basati sull'azione del calore che permette le reazioni chimiche necessarie a trasformare la materia in energia e sono utilizzati per i prodotti e i residui cellulosici e legnosi, in cui il rapporto C/N abbia valori superiori a 30 e il contenuto di umidità non superi il 30%. Le biomasse più adatte a subire processi di conversione energetica termochimica sono la legna e tutti suoi derivati (segatura, trucioli ecc.), le colture dedicate caratterizzate da produzioni di biomassa ligno-cellulosica, sottoprodotti colturali ligno-cellulosici (paglia di cereali, residui di potatura di vite e fruttiferi ecc.) e taluni scarti di lavorazione (lolla, pula, gusci, noccioli ecc.).

Il più semplice dei processi termochimici consiste nell'ossidazione completa del combustibile a H₂O e CO₂ ed è la combustione diretta attuata in caldaie in cui avviene anche lo scambio di calore tra i gas di combustione ed i fluidi di processo. La Carbonizzazione è un processo di pretrattamento del materiale vegetale che consiste nell'alterazione termochimica della biomassa mirato a conferirle migliori caratteristiche mediante somministrazione di calore in presenza di poco ossigeno e la conseguente eliminazione dell'acqua e delle sostanze volatili non combustibili dalla materia vegetale.

Un ulteriore processo di degradazione termochimica di materiali organici è la pirolisi: attraverso l'azione del calore, a temperature elevate (tra 400 e 800 °C) e in completa assenza degli agenti ossidanti (aria o ossigeno) o con una ridottissima quantità di ossigeno (in questo caso il processo può essere descritto come una parziale gassificazione) si ottengono prodotti gassosi, liquidi e solidi che successivamente vengono utilizzati come combustibili.

La gassificazione consiste nella trasformazione in combustibile gassoso di un combustibile solido o liquido, nel caso specifico della biomassa, attraverso una decomposizione termica (ossidazione parziale) ad alta temperatura (900 ÷ 1.000 °C). Il gas prodotto è una miscela di H₂, CO, CH₄, CO₂, H₂O (vapore acqueo) e N₂, accompagnati da ceneri in sospensione e tracce di idrocarburi (C₂H₆). Per rendere economicamente più valido questo processo si può trasformare il gas in alcool metilico (CH₃OH), che può essere impiegato per l'azionamento di motori. Il metanolo, caratterizzato da un potere calorifico inferiore dell'ordine di 21.000 kJ/kg, può essere successivamente raffinato per ottenere benzina sintetica, con potere calorifico analogo a quello delle benzine tradizionali.

La steam explosion (SE) è un trattamento innovativo, a basso impatto ambientale, mediante il quale si può ottenere una vasta gamma di prodotti, utilizzando come materia prima le biomasse vegetali. Rispetto agli altri processi di pretrattamento, la SE presenta il vantaggio fondamentale di separare in tre differenti correnti le frazioni costituenti i comuni substrati vegetali (emicellulosa, cellulosa, lignina) rendendo possibile l'utilizzazione totale delle biomasse, attraverso l'uso di vapore saturo ad alta pressione per riscaldare rapidamente legno, o qualsiasi altro materiale lignocellulosico, all'interno di un reattore. Si citano anche la Co-Combustione e la Co-Gassificazione volti a utilizzare nello stesso impianto le biomasse insieme a combustibili tradizionali come il carbone o i derivati dal petrolio.

Processi biochimici

Attraverso il processo di fermentazione o digestione mediante l'utilizzo di microrganismi partendo dalla biomassa vegetale si produce rispettivamente etanolo o biogas. I processi di conversione biochimica permettono di ricavare energia per reazione chimica dovuta al contributo di enzimi, funghi e microrganismi, che si formano nella biomassa sotto particolari condizioni e vengono impiegati per quelle biomasse in cui il rapporto C/N sia inferiore a 30 e l'umidità alla raccolta superiore a 30%. Risultano idonei alla conversione biochimica le colture dedicate (da carboidrati e oleaginose), i reflui zootecnici e gli scarti di lavorazione (borlande, acque di vegetazione ecc.), i reflui urbani e industriali.

La digestione anaerobica è un processo di fermentazione della materia organica ad opera di microrganismi in assenza di ossigeno; consiste nella demolizione delle sostanze organiche complesse contenute nei vegetali e nei sottoprodotti di origine animale (lipidi, protidi, glucidi), che dà origine ad un gas (biogas) costituito per il 50-70% da metano e per la restante parte soprattutto da CO₂, con un potere calorifico medio dell'ordine di 23.000 kJ/Nm³.

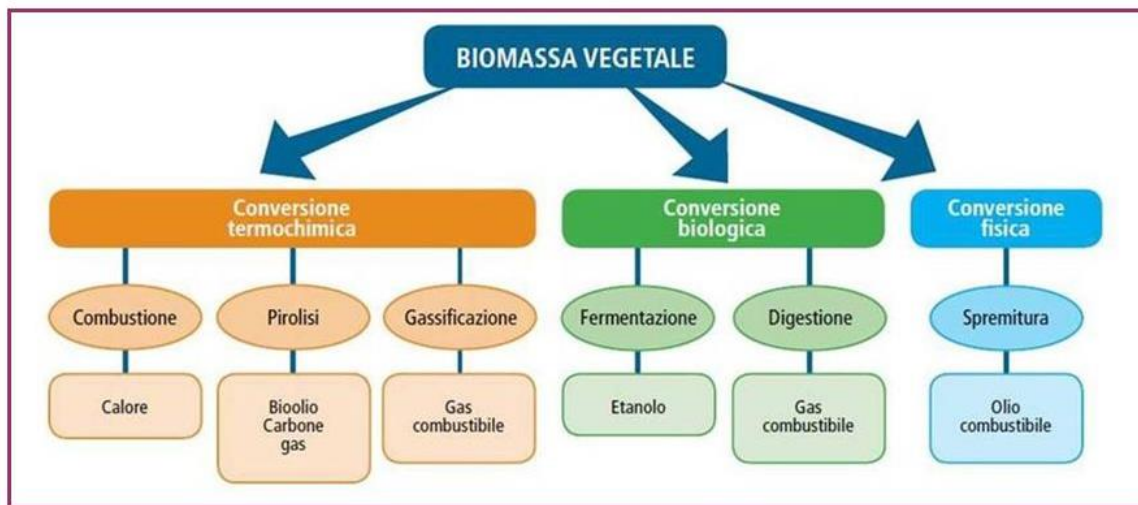
Un ulteriore processo biochimico è la fermentazione aerobica che consiste nella metabolizzazione ad opera di batteri delle sostanze organiche, in ambiente condizionato dalla presenza di ossigeno. Questi microrganismi convertono sostanze complesse in altre più semplici, liberando CO₂ e H₂O e producendo un elevato riscaldamento del substrato, proporzionale alla loro attività metabolica. Il calore prodotto può essere così trasferito all'esterno, mediante scambiatori a fluido.

La fermentazione alcolica è un processo di tipo microaerofilo che opera la trasformazione dei glucidi contenuti nelle produzioni vegetali in etanolo. L'etanolo risulta un prodotto utilizzabile anche nei motori a combustione interna di tipo “*dual fuel*”.

Processi fisici

Partendo da semi di specie oleaginose si possono ottenere oli vegetali attraverso il processo di pressatura quindi mediante modificazione fisica della biomassa. Infatti alcune specie vegetali presentano la caratteristica di avere semi ricchi di oli che possono essere estratti ed utilizzati come combustibili per alimentare gruppi elettrogeni attraverso la combustione diretta. Queste piante, dette **oleaginose** (soia, colza, girasole, mais, ecc.), producono quantità di olio in misura del 20-50% del peso con un notevole potere calorico (fino a 10.000 kcal/kg). Gli oli ottenibili sono adatti, per semplicità di trasformazione ed utilizzazione, alla produzione di energia elettrica ed energia termica con impianti di combustione a tecnologia molto semplice. Gli oli vegetali combustibili sono utilizzati nello stato in cui vengono estratti, a condizione che presentino le caratteristiche idonee in termini di ridotti contenuti di acqua ed impurità, o meglio dopo esterificazione (processo che avviene tramite aggiunta di metanolo per l'eliminazione della glicerina), in modo da assicurare la compatibilità con i motori endotermici (Quaderni ENEA 2007).

CONVERSIONE ENERGETICA DELLE BIOMASSE VEGETALE



Tra i vantaggi della produzione di energia da biomassa abbiamo il fatto che esse sono in quasi ogni parte della terra, dove siano presenti alghe, alberi, letame; sono una fonte di energia rinnovabile, sono immagazzinabili e stoccabili. Inoltre le biomasse sono convertibili in combustibili solidi-liquidi-gassosi con buoni poteri calorifici, con il loro impiego si può ipotizzare l'impiego di zone inutilizzate dall'agricoltura e conseguente occupazione nelle zone rurali. Il più grande vantaggio risulta in ogni caso la possibilità da parte delle piante di riassorbire le emissioni di CO₂ durante la loro crescita mediante il processo di fotosintesi.

Tra gli svantaggi va contemplata la necessità di grandi aree a causa della bassa densità energetica e quindi va considerato che la produzione può richiedere elevati apporti di fertilizzanti e di volumi irrigui. Altro elemento che può risultare svantaggioso è la logistica complessa per assicurare la costante fornitura della risorsa quindi gli eventuali problemi di trasporto, stoccaggio e movimentazione a causa della bassa densità energetica. Inoltre si ricorda che ogni attività agricola è soggetta a variazioni legate alle condizioni ambientali; le produzioni agricole non possono essere considerate costanti negli anni. Il più grande problema a livello globale è che le colture energetiche risultano essere competitor delle colture destinate all'alimentazione umana, che richiede apporti crescenti ogni anno in relazione ai tassi di crescita delle popolazioni mondiali.

Colture energetiche "Dedicate"

Le colture energetiche sono particolari coltivazioni finalizzate alla produzione di biocombustibile (solido, liquido e gassoso) ed allo sviluppo di produzioni vegetali con

caratteristiche che le rendano adatte alla trasformazione energetica e industriale.

Le colture “dedicate” possono essere raggruppate in tre tipologie principali:

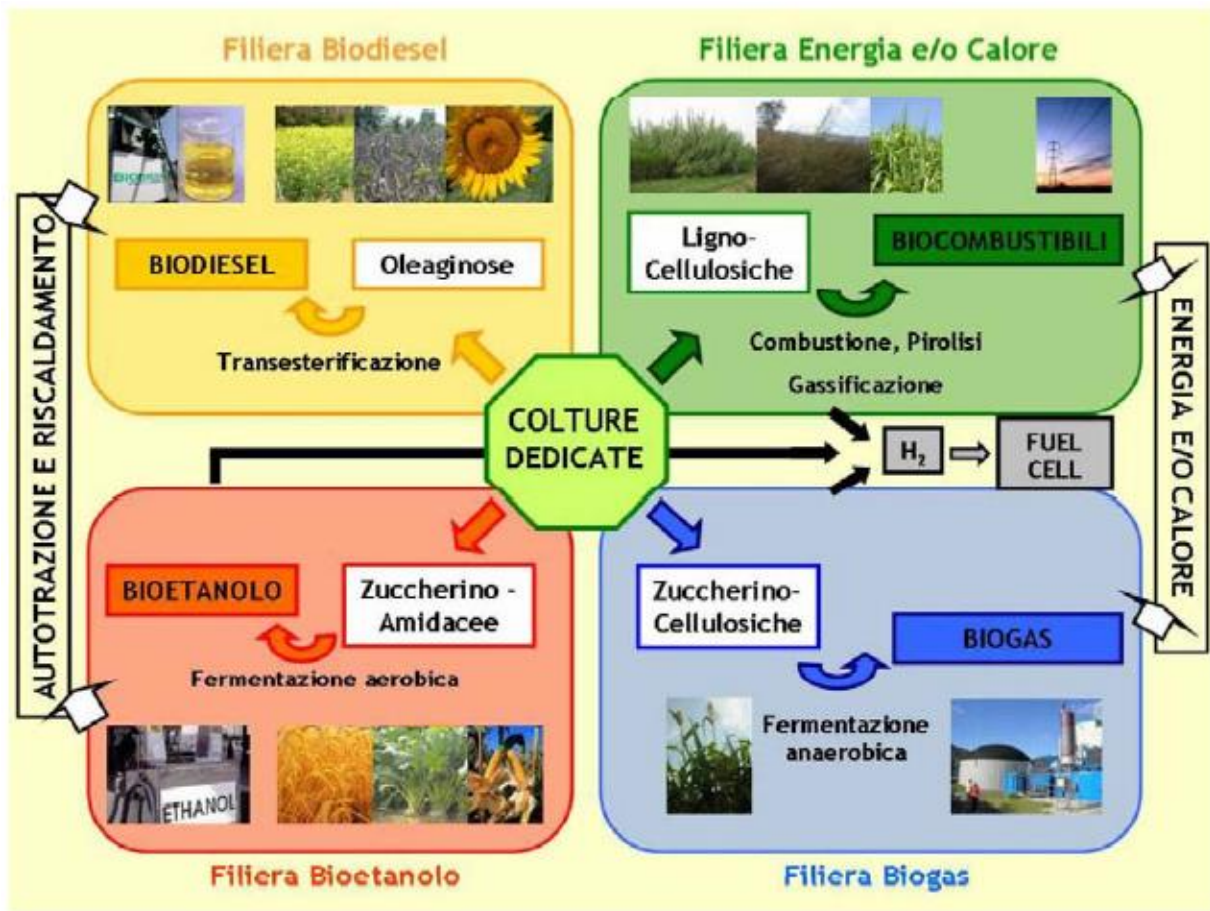
- Colture da biomassa lignocellulosica
Sono specie a elevata produzione di sostanza secca che può essere sottoposta a differenti processi: combustione, pirolisi, gassificazione, liquefazione. Questa tipologia colturale può essere a sua volta distinta in due categorie:
 1. Short Rotation Forestry (SFR), ossia piante arboree a rapido accrescimento che, impiantate con un elevato grado di fittezza e gestite con idonee tecniche colturali, vengono ceduate e raccolte con turni di taglio assai più frequenti rispetto alle più tradizionali utilizzazioni del prodotto legnoso. Dalle esperienze condotte finora in Italia, risultano come specie particolarmente adatte il pioppo, il salice, la robinia, pur manifestando differenti capacità di adattamento alle condizioni agropedoclimatiche, soprattutto in termini di disponibilità idriche, e l'eucalipto, che si è talvolta caratterizzato per una maggiore sensibilità alle basse temperature invernali e ai ritorni di freddo primaverili.
 2. Colture erbacee poliennali o annuali, tra cui sono identificabili come specie particolarmente adatte alle nostre realtà regionali il miscanto e la canna comune, soprattutto per le aree del Centro-Nord, e il sorgo da fibra. Presentano buone potenzialità anche il cardo (soprattutto nelle aree centromeridionali o dove la disponibilità idrica è limitata) e alcune graminacee che recentemente stanno riscuotendo particolare interesse a livello internazionale (ad esempio, *Panicum* spp., *Phalaris* spp.).

- Colture oleaginose

Dall'esterificazione di oli vegetali di colza, girasole e soia si ottiene il biodiesel, con proprietà e prestazioni simili a quelle del gasolio minerale. Il biodiesel si caratterizza per l'assenza di zolfo e di composti aromatici, il contenimento del particolato fine (Pm10) e la capacità di contribuire alla riduzione dell'effetto serra. Le colture più facilmente adattabili agli ambienti pedoclimatici italiani sono rappresentate dal girasole e dalla colza, per i quali sono già stati messi a punto indirizzi di scelta varietale e di tecnica colturale a basso impatto ambientale e a basso costo.

- Colture da carboidrati

Dalle colture zuccherine-amidacee si produce, per fermentazione dei carboidrati, il bioetanolo che viene addizionato alle benzine, previa trasformazione in etil-tertiobutiletere. Tra le specie impiegabili, quelle più sperimentate e diffuse sono la canna da zucchero, il frumento, il sorgo e il mais (ma altre colture di un certo interesse possono essere rappresentate anche dalla barbabietola da zucchero e dal topinambur). Dalle colture Zuccherino-cellulosiche si produce per fermentazione anaerobica biogas cioè anidride carbonica e metano. Tra le specie impiegabili, quelle più sperimentate e diffuse sono Mais, Triticale, Sorgo ecc cc.



Valutazione della convenienza energetica del sistema produttivo

Per ogni tipo di energia un aspetto di riferimento fondamentale riguarda la convenienza energetica del sistema produttivo calcolabile attraverso uno specifico indice di sostenibilità, l'EROEI (*Energy Return on Energy Investment*) che determina un rapporto tra l'output di energia ricavato e l'input di energia immessa nel sistema. Se l'indice è superiore a 1 allora è stata prodotta più energia di quanta ne è stata consumata per produrla e quindi il sistema è "positivo". Naturalmente le diverse biomasse presentano valori spesso molto diversi, anche se

tutti positivi (questi cambiano rapidamente con gli sviluppi tecnologici). Fare un'analisi economica di tutte queste diverse biomasse dedicate è quindi molto difficoltoso. In ogni caso, la sola dimensione economica non è sufficiente per riuscire a spiegare la convenienza o meno della produzione di agro-energia. Visti i benefici di carattere ambientale e di riduzione della dipendenza dalle importazioni di energia, nei prossimi anni saranno necessari ulteriori politiche, programmi e investimenti in ricerca e innovazione per migliorare l'efficienza economica e le tecniche di trasformazione; tutto ciò consentirebbe di ridurre il dualismo con l'alimentazione anche attraverso un incremento degli usi di scarti produttivi. L'innovazione e la ricerca nell'uso della biomassa dedicata acquistano quindi una valenza cruciale nel futuro sviluppo della produzione (Fanfani, 2012).

Per quanto riguarda gli aspetti economici riferiti alla sola fase di produzione della biomassa, risulta fondamentale la determinazione dei costi di produzione, legati anche agli aspetti agronomici e di bilanci comparativi fra differenti colture, energetiche e non, per valutarne l'effettiva convenienza alla coltivazione. Stante il non elevato prezzo di acquisto della biomassa, i fattori chiave per la redditività di queste specie sono l'incremento delle rese produttive (miglioramento genetico, adattabilità varietale) e il contenimento dei costi colturali con particolare riferimento alle operazioni di raccolta e di condizionamento del prodotto. In ogni caso per il produttore agricolo la sola vendita della biomassa non sembra garantirgli sempre livelli di reddito paragonabili a quelli di altre colture tradizionali; nel caso di filiere corte o cortissime (quale l'autoconsumo) un ulteriore margine di valore può essere recuperato lungo la filiera ad esempio con la cessione di energia elettrica o termica o l'acquisto di certificati verdi. Per altre filiere come quelle delle oleaginose, invece, la redditività è assicurata anche dalla vendita di sottoprodotti quale il pannello proteico (Canestrone, 2007).

Le colture energetiche sono sostanzialmente ignorate dalle statistiche ufficiali. Se si esclude la filiera del pioppo per produrre cippato da destinare alla combustione, le altre colture annuali utilizzabili per produrre biocarburanti (colza, girasole, soia) o generare biogas (mais, sorgo, triticale) sono indistinguibili dalle analoghe colture alimentari. Ciò che le differenzia è solo l'uso finale, che deve essere opportunamente tracciato altrimenti l'avvio alla filiera alimentare o energetica dipende sostanzialmente dai prezzi di mercato o dagli accordi tra produttori e trasformatori. Con la nuova PAC e il disaccoppiamento tra aiuto e destinazione d'uso dei suoli, l'agricoltore è oggi libero di coltivare seguendo il mercato e può anche inserire colture energetiche nella rotazione, o può utilizzare a tal fine dei terreni ritirati dalle colture alimentari.

In Italia le colture agro energetiche non si sono mai diffuse, e non perché non sia esistito un reale interesse da parte degli agricoltori o la disponibilità di terreni, ma perché il mercato non ha mostrato di ripagare in modo adeguato, rispetto al più tradizionale e conosciuto mercato delle colture alimentari, i costi sostenuti dagli agricoltori. La domanda è stata limitata in relazione ai vari interventi normativi e alle quote contingentate ammesse agli sgravi fiscali che hanno fortemente condizionato la richiesta di materie prime agricole da parte del sistema industriale di trasformazione. Siamo, per quanto riguarda la capacità produttiva di biodiesel, uno tra i primi paesi europei, ma le materie prime per la trasformazione sono in gran parte di importazione (ENEA, 2011).

Colture erbacee oleaginose

Le oleaginose sono colture in grado di accumulare, nei semi o nei frutti, sostanze grasse la cui estrazione rappresenta la prima e più vantaggiosa utilizzazione per uso commestibile (oli, margarine, ecc.) o industriale (carburanti, lubrificanti, solventi, saponi, ecc.).

Le colture oleaginose nel mondo

L'importanza che sempre più va assumendo la coltivazione delle oleaginose nel mondo è sintetizzabile in poche cifre. Agli inizi degli anni settanta tali colture si estendevano su una superficie pari a 118,5 milioni di ettari circa (media 1970-72), per occupare, nella media 2010-2012 una superficie di 234,7 milioni di ettari.

La graduatoria delle colture oleaginose vede al primo posto, sia in termini di superfici che di produzioni, la soia con 104,3 milioni di ettari; al secondo il colza con 33,4 milioni di ettari; arachide e girasole occupano quasi le medesime superfici: 24,9 e 24,7 milioni di ettari; seguono sesamo e lino, rispettivamente con 8,3 e 2,4 milioni di ettari, e le colture del ricino, cartamo e senape, meno rappresentate.

Un discorso a parte merita il cotone, coltivato su una superficie di 34,8 milioni di ettari, i cui semi, utilizzati anche per l'estrazione dell'olio, sono da considerare un prodotto secondario rispetto alla parte più pregiata rappresentata dalla fibra.

In riferimento alla situazione all'inizio degli anni '70 è da rilevare il notevole sviluppo che ha caratterizzato soprattutto la soia, il colza e il girasole, la cui superficie, nell'arco del quarantennio considerato, è aumentata, nell'ordine, del 243, 278 e 178%. La produzione fornita dalle tre specie è aumentata del 471, 751 e 266%. In altri termini, l'aumento della produzione è stato più che proporzionale a quello della superficie grazie al notevole incremento delle rese

unitarie. A livello di rendimenti unitari, tuttavia, la situazione sembra meno omogenea in quanto ai notevoli miglioramenti fatti registrare dalla soia, dal colza, dall'arachide e dal cotone, fa riscontro un incremento meno marcato del girasole. Per questa specie tale risultato sembra vada attribuito alla sua diffusione in territori con caratteristiche non del tutto idonee alla sua coltivazione.

L'estrema adattabilità oggi consentita dal miglioramento genetico e varietale è sicuramente una delle cause principali della notevole diffusione delle oleaginose, che tuttavia restano, per importanza, geograficamente confinate nelle aree di più tradizionale coltivazione.

La situazione nell'unione europea

Anche nei Paesi dell'Unione Europea le colture oleaginose si sono caratterizzate per il forte sviluppo che hanno avuto nell'arco del quarantennio sopra considerato. Ai 3,1 milioni di ettari in produzione agli inizi degli anni '70 fanno riscontro i 29,3 milioni di ettari nella media del 2010-2012 per un aumento del 274%. La produzione complessiva è più che quintuplicata (indice 520 rispetto al 1970-72 = 100) passando da 4,7 a 29,3 milioni di tonnellate di semi, grazie anche ad un significativo incremento delle rese che con 2,5 t ha⁻¹ sono migliorate del 66% rispetto alla media 1970-72.

Le specie maggiormente coltivate nella UE sono il colza e il girasole che da sole occupano il 92% della superficie totale investita con tali colture e contribuiscono per il 93% all'intera produzione; il peso di queste due specie è nettamente aumentato rispetto a quello del 1970-72 (75 e 79% rispettivamente).

Certo è che quello delle colture oleaginose è un comparto che sta assumendo un ruolo sempre più importante in materia di alimentazione umana. È rilevante il fatto ad esempio che, considerando il comparto dei semi, quasi tutte le oleaginose coltivate hanno gradi di autoapprovvigionamento inferiore al 100%. In un contesto di deficit generale per il comparto degli oli e dei grassi vegetali è coperto con il ricorso alle importazioni. Assumono particolare significato il basso livello di autosufficienza per l'olio di girasole dell'olio di soia e di arachide.

Le colture oleaginose in Italia

Le colture oleaginose in Italia si estendono attualmente su una superficie di 290 mila ettari, quasi quattordici volte la superficie investita nella media 1970-72. Ancora maggiore risulta l'incremento della produzione pari a 781 mila tonnellate superiore di ben 27 volte a quella registrata agli inizi degli anni '70. Le rese in granella, infatti sono quasi raddoppiate passando,

nello stesso intervallo di tempo, da 1,4 a 2,7 t ha⁻¹. Soia, Girasole e colza sono state le tre specie che hanno fatto registrare gli aumenti più vistosi. Uno sguardo alla tabella dà un'idea immediata dei risultati conseguiti dal comparto nell'intervallo preso in considerazione. È possibile anche notare che alcune specie, come arachide, cotone e senape, sono uscite letteralmente di scena. Altre oleaginose, come cartamo e ricino non risultano censite dalle statistiche ufficiali dalla FAO in quanto la loro coltivazione è stata, da sempre, irrilevante in Italia.

Fatto è che questo significativo incremento che molti autori spiegano con la vasta gamma di varietà a disposizione (oltre ovviamente alle buone caratteristiche alimentari e dietetiche del loro olio) è ancora ben lontano dall'assicurare all'Italia un soddisfacente grado di autoapprovvigionamento. I dati più recenti indicano, infatti, che, nel nostro Paese, si fa ricorso a massicce importazioni dall'estero sia di semi, sia di olio (Santonoceto, 2015).

Sulla terra esistono più di 4000 specie di piante oleaginose dalle quali è possibile produrre olio vegetale che principalmente viene estratto dai semi di tali piante. Le oleaginose sono caratterizzate da elevato contenuto proteico che risulta essere circa il doppio di quello dei cereali; elevato contenuto in lipidi che è inversamente correlato al contenuto in proteine; presenza di fibre che pone problemi nell'estrazione dell'olio. Di seguito si riportano le composizioni di alcune oleaginose in termini percentuali di sostanza secca.

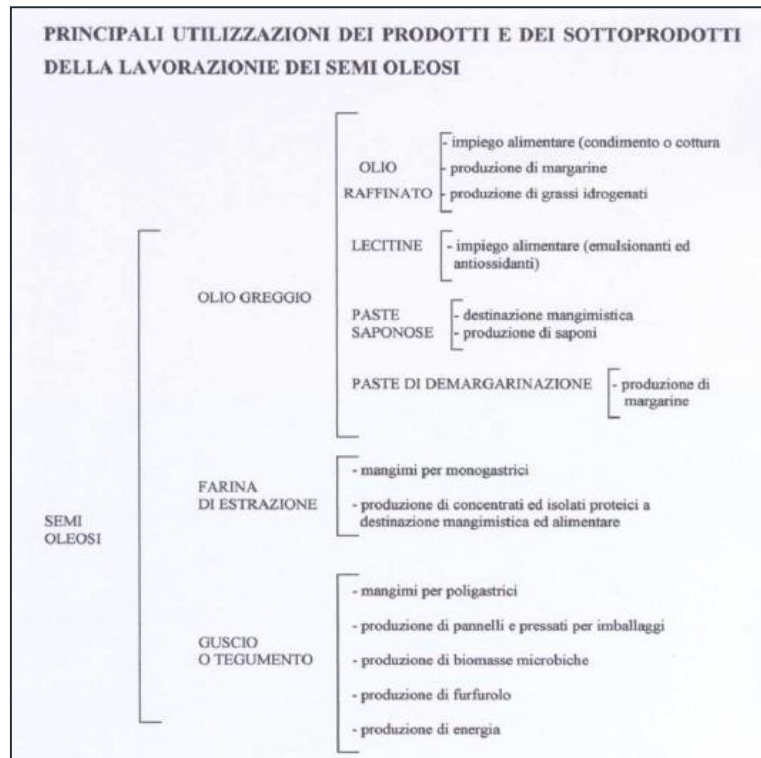
Specie	Proteine	Lipidi	Carboidrati	Fibra grezza	Ceneri
Arachide	27,5	50,3	17,2	2,5	2,4
Cartamo	17,4	38,9	20,2	21,6	2,5
Colza	24,7	45,1	17,0	7,5	4,3
Cotone	32,6	31,8	16,6	5,2	7,4
Girasole	25,2	49,7	15,9	4,0	4,2
Sesamo	22,6	53,8	9,9	4,3	5,8
Soia	37,9	19,7	31,8	5,4	5,2

La frazione lipidica delle piante oleaginose può essere contenuta come sostanza di riserva nell'endosperma del seme come ad esempio nel caso del girasole, colza, soia, cartamo, arachide e ricino oppure nel germe del seme come nel caso del mais. La resa in olio dipende dalle caratteristiche genetiche e botaniche delle specie coltivate.

Di norma dalle oleaginose si ottiene olio commestibile o per utilizzo industriale attraverso il processo di estrazione che può essere effettuato per pressatura o mediante utilizzo di solvente.

Il residuo che si determina con il processo di estrazione viene denominato pannello disoleato che di norma è ad alto contenuto proteico e che quindi può essere utilizzato per l'alimentazione zootecnica.

Di seguito si riporta uno schema riassuntivo delle principali utilizzazioni dei prodotti e dei sottoprodotti della lavorazione dei semi oleaginosi.



Come è noto, dal punto di vista industriale il principale prodotto delle oleaginose è costituito dall'olio, tuttavia il residuo dell'estrazione, in un primo tempo considerato di valore trascurabile, come già ricordato, ha gradualmente, negli ultimi 100 anni, guadagnato di importanza in particolare per il suo elevato contenuto in proteine, fino a divenire nel caso della soia la principale risorsa per l'alimentazione del bestiame.

L'introduzione di tecnologie adeguate ha, inoltre, consentito di ottenere preparazioni proteiche con caratteristiche idonee per l'alimentazione umana e tali da proporsi in prospettiva come idoneo mezzo di miglioramento del contenuto e della qualità proteica della razione alimentare delle popolazioni di vaste zone ad alimentazione depressa. Anche se i prodotti animali sono e continueranno ad essere preferiti come fonte di proteine, la loro disponibilità per tanta parte della popolazione mondiale continua ad essere molto ridotta. Si può calcolare che se la produzione annuale mondiale della soia, che è di circa 260 milioni di tonnellate, fosse

consumata direttamente dall'uomo, considerando un fabbisogno giornaliero di 65 g di proteine, essa sarebbe sufficiente per oltre la metà degli abitanti della terra. D'altra parte, è anche vero che dalla ricerca biomedica arrivano indicazioni positive per una parziale sostituzione delle tradizionali fonti di proteine animali con fonti proteiche vegetali quali oleaginose e leguminose.

Anche se le diverse oleaginose, come cotone, arachidi, colza, sesamo, girasole possono potenzialmente costituire una più o meno interessante fonte di proteine per l'alimentazione umana, solo per la soia negli ultimi decenni è stata fatta una mole di ricerche tale da averne consentito il trasferimento come alimento sui diversi mercati. Dopo la soia, ma a grande distanza per quanto riguarda l'impegno di ricerca, il girasole sembra particolarmente promettente, anche tenuto conto della quasi completa assenza di fattori anti nutrizionali. Le proteine dei semi delle oleaginose hanno un «pattern» di aminoacidi che le colloca tra le proteine di medio valore biologico con la lisina o gli aminoacidi solforati come limitanti. Tra le oleaginose, il colza contiene le proteine con il «pattern» di aminoacidi più bilanciato ma la loro utilizzazione è stata finora limitata dalla presenza di glucosinolati, presenti nel seme in quantità del 4% circa; la loro eliminazione quasi totale, tuttavia, è stata risolta per via genetica (varietà di colza doppio zero, con contenuto irrilevante di acido erucico nell'olio e di glucosinolati nelle farine disoleate). (Santonoceto, 2015b)

Principali colture oleaginose

La classificazione delle coltivazioni erbacee industriali si basa su criteri di uniformità che comprendono la botanica, l'agrotecnica e la destinazione d'uso. Si definiscono oleaginose o più estesamente oleoproteaginose quelle colture finalizzate alla produzione di semi destinati all'estrazione di oli vegetali e, secondariamente, alla trasformazione in mangimi. La funzione trofica del seme, destinato a soddisfare i fabbisogni nutritivi delle giovani piantine fino all'acquisizione dell'autotrofia, fa sì che in esso si accumulino particolari concentrazioni di lipidi e proteine. L'elenco delle piante potenzialmente oleaginose e/o proteaginose è virtualmente lungo, ma la destinazione delle coltivazioni a questi scopi è subordinata alla presenza di specifici requisiti tecnici e merceologici. L'insieme delle colture oleoproteaginose è perciò sensibilmente più circoscritto e, per importanza e diffusione, sono meno di una decina le oleoproteaginose propriamente dette. Gli oli estratti da questi semi rientrano nella categoria generica degli oli di semi, anche se talvolta la materia prima è rappresentata dal frutto. L'utilizzo di questi oli è prevalentemente alimentare oppure prevalentemente non alimentare. Di seguito vengono menzionate le principali:

Arachide: *Arachis hypogaea* L.



L'arachide è originaria delle zone tropicali e sub tropicali del Sud America. Oggi è coltivata principalmente in Asia, in Africa e in U.S.A., in Europa riveste un ruolo di coltura marginale. Il genere *Arachis* appartenente alla famiglia delle leguminose, comprende circa 40 specie di cui solo la *hypogaea* è coltivata. La pianta è cespugliosa, provvista di steli della lunghezza di 20-60 cm quali, in relazione alla varietà possono avere portamento eretto o strisciante. L'apparato radicale è fittonante, con molte radici secondarie ricche di tubercoli. Le foglie sono alternate, composte, paripennate, costituite ciascuna da un paio di foglioline ovali, ottuse alla base ed arrotondate alla sommità, con due grandi stipole membranose poste alla base di un lungo picciolo. I fiori, a fecondazione quasi esclusivamente autogama, sono gialli, solitari con il peduncolo inserito alla ascella delle foglie. A fecondazione il peduncolo stesso si allunga, a seguito del geotropismo positivo, porta l'ovario ad infingersi nel terreno ad una profondità di 2-7 cm, dove il legume si sviluppa e raggiunge la maturazione, il fenomeno è detto geocarpia. La pianta può produrre da 100 a 450 fiori. Il frutto è un legume oblungho (2-4 cm), caratterizzato da una serie di nervature, giallognolo, suberoso, alveolato, contenente due o più semi ricoperti da un tegumento arancione. Una pianta può produrre in media da 20 a 60 legumi. I semi di forma ovoidale di colore giallo, contengono intorno al 40-50 % di olio, il 30 % di sostanze proteiche e il 12 % di sostanze amilacee. La pianta ha un ciclo annuale che può variare dai 90 ai 140 giorni. Il ciclo si distingue in una fase vegetativa che va dalla semina alla comparsa dei primi fiori, la fase della fioritura utile, che va dalla fioritura a 40 giorni prima della raccolta e in fine la fase della maturazione in cui possiamo distinguere due stadi, l'ingrossamento dei frutti e il loro arricchimento in olio.

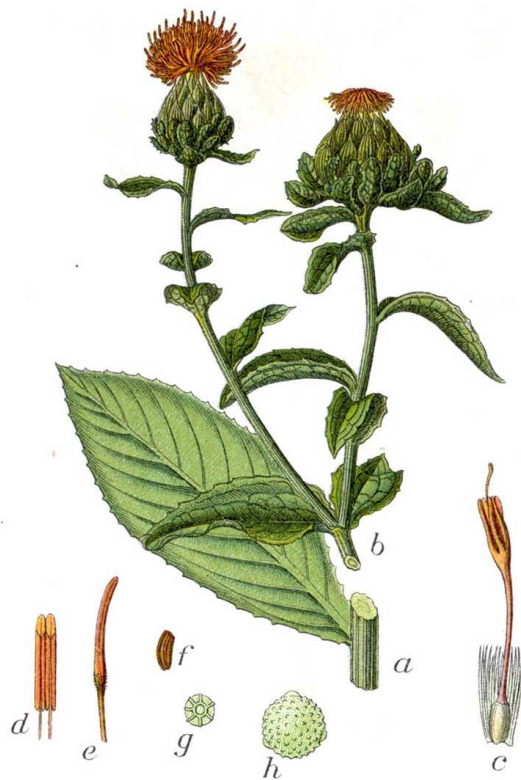
Per quanto riguarda le esigenze termiche l'arachide richiede una temperatura superiore ai 13°C per la germinazione, una temperatura intorno ai 20°C per la fioritura e 22°C per la maturazione. Pur non essendo una alta consumatrice di acqua in rapporto alla sostanza secca formata, l'arachide richiede tuttavia notevoli apporti idrici in fase di germinazione e soprattutto di antesi,

mentre la fase di maturazione è preferibile che venga in condizioni climatiche asciutte. Per quanto riguarda il suolo l'arachide meglio si adatta a quello sciolto e sabbioso, il pH più adatto è tra 5-6 perché male si adatta a terreni calcarei. Dal punto di vista nutrizionale la pianta è autosufficiente per l'azoto e si avvantaggia con concimazioni fosforiche e potassiche, si può consigliare l'utilizzo di 120 kg/ha di P_2O_5 e 100 kg/ha di K_2O in presemina.

L'arachide occupa nell'avvicendamento il posto di coltura da rinnovo. In Italia la semina si effettua nei mesi di aprile e maggio con seme sgusciato ma non privo di tegumento seminale. I semi vengono disposti meccanicamente a 5-6 cm di profondità, a distanze definite corrispondenti in media a 60 cm tra le file e 15 cm sulla fila per ottenere una densità di 10-11 piante a m^2 . Le infestanti vengono contrastate con diserbo chimico e con sarchiatura. Per facilitare l'interramento dei ginofori in fioritura si rende opportuno una rincalzatura. La raccolta si effettua meccanicamente estirpando le piante e disponendole in andana per l'essicamento in campo. Una buona coltura può dare rese di 2-3 tonnellate per ha. Dal seme si estrae circa il 40-50 % di olio e il pannello proteico risulta ottimo per l'alimentazione zootecnica. Le avversità più comuni della coltura sono batteriosi (*Bacterium solanaceum*), crittogame *Cercospora spp.*, *Aspergillus spp.*, *Rhizopus spp.* Tra gli insetti dannosi in fase vegetativa si ricorda *Aphis craccivora*. (Baldoni,1989)

Cartamo: *Carthamus tinctorius* L.

I centri di origine del cartamo probabilmente furono le zone orientali del Mediterraneo e Golfo Persico. Il cartamo è stato coltivato sin da tempi remoti in Cina, nelle aree del Mediterraneo, vaae del Nilo fino all’Etiopia. Inizialmente usato come colorante e per usi cosmetici, solo più



tardi è stato apprezzato come pianta da olio. Il cartamo è una composita annuale con radice principale fittonante e secondarie plagiotropiche. Ha fusto con ramificazioni che terminano in un corimbo. L’altezza della pianta oscilla tra i 40 e i 120 cm in relazione alla varietà. Le foglie sono semplici, alternate e sessili; le più basse oblunghe e inermi; le più alte sono spesso spinescenti. I capolini, del diametro da 2-4 cm, sono composti da un numero variabile di fiori che va da 20 a 100 circondate da una serie di brattee, di cui le esterne separate e fogliose e le più interne concatenate. Il colore dei capolini può essere bianco, giallo o giallo-arancio. La pianta può portarne da 90 a 150 in relazione all’investimento e alla varietà. Il frutto è un achenio simile a quello del girasole ma più

piccolo e con pericarpo bianco o crema.

La germinazione del cartamo necessita di temperature di 15-16°C mentre in fioritura la temperatura ottimale è di 24°C, questa ha durata di 15-30 giorni ed è quasi esclusivamente autogama. La maturazione da un punto di vista fisiologico ha luogo a 30 – 40 giorni dalla fioritura mentre la raccolta è di norma effettuata a 45-55 giorni dall’antesi. Il cartamo ha anche notevoli esigenze idriche ma riesce ad attingere meglio delle altre oleaginose negli strati profondi di terreno. Mal sopporta elevati livelli di umidità perché suscettibile a crittogame e presenta possibilità di adattamento a terreni argillosi purché ben preparati, predilige terreni a reazione neutra ma si adatta anche a quelli subalcalini, è tollerante a terreni salini.

Il cartamo è una pianta da rinnovo con ciclo primaverile estivo. La semina si effettua a file la cui distanza può ridursi fino ai 45 cm al fine di garantire un investimento di 45000 – 65000 piante per ha. Di norma si somministrano 80-100 kg di azoto e 80 fosforo, la concimazione

potassica in Italia di norma è trascurabile. Nelle prime fasi la pianta ha ridotte capacità competitive con le infestanti pertanto si ricorre al diserbo chimico e alla sarchiatura. La raccolta è effettuata quando il seme ha umidità pari all'8-10%, le rese si aggirano attorno alle 2 -2,5 tonnellate ad ettaro con un contenuto in olio del 38 % circa. Tra le avversità si annoverano ruggini e peronospora mentre gli afidi possono arrecare danni alla vegetazione. I capolini sono attaccati dalla mosca del cartamo *Acanthophilus helianthi* che si sviluppa a danno dei fiori.

Colza: *Brassica napus* L. var. *oleifera*

Il colza appartiene al gruppo delle piante oleaginose. Sembra che esso fosse originariamente spontaneo in Europa ed Africa del Nord-Ovest. L'addomesticamento, assieme al Ravizzone, pare sia avvenuto quando fu apprezzato il valore del seme trovato come malerba entro i seminativi di cereali. Queste due specie si presume siano state coltivate come piante da olio, molto tempo fa, in quei paesi dell'Europa dove non era conosciuto l'olivo e il papavero. Attualmente le zone di coltivazione nel mondo sono da tempo India, Cina, Pakistan e Canada, mentre in Europa Francia, Polonia, Germania, Svezia e Italia. Il colza è interessante oltre che per l'olio, anche per il contenuto in proteina grezza che oscilla dal 19% al 23% nelle nuove varietà.

Il colza appartiene alla famiglia delle Crucifere e al genere *Brassica*. Il colza è una pianta annuale o biennale con radice fittonante, moderatamente ramificata con colletto leggermente



ingrossato che sporge dal terreno; foglie della rosetta lisce e carnose; fusto eretto, ramificato, alto fino a m 1,5 con foglie sessili o meno amplessicauli, le inferiori a lira le superiori indivise; infiorescenza a grappolo con fioritura scalare; i fiori cruciferi a corolla gialla, qualche volta bianca, 6 stami, antere con piccola macchia rosso-bruna all'apice nel fiore in bocciolo; il frutto è una siliqua poco eretta con due carpelli, separati da un falso setto. Le varietà recenti contengono da 15 a 40 semi tondeggianti e lisci per siliqua. Il seme ha poco endosperma ed una volta tolto il tegumento seminale, che rappresenta il 12-20% del peso del seme, all'interno è situato

l'embrione. La maggior parte di questo è rappresentato dai 2 cotiledoni, contenenti circa il 50% in olio e proteine. Il colza è una pianta autogama con una percentuale elevata di eterogamia che varia tra il 25 e il 30% pertanto molto materiale coltivato è formato da popolazioni.

Il colza occupa lo stesso posto del frumento nell'avvicendamento e può seguire e essere seguito da tutte le altre colture. È molto importante che prima della semina venga effettuata un'accurata preparazione del terreno. Il letto di semina non deve essere troppo grossolano, ma neanche troppo fine nel caso si possa temere la formazione di una crosta superficiale. Il colza ha esigenze in fosforo e potassio simili analoghe a quelle dei cereali. Per ottenere elevate produzioni in seme si possono consigliare 135 kg di N, 80 di P₂O₅ e 70 di K₂O. Buona parte dell'azoto deve essere distribuito in copertura. La profondità di semina varia da 1 a 3 cm. La data di semina deve essere tale da assicurare alla coltura un confacente sviluppo prima dell'inverno. Quindi è necessario che prima dell'inverno le piante abbiano già differenziato 2-3 palchi fogliari raggiungendo un'altezza di 15-20 cm. Per favorire una rapida emergenza a volte è necessario attendere una pioggia abbondante, oppure si deve intervenire con un'irrigazione prima della semina. La quantità di seme varia da 7 a 10 kg per ha in base alla dimensione del seme e distanza tra le file di 35 cm. La lotta alle malerbe è effettuata in pre emergenza e in copertura, la flora infestante è quella tipica del frumento. Se si fa eccezione per la semina, di norma, il colza non viene irrigato. Mentre sopporta male il ristagno idrico e sfugge più facilmente del frumento alla siccità primaverile. La raccolta deve essere effettuata quando l'umidità media del seme è dal 12 al 20%. In Italia si possono ottenere produzioni di 2,8-3,5 tonnellate ad ha con il 43-44% d'olio. Durante il ciclo vegetativo si possono verificare attacchi di *Meligethes aeneus* che attacca le giovani gemme e le cui larve si alimentano dei fiori apicali dell'infiorescenza.

Dopo l'estrazione dell'olio rimane la farina di estrazione ricca in lisina e con amminoacidi ben equilibrati che la rende consigliabile per uso zootecnico, tuttavia la presenza di alcuni prodotti tossici come i glucosinati possono impedire l'uso indiscriminato nella dieta animale. (Baldoni, 1989)

Camelina: *Camelina sativa*

La camelina, detta anche falso lino o dorella, è una crucifera nativa dell'Europa del Nord, della Finlandia e anche Romania. Alta fino a 1 m, è tutta color verde chiaro, ha foglie oblunگو-



lanceolate alterne, intere o inciso-dentate, e fiori piccoli, bianchi o giallastri, a corolla crociata; il frutto è ovoidale e contiene più logge con molti semi. I semi della Camelina hanno un alto contenuto proteico che si aggira attorno al 25% e un contenuto in olio pari al 40% circa. Questi semi oltre ad essere pressati per estrarre olio offrono un residuo di lavorazione che può essere utilizzato come mangime ad alta qualità di omega 3 per l'alimentazione di animali, il quale possiede un contenuto proteico del 40%.

La camelina è una coltura ancora in fase di studio ma possiamo considerarla da rinnovo, essendo abbastanza resistente al freddo è possibile nei nostri ambienti seminare a inizio primavera con 6-7 kg di seme per ha ad una profondità di 1-2 cm. Per la gestione delle malerbe è opportuno un controllo chimico in pre e post trapianto. La camelina non necessita di grossi input e

può essere gestita con circa 50 unità di azoto, il ciclo colturale si svolge in 85-100 giorni. La raccolta si effettua con umidità del seme pari all' 8%. Le avversità sono le stesse del colza (Jackson et al, 2005).

Cotone: *Gossypim* spp *Gossypium*



Il cotone è una delle più importanti e diffuse piante industriali del mondo, essendo una pianta da fibra e oleaginosa allo stesso tempo. L'origine non è ben nota in quanto è possibile trovare specie spontanee in Australia, Africa, Asia e America. Il cotone appartiene alla famiglia delle Malvacee, il genere *Gossypium* è ritenuto uno dei più complessi dal punto di vista tassonomico per il considerevole numero di specie che lo compongono. Di norma le specie coltivate sono piante erbacee, annuali o vivaci, la radice è fittonante e molto sviluppata. Il fusto è eretto, più o meno pubescente, con ramificazioni di tipo monopodiale o simpodiale, con ramificazioni inferiori più lunghe, ad ogni internodo si trova una gemma fiorale, da cui viene emesso un bocciolo. Le foglie sono alterne, grandi e lungamente picciolate, palmato-lobate con 3-5 lobi, ovato rotondi con estremità più o meno acute. All'inserzione della foglia vi sono due gemme, quella ascellare produce rami vegetativi e quella ascellare che produce rami fruttiferi. I fiori sono grandi, solitari e pedunculati, la corolla ha 5 petali con lembo ob-ovato di colore bianco o crema, giallo, rosso o porporino, divengono rosa o rossi a 12-30 ore dalla fecondazione. L'ovario sessile è formato da 3-5 logge provviste di uno o più ovuli. Il frutto è una capsula a deiscenza loculicida formata da 3, 4 o 5 logge. I semi di forma oblunga di colore scuro sono ricoperti da una fitta e lunga peluria costituita da cellulosa quasi pura.

Il ciclo biologico del cotone si distingue nelle seguenti fasi: germinazione, fase vegetativa, bottoni fiorali, fioritura, deiscenza delle capsule, completa maturazione. Il minimum per la germinazione è 15°C con optimum compreso tra i 20° e i 30 °C. La fioritura è scalare e procede dai palchi basali a quelli apicali. I primi boccioli schiudono le corolle dopo 20-30 giorni dalla loro comparsa. La fase di antesi coincide con particolari esigenze idriche della pianta (fase critica), che si riflettono sulla quantità e sulla qualità del prodotto. La fioritura avviene dalle 4 alle 10 di sera, la fecondazione è di norma autogama ma si possono manifestare tassi di fecondazione eterogama del 40%. Dall'antesi alla deiscenza della prime capsule intercorrono 40-80 giorni, mentre la capsula raggiunge il pieno sviluppo dopo 21-24 giorni. All'inizio della

deiscenza la fibra non ha ancora completato il pieno sviluppo, questa fase si completa con tempi variabili in relazione al clima. L'altezza della pianta può arrivare a 100 cm.

Il cotone è una pianta mesofita che in condizioni di carenza idrica può comportarsi da xerofita, quindi necessita di discrete necessità idriche fatto salvo nel periodo di emissione dei bottoni fiorali. La coltura si adatta bene a qualunque tipo di terreno, predilige quelli di medio impasto, freschi e profondi. Il cotone è una pianta alofila quindi resistente alla salinità, pur preferendo terreni neutri o sub-alcalini si adatta bene anche a terreni tendenti all'acido.

Il cotone è una coltura da rinnovo sarchiata. È considerata una pianta poco sfruttante e sopporta bene la mono-succezione. Il cotone è una coltura poco esigente in fatto di nutrizione, si avvantaggia poco con la concimazione organica. I 2/3 degli elementi minerali sono assorbiti prima dell'emissione del bottone fiorale. In regime di asciutta con produzioni di 1 tonnellata ad ha le asportazioni sono di 60 kg/ha di N, 40 di P₂O₅ e 40 di K₂O mentre in regime irriguo le asportazioni più che raddoppiano. Le dosi consigliate di seme variano da 30 a 40 kg/ha, distribuito in file continue distanti 80-10 cm, con piante spaziate di 20-25 cm sulla fila. Una volta che la fibra è arrivata a completa maturazione si procede alla raccolta manuale o meccanica, le rese variano da 1 tonnellata di fibra in asciutto fino a 5 in irriguo nei paesi sub tropicali. Oltre alla fibra anche il seme viene utilizzato in quanto ha un contenuto in olio che varia da 18 fino al 31% in base alla varietà, i pannelli proteici di estrazione trovano impiego nell'industria mangimistica. In Italia l'avversità più temibile è rappresentata da *Platyedra gossypiella* lepidottero gelichide che si sviluppa a danno del bottone fiorale, inoltre la coltura può essere interessata sporadicamente da attacchi di ragno rosso e afidi.

Girasole: *Heliantus annus* L. *Heliantus annuus* doppia u

Il girasole è una pianta originaria dell'America centro meridionale, già coltivata prima



dell'arrivo degli europei. Oggi è coltivato in tutti i continenti ed è la seconda coltura da olio per estensione dopo la soia. Il girasole appartiene alla famiglia delle composite, è una pianta annua. Il fusto è eretto, vigoroso e cilindrico, internamente ripieno di midollo. L'altezza nelle specie da olio varia dai 60 cm ai 2,2 metri, mentre il diametro varia tra i 2 e i 5 cm. Alla maturazione tende a piegarsi al di sotto della calatide. I cotiledoni sono picciolati, con lembo lungo 3 cm e largo 2 cm. L'ipocotile è verde biancastro o rosso antocianico. Le foglie sono alternate, grandi, trinervate, con margine dentato, pubescenti su

entrambi i lati, la loro forma cambia in funzione della posizione rispetto al fusto, il numero varia tra 12 e 40. Presentano picciolo elastico che nella parte superiore presenta una doccia che convoglia l'acqua piovana verso il fusto. L'infiorescenza detta calatide è formata da numerosi fiori collocati sul ricettacolo discoidale, le dimensioni variano dai 10 ai 40 cm di diametro. Questa in fase di antesi compie dei movimenti di rotazione per la quale forma costantemente un angolo retto con la direzione dei raggi solari. Questo fenomeno è detto eliotropismo e cessa a fine antesi quando la calatide è rivolta verso la direzione in cui sorge il sole. Sul ricettacolo troviamo due tipi di fiori: quelli ligulati e quelli tubulosi. I fiori ligulati sono disposti radialmente in 1 o 2 file con 30-70 fiori asessuati di colore giallo. I fiori tubulosi sono ermafroditi e portano gli organi di riproduzione. Sono disposti in archi spiraliformi che irradiano dal centro del disco. Il frutto è un achenio compresso, largo 3,5-9 mm lungo 7,5-17 mm, con spessore di 2,5-5 mm. Ha un pericarpo duro e fibroso, finemente vellutato. Il colore varia dal bianco al nero, a volte con nervature bianche o grigie. La radice è fittonante nelle prime fasi si accresce rapidamente nelle prime fasi di sviluppo.

Il ciclo colturale dura dai 120 ai 180 giorni in cui distinguiamo la fase di emergenza che va dai 10 ai 30 giorni, formazione delle foglie, differenziazione dei primordi del ricettacolo, crescita attiva, fioritura e riempimento. Il girasole non è una pianta esigente, ha l'optimum germinativo a 15°C e 18°- 22°C per la fioritura e il riempimento. Le esigenze idriche durante il ciclo sono

di 6-7 mila m² per ha, la pianta non manifesta contrazioni nel consumo idrico fino al 45 % di umidità disponibile nel terreno proprio grazie al grosso apparato radicale che riesce a emungere l'acqua residua del suolo fino a 100-150 cm di profondità. Il girasole è una tipica pianta da rinnovo perché tra le altre cose lascia al terreno un buon residuo culturale. Per la coltivazione è importante preparare un buon letto di semina perché il fittone è dotato di scarso potere penetrante. La densità ottimale per la coltivazione è quella di 5-6 piante al m². Secondo le asportazioni la coltura necessita di 100 - 150 kg/ha di N, 40 - 60 di P₂O₅ e 200 - 300 di K₂O, pertanto risulta mediamente esigente in azoto, poco in fosforo e altamente esigente in potassio anche se al termine della coltura il 90% del potassio assorbito torna al terreno mediante residuo culturale. I metodi di contenimento delle malerbe sono il diserbo pre trapianto e la sarchiatura effettuata a circa 20 giorni dall'emergenza. La coltura è da considerarsi pronta per la raccolta 15-20 giorni dopo che le piante hanno raggiunto la maturazione fisiologica. L'umidità degli acheni alla raccolta deve essere del 9-10 %, attraverso l'utilizzo di mietitrebbiatrice da cereali opportunamente modificata. Tra le maggiori avversità si ricordano la peronospora *Plasmopara halstedii*, la *Sclerotinia sclerotium* e la *Puccinia helianthi* oltre che l'orobanche. (Baldoni, 1989)

Jatropha curcas



La *Jatropha curcas* è una pianta oleaginosa perenne originaria del Centro America, attualmente molto diffusa nelle regioni tropicali e subtropicali dell'Africa e dell'Asia. La jatrofa è un arbusto appartenente alla famiglia delle Euforbiaceae, ha un portamento arbustivo e può raggiungere 5 m d'altezza e può raggiungere i 50 anni di età. Le specie appartenenti al genere *jatropha* sono circa una decina. Le foglie sono grandi, di colore verde scuro, palmate, portate da lunghi piccioli arcuati; i fiori sono riuniti in piccole ombrelle, di dimensioni minute, di un colore vivace e brillante, arancione o rosso. La pianta ha un fusto corto, scarsamente ramificato, all'apice dei rami spuntano i lunghi piccioli che portano le foglie; alcune specie presentano un caudex, ovvero un fusto rigonfio, che mantiene l'acqua nei periodi siccitosi. Le foglie sono semplici, profondamente palmate, glabre con 3-5 lobi con lungo picciolo.

Ricino: *Ricinus communis* L.

Il centro di origine del ricino è considerato dai più l’Etiopia, ad oggi è coltivato in Africa, Asia, America e Est Europa. La pianta appartiene alla famiglia delle Euforbiacee. La pianta è provvista di una robusta radice fittonante; le foglie sono palmato partite, alterne; il fusto è eretto e cavo di lunghezza che va da 60 cm fino a 5 metri. Il fusto principale termina in una infiorescenza a pannocchia che si forma dopo 6-10 nodi nelle varietà precoci e 8-16 nelle



tardive. Dai nodi si sviluppano ramificazioni che danno vita a infiorescenze secondarie. Il ricino è una specie monoica, diclina e allogama. Nell’infiorescenza i fiori maschili sono portati nella parte inferiore e i femminili in quella superiore. L’antesi dei due fiori non è sempre simultanea. Il frutto è una capsula triloculare. I semi sono più o meno grossi, marmorizzati. La maturazione non avviene contemporaneamente nelle diverse infiorescenze della pianta.

Il ricino è una pianta di notevoli esigenze termiche. La temperatura minima di germinazione dei semi è di 14°C; quella ottimale di vegetazione di 25-30°C, ha anche

notevoli esigenze idriche che però attinge anche dagli strati profondi del suolo. Predilige terreni tendenzialmente sciolti anche se è adattabile ai terreni tendenzialmente sciolti. Predilige terreni a reazione acida con pH da 5 a 6,5. È particolarmente esigente in potassio e azoto, meno in fosforo. Il ciclo colturale in Italia varia dai 200 giorni al sud e 180 al nord. Il ricino è una coltura da rinnovo, la semina cade in tarda primavera e la raccolta in autunno nei nostri ambienti. La profondità di semina è di 7-9 cm. Per le varietà migliorate è possibile effettuare un investimento che va dalle 40 alle 60 mila piante per ettaro, quindi è possibile adottare una distanza tra le file di 90-100 cm e 30-40 cm tra le piante sulla fila. Secondo le asportazioni la coltura necessita di 150 kg/ha di N, 100 di P₂O₅ e 100 di K₂O. il diserbo è effettuato di norma in pre-semina e in pre-emergenza. La coltura trae vantaggio dall’irrigazione purché effettuata prima dello stadio di 6-8 foglie cioè prima che compaia il racemo primario. La raccolta viene effettuata al momento

in cui le capsule e le foglie sono secche e l'umidità della pianta è inferiore al 45% mediante l'impiego di macchine raccogliatrici. Una normale coltura può fornire rese di 2,5-3 tonnellate ad ettaro di semi che contengono il 40-46% di olio. I pannelli ottenuti dalla pressatura dei semi contengono sostanze tossiche quali ricina e altri alcaloidi che li rendono inadatti all'alimentazione zootecnica. Le maggiori avversità nelle zone umide sono rappresentate da *Botrytis*, *Fusarium* e *Cercosporina ricinella*. Tra gli insetti è particolarmente dannoso alle capsule in maturazione il *Dichocrcis punctiferalis*.

Sesamo: *Sesamum indicum* L.

Il sesamo è tra le piante di più antica coltivazione, perché l'olio che si estrae dal suo seme è tra i migliori per uso alimentare ed è molto vicino per le caratteristiche dietetiche all'olio di oliva. Il sesamo è coltivato perlopiù in Asia e in Africa. La pianta appartiene alla famiglia delle Pedaliacee; è una pianta annua a radice fittonante. Il fusto è eretto, ramificato, pubescente, con sezione trasversale tetragonale od ottagonale. Le foglie sono ovali-oblunghe, opposte, picciolate quelle basali. I fiori peduncolati lunghi circa 4 cm si sviluppano da 1 a 3. Il loro calice è piccolo,



intensamente pubescente con 5-8 denti. La corolla è simpetala, con 5 petali ed ha forma quasi cilindrica di colore violetto, nel fiore ci sono 4 stami, i due posteriori più lunghi degli anteriori, le antere sono verde giallastro. Il frutto è una capsula allungata tetragonale, il loro numero per pianta varia da 20 a 30. Le capsule inizialmente verdi diventano brune a maturazione e contengono 50-80 semi.

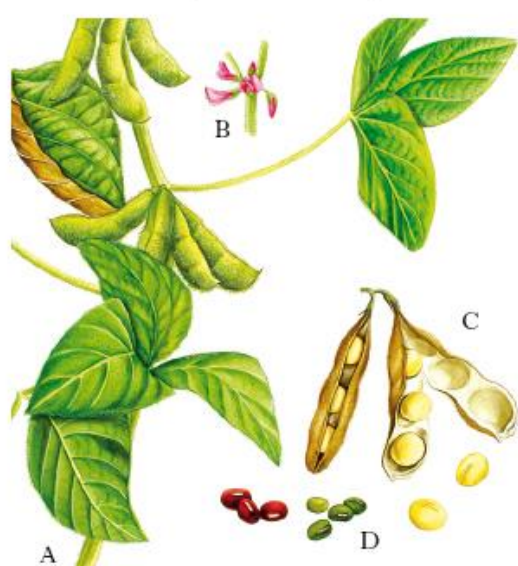
Il sesamo è esigente per le temperature, l'optimum per la germinazione è compreso tra 18 e 20°C successivamente oscilla tra i 22 e 25°C, letali sono i ritorni di freddo per le plantule. Il sesamo predilige terreni alluvionali ma si adatta bene anche a terreni argillosi di medi fertilità. Il sesamo è una pianta da rinnovo, mal si adatta alla mono-successione.

La semina è primaverile con l'impiego di 6-8 kg di seme a ettaro in file distanti 60-70 cm. Secondo le asportazioni la coltura necessita di 120 kg/ha di N, 100 di P₂O₅ e 100 di K₂O. La coltura si avvantaggia con concimazioni organiche e di sarchiatura, quest'ultima è necessaria nelle prime fasi per la scarsa competitività della pianta che risulta essere lenta nelle fasi iniziali

di sviluppo. La raccolta si effettua quando le capsule cominciano a imbrunire e le foglie basali a seccare. Le piante vengono disposte in andane e poi trebbiate. La resa è molto variabile e può oscillare tra 1 e 3 tonnellate per ettaro. Il contenuto in olio del seme è circa 45-55 % mentre quello proteico varia tra il 15 e il 23 %. Le maggiori avversità risultano essere *Cercospora*, *Alternaria*, *Macrophomina phaseoli* oltre che agli afidi.

Soia: *Glycine max* L.

La soia sembra sia derivata da una specie selvatica che cresce spontanea in Giappone, Manciuria e Corea, oggi è coltivata in tutto il mondo. È una pianta erbacea della famiglia delle



Leguminosae, tribù Phaseoleae, annuale, a portamento più o meno cespuglioso. Le foglie primarie sono opposte, ovali; tutte le altre sono trifogliate; il frutto è un baccello, piccolo, coperto di peli, che si può presentare diritto o incurvato. Ha un apparato radicale formato da una radice principale fittonante e da radici secondarie e avventizie. La soia ha la possibilità di utilizzare l'azoto atmosferico in presenza del batterio *Bradyrhizobium japonicum*, che "cattura" l'azoto dell'aria, lo organica e lo rende disponibile per la

pianta. La presenza dell'ospite è segnalata da numerosi tubercoli o noduli radicali che accompagnano la pianta fin dai primi giorni dopo la germinazione. La temperatura minima di accrescimento è intorno ai 5 °C.

La temperatura media ottimale si aggira attorno ai 24-25 °C. È una pianta brevidiurna abbastanza sensibile al fotoperiodo (in alcuni casi necessita di almeno 10 ore/giorno di buio per fiorire). La soia è una pianta debolmente arido-resistente, ma può soffrire di siccità qualora le piogge siano poco frequenti. La semina si effettua da metà aprile a metà maggio con investimento di 30-35 piante/m² alla raccolta, distanza fra le file di 45 cm e sulla fila di 5-6 cm, profondità di 2,5-3 cm. Nei terreni in cui non sia mai stata coltivata soia è opportuno impiegare inoculo di rizobio alla semina. La lavorazione principale consiste in aratura a 30 cm o minime lavorazioni (es. chisel + discatura a 15-25 cm). Il diserbo si effettua in pre-emergenza, utile soprattutto nelle semine più precoci su terreni lavorati, e raramente consente di giungere alla

raccolta dell'oleaginosa senza la necessità di complementari applicazioni di post emergenza.

Seguono sarchiature. Gli apporti fertilizzanti vanno calcolati in base alle seguenti asportazioni: per 4 t/ha di granella 175 kg/ha di azoto (N), 53 kg/ha di fosforo (P₂O₅) e 77 kg/ha di potassio (K₂O), considerando che la coltura fissa azoto atmosferico per circa 120 kg/ha, pertanto se inoculata correttamente la coltura è quasi autosufficiente. La raccolta si effettua quando i baccelli sono imbruniti e le piante più o meno defogliate; l'umidità commerciale deve essere circa 14%. Le rese produttive sono variabili: in Pianura Padana 3,5-4,5 t/ha di granella. Con un contenuto in olio variabile tra il 20% e il 25%, ne conseguono rese di 0,7-1 t/ha. Oltre all'olio il seme ha un contenuto proteico di circa il 40-50%. La proteina è abbastanza bilanciata per quanto riguarda gli amminoacidi essenziali, pertanto le farine trovano largo impiego nell'alimentazione zootecnica. Per la Soia sono conosciute più di 50 fitopatie tra cui virosi (TMV), batteriosi (*Xanthomonas phaseoli*, *Pseudomonas tabaci*) malattie fungine (*Peronospora manshurica*, *Cercospora sojina*, *Septoria glycines*, *Phytophthora megasperma*) e nematodi (Canestrone, 2007).

Caratteristiche botaniche della specie

L'origine americana del tabacco è indubbia, perché l'enorme maggioranza delle specie del genere *Nicotiana* è nativa delle regioni intertropicali e subtropicali dell'America. Quindi gli antichi popoli europei ed asiatici non conoscevano il tabacco, ma fumavano altre piante. Probabilmente la prima origine del fumare deve essere ricercata in cerimonie magiche, di carattere propiziatorio, allo scopo di attirare la pioggia producendo nuvole di fumo: durante questi riti si deve essere scoperto che il fumo di certe erbe esercitava un potere narcotico o eccitante sull'organismo. L'uso di fumare deve essere antichissimo, giacché si sono trovate pipe dell'Età del bronzo, dal 3500 a.C. al 1200 a.C. circa (Dunal, 1852).

Cristoforo Colombo e i suoi marinai, approdati nelle Indie Occidentali, osservarono che gli abitanti fumavano dei rotoli formati dalle foglie di una pianta strettamente avvolte in una delle foglie che ravvolgono le pannocchie del mais. Questi rotoli erano dagli indigeni chiamati col nome di tabacco, nome che in seguito fu dato all'erba della quale si fumavano le foglie. L'uso di fumare il tabacco in America doveva essere antichissimo, perché nelle varie regioni che poi hanno costituito gli Stati Uniti meridionali, nell'America Centrale e nella parte settentrionale dell'America Meridionale, successivamente scoperte e visitate dagli Europei, vennero osservate

coltivazioni di tabacco e le difficoltà incontrate dai botanici nel classificare le diverse specie, varietà e forme di *Nicotiana* raccolte nei territori americani e di riconoscere con esattezza i loro rapporti filogenetici e i loro centri d'origine, sono dovute appunto al fatto che questa coltura si doveva praticare localmente da tempi antichissimi. Questa pianta doveva essere coltivata dal Cile al Canada, e solamente nelle regioni del Río de la Plata, Uruguay, Paraguay il tabacco non venne mai coltivato nell'epoca precolombiana (Conti, 2005).

Secondo Linneo, il genere *Nicotiana* appartiene alla famiglia Solanacee, tribù delle Cestree che comprende tutte piante americane e ne costituisce la sottotribù detta delle Nicotianine: è caratterizzato dai fiori actinomorfi o più raramente zigomorfi, con calice tubuloso, campanulato o ovoido, quinquefido. La corolla è infundibuliforme o ipocrateromorfa o tubuloso-ventricosa col lembo plicato 5-lobato. Gli stami sono 5, inseriti sul tubo della corolla, inclusi, subeguali o ineguali; l'ovario è supero 2-loculare, più raramente 4-multiloculare, con molti ovuli a placentazione centrale. Lo stilo è semplice con stimma capitato. Il frutto è una capsula avvolta in parte dal calice persistente, 2-4 loculare, che si apre all'apice per 2 valve, più di rado per 4 o molte: i semi sono numerosi, piccoli, oblungi, subreniformi, rugosi o foveolati. Le specie di *Nicotiana* sono piante erbacee annue o perenni, talora suffrutescenti o frutescenti, con foglie alterne intere o ondulosinuate e i fiori sono riuniti in racemi terminali più o meno ramosi, talora penduli solitari all'ascella delle foglie, bianchi, rossi, giallastri o rossastri (Pignatti, 1982).

Secondo Orazio Comes questo genere comprende 41 specie con numerose varietà; secondo Gustav Hegi invece vi si debbono ascrivere 60 specie, la maggior parte delle quali sono originarie dell'America, 3 si trovano nelle Isole del Sonda, qualcuna è endemica delle isole dell'Oceano Pacifico (*N. fragrans* Hook. nell'Isola di Norfolk).

Il genere *Nicotiana* presenta le maggiori affinità sistematiche col genere *Petunia* (Banfi, 2000). Il Comes ha fatto lunghi studi sulla sistematica dei tabacchi; divide il genere *Nicotiana* in 4 sezioni: I. *Tabacum*: con la sola specie *N. tabacum* L.;

II. *Rustica*: con 16 specie;

III. *Petunioides*: con 23 specie;

IV. *Polydiclia*: con la sola *N. quadrivalvis* Pursh.

Altri autori invece distinguono il genere in tre sezioni:

I. *Tabacum*;

- II. Petum (che è uguale a Rustica);
- III. Petunioides; altri, come T. von Post, O. Kuntze, includono Petunia in Nicotiana facendone una speciale sezione, di tutte queste specie hanno importanza agraria, industriale e commerciale soprattutto le *N. tabacum* e *N. rustica* e le loro varietà, razze, forme, e ibridi. Alcune specie si coltivano come piante ornamentali e si sono rese qua e là avventizie, così: *N. acuminata* Hook., *N. alata* Lk. et Otto, *N. glauca* Grah., *N. Langsdorffii* Weinm., *N. longiflora* Cav., *N. suaveolens* Lehm., *N. tomentosa* Ruiz et Pav. (= *N. colossea* E. André), *N. Sanderæ*, Hort. Sander, *N. oulophylla* Dun.).

Varietà colturali

Le varietà di tabacco coltivate sono numerose e assai diverse tra loro; la loro coltivazione e la loro produzione richiedono non solo semi diversi, ma anche differenti climi, terreni, pratiche colturali e sistemi di cura; quest'ultima operazione, soprattutto, differenzia commercialmente un tipo di tabacco da un altro. Una prima distinzione fondamentale può essere fatta fra chiari e scuri. Seguendo una classificazione più articolata, i tabacchi possono essere suddivisi in:

- Tipo Virginia, chiari, curati ad aria calda, usati per sigarette, trinciati da pipa, prodotti da mastico e da fiuto;
- Tipo Burley e Amarillo, chiari, curati ad aria, impiegati per gli stessi usi del Virginia e, inoltre, per sigari chiari;
- Tipo Avana e Sumatra, scuri, curati ad aria, usati per sigari chiari;
- Orientali, chiari, curati al sole, usati per sigarette;
- Tipo Kentucky, scuri, curati a fuoco diretto, usati per sigarette, sigari toscani (scuri), trinciati da pipa, prodotti da mastico;
- Tipo locali, non facilmente classificabili, scuri, curati generalmente ad aria o al sole, impiegati per tutti gli usi.

Esigenze ed adattamento ambientale

Il tabacco viene coltivato dalle zone tropicali fino a latitudini molto elevate (Svezia e Finlandia) ciò grazie al fatto che nell'ambito delle specie si sono differenziate diverse varietà con esigenze diverse. Da questo punto di vista possiamo riunire i tabacchi in tre gruppi:

- Tabacchi sub-tropicali (Americani e Asiatici)
- Tabacchi orientali (Levantini)

- Tabacchi della zona temperata (scuri, chiari)

Il tabacco dal punto di vista biologico è una pianta brevidiurno, tuttavia dal punto di vista agrario per la produzione di foglie, una maggiore durata giornaliera consente di ottenere una maggiore resa. I tabacchi sub tropicali hanno bisogno di un clima caldo e umido, uniforme senza escursioni sensibili. I tabacchi orientali richiedono un clima caldo e asciutto con bassa umidità soprattutto nella parte finale del ciclo. I tabacchi della zona temperata richiedono un clima con temperature moderate e con sufficiente umidità. Per quanto riguarda il terreno, i sub tropicali prediligono terreni di medio impasto profondi e freschi, gli orientali preferiscono terreni leggeri e sabbiosi. Per i sub tropicali le varietà chiare si adattano meglio a suoli con percentuali di argilla modeste mentre gli scuri a suoli argillosi.

Tecnica colturale

Il tabacco è una coltura da rinnovo, e produce bene quando segue un prato di leguminose anche se precede bene anche il frumento. Inoltre il tabacco prede bene anche a se stesso per alcuni anni senza che si verificano effetti negativi. La preparazione del terreno deve essere molto accurata, in pratica si procede ad un'aratura profonda 30-40 cm nel periodo estivo autunnale e in primavera si procede a lavorazioni secondarie di affinamento che servono ad interrare i concimi fosforici e potassici. Spesso sono necessarie operazioni di sistemazione a porche per evitare ristagni idrici a cui la pianta è molto sensibile. Per quanto riguarda la concimazione molto dipende dalla varietà. I tabacchi orientali e della zona temperata si avvantaggiano della letamazione o del sovescio fatta eccezione per il Virginia bright che è poco stimolato da queste pratiche. Per quel che riguarda la concimazione, innanzitutto, va considerata che una coltura di Bright asporta dal terreno complessivamente 1,7 kg N, 0,59 kg di P_2O_5 e 3,54 kg di K_2O per ogni quintale utile in sostanza secca, e che una coltura di tabacco orientale asporta 5,5 kg N, 1,3 kg P_2O_5 e 12,1 kg di K_2O per ogni quintale di prodotto utile. Quindi la quantità di elementi asportati varia notevolmente in base alla cultivar. L'assorbimento inoltre è lento nei primi stadi dopo il trapianto, è molto intenso durante la fioritura ed è continuo sino alla fine del ciclo colturale. Nei terreni potassio- carenti è opportuno somministrare circa 100 kg/ ha di K_2O sotto forma di solfato potassico, escludendo l'impiego del cloruro. Sia i concimi fosforici che i potassici vanno somministrati prima del trapianto. Per la concimazione azotata si somministrano solfato ammonico al trapianto e nitrato di calcio in copertura. Le dosi di concime azotate vanno ridotte quando la coltura di effettua in successione a prato di leguminose o su terreno che ha ricevuto letame o sovescio, ovvero per i tabacchi coltivati in asciutto (Baldoni, 1989).

Le tecniche di produzione delle piantine in vivaio nel mondo sono principalmente due: il Float System e il metodo classico.

Il metodo Float System consente di produrre piantine di qualità, uniformi, a costi più bassi e con minore impatto ambientale. L'aspetto più importante è indubbiamente l'uniformità delle piante che si ripercuote positivamente sull'uniformità in campo. Le serre possono essere di qualsiasi tipo, le loro dimensioni dipendono dalla superficie da trapiantare e dalla densità. In genere si necessita di 1 m² di superficie per 800 piante. L'orientamento delle serre deve essere nord sud; le coperture possono essere di polietilene: l'esterna è di spessore variabile da 0,15 a 0,20 mm, mentre quella interna sita a 30 cm da quella esterna, serve a raccogliere l'acqua di condensa e può essere di 0,10 mm. I film di etilene acetato di vinile consentono di coniugare al meglio le caratteristiche di trasmittanza luminosa, resistenza meccanica e tenuta termica. I bordi delle vasche possono essere realizzati con assicelle o con terreno ed altezze tali da consentire uno spessore dell'acqua di 10 – 20 cm. Il telo di polietilene che forma la vasca deve essere di spessore adeguato e di colore nero per evitare di far germinare eventuali semi presenti nel terreno sottostante. Le seminiere sono contenitori alveolati di polistirolo, polistirene o propilene espanso adatti a galleggiare, la cui densità varia da 22 a 27 kg a metro cubo. Il volume dell'alveolo varia da 18 a 31 cm³, l'altezza è di 5-7 cm, mentre il foro della parte inferiore dell'alveolo non deve superare gli 8 mm per evitare che il substrato frani nell'acqua. La sezione degli alveoli è tronco conica o tronco piramidale entrambe rovesciate per favorire il geotropismo delle radici. I materiali utilizzati per i substrati possono essere organici (torbe, foglie, compost, corteccia di pino, lolla di riso, fibra di cocco ecc) o minerali (agriperlite, vermiculite, pomice, sabbia silicea, terra argillosa, argilla estrusa, lapillo vulcanico). I substrati hanno in genere pH 6, sostanza secca pari al 30-40% e peso umido che oscilla tra i 420 e 650 g/l, le particelle che lo costituiscono hanno dimensioni comprese tra 0,3 e 1,4 g. Inoltre il substrato deve essere ben umidificato con rapporto C/N basso. Per il float system è di notevole importanza la qualità dell'acqua che deve avere un pH compreso tra 7 e 8 e conducibilità iniziale compresa tra 0,3 e 0,7 mS/cm, dopo le necessarie concimazioni e le perdite per evapotraspirazione il valore non dovrebbe superare i 2,5 mS/cm. Di norma viene utilizzato per la fertilizzazione un formulato 20-10-20 NPK a 700 grammi per metro cubo di acqua che porta la conducibilità a 1,5 mS/cm. Nel caso si opera con acque saline si ritarda l'immissione dei nutrienti per non ostacolare la germinazione. Per la prevenzione delle crittogame quali *Peronospora tabacina*, *Pythium spp*, *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinerea* di norma vengono utilizzati formulati sistemici che vengono distribuiti direttamente nell'acqua in vasca oppure distribuiti per aspersione, stesso discorso

vale per gli insetticidi sistemici per il controllo degli afidi in semenzaio. Per le semine è da preferire il seme confettato per la maggiore facilità di essere manipolato. Lo sfalcio delle foglie detto *clipping* è un'operazione importantissima perché si ottengono piante più uniformi in quanto tagliando le foglie di quelle più sviluppate se ne rallenta la crescita e si impedisce l'ombreggiamento di quelle vicine. Il taglio, inoltre, stimola l'emissione di nuove radici, contribuisce ad ingrossare lo stelo e ne impedisce la filatura. Per ottenere piante di qualità occorrono 4 o 5 tagli (Cristanini, 2005).

Il metodo classico prevede la costituzione di semenzaio, largo 1,1-1,2 metri alto 50 cm di norma si effettua la letamazione sul colmo oltre che la fumigazione del terreno, al di sopra vi si allestisce una camera d'aria trapezoidale in materiale plastico nella quale si sviluppano le piantine. Il quantitativo di seme deve essere tale da consentire la crescita di 700 piantine m⁻², pertanto si utilizza 1/3 di grammo di seme nudo per metro quadrato che viene mischiato a cenere o a sabbia per facilitare la distribuzione a spaglio. Una volta emerse le piantine si procede al diradamento se necessario. Questa tecnica è in grado di produrre piante a basso costo ma meno uniformi del metodo float (Baldoni, 1989).

Quando le piantine hanno raggiunto un'altezza di 10-14cm, è presentano da 4 a 6 foglie, si effettua il trapianto in campo, possibilmente in una giornata coperta e senza vento; Se vi è il sole conviene effettuare l'operazione nel tardo pomeriggio. L'epoca del trapianto varia da aprile fino ai primi di giugno a seconda della varietà e della zona di coltivazione. Le distanze di trapianto hanno un'influenza notevole sulla quantità di luce che ogni pianta riceve, con riflessi sia sulla quantità che sulla qualità del prodotto. Le distanze comunemente adottate per le principali varietà, in conseguenza dello sviluppo delle foglie di ciascuna, variano da 70 cm a 120 cm tra le file e 30 cm a 40 cm sulla fila in relazione alla varietà. La densità di trapianto varia dalle 18.000 alle 23.000 piante per ettaro in relazione alla varietà. Il trapianto può essere eseguito a mano o con macchina trapiantatrice. Per le trapiantatrici generalmente l'organo lavorante è costituito da una ruota con un sistema di pinze che si aprono due volte: in alto (allorché l'operatore vi immette la piantina con la testa in giù) ed in basso (allorché la piantina viene lasciata nel terreno); un vomeretto anteriore apre un solco nel quale si sistemano le piantine, mentre due barrette posteriori compattano il terreno intorno alla piantina stessa; un tubo lascia cadere ad una opportuna distanza una dose di concime. Altro tipo di macchine trapiantatrice prevede per la messa a dimora delle cellette contenenti ciascuno una piantina (Baldoni, 1989).

Lo sviluppo delle erbe infestanti è particolarmente dannoso per il tabacco nel periodo immediatamente successivo al trapianto, allorché le piante, in crisi, stentano a riprendersi o sono ancora poco sviluppate per competere. L'avvicendamento in genere favorisce la lotta alle infestanti. Nella coltura tradizionale, appena superata la crisi di trapianto si effettua una prima sarchiatura seguita da altre tutte le volte che sono necessarie. Il diserbo chimico viene effettuato generalmente qualche giorno prima del trapianto, prevalentemente con prodotti antigerminello. Le infestanti tipiche risultano essere *Portulaca*, *Chenopodium*, *Amaranthus*, *Solanum*, decisamente e inferiore è la presenza di monocotiledoni tra l'altro facilmente contrastabili con graminicidi in copertura. Un'infestante di difficile controllo è il *Cyperus* che non viene controllato con diserbici chimici pertanto è opportuno contrastarlo con false semine, oppure con diserbo totale con utilizzo di Roundup quindi glifosate che deve essere applicato 7-10 giorni prima del trapianto (Cristanini, 2005).

Per alcune varietà si pratica la cimatura al fine di evitare la migrazione di fotoassimilati nei fiori e nelle foglie apicali le quali difficilmente raggiungono un valore commerciale. La cimatura è un'operazione indispensabile, in quanto favorisce le caratteristiche di consistenza dei tessuti ed eleva i contenuti in nicotina e in sostanze aromatiche. I consumi idrici del tabacco variano considerevolmente con la cultivar. I consumi aumentano sino alla fioritura e sono notevoli per tutto il periodo successivo. Le esigenze di acqua sono più elevate nel periodo precedente la prima raccolta, ossia quando lo sviluppo è più intenso e la coltura presente la maggiore espansione fogliare. Per quel che riguarda i metodi irrigui i più diffusi sono quelli per aspersione e di microirrigazione. La raccolta, che di norma è scalare, si effettua a maturità piena delle foglie delle diverse corone. Generalmente le foglie immature si curano con maggiore difficoltà, stentano a perdere il colore verde e il prodotto curato raggiunge molto difficilmente un colore uniforme; le foglie ultra mature danno prodotti curati, poveri di sostanza, di elasticità e di aroma. La raccolta si effettua staccando 2 - 5 foglie alla volta, allorché hanno raggiunto il grado di maturazione voluta. La raccolta del tabacco si effettua generalmente a mano ma esistono alcune macchine operatrici semi automatiche che mediante spirali di gomma dura, coltelli e getti d'aria per orientare le foglie, raccolgono in una o due passate. Dopo la raccolta sempre nelle aziende agricole viene effettuata la cura del tabacco che consiste in una serie di trasformazioni per le quali si passa da una foglia verde a una foglia avente le caratteristiche merceologiche del tabacco curato. Il fenomeno più appariscente è la perdita d'acqua ma si verificano anche alcune trasformazioni chimiche delle sostanze contenute nelle foglie, le quali determinano una variazione di, sviluppo di odore specifico e perdita della consistenza gommosa. La cura può

avvenire a fuoco diretto come per esempio per il Kentucky o ad aria come per il Burley, o a fuoco indiretto come nel caso del Virginia Bright, o a sole per i tabacchi orientali. Le rese di foglie curate per ettaro variano in relazione alla cultivar. Per il Kentucky le produzioni variano dalle 2 alle 3,5 tonnellate di tabacco curato per Ha, per gli orientali le rese sono di circa 1 tonnellata ad Ha, mentre per il Bright circa 2 tonnellate e per il Burley 3,5 tonnellate per ettaro (Baldoni, 1989).

Tra le avversità non parassitarie del tabacco ricordiamo la clorosi che si manifesta con la tipica decolorazione delle foglie che può essere causata dall'azione del freddo o del caldo, eccesso di calcio nel terreno, carenza di anidride fosforica, azoto, zolfo, potassio o più spesso magnesio. Le malattie causate da parassiti vegetali possono essere causate da funghi, tra queste ricordiamo la moria delle piantine dovuta a vari funghi presenti nel semenzaio, principalmente a *Pythium* e *Bremia* che provocano l'ingiallimento e poi la morte delle piantine. Altra patologia fungina è il marciume radicale (*Thielaviopsis basicola*) che causa l'imbrunimento della zona del colletto; oltre che all'oidio (*Erysiphe cichoriacearum*) che causa piccole macchie bianche che in poco tempo ricoprono di un velo farinoso tutta la superficie fogliare. *Peronospora tabacina* si manifesta con macchioline decolorate sulla pagina superiore delle foglie alle quali corrisponde una muffa grigio bluastra nella pagina inferiore, le foglie colpite essiccano e lentamente tutta la pianta viene distrutta. Per le crittogame si effettuano trattamenti preventivi e si sta puntando al miglioramento genetico. Le principali malattie causate da batteri sono il fuoco selvaggio provocato da *Pseudomonas tabaci* che attacca le piante sia in semenzaio che in campo determinando macchie tondeggianti del diametro di 1 cm con macchia scura al centro per la necrotizzazione dei tessuti e l'avvizzimento batterico (*Pseudomonas Solanacearum*) che determina perdita di turgore. Altre micosi sono rappresentate da: Fusariosi (*Fusarium oxysporum* sp. *nicotianae*) - Marciume radicale (*Thielaviopsis basicola*; *Olpidium brassicae*; *Rhizoctonia solani*; *Pythium* sp.) - Maculatura bruna (*Alternaria tabacina*) - Mal dello sclerozio (Marciume bruno) (*Sclerotinia sclerotiorum*) - Muffa grigia (*Botrytis cinerea*) - Maculatura fogliare (*Phyllosticta nicotianae*) - Antracnosi (*Colletotrichum nicotianae*) - Marciume nero del piede (*Phytophthora parasitica* var. *nicotianae*) - Verticilloso (*Verticillium albo-atrum*).

Tra le virosi ricordiamo il mosaico del tabacco TMV caratterizzato dalla comparsa sulle foglie della tipica mosaicatura cioè colorazione verde chiaro o gialla e aspetto bolloso del lembo fogliare. Tra le altre malattie causate da virus - Mosaico del cetriolo (Cucumber mosaic virus, CMV) - Virus Y della patata (Potato virus Y, PVY) - Virus Y, ceppo necrotico (PVYn) -

Maculatura anulare (Tobacco ring-spot virus, TRSV) - Necrosi (Tobacco necrosis virus, TNV) - Necrosi striata (Tobacco rattle virus, TRV) - Striatura (Tobacco streak virus, TSV) - Mosaico dell'erba medica (Alfalfa mosaic virus, AMV). (Beuchat,1993)

Il tabacco in pieno campo è attaccato da due fanerogame: l'orobanche (*Orobanche ramosa*) e la cuscuta (*Cuscuta europea*).

Il tabacco può andare soggetto durante il suo ciclo colturale agli attacchi di numerosi fitofagi che, in taluni casi, possono arrecare danni notevoli. Fra i più diffusi e dannosi sono da annoverare gli afidi (*Myzus persicae* Sulzer, *Myzus nicotianae* Blackman) e l'altica (*Epithrix hirtipennis* Melsh.). Gli attacchi degli afidi interessano principalmente i palchi più alti della pianta di tabacco. La sottrazione di linfa abbinata all'inoculo della saliva provoca l'arresto e la deformazione degli organi vegetali, che determinano una diminuzione di produttività con conseguenze che si riflettono anche sulla qualità del prodotto. Danni indiretti sono dovuti alla trasmissione di gravi malattie da virus e alla formazione di fumaggine, fungo saprofita che vive sugli escrementi zuccherini degli afidi (melata) e richiama insetti glicifagi come le formiche, in grado di proteggere e diffondere gli afidi. I danni dell'Altica sono arrecati dagli adulti, che rodono le foglie producendo fori irregolari su tutta la superficie. Nei casi di grave infestazione la lamina fogliare può essere consumata completamente (Sannino, 2000). Gli *Agriotes spp.* sono fitofagi della famiglia Elateridae, i cui adulti, lunghi circa 1 cm, dal corpo appiattito, di colore rosso rugginoso, se rovesciati sul dorso hanno la capacità di spiccare piccoli salti, piegando repentinamente il torace e sbattendo il dorso al suolo. Presentano un ciclo di 3-5 anni e sono caratterizzati da sviluppo larvale pluriennale. Le infestazioni, favorite dai terreni umidi e torbosi, si verificano di norma al trapianto: le piante attaccate deperiscono vistosamente e muoiono nel giro di pochi giorni. I lepidotteri appresentano un gruppo particolarmente nocivo per il tabacco. Vi appartengono numerose specie della famiglia Noctuidae, fra le quali gli agrotidi *Agrotis ipsilon* (Nottua dei seminati) e *Agrotis segetum* (Nottua delle messi) sono le più diffuse e temute, non solo dai coltivatori di tabacco. Le larve giovani hanno attività diurna ed epigea; a partire dalla terza età abbandonano progressivamente l'apparato fogliare e diventano lucifughe e terricole: attaccano le piante praticando erosioni sulle foglie e soprattutto al colletto; talora penetrano nel caule e scavano gallerie midollari, i danni maggiori si verificano al trapianto allorché le giovani piante vengono facilmente troncate al colletto. Altri nottuidi che allo stadio larvale compiono erosioni fogliari, fiorali e svuotamento delle capsule contenenti il seme sono *Heliothis armigera* (Nottua del pomodoro), *Spodoptera spp.*, *Autographa gamma*,

Chrysodeixis chalcites, *Tricloplusi*, *Noctua pronuba*, *Xestia c-nigrum*, *Mamestra brassicae*, *Lacanobia oleracea*, *Peridroma saucia*, *Axylia putris*. Contro le avversità causate da insetti si ricorre di norma al monitoraggio e alla lotta integrata mediante insetticidi e tecniche agronomiche. (Beuchat,1993)

Miglioramento genetico e caratteristiche delle linee da olio

La *Nicotiana tabacum* è il risultato di un incrocio spontaneo di due nicoziane, *Nicotiana sylvestris* quale genitore materno e *Nicotiana tomentiformis* quale genitore paterno. Nelle solanaceae non esistono più specie con numero base di cromosomi pari a 6, ma di sicuro questo è il numero base a livello evolutivo iniziale seguito da fenomeni di Anfiploidia e successiva differenziazione (Barcaccia, 2005).

La varietà da seme oggetto del presente studio è stata selezionata presso la Facoltà di Agraria dell'Università cattolica di Piacenza dal Professor Corrado Fogher. Per la costituzione della varietà per la produzione di seme sono state utilizzate le normali tecniche di miglioramento genetico delle piante, in particolare si è utilizzata l'ibridazione intraspecifica tra varietà di provenienza americana e orientale. I caratteri a base genetica per cui si è effettuata la selezione dell'ideotipo di tabacco da seme sono state:


- Numero capsule
- Dimensioni capsule
- N° semi per capsula
- N° foglie
- Altezza pianta
- Contenuto olio
- Composizione olio

In particolare la selezione è stata mirata a ricercare una varietà che massimizzi il numero di fiori e quindi capsule con buona pezzatura contenenti più di 5 mila semi. Inoltre si è selezionato piante con foglie lanceolate strette ed erette, oltre che piante con stelo robusto con internodi lunghi per una altezza complessiva superiore ai 120 cm. Altro carattere per cui si è selezionato è la durata del ciclo produttivo e la capacità rifiorante dopo l'asportazione delle capsule, per garantire nella normale pratica colturale di poter effettuare due raccolte a seme con la medesima pianta durante la stagione agraria. Per la costituzione della varietà da seme, inoltre, si è puntato a selezionare i caratteri a base genetica che massimizzano il contenuto in olio all'interno del

seme, oltre che a un contenuto di acidi grassi tale da consentire l'utilizzo tecnologico del prodotto finale. La composizione in acidi grassi del tabacco risulta, secondo Fogher (2011), essere elevata in acido linoleico (75%) con discreta presenza di oleico, Palmitico e Stearico, pertanto l'olio di tabacco è potenzialmente utilizzabile ai fini della produzione di Biodiesel e *jet fuel* come dimostrato dalla Stazione sperimentale per le industrie degli oli e grassi di Milano:

Dai primi studi emerge che il tabacco selezionato per la produzione di seme è un probabile competitor di altre oleaginose come dimostra la seguente tabella:

Composizione in acidi grassi: Tabacco vs. altri Oli Vegetali U.E.



FA name	FA struc	Tabacco Oil	Rapeseed Oil	Sunflower Oil	Soybean Oil
caproic acid	C6:0	ND	ND	ND	ND
caprylic acid	C8:0	ND	ND	ND	ND
capric acid	C10:0	ND	ND	ND	ND
Lauric acid	C12:0	ND	ND	ND-0.1	ND-0.1
myristic acid	C14:0	ND	ND-0.2	ND-0.2	ND-0.2
Palmitic acid	C16:0	8.0-9.7	1.5-6.0	5.0-7.6	8.0-13.5
Palmitoleic acid	C16:1	0.1-0.2	ND-3.0	ND-0.3	ND-0.2
margaric acid	C17:0	ND	ND-0.1	ND-0.2	ND-0.1
Margaroleic acid	C17:1	ND	ND-0.1	ND-0.1	ND-0.1
Stearic acid	C18:0	2.4-3.2	0.5-3.1	2.7-6.5	2.0-5.4
Oleic acid	C18:1	10.6-12.1	8.0-80.0	14.0-39.4	17.0-30.0
Linoleic acid	C18:2	75.0-76.8	11.0-23.0	48.3-74.0	48.0-59.0
Linolenic acid	C18:3	0.9-1.4	5.0-13.0	ND-0.3	4.5-11.0
Arachidic acid	C20:0	0.1	ND-3.0	0.1-0.5	0.1-0.6
Eicosenoic acid	C20:1	0.2	3.0-15.0	ND-0.3	ND-0.5
Eicosadienoic acid	C20:2	ND	ND-1.0	ND	ND-0.1
Behenic acid	C22:0	ND	ND-2.0	0.3-1.5	ND-0.7
Erucic acid	C22:1	ND	2.0-80.0	ND-0.3	ND-0.3
Lignoceric acid	C24:0	ND	ND-2.0	ND-0.5	ND-0.5

Data for rapeseed, sunflower, and soybean derived from Codex Standard for Named Veg. Oils, Codex-Stan 210
Data for tobacco generated from analysis of 6 tobacco seed lots by Stazione Sperimentale per le Industrie degli Oli e Grassi (Milano, Italy).

Inoltre da alcuni studi condotti presso dal Dipartimento di scienze e tecnologie veterinarie per la sicurezza alimentare dell'università di Milano hanno dimostrato che il pannello di risulta dei semi di tabacco è utilizzabile in zootecnia. In particolare, il pannello derivante da seme di tabacco è un prodotto con caratteristiche interessanti

per l'alimentazione animale, grazie al suo alto contenuto proteico. Lo studio ha dimostrato che il pannello, somministrato nel mangime, può influenzare principali parametri metabolici di suinetti svezzati. Un totale di 48 suinetti svezzati sono stati divisi in due gruppi omogenei per peso, controllo (CG) e trattamento (TG); TG e CG sono stati alimentati ad libitum con due diete sperimentali isoenergetiche e isoproteiche (CP: 17.68% di CG e 17.64% TG) differenziati per l'inclusione del 4% di pannello di semi di tabacco nella dieta TG in sostituzione di crusca di frumento e di farina di soia. Le performance di crescita sono state valutate e l'assunzione di cibo è stata misurata ogni settimana. I campioni di sangue sono stati prelevati i giorni 0, 20 e 43 per valutare ematocrito e principali parametri metabolici, al fine di valutare lo stato di salute degli animali. Quindi è stato dimostrato che la somministrazione di tabacco non pregiudica lo stato di salute e le performance di crescita dei suinetti. Quindi secondo lo studio l'impiego co-prodotti da colture non alimentari può rappresentare un buon approccio per creare un'integrazione tra biocarburanti e la produzione alimentare, con conseguenti benefici per la sicurezza alimentare e l'impatto ambientale (Rossi, 2013).

Confronto con le piante energetiche Europee

	Colza	Girasole	Soia	Tabacco
Produzione Seme (T/ha)	3,3 ^a	1,9 ^a	1,5-3,3 ^a	5,7 ^b
% Olio nel Seme	33,2-47,6 %	32-45 %	21-22 %	39-41 %
Produzione Olio (T/ha) ^c	0,88-1,14	0,49-0,68	0,25-0,58	1,77-1,87
Densita' (kg/L)	0,9115	0,9161	0,9138	0,9286
Volume Olio estratto (L/ha)	965-1.250	534-742	274-635	1.906-2.013

^a Based on 2004 average EU-25 production (from "Agriculture in the European Union - Statistical and economic information 2005")

^b Based on field trials of improved high-yielding tobacco varieties in Italy.

^c Assuming 80% extraction efficiency



Scopo della tesi

L'impostazione progettuale della presente tesi è da ascrivere alla Sunchem Holding Srl, che ha anche finanziato i costi di gestione.

Lo scopo della tesi è stato quello di valutare nel primo anno di sperimentazione l'adattabilità della coltura di tabacco per la produzione di seme in diversi ambienti climatici vocati alla coltivazione del tabacco. In primo luogo si è valutata la possibilità di ottenere una coltura *multi harvest* e quindi capire la durata del ciclo colturale, quindi si è voluto capire le potenzialità produttive stagionali della coltura nei vari climi, sia in termini di resa di seme ma anche di parametri di crescita quali produzione di biomassa verde, altezze e produzione di capsule.

Nel secondo anno di sperimentazione si è sperimentata la coltura per il secondo anno consecutivo nell'areale climatico in cui si sono ottenuti i migliori risultati. In particolare in Sud Africa nella regione del Limpopo si sono studiati i diversi sistemi di irrigazione per valutare la tecnica irrigua più favorevole alla produzione di tabacco da seme. Oltre alla produzione di seme si sono valutati per le diverse tecniche irrigue alcuni parametri vegeto produttivi quali produzione di capsule, biomassa fresca e altezze delle piante in coltivazione, per determinare la tecnica irrigua migliore per la produzione di seme.

Nel terzo anno di sperimentazione in provincia di Benevento a Calvi (BN) si è studiata la tecnica agronomica della cimatura su due diverse densità di trapianto al fine di capire se la tecnica può influire positivamente sulla produzione del numero di capsule e quindi della relativa resa a seme. Inoltre durante la stagione si sono effettuati alcuni rilievi distruttivi su parametri di crescita quali superficie fogliare, biomassa fresca e sostanza secca per capire l'andamento stagionale della coltura e di come la cimatura e le densità di trapianto influivano sui vari parametri di crescita della coltura.

Primo anno di sperimentazione *Vocazionalità ambientale*

Il primo anno di prove sperimentali 2013-2014 ha riguardato lo studio dell'adattabilità della pianta a diversi ambienti pedoclimatici di diverse aree nel mondo ascrivibili ad areali più o meno favorevoli alla tabacchicoltura classica. Se ne descrivono brevemente le caratteristiche e le motivazioni che hanno portato alla scelta dei vari siti che sono stati nominati utilizzando in maiuscolo la sigla internazionale del paese e in minuscolo l'area geografica di riferimento.

Rio pardo, Rio Grande do sul (Brasile)	BRs
Uberlandia (Brasile)	BRc
Jaiba, Minas Gerais (Brasile)	BRn
Haskovo (Bulgaria)	BG
Malsmebury, Città del capo (Sud Africa)	ZAs
Marble hall, Limpopo (Sud Africa)	ZAn
Raeford, Nord Carolina (U.S.A.)	USA
Poiana (VI) Italia del Nord	ITn
Campello sul Clitunno (PG) Italia centrale	ITc
Serracapriola (FG) Italia meridionale	ITs

Per la sperimentazione si è tenuto conto della classificazione climatica di Köppen-Geiger. La classificazione dei climi di Köppen è la più usata tra le classificazioni climatiche a scopi geografici. Venne proposta per la prima volta nel 1918 da Wladimir Köppen. Fu poi perfezionata più volte, sino alla sua edizione definitiva del 1936. Il sistema di Köppen è in gran parte empirico; ciò vuol dire che ciascun clima viene definito in base a dei valori prestabiliti di temperatura e di precipitazioni, calcolati conformemente alle medie annue o di singoli mesi. In tale classificazione non si tiene conto delle cause del clima in termini di pressione e di fasce di venti, di masse d'aria, di fronti o di perturbazioni. È possibile invece assegnare una certa località

ad un particolare sottogruppo climatico soltanto sulla base dei dati locali di temperatura e di precipitazioni purché, naturalmente, il periodo di osservazione sia abbastanza lungo da fornire delle medie significative. Un sistema climatico su questi principi ha un grande vantaggio; le aree coperte da ciascun tipo di clima possono essere identificate per grandi regioni del globo.

Sei gruppi principali sono contraddistinti da lettere maiuscole. I gruppi A, C e D hanno calore e precipitazioni sufficienti da permettere la crescita di alberi d'alto fusto (vegetazione forestale e boschiva).

A Climi tropicali umidi: La temperatura media di tutti i mesi è superiore a 18 °C. Questi climi non hanno una stagione invernale. Le precipitazioni annue sono abbondanti e superano l'evaporazione annua. Occupano quasi tutte le aree emerse comprese tra i 15° - 20° di latitudine N e i 15° - 20° di latitudine S. Il sole è alto nel cielo ogni giorno dell'anno e anche la lunghezza delle giornate non varia in modo significativo da una stagione all'altra.

B Climi aridi: Sono gli unici ad essere determinati, oltre che dalle temperature, anche dai valori di precipitazione. L'evaporazione potenziale supera in media le precipitazioni nel corso di tutto l'anno. Non c'è eccedenza idrica, per cui nelle zone dei climi B non prendono origine corsi d'acqua a carattere permanente. Si estendono su circa il 30% delle terre emerse, un'area più vasta di quelle delle altre zone climatiche. Sono generalmente il risultato della mancanza di sollevamento d'aria piuttosto che dell'assenza d'acqua. Le maggiori estensioni aride si trovano alle latitudini subtropicali.

C Climi temperati delle medie latitudini: Il mese più freddo ha una temperatura media inferiore a 18 °C ma superiore a -3 °C; almeno un mese ha una temperatura media superiore a 10 °C. Pertanto i climi C hanno sia una stagione estiva sia una invernale.

Negli Stati Uniti si preferisce considerare 0 °C (32 °F) invece di -3 °C (27 °F) nel mese più freddo come confine tra questo gruppo e il gruppo più freddo D. Ciò viene fatto anche per evitare che le regioni situate lungo la costa orientale settentrionale degli Stati Uniti e del Giappone (che hanno inverni molto freddi) rientrino nel gruppo temperato C

D Climi freddi delle medie latitudini: Il mese più freddo ha una temperatura inferiore a -3 °C. La temperatura media del mese più caldo è superiore a 10 °C; la corrispondente isoterma coincide approssimativamente con il limite polare della foresta.

E Climi polari: La temperatura media del mese più caldo è inferiore a 10 °C. Questi climi non hanno una vera estate.

H Climi di altitudine: Generalmente più freddi e più piovosi in funzione dell'altitudine.

Dai sottogruppi nell'ambito dei gruppi principali sono designati da una seconda lettera, in base al codice:

- **S** *Clima della steppa:* È un clima semiarido, con circa 380-760 mm di precipitazione annue alle basse latitudini. I limiti esatti della piovosità sono determinati da una formula che tiene conto della temperatura.
- **W** *Clima desertico:* È un clima arido. La maggior parte delle regioni che vi sono comprese ha meno di 250 mm di piovosità annua. Il limite esatto rispetto al clima della steppa è determinato per mezzo di una formula (le lettere S e W si applicano soltanto ai climi aridi B, dando luogo alle due combinazioni BS e BW).
- **F** *Umido:* Precipitazioni abbondanti in tutti i mesi. Manca una stagione asciutta. Questo termine di modificazione si applica ai gruppi A, C e D.
- **w:** Stagione asciutta nell'inverno del rispettivo emisfero (stagione a sole basso).
- **s:** Stagione asciutta nell'estate del rispettivo emisfero (stagione a sole alto).
- **m:** Clima della foresta pluviale, eccettuata una breve stagione asciutta nel regime delle precipitazioni di tipo monsonico. Si applica soltanto ai climi A.

Dalle combinazioni dei due gruppi di lettere risultano:

- **Af:** Clima tropicale della foresta pluviale. Caratterizzato da piogge abbondanti ogni mese (sempre superiori ai 60mm). Rientrano in questa categoria il clima equatoriale ed il clima costiero degli Alisei.
- **Am:** Clima tropicale monsonico, con una stagione asciutta ben definita e una stagione umida molto piovosa.
- **Aw:** Clima tropicale della savana, con una stagione arida più lunga e una stagione delle piogge ben definita. Caratterizza alcune regioni poste fra le fasce desertiche tropicali e l'equatore.
- **BS:** Clima della steppa.
- **BW:** Clima desertico. Ancora suddiviso tra BWh e BWk.
- **BWh:** Comprende il clima dei deserti tropicali, che corrispondono alle celle di alte pressioni continentali che sovrastano gran parte delle terre emerse tra i 15° e i 35° di latitudine. Fra esse vi sono i vasti deserti boreali (Sahara, Arabico-siriano, dell'Iran orientale e del Thar, come anche il deserto di Sonora nordamericano); nell'emisfero australe, deserti di questo tipo sono il Kalahari e il grande deserto interno dell'Australia.

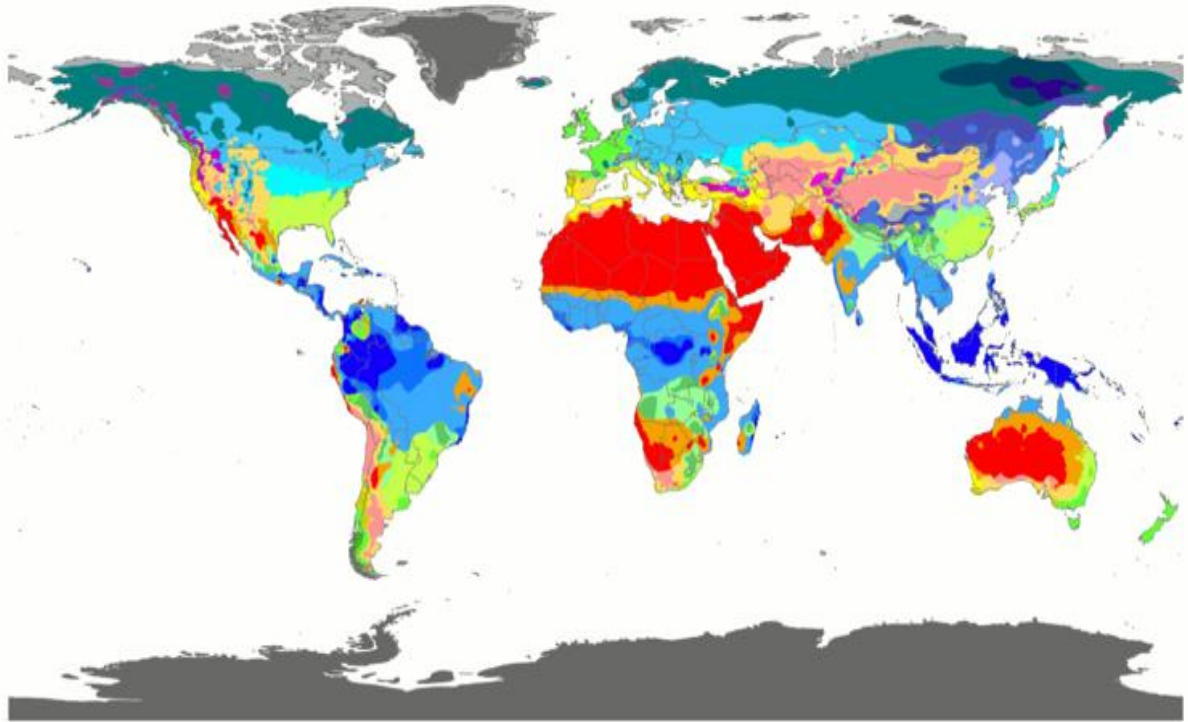
- **Cw**: Clima temperato umido con inverno asciutto.
- **Cf**: Clima temperato umido in tutte le stagioni.
- **Cs**: Clima temperato umido con estate asciutta.
- **Df**: Clima boreale delle foreste, umido in tutte le stagioni.
- **ET**: Clima della tundra.
- **EF**: Climi del gelo perenne (calotte glaciali).

Per differenziare ancora di più le variazioni di temperatura o di altri elementi, Köppen aggiunse una terza lettera al codice, con significato:

- **a**: Con estate molto calda; il mese più caldo è superiore a 22°C (climi *C* e *D*).
- **b**: Con estate calda; il mese più caldo è inferiore a 22°C (climi *C* e *D*).
- **c**: Con estate fresca e breve; meno di 4 mesi al di sopra di 10 °C (climi *C* e *D*).
- **d**: Con inverno molto freddo; il mese più freddo inferiore a -38°C (soltanto i climi *D*).
- **h**: Caldo-asciutto; temperatura media annua al di sopra di 18°C (soltanto i climi *B*).
- **k**: Freddo-asciutto; temperatura media annua al di sotto di 18°C (soltanto i climi *B*).

(Strahler A.N, 1993)

World map of Köppen-Geiger climate classification



Af	BWh	Csa	Cwa	Cfa	Dsa	Dwa	Dfa	ET
Am	BWk	Csb	Cwb	Cfb	Dsb	Dwb	Dfb	EF
Aw	BSh	Cwc	Cfc	Dec	Dwc	Dwc	Dfc	
	BSk			Dsd	Dwd		Dfd	

DATA SOURCE : GHCN v2.0 station data
Temperature (N = 4,844) and
Precipitation (N = 12,396)

PERIOD OF RECORD : All available

MIN LENGTH : ≥30 for each month.

RESOLUTION : 0.1 degree lat/long

Contact : Murray C. Peel (mpeel@unimelb.edu.au) for further information

Rio pardo, Rio Grande do sul (Brasile) – BRs

La sperimentazione è stata effettuata a Rio Pardo a 48 m s.l.m., città che si trova nella stato più a sud del Brasile. La zona è caratterizzata da una forte vocazione agricola soprattutto per le produzioni di soia e di tabacco, dovuta all’ottima fertilità dei terreni. I suoli risultano tendenzialmente sciolti e di medio impasto, a reazione acida o sub acida. Il clima è di tipo temperato-subtropicale umido, pertanto si hanno quattro stagioni ben distinte per quanto riguarda il valore delle temperature mentre la pioggia è ben distribuita durante tutto l’anno. L’estate coincide con il periodo che va tra i mesi di compresi tra dicembre e marzo, mentre l’inverno moderatamente freddo coincide con il periodo compreso tra giugno e settembre. I venti dominanti sono il “pampeiro” tiepido ma violento proveniente dalla pampa e il “minuano” secco e freddo proveniente da su occidente cioè dalle Ande. Per la descrizione climatica si

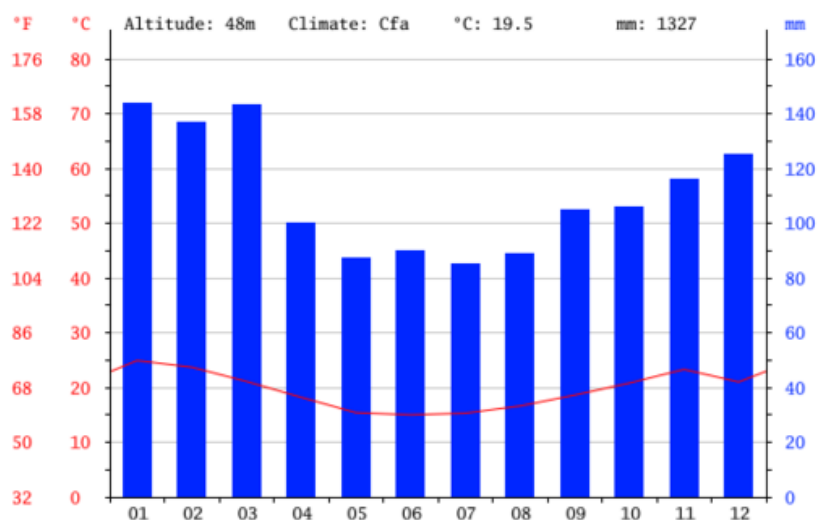
riportano le tabelle relative alla temperatura:

S. Cruz	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Min (°C)	20	20	19	15	13	11	10	10	12	14	16	18
Max (°C)	28	27	26	23	20	18	16	17	19	21	23	26

E alle precipitazioni:

S. Cruz	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Prec. (mm)	100	110	105	85	95	135	120	140	140	115	105	100	1347
Giorni	11	10	11	9	10	12	12	11	11	10	10	10	127

In Rio Pardo si trova un clima caldo e temperato. Esiste una piovosità significativa durante tutto l'anno. Anche nel mese più secco si riscontra molta piovosità. La classificazione del clima è Cfa come stabilito da Köppen e Geiger. 19.5 °C è la temperatura media. Piovosità media annule di 1327 mm.



Luglio è il mese più secco con 85 mm. Con una media di 144 mm il mese di Gennaio è quello con maggiori precipitazioni.

Uberlandia (Brasile) – BRc

La sperimentazione è stata effettuata a pochi chilometri dalla città di Uberlandia a 866 metri s.l.m. La zona si trova nella parte ovest dello stato del Minas Gerais e si caratterizza con un clima tropicale in altitudine. L'estate e la primavera sono caratterizzate da un clima caldo umido, mentre l'inverno è mite e secco. La regione è caratterizzata da una forte vocazione agricola

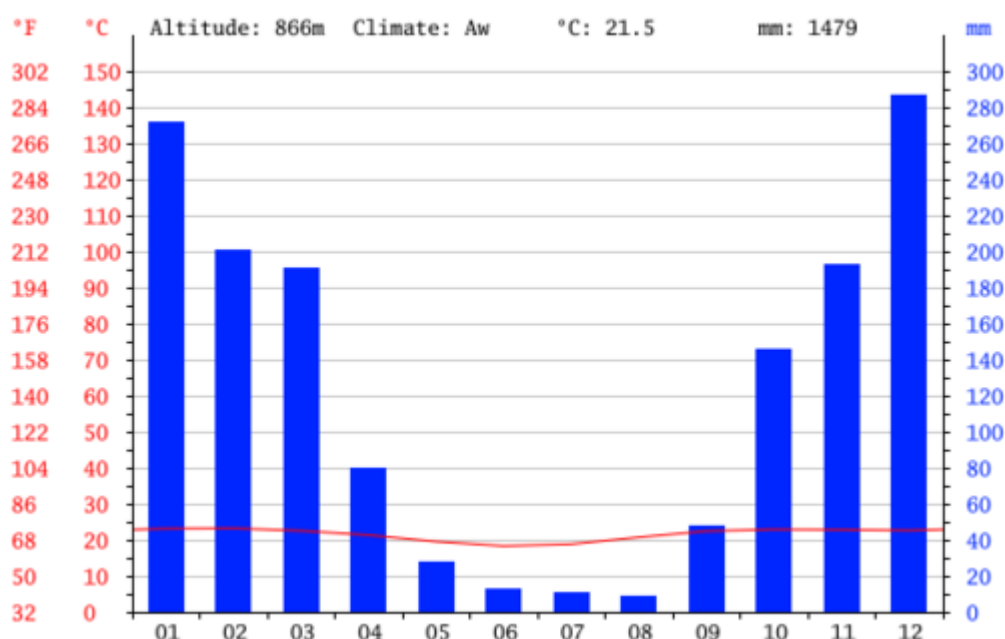
soprattutto per la produzione estensiva di mais, sorgo, girasole e altre commodities agroalimentari. I terreni sono di medio impasto e in alcuni casi tendenzialmente argillosi, di norma sono terreni a reazione sub acida o acida. Per la descrizione climatica si riportano le tabelle relative alla temperatura:

Uberlandia	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Min (°C)	17	17	18	17	15	13	13	15	16	17	18	18
Max (°C)	27	27	27	27	26	25	25	27	28	28	27	26

E alle precipitazioni:

Uberlandia	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Prec. (mm)	240	215	190	125	40	10	10	15	50	170	240	250	1550
Giorni	19	16	16	9	5	3	3	4	6	14	18	20	133

Si riscontra un clima tropicale in Uberlandia. L'estate ha molta più piovosità dell'inverno. In accordo con Köppen e Geiger il clima è stato classificato come Aw. La temperatura media annuale di Uberlandia è 21.5 °C. 1479 mm è il valore di piovosità media annuale.



Il mese più secco è Agosto e ha 9 mm di precipitazione. Dicembre è il mese con maggiore

piovosità, avendo una media di 287 mm.

Jaiba, Minas Gerais (Brasile) – BRn

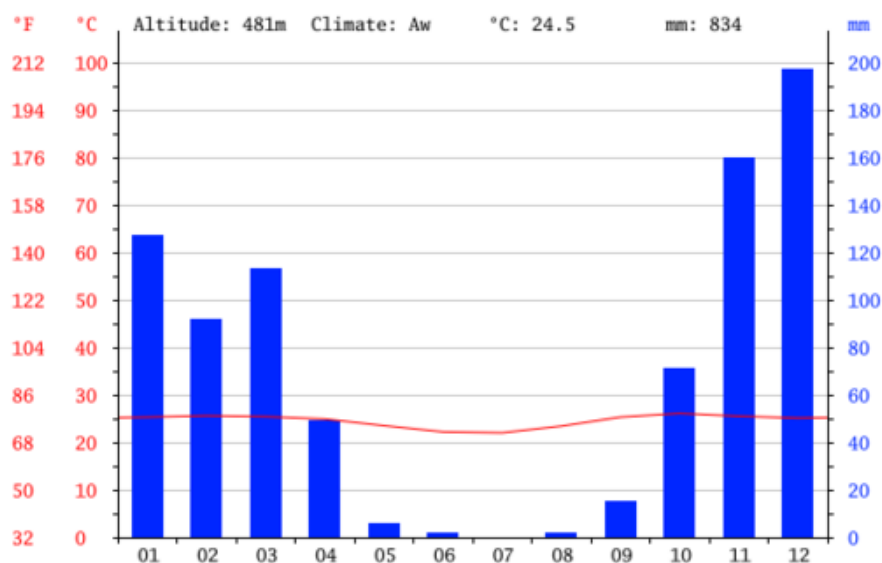
La sperimentazione è stata effettuata a Jaiba a 481 metri s.l.m. la zona è sita nella parte nord del Misas Gerais verso il confine con lo stato di Baia ed è caratterizzato da un clima tropicale. In base alle precipitazioni e alle temperature si identificano due stagioni quella invernale più piovosa e leggermente meno calda e quella estiva più calda e meno piovosa. L'area in cui è stata effettuata la coltivazione si caratterizza per la buona vocazione agricola per le produzioni di banana, ricino, manioca e palma da cocco. I terreni sono tendenzialmente sciolti con reazione acida. Per la descrizione climatica si riportano le tabelle relative alla temperatura:

Jaiba	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Min (°C)	24	24	24	23	23	22	21	21	22	23	23	23
Max (°C)	30	30	30	29	28	27	26	26	27	28	29	29

E alle precipitazioni:

Jaiba	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Prec. (mm)	75	115	165	280	295	225	205	115	95	100	115	125	1910
Giorni	10	12	15	18	21	20	20	16	13	11	12	11	179

Si riscontra un clima tropicale in Jaiba. Piove molto meno in inverno che in estate. In accordo con Köppen e Geiger la classificazione del clima è Aw. In Jaiba la temperatura media è 24.5 °C. La media annuale di piovosità è di 834 mm. Il mese più secco è Luglio e ha 0 mm di precipitazione. Con una media di 197 mm, il mese di Dicembre è il mese con maggiori



precipitazioni.

Haskovo (Bulgaria) - BG

La sperimentazione è stata effettuata a pochi chilometri dalla città di Haskovo una città a sud della Bulgaria non molto lontana dal confine greco e turco. La zona ha un'altitudine di 203 metri s.l.m., il clima è influenzato dalla vicinanza con il mare Egeo pertanto l'estate è tipicamente mediterranea, mentre l'inverno è influenzato dal vento proveniente da nord che rende il clima tipicamente continentale. L'estate inizia a metà maggio e dura fino ad ottobre. L'area oggetto di studio si caratterizza con suoli leggermente calcarei di medio impasto tendenzialmente argillosi a reazione sub alcalina. L'ordinamento colturale dell'area prevede la coltivazioni di cereali a paglia, girasole e tabacco. Per la descrizione climatica si riportano le tabelle relative alla temperatura:

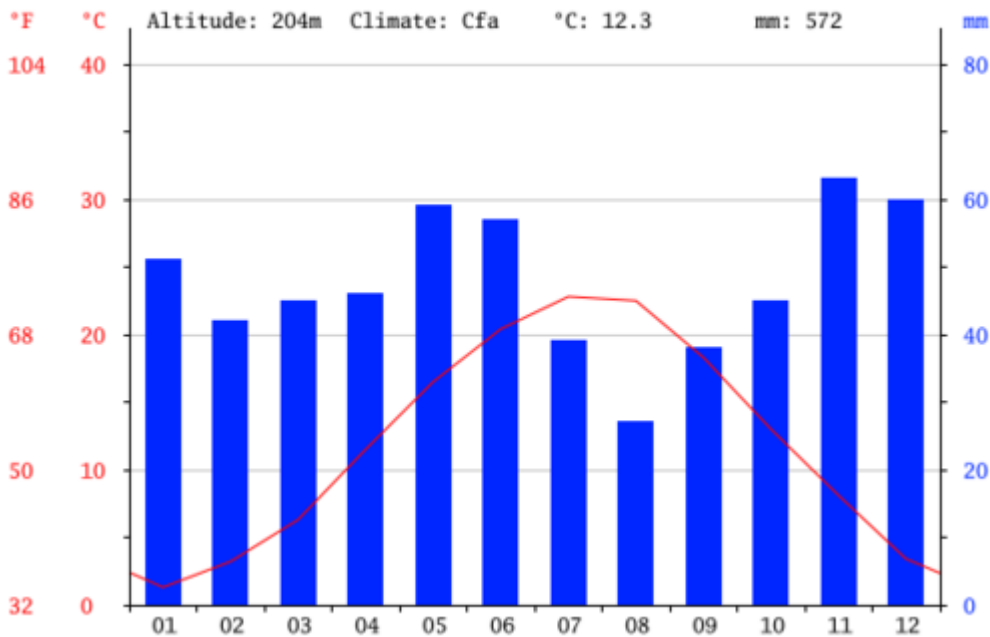
Haskovo	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Min (°C)	-2	0	2	7	12	16	17	17	13	8	2	0
Max (°C)	4	6	11	17	22	27	29	28	25	18	10	6

E alle precipitazioni:

Haskovo	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Prec. (mm)	30	33	38	52	72	75	59	47	39	36	49	44	574
Giorni	7	8	7	10	12	10	9	7	6	6	8	9	99

In Haskovo si trova un clima caldo e temperato. In Haskovo esiste una piovosità significativa durante l'anno. Anche nel mese più secco vi è molta piovosità. Secondo Köppen e Geiger il clima è stato classificato come Cfa. La temperatura media annuale di Haskovo è 12.3 °C. 572

mm è il valore di piovosità media annuale.



Agosto è il mese più secco con 27 mm. Novembre è il mese con maggiore piovosità, avendo una media di 63 mm.

Malmesbury, Città del capo (Sud Africa) – ZAs

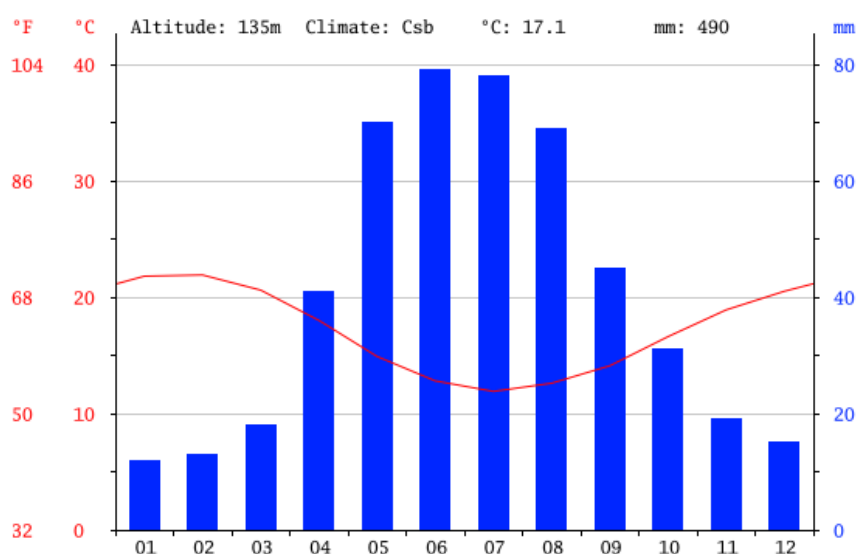
La prova sperimentale è stata effettuata in una zona rurale tra Città del capo e Malmesbury nella provincia del Capo. Il clima della zona è tipicamente mediterraneo con inverni freddi e umidi con estati calde e secche. In inverno dall'oceano Atlantico giungono fronti freddi che portano intense piogge. La zona presenta terreni a reazione sub acida di medio impasto tendenzialmente sciolti, di norma si effettuano coltivazioni di vite, olivo, orticole e cereali a paglia. Per la descrizione climatica si riportano le tabelle relative alla temperatura:

Il clima è caldo e temperato in Malmesbury. Esiste maggiore piovosità in inverno che in estate. La classificazione del clima è Csb secondo Köppen e Geiger. In Malmesbury si registra una temperatura media di 17.1 °C. 490 mm è la piovosità media annuale. Gennaio è il mese più secco con 12 mm. Il mese di Giugno è quello con maggiori precipitazioni, avendo una media di 79 mm.

Malmsebury	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Min (°C)	16	16	14	12	9	8	7	8	9	11	13	15
Max (°C)	26	27	25	23	20	18	18	18	19	21	24	25

E alle precipitazioni:

Malmsebury	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Prec. (mm)	15	17	20	41	69	93	82	77	40	30	14	17	515
Giorni	5	5	5	8	11	13	11	13	10	9	5	6	101



Marble hall, Limpopo (Sud Africa) – ZAn

La sperimentazione è stata effettuata in una zona rurale nella regione del Limpopo e precisamente presso la cittadina di Marble Hall a 890 m s.l.m.. Il clima della zona è sub tropicale caratterizzato da inverni secchi e precipitazioni distribuite da Ottobre a Aprile. La zona presenta terreni a reazione sub acida di medio impasto. Nella regione del Limpopo sono diffuse le coltivazioni di cotone, tabacco, Mais, grano tenero, arancio e uva da tavola. Per la descrizione climatica si riportano le tabelle relative alla temperatura:

LIMPOPO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Min (°C)	21	20	19	16	11	6	7	9	13	16	18	20
Max (°C)	32	32	31	29	28	26	26	27	29	30	30	32

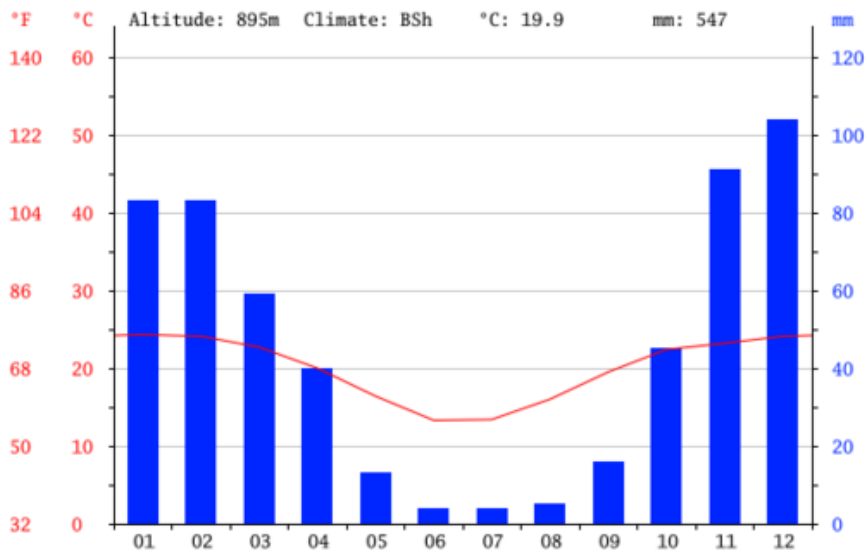
E alle precipitazioni:

Limpopo	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
----------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-------------

Prec. (mm)	82	60	52	33	11	5	3	6	17	43	85	81	478
Giorni	13	11	10	8	2	1	1	1	2	9	13	13	84

In Marble Hall predomina il clima di steppa locale. In Marble Hall esiste poca piovosità durante l'anno. La classificazione del clima è BSh secondo Köppen e Geiger. 19.9 °C è la temperatura media. 547 mm è il valore di piovosità media annuale.

Il mese più secco è Giugno e ha 4 mm di precipitazione. Il mese di Dicembre è quello con maggiori precipitazioni, avendo una media di 104 mm.



Raeford, Nord Carolina (U.S.A.) - USA

La sperimentazione è stata effettuata nella zona agricola di Raeford a 77 m s.l.m. nel sud del Nord Carolina verso il confine con la Columbia. La zona ha un clima subtropicale umido con estati calde ed inverni freddi. I giorni di sole in media per anno sono 215, giugno risulta essere il mese più caldo mentre gennaio quello più freddo. Le piogge sono equamente distribuite durante l'anno. Il Nord Carolina è il primo produttore di tabacco degli U.S.A. oltre che di batata e di altre orticole. Pertanto i terreni sono fortemente vocati alla tabacchicoltura e all'orticoltura tendenzialmente sabbiosi o di medio impasto. Per la descrizione climatica si riportano le tabelle relative alla temperatura:

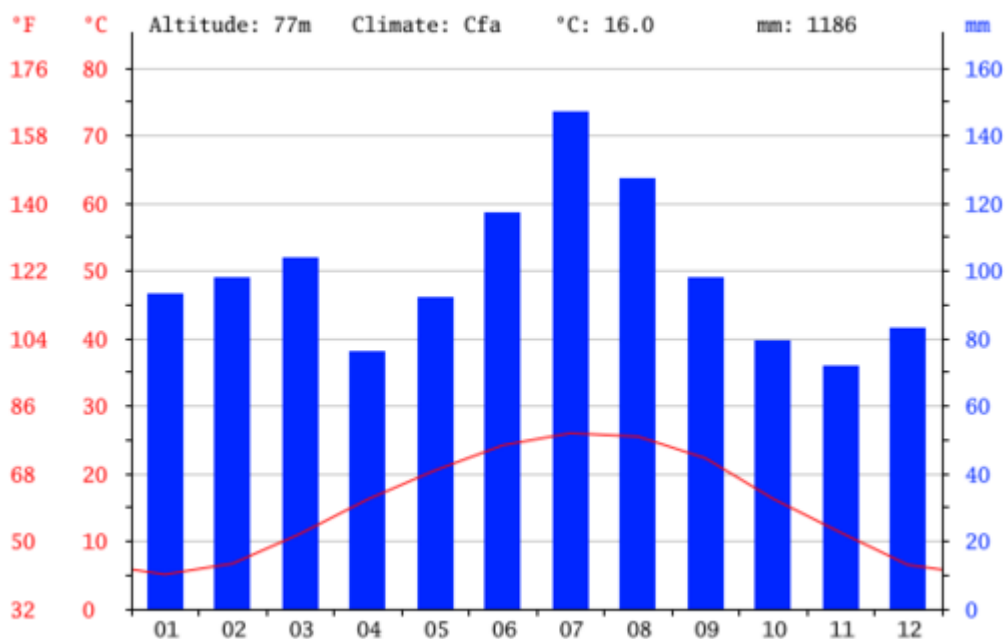
North carolina	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
---------------------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Max (°C) 10.4 12.8 17.3 22.2 26.1 30 31.7 30.8 27.4 22.1 16.9 11.6
 Min (°C) -1.3 0.4 4.1 8.3 13.2 18.1 20.1 19.6 15.8 9.3 4 -0.1

E alle precipitazioni:

North Carolina	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Prec. (mm)	84	84	97	81	91	97	110	100	84	86	74	81	1070
Giorni	13	13	14	10	14	11	10	10	8	9	7	8	84

In Raeford si riscontra un clima caldo e temperato. Si riscontra una piovosità significativa durante l'anno in Raeford. Anche nel mese più secco viene riscontrata molta piovosità. Il clima è stato classificato come Cfa secondo Köppen e Geiger. In Raeford si registra una temperatura media di 16.0 °C. 1186 mm è la piovosità media annuale.



Il mese più secco è Novembre e ha 72 mm di precipitazione. Luglio è il mese con maggiore piovosità, avendo una media di 147 mm.

Poiana (VI) Italia del Nord – ITn

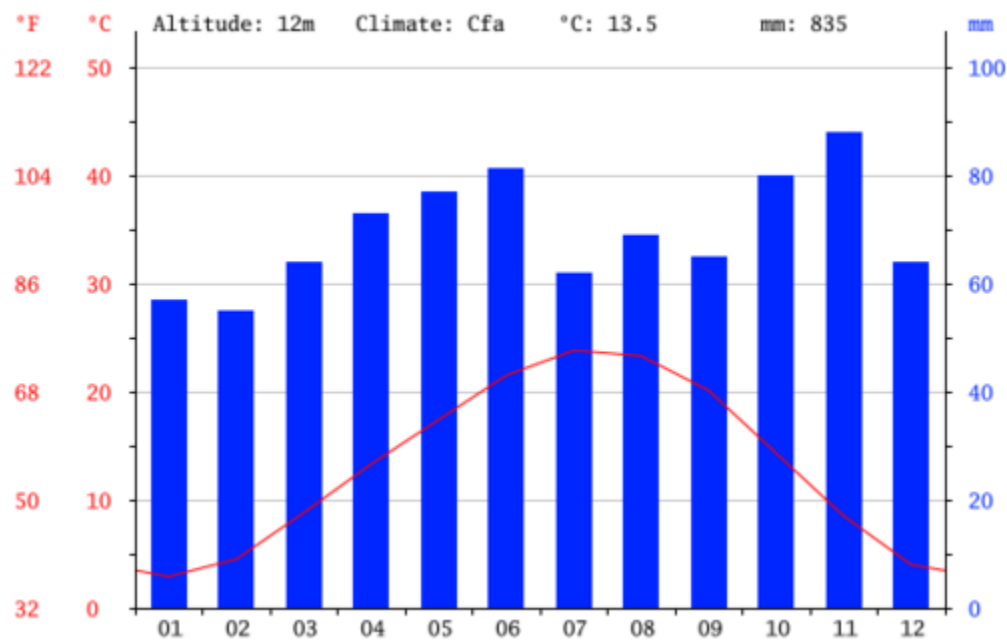
La prova sperimentale è stata condotta a Poiana in Provincia di Vicenza a 12 m s.l.m.. Il clima del Veneto è classificabile come continentale come tutte le aree della Pianura Padana, quindi le temperature sono influenzate dalla continentalità. Le Estati sono calde con valori che superano diffusamente i 30°C. I terreni sono di medio impasto o sabbiosi a reazione tendenzialmente sub alcalina. Le coltivazioni tipiche dell'area riguardano la coltivazione di mais, tabacco, colture orticole, cereali microtermi e vite. Per la descrizione climatica si riportano le tabelle relative alla temperatura:

Poiana	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Max (°C)	5	9	13	17	22	26	28	28	25	19	10	7
Min (°C)	-1	1	4	7	12	15	18	17	14	9	4	0

E alle precipitazioni:

Poiana	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Prec. (mm)	85	77	90	96	103	103	73	101	77	94	109	79	1087
Giorni	13	12	14	14	14	14	10	13	10	11	15	10	150

Il clima è caldo e temperato in Pojana Maggiore. Esiste una piovosità significativa durante tutto l'anno. Anche nel mese più secco si riscontra molta piovosità. Secondo Köppen e Geiger il clima è stato classificato come Cfa. In Pojana Maggiore si registra una temperatura media di 13.5 °C. La media annuale di piovosità è di 835 mm.



Il mese più secco è Febbraio e ha 55 mm di precipitazione. Il mese di Novembre è quello con maggiori precipitazioni, avendo una media di 88 mm.

Campello sul Clitunno (PG) Italia centrale – ITc

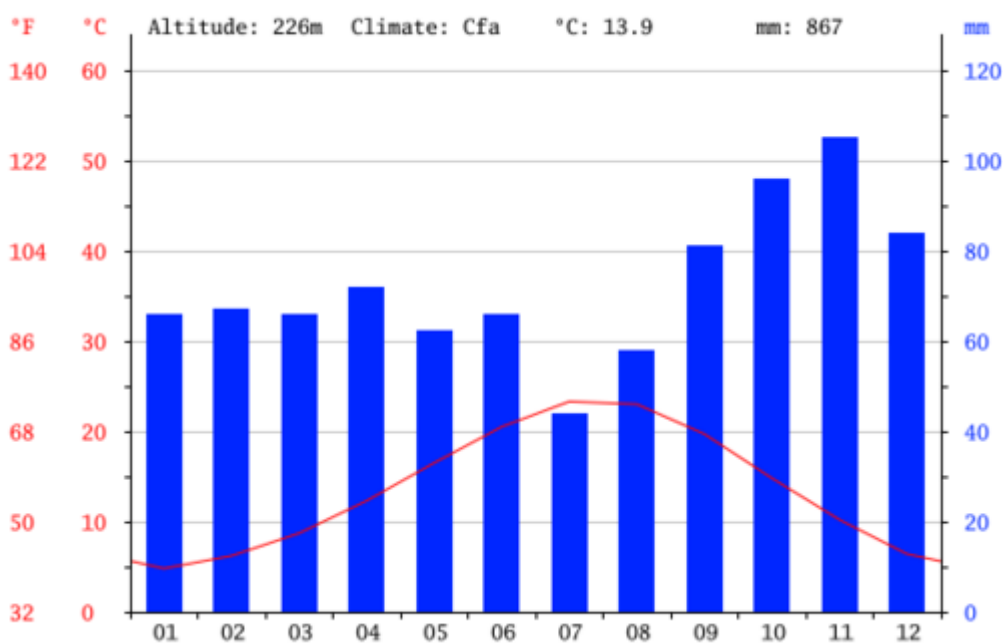
La prova sperimentale è stata condotta a Campello sul Clitunno in provincia di Perugia in Umbria a 226 m s.l.m. Dal punto di vista climatico la zona gode di in un clima continentale. Infatti è posta in maniera pressoché equidistante sia dal mar Adriatico che dal mar Tirreno, oltre 120 km. Se l'influenza del mar Tirreno è moderata, quella del mar Adriatico è ancora più modesta sul clima della zona, in quanto le correnti, decisamente meno umide ed instabili di quelle provenienti da sud-ovest, trovano anche l'ostacolo della dorsale Appenninica. Ciò è facilmente comprensibile perché le perturbazioni che arrivano dai quadranti occidentali sono più generose di precipitazioni rispetto alle perturbazioni provenienti da est. I terreni sono di medio impasto a reazione sub alcalina, le coltivazioni tipiche della zona sono vite, olivo, orticole, tabacco, leguminose da granella e da foraggio. Per la descrizione climatica si riportano le tabelle relative alla temperatura:

Campello	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Max (°C)	9	11	14	17	22	26	30	29	26	20	13	9
Min (°C)	0	2	3	5	9	12	15	15	13	9	4	2

E alle precipitazioni:

Campello	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Prec. (mm)	58	68	62	70	74	71	45	60	69	75	93	71	816
Giorni	9	10	10	11	11	8	4	9	10	11	15	10	118

In Campello sul Clitunno si riscontra un clima caldo e temperato. Si riscontra una piovosità significativa durante l'anno in Campello sul Clitunno. Anche nel mese più secco viene riscontrata molta piovosità. In accordo con Köppen e Geiger il clima è stato classificato come Cfa. La temperatura media annuale di Campello sul Clitunno è 13.9 °C. 867 mm è il valore di piovosità media annuale.



Luglio è il mese più secco con 44 mm. Il mese di Novembre è quello con maggiori

precipitazioni, avendo una media di 105 mm.

Serracapriola (FG) Italia meridionale - ITs

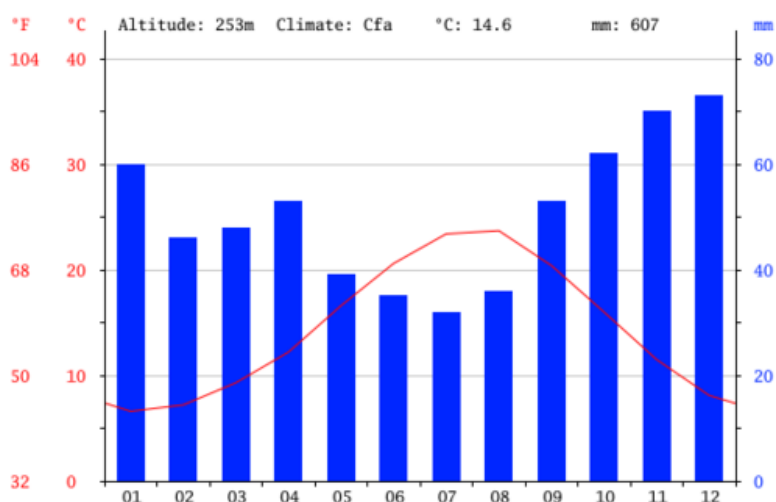
La prova sperimentale è stata condotta a Serracapriola in provincia di Foggia a 253 m s.l.m. nell'area dell'alto tavoliere delle Puglie. Il clima è tipicamente mediterraneo, infatti le zone costiere e pianeggianti sono caratterizzate da estati in generale calde, ventilate e secche e inverni miti. In autunno inoltrato e in inverno sono frequenti le nebbie mattutine e notturne. I terreni sono di medio impasto a reazione sub alcalina o neutra, le coltivazioni tipiche della zona sono tipiche dell'areale mediterraneo quindi orticole, cereali microtermi vite e olivo. Per la descrizione climatica si riportano le tabelle relative alla temperatura:

Serracapriola	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Max (°C)	11	12	15	18	23	28	31	31	27	21	16	12
Min (°C)	6	7	10	13	17	22	25	25	21	16	11	8

E alle precipitazioni:

Serracapriola	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Prec. (mm)	46	36	41	38	38	33	20	28	46	48	56	48	478
Giorni	8	7	7	7	6	3	2	3	8	8	10	9	78

In Serracapriola si trova un clima caldo e temperato. In Serracapriola esiste una piovosità significativa durante l'anno. Anche nel mese più secco vi è molta piovosità. Il clima è stato classificato come Cfa secondo Köppen e Geiger. In Serracapriola si registra una temperatura media di 14.6 °C. 607 mm è la piovosità media annuale.



Luglio il mese più secco, con una media di 73 mm; Dicembre è il mese con maggiori precipitazioni.

Dalla classificazione climatica del modello di Koppen emerge che i siti sperimentali sono classificabili come:

Rio pardo, Rio Grande do sul (Brasile)	BRs	Cfa
Uberlandia (Brasile)	BRc	Aw
Jaiba, Minas Gerais (Brasile)	BRn	Aw
Haskovo (Bulgaria)	BG	Cfa
Malsmebury, Città del capo (Sud Africa)	ZAs	Csb
Marble hall, Limpopo (Sud Africa)	ZAn	BSh
Raeford, Nord Carolina (U.S.A.)	USA	Cfa
Poiana (VI) Italia del Nord	ITn	Cfa
Campello sul Clitunno (PG) Italia centrale	ITc	Cfa
Serracapriola (FG) Italia meridionale	ITs	Cfa

Clima temperato umido con estate calda (*Cfa*)

Questo sottotipo rappresenta le zone dove la temperatura media del mese più caldo supera i 22°C. Si tratta quindi del sottotipo più "continentale". Le zone più tipiche sono gli USA sudorientali, la Cina sudorientale, il Giappone meridionale, una fascia che comprende il Brasile meridionale e l'Argentina settentrionale, più alcune zone sparse in Eurasia (soprattutto in Pianura Padana e nelle regioni danubiane e balcaniche), in Africa meridionale ed in Australia orientale.

Il clima mediterraneo (*Csb*)

Secondo la classificazione climatica di Köppen (che lo chiamò clima etesio), è il meno esteso dei climi temperati. È caratterizzato da un lungo periodo di siccità estiva ed inverni piovosi con temperature miti.

L'associazione di estati secche con inverni piovosi rappresenta un carattere peculiare del clima mediterraneo: infatti nella quasi totalità dei climi (esclusi quelli marittimi dalla piovosità costante e quelli desertici in cui non piove quasi mai) la maggior parte delle precipitazioni cade nel semestre caldo. È da notare come la scarsità di precipitazioni nel semestre caldo sfavorisca l'agricoltura rispetto al clima sinico.

Il mare contribuisce a determinare il clima, il quale è temperato caldo, con escursioni termiche giornaliere ed annue modeste (inferiori a 21 °C): infatti il mare trattiene il calore estivo e lo rilascia durante l'inverno.

Clima tropicale della savana (*Aw*)

Caratterizzato da una stagione arida più lunga e una stagione delle piogge ben definita. Di norma si trova tra alcune regioni poste fra le fasce desertiche tropicali e l'equatore. I climi della savana tropicale hanno temperature mensili medie superiori ai 18 °C in tutti i mesi dell'anno e in genere una stagione secca pronunciata, con il più secco mese con precipitazioni inferiori a 60 mm e anche meno.

Climi semi-aridi caldi (*BSH*)

Le aree con questo tipo di clima tendono a essere situate in zone tropicali e subtropicali. Questi climi tendono ad avere caldo, a volte estremamente caldo d'estate e miti e temperati gli inverni. Le precipitazioni nevose si verificano raramente, se non mai in queste regioni. Di norma si

trovano intorno ai margini dei deserti subtropicali. Questi luoghi hanno una breve ma ben definita stagione delle piogge, ma non è sufficientemente per qualificarsi come un clima della savana.

Materiali e metodi (1° anno)

Con il primo anno di sperimentazione è stata valutata l'adattabilità ambientale del tabacco selezionato per la produzione di seme. Pertanto si sono allestite 10 prove sperimentali in altrettanti differenti ambienti di coltivazione, su 1 Ha di coltura, alla densità di coltivazione di 5 piante a metro quadro. Il periodo di trapianto è stato individuato nel periodo primaverile, quando le temperature notturne del luogo di coltivazione non scendono sotto il minimum termico di coltivazione del tabacco che risulta essere 12°C. Di norma la coltura è stata trapiantata nel mese di maggio nell'areale europeo e nord americano, mentre nel mese di settembre per gli areali di coltivazioni siti in Sud America e Africa del sud.

Le semine sono state effettuate mediante seme confettato che è stato posto in contenitori



alveolati da 200 fori,



serre per l'allevamento fuori terra



serre per allevamento in float system



precedentemente riempiti con torba. I

contenitori sono stati successivamente posti in serra. La fase di nursery è stata condotta utilizzando il metodo “Soiless” che prevede la distribuzione di acqua e concimi fogliari per aspersione oppure con il metodo “Float system” che prevede la costituzione di vasche in cui i contenitori alveolati galleggiano. Con questo metodo il fertilizzante e i fitofarmaci sono posti direttamente nelle vasche di coltivazione dove vengono assorbiti per via radicale.

Per entrambi i metodi, sono state effettuate 4 clippature fogliari per garantire l'irrobustimento del fusticino, per evitare la competizione per la luce delle piantine e quindi la conseguente filatura delle stesse. I concimi utilizzati per la crescita sono stati a base NPK 20-10-20 e nitrato di calcio. Prodotti a base di imidaclopid sono stati utilizzati per la difesa dagli insetti (afidi), mentre per le crittogame (peronospora, Bremia, Phytium ecc) sono stati prodotti a base di mancozeb, metlaxyl, propamocarb. La fase di nursery è durata dai 60 ai 75 giorni in relazione alle condizioni climatiche degli areali di coltivazione. Ogni metro quadro di contenitori alveolati ha prodotto un numero di piantine per 2000 m² in pieno campo.



Per quanto riguarda la preparazione del letto di trapianto, è stata effettuata un'aratura profonda (50 cm), seguita da una erpicatura al fine di ridurre la zollosità. A questo punto sono stati distribuiti i concimi composti (20 unità di azoto, 90 di fosforo e 120 di potassio), e subito dopo il terreno è stato sistemato a porche. Le bulature si sono realizzate con larghezza di 120 cm sul colmo e, al fine di una migliore gestione dell'acqua piovana e di irrigazione. Inoltre in pre-

trapianto sono stati interrati al suolo prodotti insetticidi e nematocidi per il contrasto di insetti

terricoli e nematodi.

Il trapianto è stato effettuato manualmente per una densità di 5 piante al metro quadrato. Il giorno seguente al trapianto è stato effettuato il diserbo mediante l'utilizzo di prodotto a base di clomazone. Per il contrasto delle malerbe si è reso necessario un intervento di manuale successivo.

Le irrigazioni di soccorso sono state effettuate mediante sistema di micro-irrigazione e per aspersione mezzo sprinkler.

Durante il ciclo colturale sono state effettuate:

- 4 concimazioni azotate in copertura per un totale di 160 unità di azoto,
- 4 trattamenti fungicidi
- 12 trattamenti insetticidi per la difesa delle capsule in maturazione da nottue carpofaghe e fogliari.



La prima raccolta a seme è stata effettuata manualmente quando il 50 % delle capsule cominciava ad invaiare.

Successivamente al primo raccolto si è sfruttata la capacità del tabacco di emettere nuovi succhioni e quindi nuove infiorescenze. Pertanto dopo circa due mesi dal primo raccolto a seme, si è effettuato il secondo raccolto delle capsule, basato sugli stessi principi cromatici del primo raccolto. In alcuni casi, nelle condizioni climatiche più favorevoli, si è effettuata una terza raccolta a circa due mesi di distanza dalla seconda.

Per ogni epoca di raccolta, in ogni campo sperimentale, sono state individuate 5 aree di saggio di 1m² per rilevare i seguenti dati:

- biomassa fresca,
- altezza piante
- numero di capsule per pianta.

Successivamente all'essiccazione delle capsule e alla vagliatura delle stesse, si è determinata la resa a seme della coltura.

I dati rilevati sono stati poi elaborati e analizzati statisticamente. L'analisi della varianza

(ANOVA) è stata effettuata al fine di valutare le differenze produttive tra le tesi. L'analisi statistica è stata condotta con OriginPro version 8.5.1 (OriginLab, Northampton, MA). Per valutare le differenze tra i trattamenti per i parametri misurati, il confronto è stato effettuato utilizzando il test di Fisher sulla ultima differenza significativa (LSD) al livello 0,05 significatività.

Risultati (1° anno)

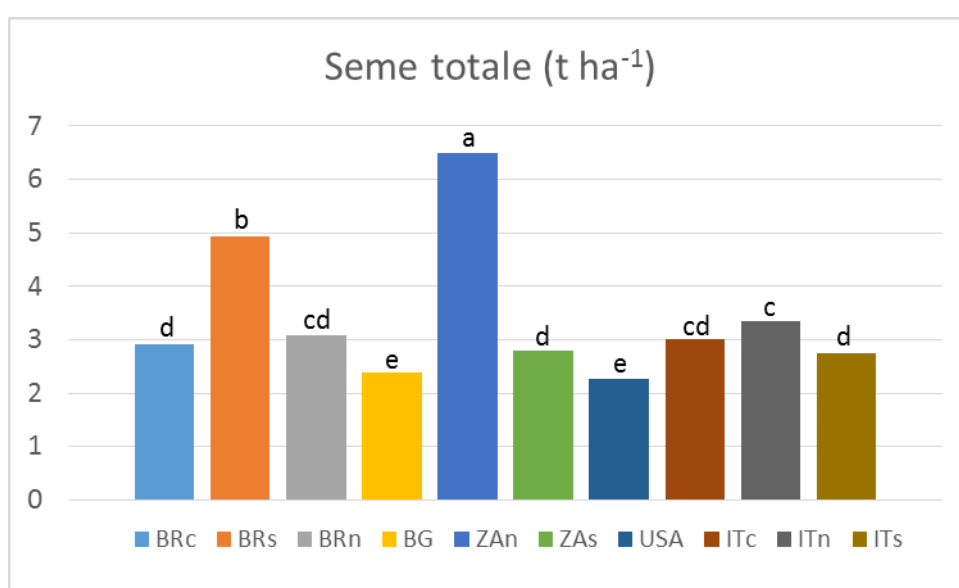


Grafico 1. Produzione di seme totale (di due o più raccolte) nei 10 siti sperimentali. BRc = Brasile centrale, Uberlandia; BRs = Rio grande do sul, Brasile sud; BRn = Jaiba, nord Minas Gerais; BG = Haskovo, Bulgaria; ZAn = Limpopo, Sua Africa; ZAs = Malmesbury, Città del Capo, Sud Africa; USA = North Carolina; ITc = Umbria; ITn = Veneto; ITs = Serracapriola, Puglia;

Il Grafico N. 1 riporta la produzione di seme dei 10 siti sperimentali. La media dei dieci campi è stata di 3,4 t ha⁻¹, con valori minimi fatti registrare nel North Carolina (2,25 t ha⁻¹) e massimi (circa 6,50 t ha⁻¹) nel campo del Limpopo in Sud Africa. Il secondo campo più produttivo è risultato quello del Rio Grande do sul in Brasile, ma comunque di quasi un quarto inferiore al campo in Limpopo.

I siti sperimentali del Nord e Centro Italia, nonché quello di Jaiba in Minas Gerais in Brasile hanno avuto una produzione di poco superiore alle 3 tonnellate per ettaro, e comunque pari al

50% della produzione di picco in Limpopo. I campi del Centro Italia e quello di Jaiba in Minas Gerais in Brasile, hanno avuto una produzione (anche se statisticamente non differente) superiore dei campi di Uberlandia in Minas Gerais, di Serracapriola in Puglia e di Città del Capo, che hanno registrato una produzione media che si è attestata sui 2,81 t ha⁻¹. In assoluto i campi che hanno prodotto di meno sono stati quelli di Haskovo in Bulgaria e il campo in North Carolina (USA), con rispettivamente 2,38 e 2,25 t ha⁻¹.

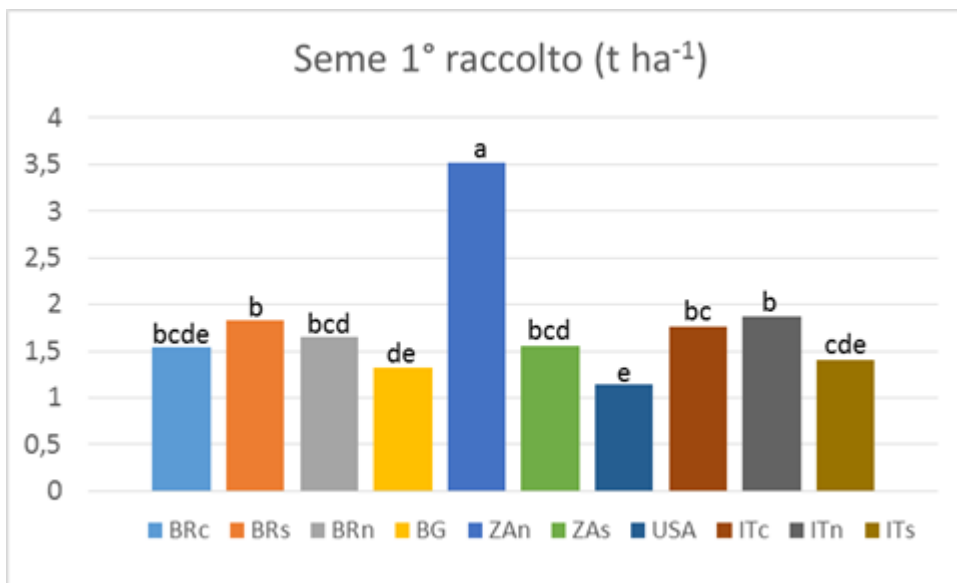


Grafico 2. Produzione di seme del primo raccolto nei 10 siti sperimentali. BRc = Brasile centrale, Uberlandia; BRs = Rio grande do sul, Brasile sud; BRn = Jaiba, nord Minas Gerais; BG = Haskovo, Bulgaria; ZAn = Limpopo, Sua Africa; ZAs = Malmesbury, Città del Capo, Sud Africa; USA = North Carolina; ITc = Umbria; ITn = Veneto; ITs = Serracapriola, Puglia;

Il Grafico 2 riporta i risultati produttivi dei dieci siti sperimentali relativi al primo raccolto. Per quanto riguarda il risultato produttivo del primo raccolto a seme, la produzione media delle varie prove sperimentali è stata di 1,75 t ha⁻¹. La produzione più elevata si è ottenuta in Limpopo dove si è registrata una produzione di 3,51 t ha⁻¹, mentre la produzione più bassa si è registrata in North Carolina dove la resa per il primo taglio si è attestata sul valore di 1,14 t ha⁻¹. I campi del nord e centro Italia, e del Brasile del Sud hanno avuto rese di poco superiori alla media e si sono attestati rispettivamente su valori statisticamente uguali di 1,86; 1,76; 1,82 t ha⁻¹; le sperimentazioni del Brasile centrale e nord e della zona sudafricana di Città del Capo pur producendo leggermente al disotto della media non hanno riportato valori statisticamente

differenti da quelli dei campi leggermente al di sopra della media generale. Meno produttivi rispetto alla media sono risultate le prove sperimentali effettuate in Bulgaria e nel sud Italia, che si sono attestate rispettivamente su produzioni del 24,5 % e del 20,5 % in meno rispetto alla media.

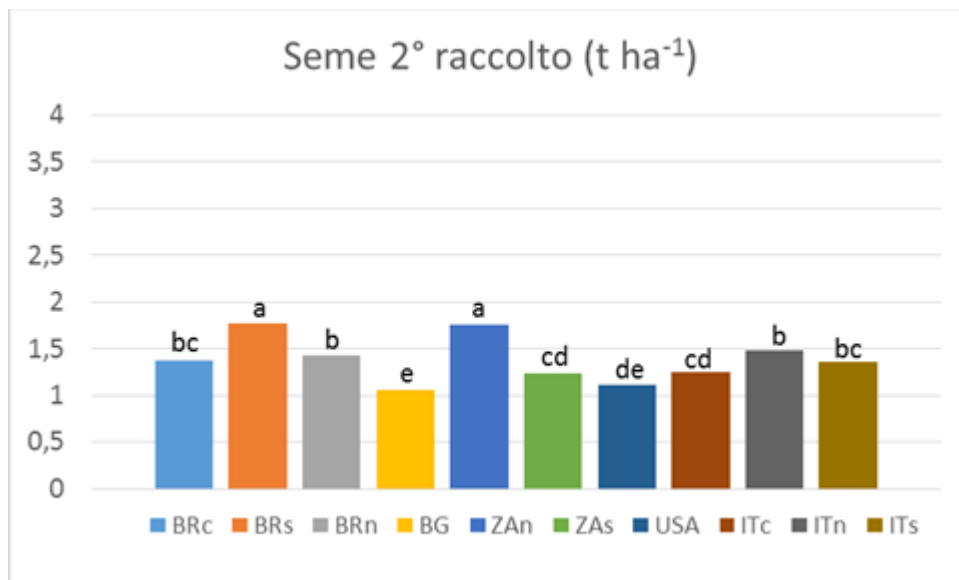


Grafico 3. Produzione di seme del secondo raccolto nei 10 siti sperimentali. BRc = Brasile centrale, Uberlandia; BRs = Rio grande do sul, Brasile sud; BRn = Jaiba, nord Minas Gerais; BG = Haskovo, Bulgaria; ZAn = Limpopo, Sua Africa; ZAs = Malmesbury, Città del Capo, Sud Africa; USA = North Carolina; ITc = Umbria; ITn = Veneto; ITs = Serracapriola, Puglia;

Il grafico 3 illustra i risultati della produzione di seme registrata con il secondo raccolto. Per quanto riguarda le produzioni di seme legate al secondo raccolto sono risultate essere inferiori rispetto al primo raccolto in tutti i siti sperimentali. La media produttiva generale si è attestata su valori di 1,37 t ha⁻¹. I campi più produttivi, che tra loro non hanno mostrato differenze dal punto di vista statistico producendo il 28,3 % e il 26,9 % in più rispetto alla media, sono stati rispettivamente il campo brasiliano di rio Grande do sul e il campo del Limpopo nel nord del Sud Africa. Le prove effettuate nel nord Italia in Veneto e nel nord del Brasile si sono attestate leggermente al di sopra della media generale producendo rispettivamente 1,48 e 1,42 t ha⁻¹ di seme, ma comunque non sono risultate statisticamente differenti rispetto alle prove con risultati leggermente inferiori alla media ottenuti nei campi del sud Italia e di Uberlandia che hanno prodotto in termini di resa a seme per il secondo raccolto rispettivamente 1,35 e 1,37 t ha⁻¹. I campi siti nella zona di Città del Capo e in Umbria in Italia centrale hanno prodotto circa il 10 % in meno rispetto alla media generale. Il campo che in assoluto ha prodotto il minor numero

di semi per il secondo raccolto è stato quello bulgaro con $1,05 \text{ t ha}^{-1}$ oltre al campo sito in North Carolina che ha fatto registrare una produzione di $1,11 \text{ t ha}^{-1}$.

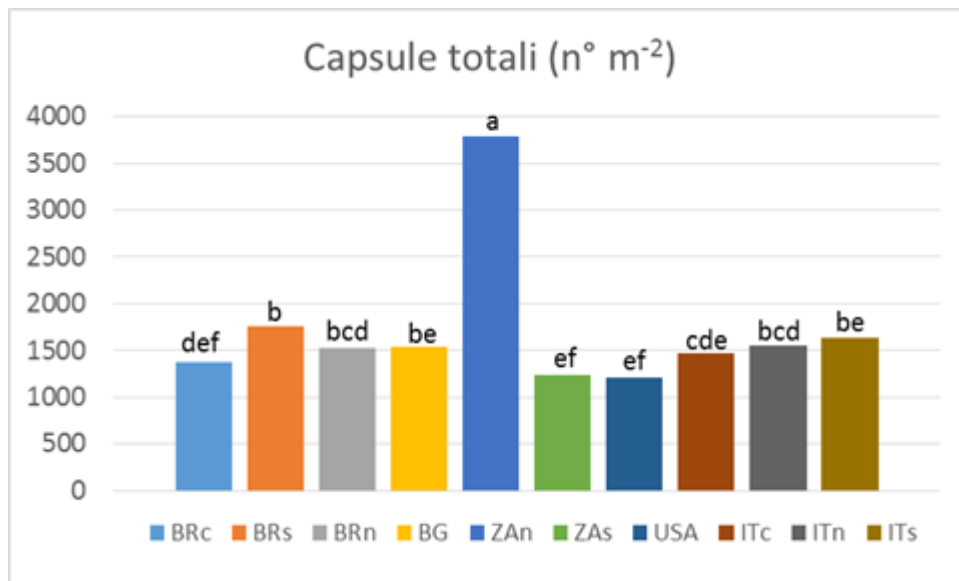


Grafico 4. Produzione di capsule totali nei 10 siti sperimentali.
BRc = Brasile centrale, Uberlandia; BRs = Rio grande do sul, Brasile sud; BRn = Jaiba, nord Minas Gerais; BG = Haskovo, Bulgaria; ZAn = Limpopo, Sua Africa; ZAs = Malmesbury, Città del Capo, Sud Africa; USA = North Carolina; ITc = Umbria; ITn = Veneto; ITs = Serracapriola, Puglia;

La produzione di capsule nei vari campi sperimentali (Grafico 4) è stata in media di 1710 capsule per metro quadrato. Il campo più produttivo, per quanto riguarda il numero di capsule, è stato quello del Limpopo che ha fatto registrare una produzione di 3786 capsule a m^2 mentre i meno produttivi sono stati quelli siti in USA e in Sud Africa nella zona di Città del Capo con produzioni rispettivamente di 1210 e 1241 capsule per m^2 . Questi ultimi pur presentando risultati più bassi per la produzione di capsule non hanno mostrato differenze significative con i campi siti a Uberlandia, in Bulgaria, in Italia centrale e del sud, che hanno fatto registrare rispettivamente produzioni di 1377,5; 1539,5; 1472,5 e 1637, tutti comunque al di sotto della media generale come anche per il campo di Jaiba del nord Minas Gerais e dell'Italia del nord che hanno prodotto rispettivamente 1528 e 1547,5 capsule a metro quadrato che non presentano tra loro dal punto di vista statistico differenze. D'altra parte campo di Rio grande do sul ha fatto registrare produzioni di capsule superiori del 2,8 % dalla media generale e si è attestato su una produzione media di 1757 capsule per metro quadrato.

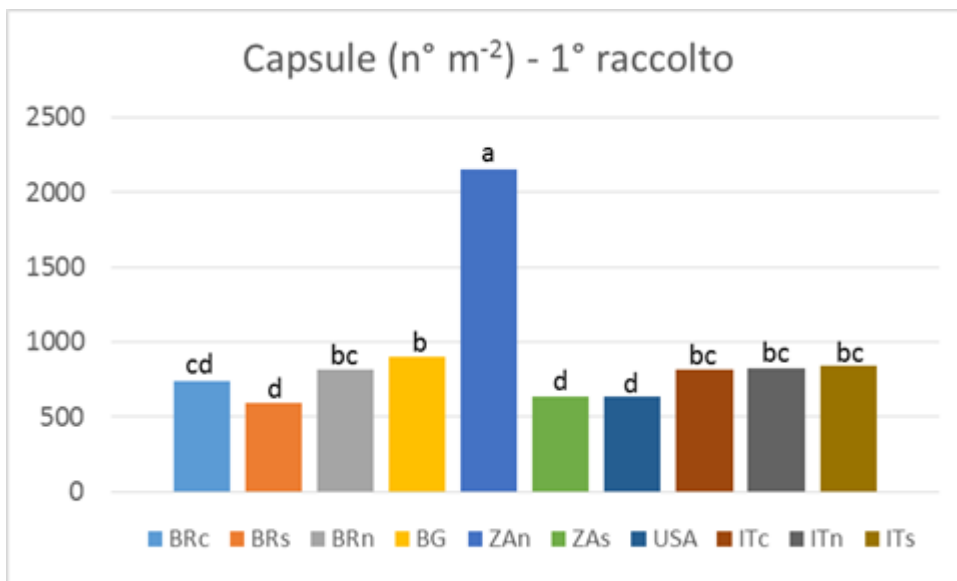


Grafico 5. Produzione di capsule al primo taglio nei 10 siti sperimentali.
BRc = Brasile centrale, Uberlandia; BRs = Rio grande do sul, Brasile sud; BRn = Jaiba, nord Minas Gerais; BG = Haskovo, Bulgaria; ZAn = Limpopo, Sua Africa; ZAs = Malmesbury, Città del Capo, Sud Africa; USA = North Carolina; ITc = Umbria; ITn = Veneto; ITs = Serracapriola, Puglia;

Il grafico 5 mostra la produzione di capsule al primo taglio nei vari siti sperimentali. Per quanto riguarda il primo taglio, la produzione di capsule media per metro quadrato per i dieci siti sperimentali è stata di 895. Il campo più produttivo per il numero di capsule è risultato quello del Limpopo che si è attestato su produzioni di 2153,5 capsule a m². Seppur superiore alla media di solo l'1% la prova sperimentale bulgara si è attestata come seconda produttiva con 903,5 capsule a metro quadro. Il campo di Haskovo in Bulgaria non ha mostrato differenze statistiche con i tre campi italiani e con quello del Brasile del nord che in media hanno prodotto mediamente 823,2 capsule m². Pur non presentando differenze statistiche rispetto ai campi italiani il campo di Uberlandia si è attestato su produzioni di 737 capsule a metro quadrato 18% in meno rispetto alla media generale. I campi meno produttivi per capsule sono risultati essere quelli del Brasile del sud, della zona di Città del Capo e quello del Nord Carolina che hanno prodotto in media 622 capsule m².

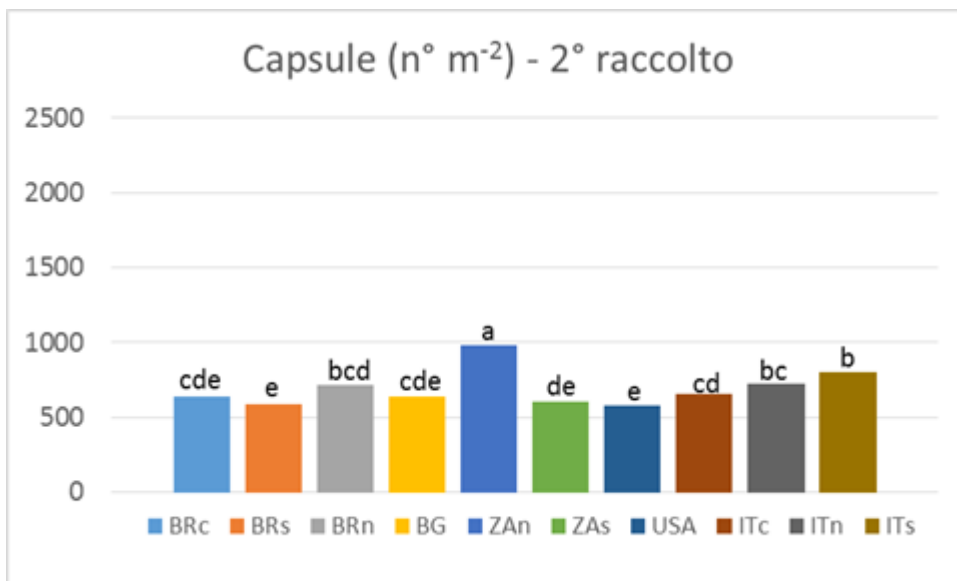


Grafico 6. Produzione di capsule al secondo raccolto nei 10 siti sperimentali.
BRc = Brasile centrale, Uberlandia; BRs = Rio grande do sul, Brasile sud; BRn = Jaiba, nord Minas Gerais;
BG = Haskovo, Bulgaria; ZAn = Limpopo, Sua Africa; ZAs = Malmesbury, Città del Capo, Sud Africa; USA =
North Carolina; ITc = Umbria; ITn = Veneto; ITs = Serracapriola, Puglia;

Il grafico 6 mostra la produzione di capsule media registrata al secondo taglio nei 10 siti sperimentali. Per quanto riguarda il secondo taglio la produzione di capsule media generale si è attestata a 692 capsule a metro quadrato, in ogni caso inferiore a quella del primo raccolto. Il campo più produttivo è stato quello del Limpopo con una produzione di 979,5 capsule m² cioè il 41,5 % in più rispetto la media. I campi meno produttivi per numero di capsule sono stati quello del Rio grande do sul e del North Carolina che rispettivamente hanno prodotto in media 592 e 575,5 capsule a metro quadrato per il secondo raccolto. Questi pur essendo meno produttivi non sono risultati differenti dal punto di vista statistico con i campi di Uberlandia, della Bulgaria e della zona di Città del Capo che hanno prodotto in media 627 capsule a m². Il secondo campo più produttivo in fatto di numero di capsule è risultato essere quello del sud Italia che ha prodotto il 15,5 % in più rispetto alla media. Sempre al di sopra della media e senza differenze statistiche rispetto al campo del sud Italia sono risultati i campi di Jaiba del Minas gerais del nord e quello del Veneto che hanno prodotto in media 719,2 capsule a metro quadro. Il campo dell'Umbria ha prodotto un numero di capsule che si è attestato al 5,5 % in meno rispetto alla media generale.

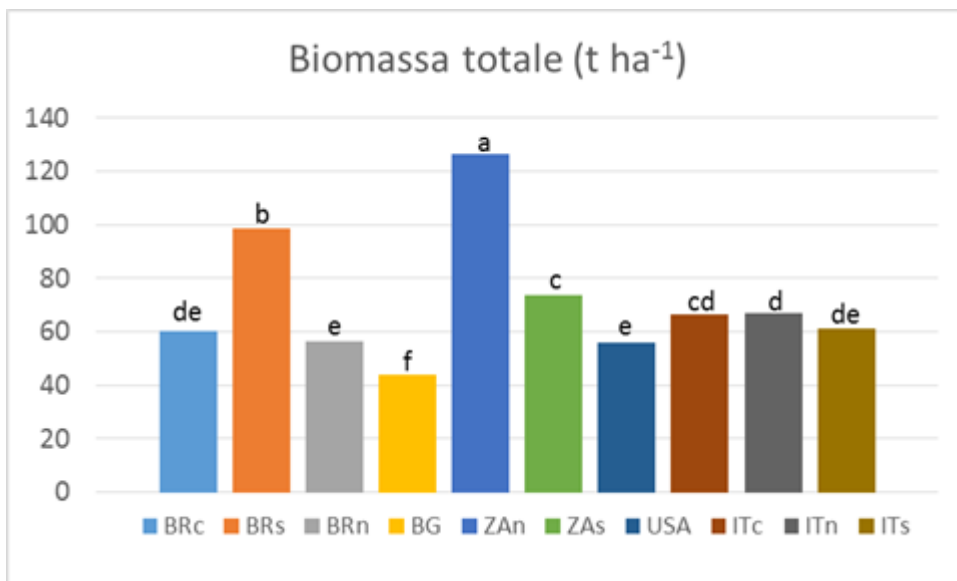


Grafico 7. Produzione complessiva di biomassa verde alla raccolta nei 10 siti sperimentali. BRc = Brasile centrale, Uberlandia; BRs = Rio grande do sul, Brasile sud; BRn = Jaiba, nord Minas Gerais; BG = Haskovo, Bulgaria; ZAn = Limpopo, Sua Africa; ZAs = Malmesbury, Città del Capo, Sud Africa; USA = North Carolina; ITc = Umbria; ITn = Veneto; ITs = Serracapriola, Puglia;

Il grafico 7 mostra i risultati aggregati della produzione di biomassa delle piante alla raccolta nei vari siti sperimentali. La produzione complessiva di biomassa delle piante rilevata ogni raccolta è risultata essere di 71 tonnellate ha⁻¹. Il campo più produttivo è risultato essere quello del Limpopo che ha fatto registrare produzioni di biomassa su tre tagli di 126,5 t ha⁻¹ mentre il secondo più produttivo è risultato il campo del Brasile del sud che su tre tagli ha prodotto 98,5 t ha⁻¹. Poco al di sopra della media, di solo il 3,6 % in più, si è attestato per la produzione di biomassa il campo della zona di Città del Capo con una media di 73,56 t ha⁻¹. Seppur lievemente al di sotto della media i campi di Uberlandia, di Jaiba, del North Carolina e i tre campi italiani non hanno mostrato grosse differenze e si sono attestati su una media produttiva di 61,2 tonnellate per ettaro. Il campo meno produttivo è risultato essere quello bulgaro che ha prodotto su due tagli 43,7 t ha⁻¹.

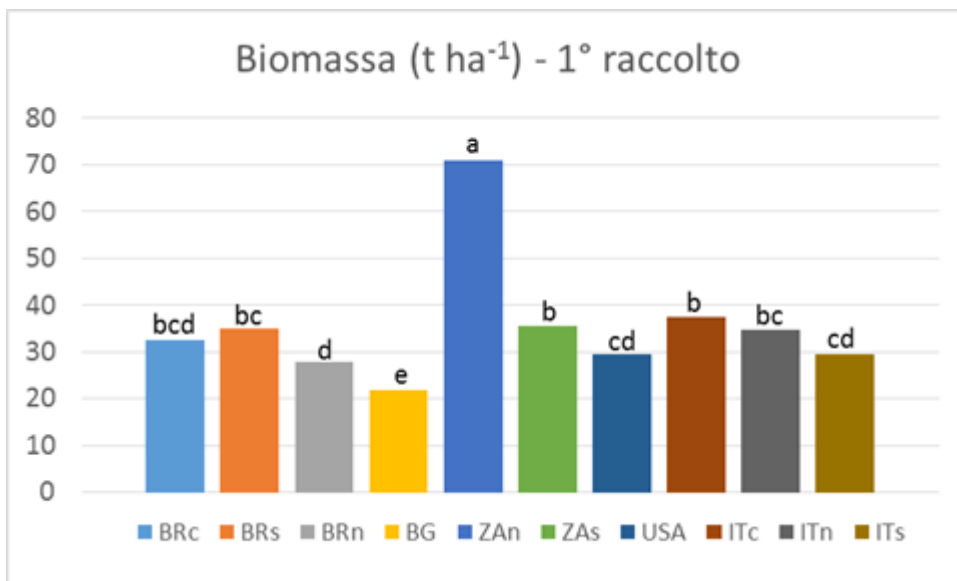


Grafico 8. Produzione di biomassa verde al primo raccolto nei 10 siti sperimentali. BRc = Brasile centrale, Uberlandia; BRs = Rio grande do sul, Brasile sud; BRn = Jaiba, nord Minas Gerais; BG = Haskovo, Bulgaria; ZAn = Limpopo, Sua Africa; ZAs = Malmesbury, Città del Capo, Sud Africa; USA = North Carolina; ITc = Umbria; ITn = Veneto; ITs = Serracapriola, Puglia;

Il grafico 8 mostra i risultati produttivi in termine di biomassa fresca al primo taglio. Per quanto riguarda la produzione di biomassa al primo taglio la media generale si è attestata sulle 35,5 t ha⁻¹. Il campo più produttivo in assoluto è risultato quello del Limpopo che ha prodotto 71 t ha⁻¹, mentre quello meno produttivo è risultato quello della Bulgaria con sole 21,9 t ha⁻¹. I campi della zona di Città del Capo e dell'Umbria si sono attestati al di sopra della media per la produzione di biomassa al primo raccolto facendo registrare produzioni rispettivamente di 35,6 e 37,4 t ha⁻¹. Pur essendo al di sotto della media del 4,2 % i campi di Uberlandia, Rio Grande do sul e Veneto non sono risultati essere significativamente differenti da quelli di Città del Capo e Umbria. I campi del North Carolina, di Serracapriola in Puglia e di Jaiba hanno prodotto in media 28,9 t ha⁻¹, quindi il 19 % in meno rispetto alla media generale.

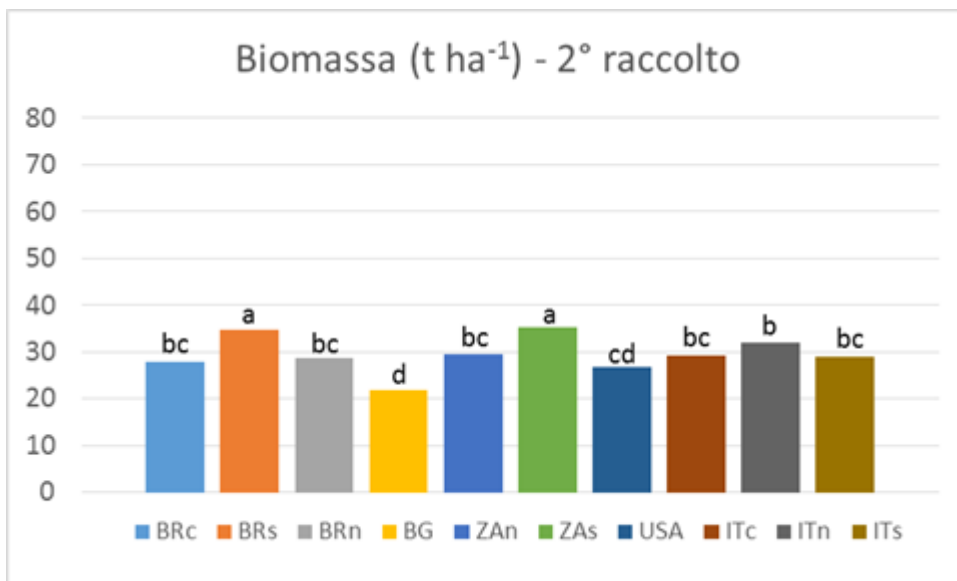


Grafico 9. Produzione di biomassa verde al secondo raccolto nei 10 siti sperimentali. BRc = Brasile centrale, Uberlandia; BRs = Rio grande do sul, Brasile sud; BRn = Jaiba, nord Minas Gerais; BG = Haskovo, Bulgaria; ZAn = Limpopo, Sua Africa; ZAs = Malmesbury, Città del Capo, Sud Africa; USA = North Carolina; ITc = Umbria; ITn = Veneto; ITs = Serracapriola, Puglia;

Il grafico 9 mostra i risultati della produzione di biomassa al secondo raccolto nei vari siti sperimentali. La produzione di biomassa del secondo raccolto rispetto a quella del primo raccolto è stata inferiore per tutti i campi sperimentali tranne che per il campo di Jaiba dove si è registrato un incremento di biomassa nel secondo raccolto di 0,9 t ha⁻¹. La media produttiva generale è stata di 29,5 t ha⁻¹ inferiore rispetto alla media generale registrata al primo raccolto a seme. Il risultato produttivo migliore si è registrato nel campo nei campi della zona di Città del Capo e nel Rio Grande do sul che hanno prodotto in media il 18,7 % rispetto alla media. I campi di Uberlandia, Jaiba, del Limpopo e quelli Italiana hanno registrato produzioni di biomassa in linea con la media generale mediamente si è attestata a 29,34 t ha⁻¹. I meno produttivi per biomassa sono risultati essere quello della Bulgaria e quello del North Carolina che hanno prodotto rispettivamente il 25,8 % e 9,6% in meno rispetto alla media generale.

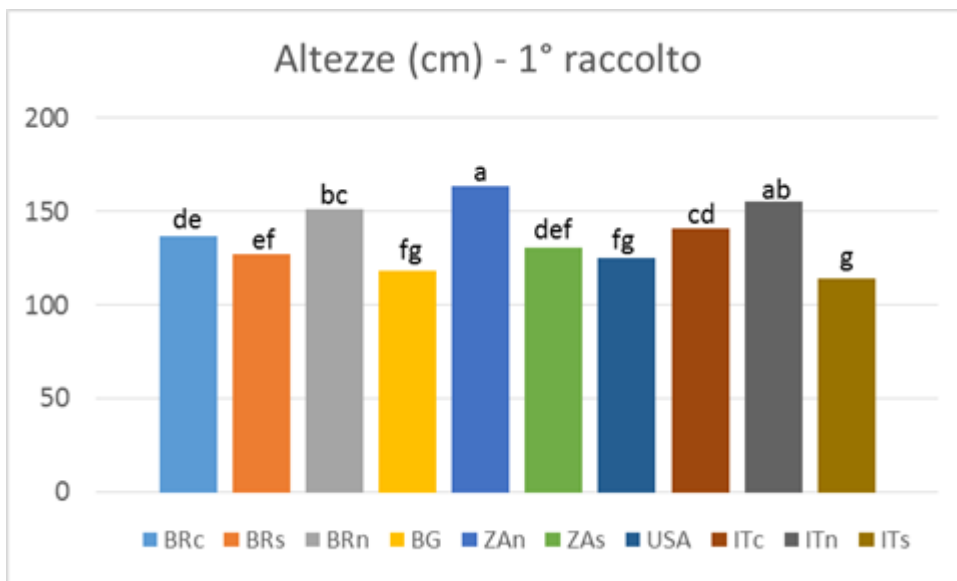


Grafico 10. Altezze delle piante al primo raccolto nei 10 siti sperimentali.
BRc = Brasile centrale, Uberlandia; BRs = Rio grande do sul, Brasile sud; BRn = Jaiba, nord Minas Gerais; BG = Haskovo, Bulgaria; ZAn = Limpopo, Sua Africa; ZAs = Malmesbury, Città del Capo, Sud Africa; USA = North Carolina; ITc = Umbria; ITn = Veneto; ITs = Serracapriola, Puglia;

Il grafico 10 mostra i dati relativi alle altezze medie delle piante in coltivazione nei 10 siti sperimentali al momento del primo raccolto. Le altezze delle piante al primo raccolto in media tra i vari campi è stata di 136,3 cm. Il campo con piante in assoluto più alte è stato il campo del Limpopo in cui si sono ottenute piante alte 163,3 cm. Il campo del Veneto pur facendo registrare altezze leggermente inferiori di 155,5 cm al Limpopo non ha fatto registrare differenze significative. Il campo del nord Italia inoltre non ha fatto registrare differenze statistiche con quello di Jaiba nel nord del Minas gerais che ha fatto registrare altezze dell'11 % superiori alla media generale. La prova sperimentale effettuata a Uberlandia in Brasile centrale si è attestata per quanto concerne le altezze in linea con la media Generale, ai risultati di Uberlandia sono risultati simili dal punto di vista statistico i campi di Rio Grande do sul, di Città del Capo e quello Umbro che si sono distribuiti attorno alla media. I campi con altezze medie più basse sono risultati essere quello del Sud Italia con altezza di 114,5 cm che non ha dato differenze significative con i campi della Bulgaria e quello del North Carolina che rispettivamente hanno fatto registrare altezze pari a 125,4 e 118,4 cm.

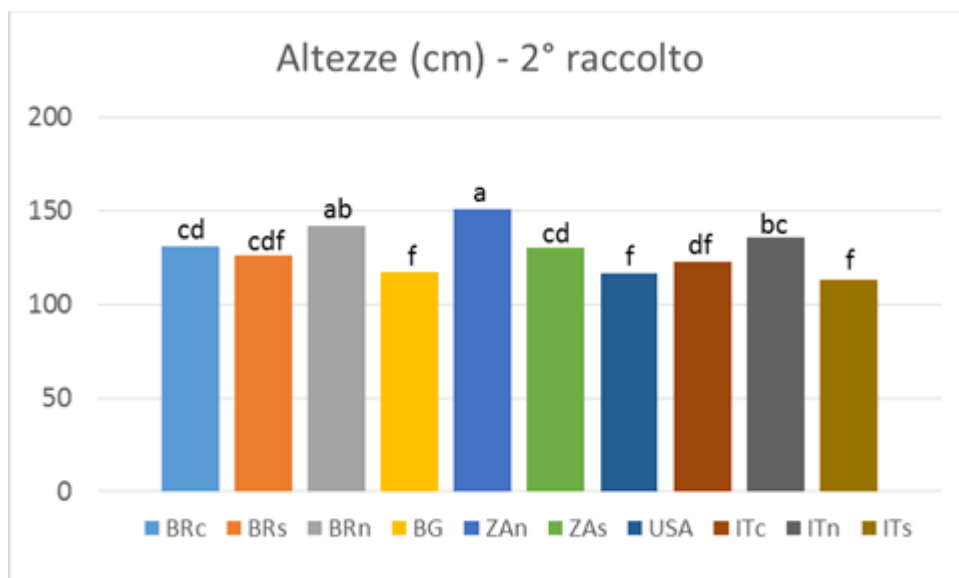


Grafico 11. Altezze delle piante al secondo raccolto nei 10 siti sperimentali. BRc = Brasile centrale, Uberlandia; BRs = Rio grande do sul, Brasile sud; BRn = Jaiba, nord Minas Gerais; BG = Haskovo, Bulgaria; ZAn = Limpopo, Sua Africa; ZAs = Malmesbury, Città del Capo, Sud Africa; USA = North Carolina; ITc = Umbria; ITn = Veneto; ITs = Serracapriola, Puglia.

Il grafico 11 mostra i dati relativi alle altezze medie delle piante in coltivazione nei 10 siti sperimentali al momento del secondo raccolto. Per il secondo raccolto, l'altezza media è risultata di circa 130 cm. La coltivazione con altezza più elevata è stata quella del Limpopo con 150,9 cm di media che non ha fatto registrare differenze statistiche con il campo di Jaiba che è risultato essere il 10,4 % più alto rispetto alla media. I campi dei Rio grande do sul, Uberlandia in Brasile, della zona di Città del Capo e dell'Italia del nord sono risultati avere altezze in linea con la media. I campi con altezze più basse sono stati quelli della Bulgaria, del North Carolina e del Sud Italia che in media sono risultate più basse del 9,8 % in meno rispetto la media.

Discussione (1° anno)

I risultati del primo anno di sperimentazione hanno mostrato come in alcuni ambienti particolarmente vocati alla tabacchicoltura sia possibile effettuare tre raccolte di seme per stagione, ma che tendenzialmente i raccolti successivi al primo tendono ad essere minori o di poco inferiori rispetto al primo. In particolare nel Rio Grande do Sul in Brasile e nel Limpopo dove è possibile effettuare 3 raccolti all'anno la coltura è risultata molto più produttiva degli altri siti. Probabilmente anche nel nord del Minas Gerais in Brasile si potrebbero ottenere tre raccolti, ma purtroppo i problemi legati al contenimento dei nematodi hanno impedito di arrivare al terzo raccolto, quindi andrebbe ulteriormente valutata la performance della coltura per i climi Aw cioè quelli tropicali della savana secondo la classificazione di Koppen. Le condizioni climatiche di BSh, secondo la classificazione di Koppen, cioè quelli semi aridi caldi, sono risultate le più favorevoli alla coltivazione del tabacco da seme. Infatti nella sperimentazione condotta in Limpopo si sono registrate le migliori produzioni dovute sia alla possibilità di effettuare un terzo raccolto, ma soprattutto ad una maggiore performance delle piante al primo raccolto che sono risultate essere di gran lunga più produttive sia in termini di altezza e biomassa che di produzione di numero di capsule e relativa resa a seme. Infatti le produzioni relative al secondo raccolto seppur più alte rispetto alle altre hanno mostrato una sensibile riduzione, tale da poter essere paragonate a quelle del sud del Brasile.

Nei climi temperati umidi con estati calde Cfa e nei climi mediterranei Csb secondo la classificazione di Koppen, si sono ottenute produzioni modeste di seme che non hanno mai superato, sia nel primo che nel secondo raccolto, le due tonnellate ad ettaro di seme. Unica eccezione per i climi Cfa è risultato quello del sud del Brasile in cui si sono sfiorate le 5 tonnellate di seme prodotte durante la stagione per via della buona distribuzione delle piogge durante il ciclo colturale e la buona fertilità del terreno che ha determinato un'ottimo riempimento delle capsule e ha garantito un terzo raccolto. Di fatti nelle condizioni sperimentali del Rio grande do Sul, al secondo raccolto, anche con un modesto numero di capsule le produzioni di seme sono state paragonabili a quelle registrate in Limpopo fatto che dimostra che il riempimento delle capsule è stato massimo rispetto agli altri siti sperimentali.

Pertanto cambiamenti climatici che stanno portando molte aree del pianeta verso climi semi aridi caldi potrebbero favorire la diffusione della coltivazione di tabacco come coltura per la produzione di olio vegetale base per la produzione di biodiesel e jet fuel.

Secondo anno di sperimentazione *Tecniche Irrigue*

Nel secondo anno di sperimentazione nell'annata agraria 2014-2015 si è valutato l'effetto di differenti tecniche irrigue sulla coltivazione di tabacco da seme.

Le prove sono state condotte nel Limpopo, regione nord orientale del Sud Africa, l'areale in cui si sono registrate le migliori produzioni nell'annata precedente.

Materiali e Metodi (2° anno)

, è stata effettuata una comparazione tra colture di tabacco da seme coltivate con metodi di irrigazione differenti. Pertanto si sono valutati i parametri produttivi di tabacco allevato con sistema di irrigazione per aspersione con Sprinkler, per aspersione con sistema di irrigazione a Pivot e con metodo di micro irrigazione con impianto a goccia. La sperimentazione è stata effettuata a Marble hall nella regione sud africana del Limpopo. a 890 m s.l.m. Il clima della zona è sub tropicale caratterizzato da inverni secchi e precipitazioni distribuite da Ottobre a Aprile. La zona presenta terreni a reazione sub acida di medio impasto. Nella regione del Limpopo sono diffuse le coltivazioni di cotone, tabacco, Mais, grano tenero, arancio e uva da tavola. Per la descrizione climatica si riportano le tabelle relative alla temperatura:

LIMPOPO	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Min (°C)	21	20	19	16	11	6	7	9	13	16	18	20
Max (°C)	32	32	31	29	28	26	26	27	29	30	30	32

E alle precipitazioni:

Limpopo	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Prec. (mm)	82	60	52	33	11	5	3	6	17	43	85	81	478
Giorni	13	11	10	8	2	1	1	1	2	9	13	13	84

In Marble Hall predomina il clima di steppa locale. In Marble Hall esiste poca piovosità durante l'anno. La classificazione del clima è BSh secondo Köppen e Geiger. 19.9 °C è la temperatura media. 547 mm è il valore di piovosità media annuale. Il mese più secco è Giugno e ha 4 mm di precipitazione. Il mese di con maggiori precipitazioni, avendo una media di 104 mm. Dicembre è quello più piovoso.

Le semine in vivaio sono state effettuate il 1 luglio 2014. La fase di nursery è stata gestita con il metodo Soilles, quindi le semine sono state effettuate in contenitori alveolati in polistirolo da 200 fori preventivamente riempiti di torba materiale prescelto come substrato per la crescita. Durante la fase di nursery si sono effettuate 4 clippature fogliari per garantire l'irrobustimento dello stelo, evitare la competizione per la luce delle piante e quindi la conseguente filatura delle stesse. I concimi utilizzati per la crescita sono stati a base NPK 20-10-20 e nitrato di calcio. I principi attivi utilizzati rispettivamente per la difesa da insetti e crittogame sono stati imidaclopid e mancozeb, metlaxyl, propamocarb per la difesa da malattie fungine. La fase di nursery



è durata 75 giorni.

Per la sperimentazione si sono allestiti 4 campi sperimentali sullo stesso appezzamento per garantire l'omogeneità pedoclimatica. Per quanto riguarda la preparazione del letto di trapianto è stata effettuata da prima un'aratura ad una profondità di 50 cm seguite da lavorazione secondaria di erpicatura al fine di ridurre la zollosità. Sempre in pre-trapianto al fine di una migliore gestione dell'acqua piovana e di irrigazione il terreno è stata effettuata la sistemazione del terreno a porche, su cui sono

state distribuite precedentemente 20 unità di azoto, 90 di fosforo e 120 di potassio.

Inoltre in pre-trapianto sono stati interrati al suolo prodotti insetticidi (z-cipermetrina) e nematocidi (fenamiphos) per il contrasto di insetti terricoli e nematodi. Il



trapianto è stato effettuato manualmente per una densità di 3,7 piante al metro quadrato. Le piante sono state disposte su file binate distanti tra di loro 50 cm. Le file binate sono state realizzate sulla porca. La distanza tra le piante sulla fila è risultata essere 30 cm. Il giorno seguente al trapianto è stato effettuato il diserbo mediante l'utilizzo di prodotto a base di clomazone. Per il contrasto delle malerbe si è reso necessario un intervento di zappatura manuale successivo. Per l'irrigazione ci si è avvalsi di Pivot dotato di irrigatori spray statici a bassa pressione, impianto a goccia auto-compensate con passo 30 cm e gocciolatori da 4 litri all'ora e sistema automatico a pioggia sprinkler mobili, per la prova di controllo si è fornita acqua soltanto al trapianto per garantire l'attecchimento, successivamente la coltura si è avvalsa. La quantità di acqua somministrata con i vari metodi è stata la medesima 330 mm, che si è andata a sommare ai 406 mm di pioggia caduti durante il ciclo colturale. Durante il ciclo colturale sono state effettuate 4 concimazioni azotate manuali localizzate in copertura per un totale di 160 unità di azoto. Nel caso della micro irrigazione si è utilizzata la fertirrigazione. Durante la stagione sono stati effettuati 4 trattamenti fungicidi e 12 trattamenti insetticidi per la difesa delle capsule in maturazione da nottue carpofaghe e fogliari.

La prima raccolta a seme è stata effettuata manualmente il 22 Dicembre 2014 quando il 50 % delle capsule cominciava ad invaiare. Successivamente al primo raccolto si è sfruttata la

capacità del tabacco di emettere nuovi succhioni e quindi successivamente nuove infiorescenze. Pertanto dopo circa due mesi dal primo raccolto a seme si è provveduto al secondo raccolto delle capsule al medesimo stadio fenologico il 3 Marzo 2015. Durante le fasi di raccolta per ogni campo sperimentale si sono rilevati i dati relativi a biomassa fresca, altezze, numero di capsule; successivamente all'essiccazione delle capsule e alla vagliatura delle stesse si è determinata la resa a seme della coltura.

I dati rilevati sono stati poi elaborati e analizzati statisticamente. L'analisi della varianza (ANOVA) è stata effettuata al fine di valutare le differenze produttive tra le tesi. L'analisi statistica è stata condotta con OriginPro version 8.5.1 (OriginLab, Northampton, MA). Per valutare le differenze tra i trattamenti per i parametri misurati, il confronto è stato effettuato utilizzando il test di Fisher sulla ultima differenza significativa (LSD) al livello 0,05 significatività.

Risultati (2° anno)

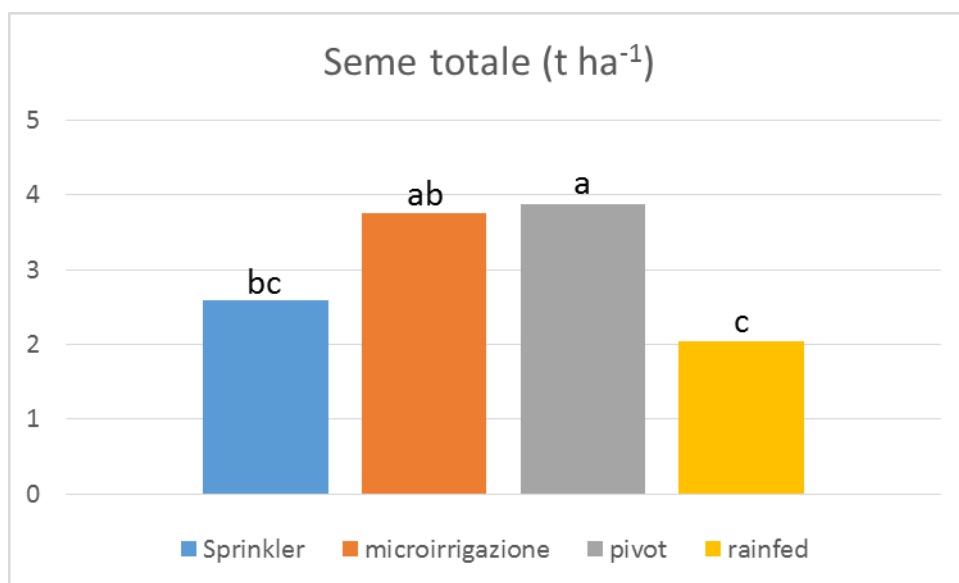


Grafico 12. Produzione di seme totale relativo alle due raccolte.

Il grafico 12 mostra le produzioni totali medie di seme nei vari campi con metodi irrigui differenti. La tecnica irrigua che ha mostrato i migliori risultati è stata quella che prevedeva l'utilizzo del pivot che ha fatto registrare produzioni di 3,87 tonnellate ad ettaro durante l'intero ciclo colturale. Pur producendo in maniera lievemente inferiore, solo il 3,2 % in meno, il metodo irriguo della micro irrigazione non ha fatto registrare differenze significative con il metodo che prevede l'utilizzo di pivot. Il sito sperimentale supportato da impianto a goccia infatti ha

prodotto $3,75 \text{ t ha}^{-1}$ durante l'intera stagione, infatti pur producendo maggiormente della tesi irrigata con gli sprinkler non si sono evidenziate differenze statistiche. Infatti la tesi irrigata con gli sprinkler ha prodotto durante tutto il ciclo colturale $2,58 \text{ t ha}^{-1}$, pur producendo maggiormente del controllo non ha mostrato differenze statistiche con quest'ultimo che ha prodotto $2,03 \text{ t ha}^{-1}$.

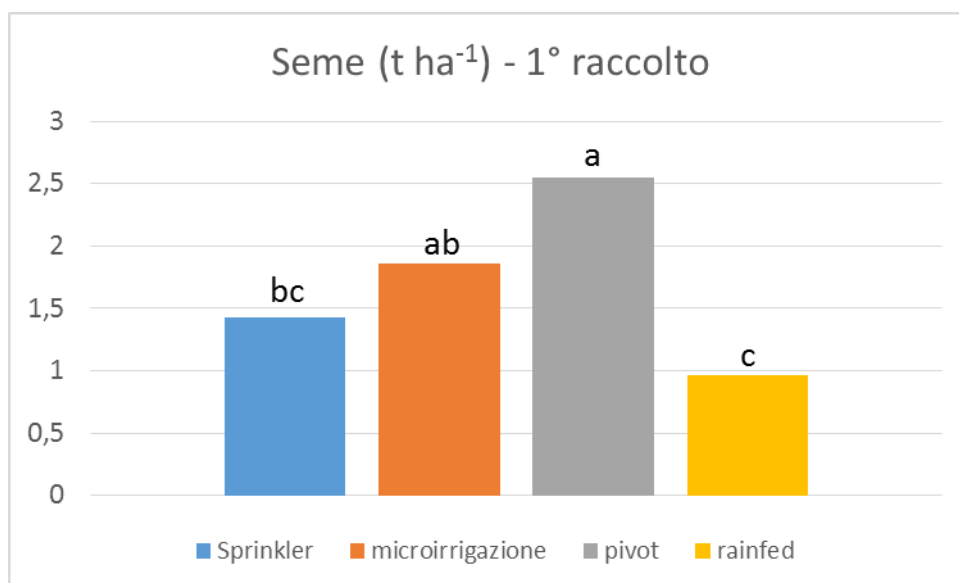


Grafico 13. Produzione di seme relativo alla prima raccolta.

Il grafico 13 mostra le produzioni di seme registrate con il primo raccolto. Il metodo più produttivo in assoluto è stato quello che prevede l'irrigazione per aspersione mezzo pivot che ha fatto registrare una produzione media di $2,55 \text{ t ha}^{-1}$, che ha prodotto il 38 % in più rispetto al sistema di microirrigazione. Il sistema di micro irrigazione mediante impianto a goccia pur producendo in maniera inferiore rispetto al pivot non ha fatto registrare differenze statistiche attestandosi su produzioni medie di $1,85 \text{ t ha}^{-1}$. La produzione della prova con irrigazione mediante sprinkler ha prodotto $1,43 \text{ t ha}^{-1}$ ma è risultata non differente dal punto di vista statistico rispetto alla prova con micro irrigazione e al controllo che invece ha prodotto meno rispetto a tutte le altre prove attestandosi su produzioni di $0,96 \text{ t ha}^{-1}$, cioè circa il 150% in meno rispetto al pivot.

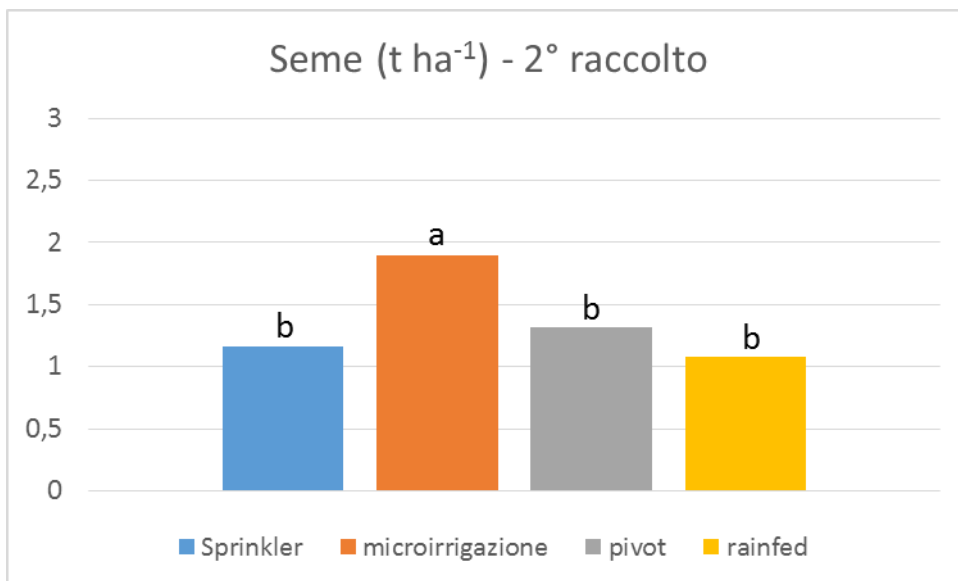


Grafico 14. Produzione di seme relativo alla seconda raccolta.

Il grafico 14 mostra la produzione di seme ottenuta con la seconda raccolta. Il sistema irriguo che ha fatto registrare la maggior produzione è stato quello di micro irrigazione che ha prodotto 1,98 t ha⁻¹ risultato essere statisticamente superiore a tutti gli altri metodi irrigui, infatti ha prodotto circa il 60 % in più rispetto agli altri metodi irrigui. I sistemi di irrigazione a pivot e a sprinkler pur producendo rispettivamente 1,32 e 1,15 t ha⁻¹ non hanno fatto registrare significative differenze produttive rispetto al controllo che ha prodotto 1,07 t ha⁻¹.

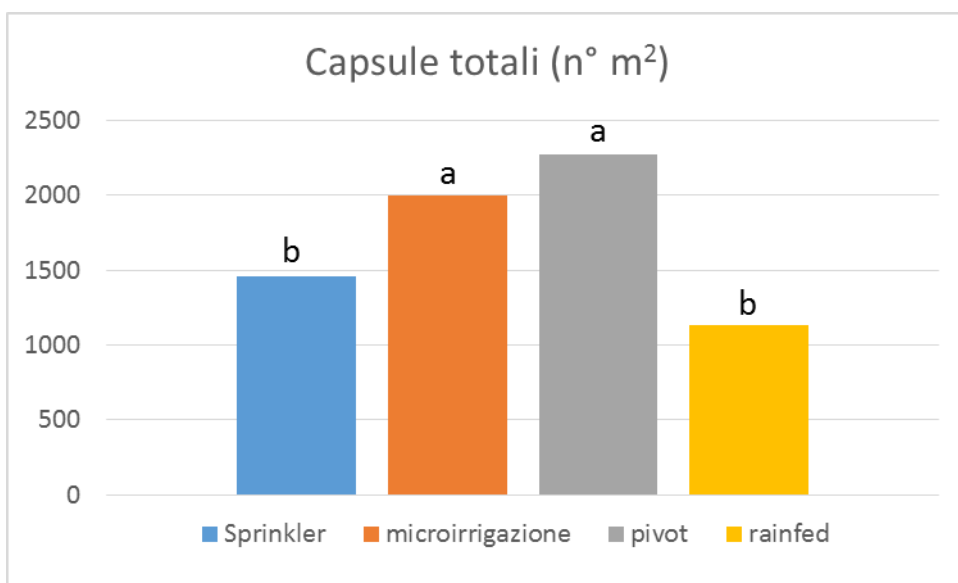


Grafico 15. Produzione complessiva di capsule.

Il grafico 15 raffigura la produzione di capsule complessiva relativa al primo e al secondo

raccolto. Le migliori produzioni in termini di numero di capsule a metro quadrato si sono ottenute nelle tesi irrigate con pivot e con impianto a goccia che hanno prodotto in media rispettivamente durante l'intero ciclo colturale 2270 e 1994 capsule per metro quadro di coltivazione. Anche se simili dal punto di vista statistico le piante allevate con pivot hanno dato produzioni superiori per numero di capsule di circa il 14 % rispetto alla micro irrigazione. La coltivazione mediante l'utilizzo di sprinkler ha fatto registrare valori produttivi inferiori rispetto agli altri metodi di irrigazione, infatti la resa complessiva in numero di capsule si è attestata su valori di 1458 capsule per metro quadrato di coltivazione, cioè non ha mostrato differenze statistiche rispetto al controllo che ha comunque prodotto in maniera minore attestandosi su 1135 capsule a metro quadro, cioè il 50 % circa in meno rispetto al pivot.

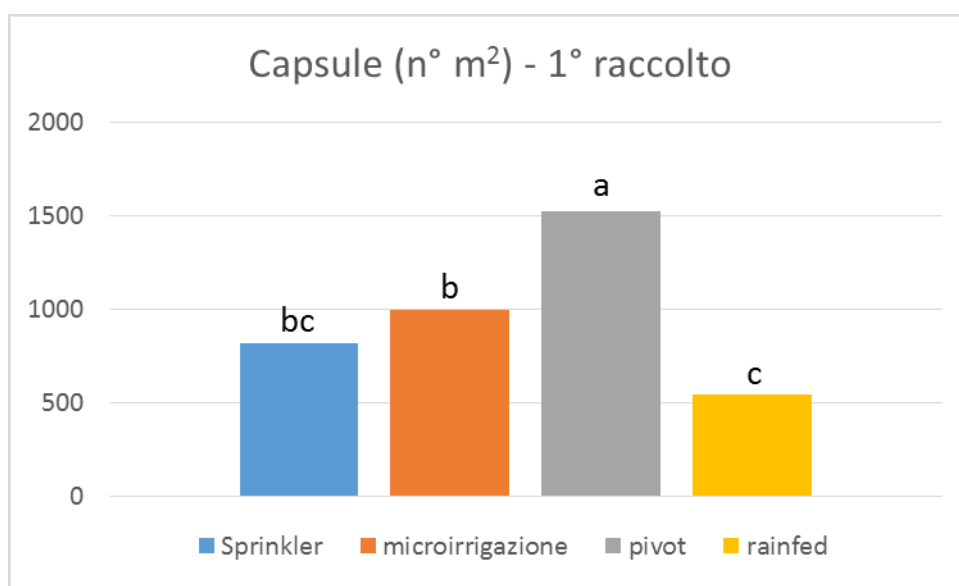


Grafico 16. Produzione di capsule al primo raccolto.

Il grafico 16 mostra la produzione di capsule per metro quadrato relativo al primo raccolto. Il risultato migliore che è risultato essere significativamente differente da tutti gli altri è stato quello del metodo irriguo pivot che ha prodotto 1525 capsule a metro quadro. I metodi di irrigazione a sprinkler e con impianto a goccia non hanno mostrato differenze statistiche e hanno prodotto rispettivamente 815 e 994 capsule per metro quadro. Il sistema di irrigazione a sprinkler inoltre non ha dato risultati statisticamente differenti dal controllo in rainfed che è stato il meno produttivo con 540 capsule a metro quadro.

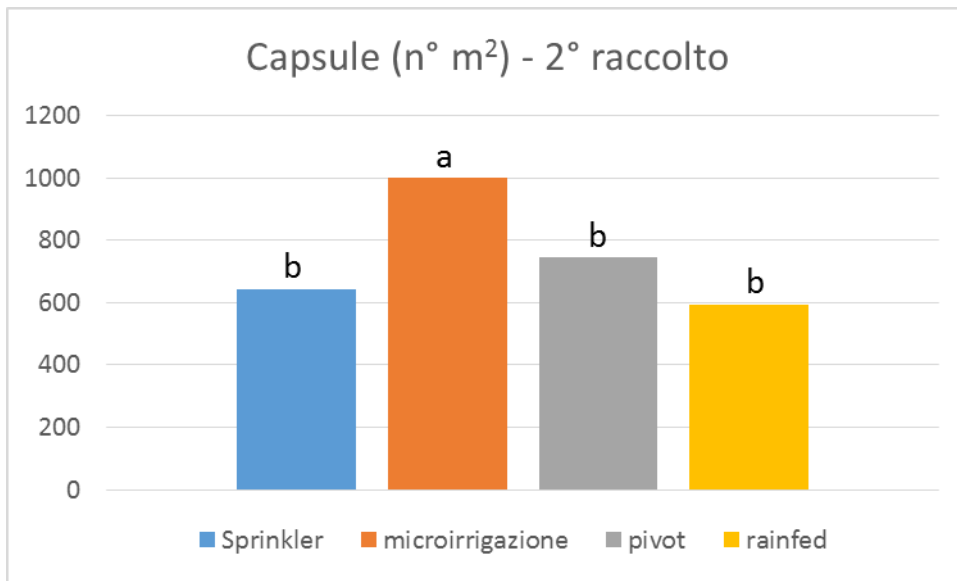


Grafico 17. Produzione di capsule al secondo raccolto.

Il grafico 17 mostra la produzione di capsule a metro quadrato al secondo raccolto. Il campo con il metodo irriguo che ha prodotto più capsule sul secondo raccolto è stato quello con micro irrigazione che ha fatto risultare una produzione di 1000 capsule a metro quadro, differenziandosi significativamente da tutte le altre tesi. Il metodo sprinkler, quello a pivot e il controllo non sono risultati significativamente differenti pur avendo prodotto rispettivamente in media 642, 744, 594 capsule a metro quadrato.

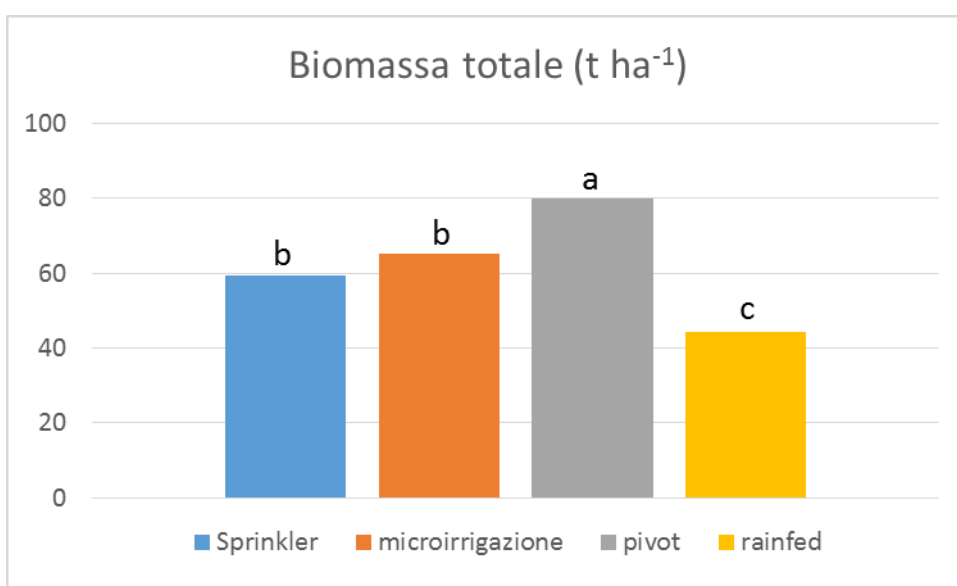


Grafico 18. Produzione complessiva di biomassa fresca durante le fasi di raccolta.

Il grafico 18 mostra i risultati complessivi della produzione di biomassa al primo e al secondo raccolto. La produzione totale di biomassa si è ottenuta con irrigazione a pivot che ha fatto registrare un totale di 80 t ha⁻¹. Quindi le piante allevate con pivot hanno prodotto il 23 % in più rispetto a quelle supportate con micro irrigazione e il 35 % in più rispetto al metodo sprinkler. I campi supportati da sprinkler e da impianto a goccia sono risultati statisticamente meno produttivi ma uguali tra loro e hanno fatto registrare produzioni rispettivamente di 59,3 e 65 t ha⁻¹. Il controllo in rainfed ha avuto le produzioni più basse attestandosi a 44,1 t ha⁻¹.

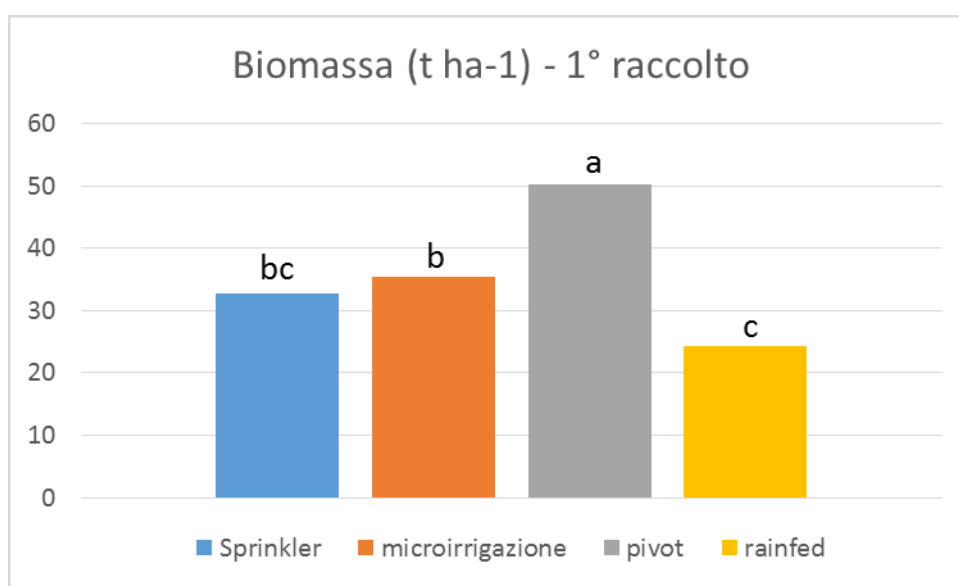


Grafico 19. Produzione di biomassa fresca al primo raccolto.

Il grafico 19 mostra la produzione di biomassa al primo raccolto nelle varie tesi sperimentali. Al primo taglio le piante irrigate con pivot sono risultate essere maggiormente dotate di biomassa producendo 50 t ha⁻¹. La micro irrigazione e il metodo sprinkler hanno dato i risultati statisticamente simili producendo rispettivamente 35,4 e 32,7 t ha⁻¹. Il controllo in rainfed è risultato essere il meno produttivo con 24,3 t ha⁻¹, cioè il 50 % in meno rispetto al pivot. La coltivazione in asciutta anche producendo meno non ha mostrato differenze statistiche con il metodo irriguo mediante sprinkler.

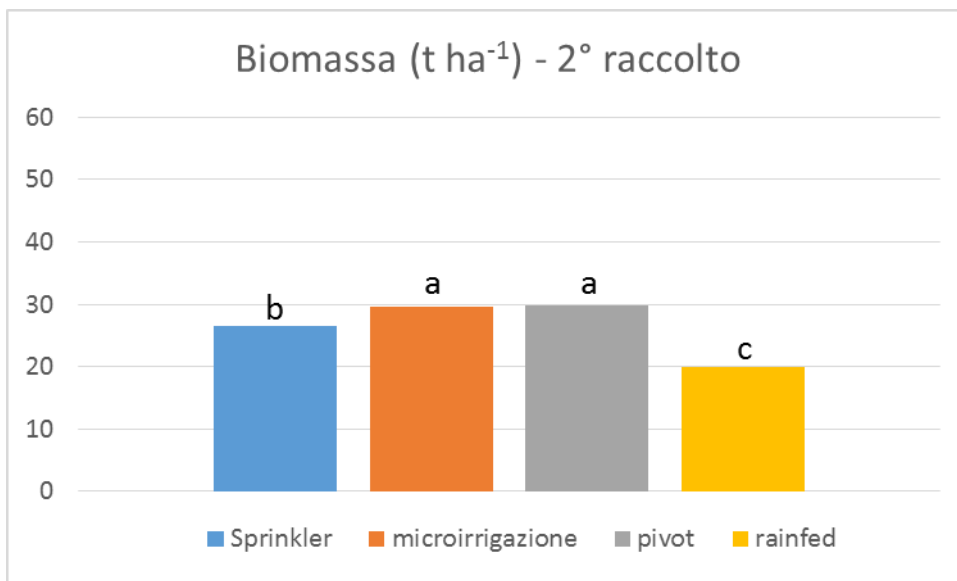


Grafico 20. Produzione di biomassa fresca al secondo raccolto.

Il grafico 20 rappresenta le produzioni di biomassa ottenute al secondo raccolto per le diverse tesi. Nel secondo raccolto si è registrata la stessa produzione per le tesi irrigate con impianto a goccia e con pivot con biomassa pari a 29,7 t ha⁻¹. Risultati inferiori ha fatto registrare la tesi irrigata con sprinkler con 26,5 t ha⁻¹ di biomassa fresca, cioè del 12 % circa in meno rispetto ai sistemi più produttivi. La meno produttiva in assoluto è risultata essere il controllo in rainfed che ha prodotto soltanto 19,8 t ha⁻¹.

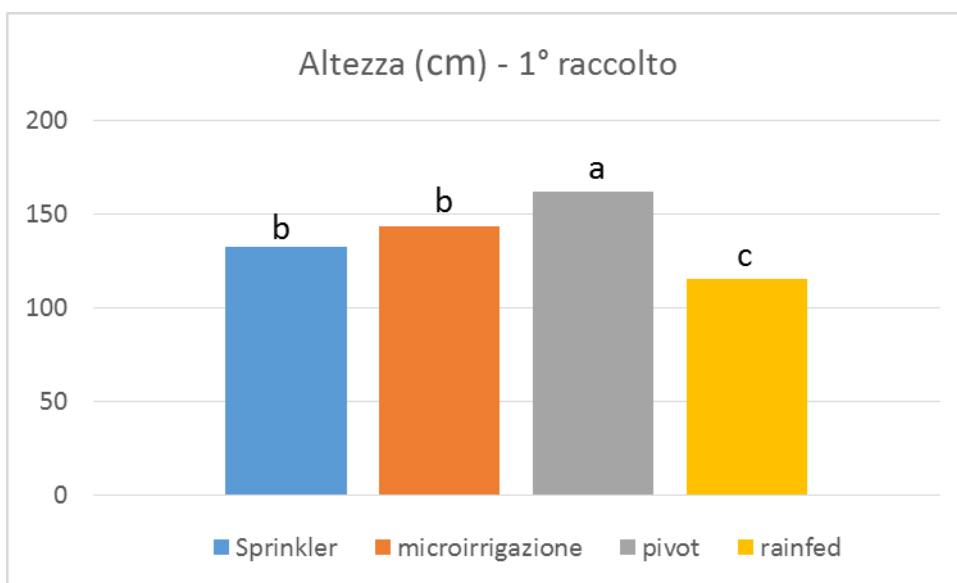


Grafico 21. Altezze medie registrate al primo raccolto.

Il grafico 21 riporta i valori delle altezze medie delle piante al primo raccolto. I valori di altezza

più alti si sono registrati nel campo irrigato con pivot che ha fatto registrare altezze medie di 162 cm. Le piante allevate con irrigazione a sprinkler e con impianto a goccia sono risultate simili dal punto di vista statistico e hanno riportato medie rispettivamente di 132,4 e 143,4 cm, mentre le più basse sono state quelle allevate senza supporto di irrigazione con una media di 115,2 cm, cioè il 40% in meno rispetto all'irrigazione con pivot.

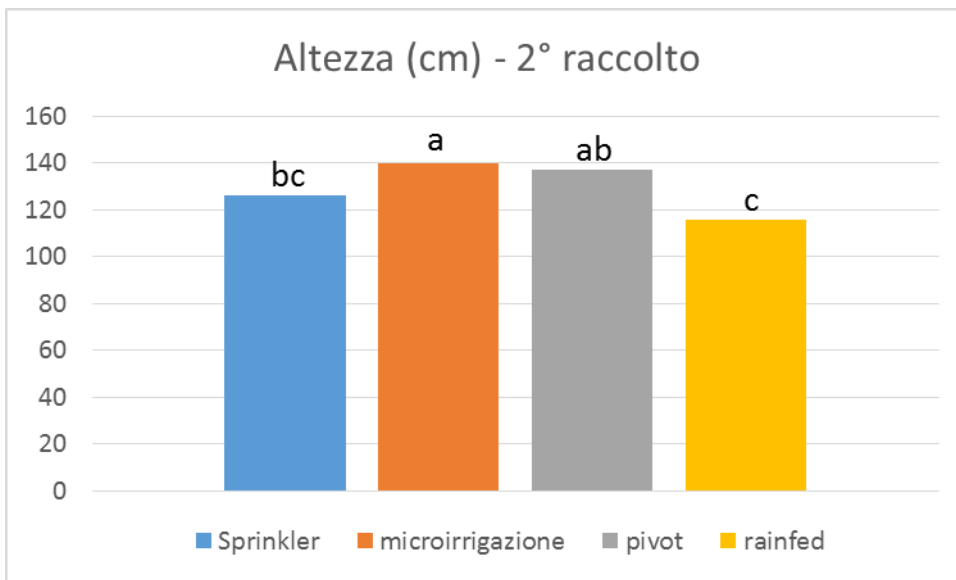


Grafico 22. Altezze medie registrate al primo raccolto.

Il grafico 22 mostra le medie delle altezze delle coltivazioni con i diversi metodi irrigui. Le più alte sono risultate essere al secondo raccolto quelle allevate con impianto a goccia e quelle con pivot che hanno fatto registrare altezze medie rispettivamente di 140 e 137,2 cm. Le piante supportate con irrigazione a pivot non sono hanno fatto registrare differenze significative con quelle irrigate mediante sprinkler che sono risultate essere alte in media 126,4 cm. Le altezze più basse registrate sono state quelle del campo in asciutta con media di 116 cm che dal punto di vista statistico sono risultate simili a quelle irrigate con sprinkler, in ogni caso si circa il 20 % in meno rispetto agli altri due metodi irrigui.

Discussione (2° anno)

La sperimentazione ha mostrato che l'irrigazione aumenta le rese produttive di seme del tabacco nel nord est del Sud Africa e precisamente nel Limpopo, in cui la stagione più piovosa coincide con quella di coltivazione del tabacco. I risultati più produttivi in termini di resa a seme e numero di capsule si sono ottenuti mediante l'utilizzo di sistemi irrigui quali pivot e micro irrigazione con delle differenze. Infatti il sistema di irrigazione a Pivot influisce positivamente sulle rese del primo raccolto a seme probabilmente perché limita gli effetti dello shock termico nella fase di fioritura e allegagione del primo raccolto, per via dell'irrigazione per aspersione sopra chioma che ha anche l'effetto di abbassa la temperatura della coltivazione. Questo effetto invece non è stato registrato sul secondo raccolto per via delle più modeste temperature registrate in fase di fioritura ed allegagione. Nel secondo raccolto le produzioni della coltivazione supportata da Pivot sono state paragonabili a quelle registrate nelle parcelle in cui è stata utilizzata l'irrigazione mezzo sprinkler per l'effetto cumulativo dell'aspersione che sul lungo periodo influisce maggiormente sulla compattazione rispetto all'impianto a goccia. La micro irrigazione, dal canto suo, ha fatto registrare produzioni più contenute al primo raccolto dove non c'è stato l'effetto in fioritura anti shock termico dell'irrigazione sopra chioma, mentre al secondo raccolto ha prodotto in maniera di molto superiore agli altri sistemi di irrigazione e al controllo probabilmente per aver arrecato una minore compattazione al terreno che ha favorito l'apparato radicale. Infatti trattandosi di una coltura che si effettua in 5 mesi di coltivazione per due tagli a seme va considerato anche l'effetto del sistema irriguo sulla struttura del suolo. Il sistema per aspersione mediante gli sprinkler ha prodotto meno per via della necessità di spostare manualmente l'impianto di irrigazione che ha provocato calpestio e quindi un peggioramento della porosità e della struttura del suolo.

La tesi con irrigazione mediante pivot è stata in tutti i casi sia al primo che al secondo raccolto quella che ha fatto registrare piante più sviluppate in termini di biomassa ma anche in termini di altezza al primo taglio. Al secondo taglio la quantità di biomassa e le altezze delle piante irrigate con impianto a goccia è stata pari a quelle irrigate per mezzo di pivot fatto che testimonia una migliore efficacia della micro irrigazione nelle fasi finali della coltura. Per quanto riguarda la biomassa e le altezze del controllo in asciutta, questa è risultata sia nei singoli rilievi al momento delle raccolte che per il dato complessivo sempre inferiore alle tesi irrigate per il fatto che l'irrigazione influisce in maniera determinante nella costituzione delle parti vegetative della pianta. Nonostante è chiaro l'effetto positivo dell'irrigazione sui risultati vegeto

produttivi e altrettanto evidente che la coltura massimizza l'utilizzo delle precipitazioni, perché in alcuni casi come la produzione di capsule e di seme al secondo raccolto non si sono riscontrate differenze significative con metodi irrigui meno efficienti quale quello mediante l'utilizzo di sprinkler.

Terzo anno di sperimentazione

Prove di cimatura su diverse densità di impianto

Nel terzo anno di sperimentazione, annata agraria 2014-2015, si è valutata la possibilità di ridurre l'investimento di piante per ettaro a fronte di un'operazione di cimatura dell'apice vegetativo principale che dovrebbe favorire la schiusura di gemme ascellari, che potrebbero contribuire ad aumentare le rese, se trasformate in infiorescenze.

La cimatura è una tecnica agronomica ricorrente per diverse colture agrarie come zucca, melone e vite. Una possibilità di condizionamento e forzatura secondo (Cascone, 2015) è la cimatura. Questa tecnica è fondamentale per la buona riuscita della produzione di melone sia in termini qualitativi, sia in termini quantitativi. In pratica si asporta la 3a foglia, in modo che in corrispondenza delle 2 foglie rimanenti si sviluppino i getti ascellari dando vita a due apici vegetativi "secondari". La tecnica incontra delle difficoltà legate alla disponibilità di manodopera specializzata e alla maggiore permanenza in vivaio che teoricamente ne aumentano il costo.

La rimozione dell'apice vegetativo, e di un numero variabile di foglie sottostanti, acquista un significato diverso in funzione della fase fenologica in cui viene eseguita. In fase di allevamento la cimatura serve per: indurre una formazione equilibrata delle strutture che in seguito assolveranno alla funzione produttiva; privilegiare la crescita dei germogli destinati alla produzione, limitando la competizione esercitata da altri apici vegetativi. In fase di piena produzione, invece, va eseguita allo scopo di: limitare l'ingombro dimensionale della chioma; condizionare il portamento e la distribuzione della vegetazione; migliorare il microclima a livello di zone strategiche della chioma. (Berdinozzi, 2005)

Normalmente nel tabacco classico con l'operazione di cimatura viene spuntato lo stelo per accumulare le sostanze di riserva, la nicotina, su un limitato numero di foglie in modo che crescano ampie, pesanti e forti. È praticata solo su un ristretto numero di varietà destinate a produrre tabacchi forti e sostanziosi (Kentucky, Virginia). Normalmente la cimatura è fatta a mano (40-60 ore di lavoro), ma anche con macchine cimatrici montate su «trampoli» per poter passare sopra la coltura (2-3 ore di lavoro). L'effetto della cimatura sulle foglie è tanto più marcato quanto più bassa e precoce è l'operazione. Con l'eliminazione della parte apicale della pianta si provoca nel vegetale uno squilibrio auxinico per cui le gemme esistenti all'ascella delle foglie, normalmente dormienti, germogliano formando i cosiddetti «cacchi» che, se lasciati

crescere, annullerebbero l'effetto della cimatura. Dopo la cimatura, è necessario eseguire il controllo dei germogli che si originano dalle gemme situate all'ascella delle foglie e si sviluppano in conseguenza della rimozione della dominanza apicale. La presenza di germogli, infatti, determina riduzioni delle rese e peggioramento qualitativo dovuto alla bassa presenza nelle foglie di amido e di conseguenza di zuccheririduttori. La presenza di germogli, inoltre, ostacola la raccolta meccanica. La tecnica per il controllo dei germogli si basa sull'impiego di fitoregolatori ad azione di contatto (Covarelli,2003)

Nel presente lavoro si è voluto valutare l'effetto della cimatura e la conseguente interruzione del flusso auxinico che determina la dominanza apicale sui parametri di crescita quali biomassa fresca e secca, superficie fogliare e altezze. Inoltre alla raccolta su due desità di trapianto si è valutato se la schiusura delle gemme vegetative secondarie e i relativi germogli che si determinano influenzano in maniera positiva la produzione di capsule e quindi la resa a seme della coltura.

Materiali e Metodi (3° anno)

Le semine in vivaio sono state effettuate il 15 marzo 2015. La fase di nursery è stata gestita con il metodo Float System; le semine sono state effettuate in contenitori alveolati in polistirolo da 200 fori preventivamente riempiti di torba, materiale prescelto come substrato per la crescita. Durante la fase di nursery si sono effettuate 4 clippature fogliari per garantire l'irrobustimento dello stelo, evitare la competizione per la luce delle piante e quindi la conseguente filatura delle stesse. I concimi utilizzati per la crescita sono stati a base NPK 20-10-20 e nitrato di calcio. I principi attivi utilizzati rispettivamente per la difesa da insetti e crittogame sono stati imidaclopid e mancozeb, metlaxyl, propamocarb per la difesa da malattie fungine. La fase di nursery è durata 65 giorni.

La prova sperimentale è stata impostata in Campania a Calvi (BN), in un areale italiano storicamente vocato alla produzione di tabacco. Il terreno risultava di medio impasto, tendenzialmente argilloso e con buona dotazione di sostanza organica. Il campo sperimentale è stato realizzato a blocchi randomizzati per un'estensione di 600 m². Per quanto riguarda la preparazione del letto di trapianto è stata effettuata da prima un'aratura ad una profondità di 50 cm seguita da lavorazione secondaria di erpicatura al fine di ridurre la zollosità. Sempre in pre-trapianto sono state distribuite in base alle analisi del terreno 36 unità di azoto, 36 di fosforo e 51 di potassio. Inoltre in pre-trapianto sono stati interrati al suolo prodotti insetticidi (z-cipermetrina) per contrastare attacchi di elateridi e nottue terricole. Il trapianto è stato effettuato il 21 maggio 2015 meccanicamente, realizzando nei vari blocchi due densità di trapianto 3,6 e 4,8 piante al metro quadrato. Le piante sono state disposte su file distanti tra di loro 90 cm. La distanza tra le piante sulla fila è risultata essere 31 cm per la densità di 3,6 piante m⁻² e 23 cm per la densità di 4,8 piante m⁻². Il giorno seguente al trapianto è stato effettuato il diserbo mediante l'utilizzo di prodotto a base di clomazone. Per il contrasto delle malerbe si è reso necessario un intervento di estirpatura manuale successivo. Per l'irrigazione ci si è avvalsi di un irrigatore trainato dallo stesso tubo di alimentazione; si sono effettuate 10 irrigazioni durante il ciclo colturale, ognuna con 16 mm di acqua. Durante il ciclo colturale sono state effettuate 4 concimazioni azotate manuali localizzate in copertura per un totale di 160 unità di azoto. Durante la stagione sono stati effettuati 2 trattamenti fungicidi e 8 trattamenti insetticidi per la difesa delle capsule in maturazione da nottue carpofaghe e fogliari. Per le tesi cimate si è provveduto all'asportazione dell'apice vegetativo dopo circa un mese e mezzo di coltivazione il 3 luglio 2015 nella fase fenologica di levata. Durante il ciclo colturale sono stati eseguiti

alcuni rilievi per lo studio dell'evoluzione dei parametri morfologici e di crescita delle piante per valutare l'evoluzione dello sviluppo delle piante in coltivazione. In particolare si sono effettuate 4 analisi distruttive, un mese circa dopo il trapianto, un altro 12 giorni dopo la cimatura e gli altri durante il primo e il secondo raccolto a seme. Sono state rilevati i seguenti parametri: la biomassa fresca, il numero di foglie, l'altezza della pianta, la superficie fogliare e la sostanza secca della pianta; quest'ultima rilevata attraverso l'essiccazione dei campioni a 65°C per 48 ore. La superficie fogliare è stata determinata in laboratorio con lo strumento Area meter counter.

La prima raccolta a seme è stata effettuata manualmente il 6 agosto 2015 quando il 50 % delle capsule cominciava ad invaiare. Dopo circa due mesi dal primo raccolto si è provveduto, il 9 ottobre 2015, al secondo raccolto delle capsule al medesimo stadio fenologico. Durante le fasi di raccolta per ogni parcella sperimentale si sono rilevati gli stessi dati relativi al primo raccolto. Successivamente all'essiccazione delle capsule e alla vagliatura delle stesse si è determinata la resa a seme della coltura. I dati così ottenuti sono stati analizzati dal punto di vista statistico, l'analisi statistica dei dati è stata effettuata con il programma

I dati rilevati sono stati poi elaborati e analizzati statisticamente. L'analisi della varianza (ANOVA) è stata effettuata al fine di valutare le differenze produttive tra le tesi. L'analisi statistica è stata condotta con OriginPro version 8.5.1 (OriginLab, Northampton, MA). Per valutare le differenze tra i trattamenti per i parametri misurati, il confronto è stato effettuato utilizzando il test di Fisher sulla ultima differenza significativa (LSD) al livello 0,05 significatività.

Risultati (3° anno)

Andamento dei parametri di crescita:

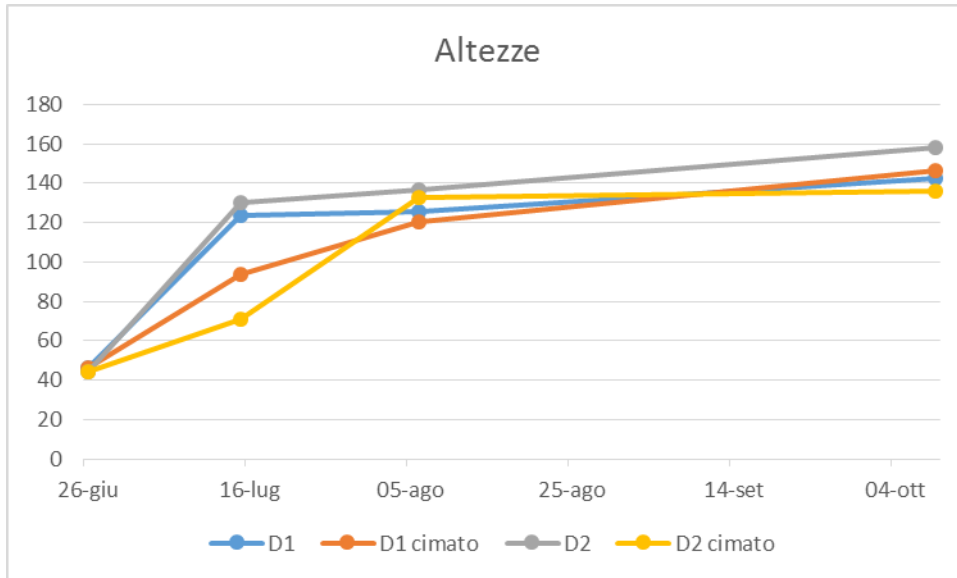


Grafico 23

Il grafico 23 mostra l'andamento delle altezze medie delle piante relative alle varie tesi sperimentali. Dall'analisi dei dati è emerso che la cimatura ha determinato nell'immediato una riduzione delle altezze ma che sia al primo e al secondo raccolto non vi erano differenze significative per quanto riguarda l'altezza tra le varie tesi.

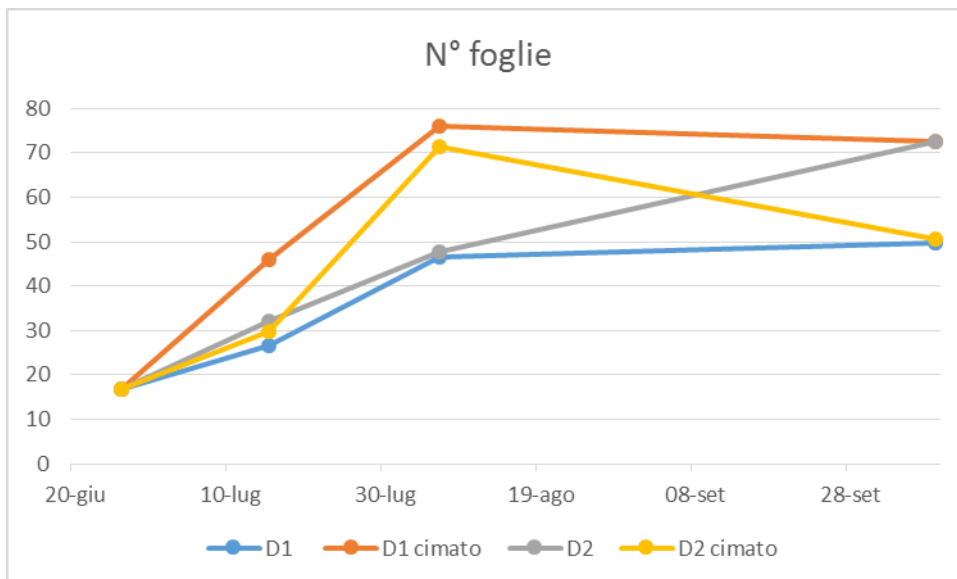


Grafico 24

Il grafico 24 mostra l'andamento delle tesi per quanto riguarda il numero di foglie delle piante

in coltivazione. Dall'analisi dei dati è emerso che la cimatura ha l'effetto di incrementare il numero di foglie fino al primo raccolto mentre è influente nel secondo raccolto. Le tesi non cimate tendono ad incrementare il numero di foglie dopo il primo raccolto in particolare nella tesi con 4,8 piante a metro quadro.

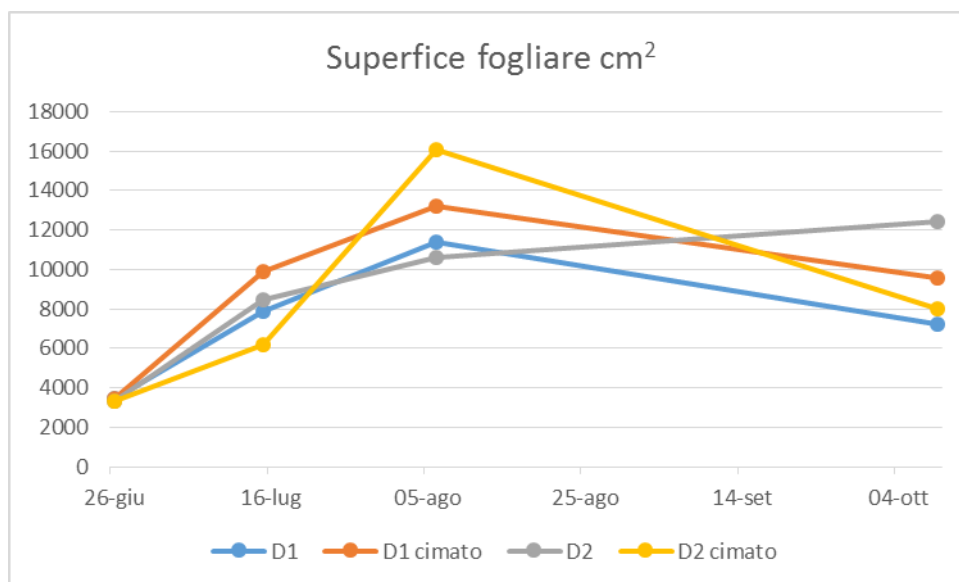


Grafico 25

Il grafico 25 mostra l'andamento delle superficie fogliari misurate durante il ciclo colturale. I dati rilevati mostrano come la cimatura ha un effetto di incremento della superficie fogliare al primo raccolto, in maniera particolare per la tesi che prevedeva 4,8 piante a metro quadrato. Al secondo raccolto per tutte le tesi si è registrato un decremento della superficie fogliare per il disseccamento delle foglie basali senescenti, tranne per la tesi non cimata con un investimento di 4,8 piante a metro quadrato.

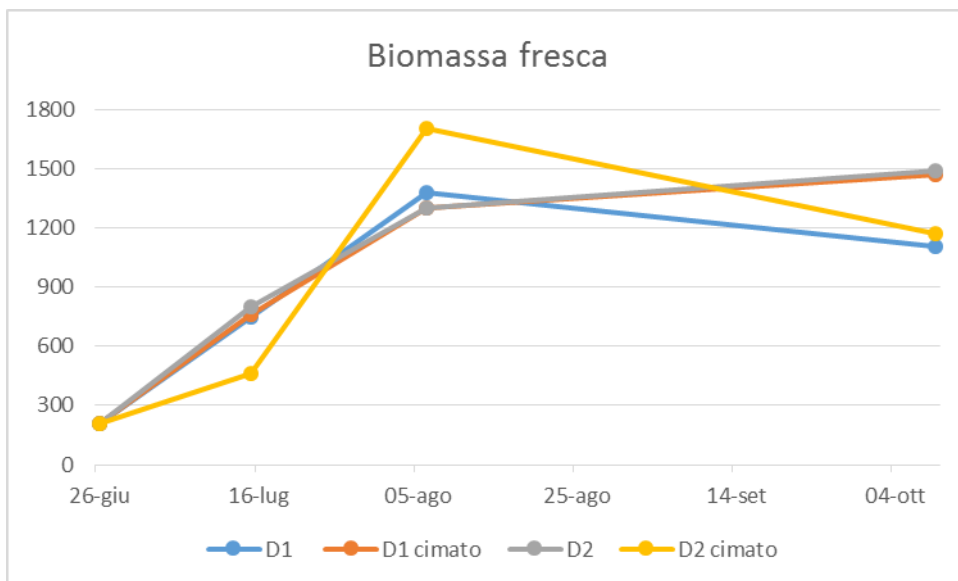


Grafico 26

Il grafico 26 mostra l'andamento della biomassa fresca vegetale delle tesi in coltivazione durante tutto il ciclo colturale. Come emerge dai rilievi solo per la tesi cimata con densità di 4,8 piante a metro quadro si è registrato un effetto della cimatura. Infatti in seguito alla cimatura le piante hanno fatto registrare un incremento di biomassa rispetto alle altre tesi, effetto che non si è avuto al secondo raccolto. D'altro canto la tesi cimata rispetto alla tesi non cimata con 3,6 piante a metro quadrato non ha fatto registrare differenze significative rispetto al controllo.

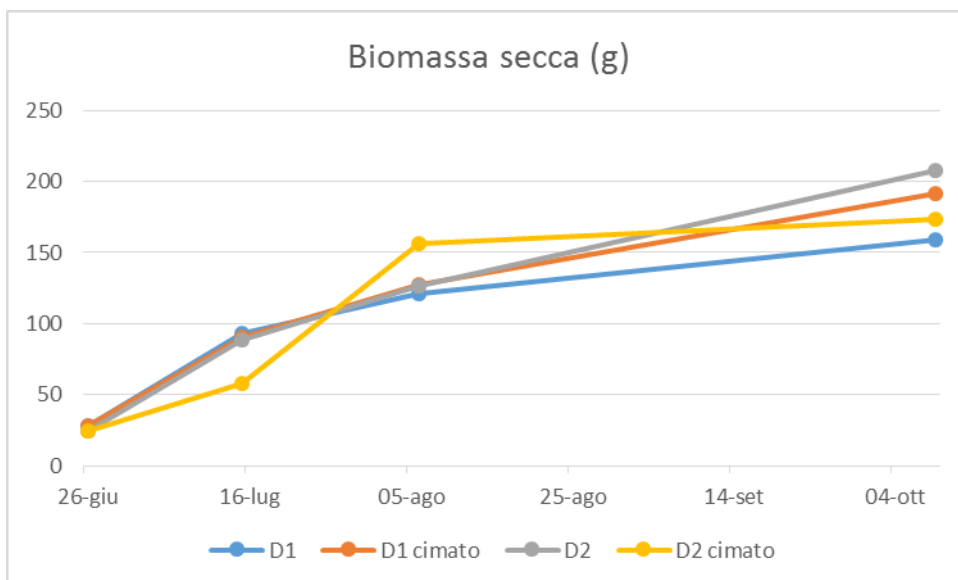


Grafico 27

Il grafico 27 mostra l'andamento dell'accumulo di sostanza secca tra le varie tesi in coltivazione. In tutte le tesi si è registrato un aumento di accumulo di sostanza secca

progressivo, anche tra il primo e il secondo raccolto. La cimatura sulla tesi con investimento di 4,8 piante a metro quadrato ha fatto registrare al primo raccolto un incremento di sostanza secca rispetto le altre tesi. Al secondo raccolto non sono state rilevate differenze significative tra le varie tesi.

Risultati produttivi:

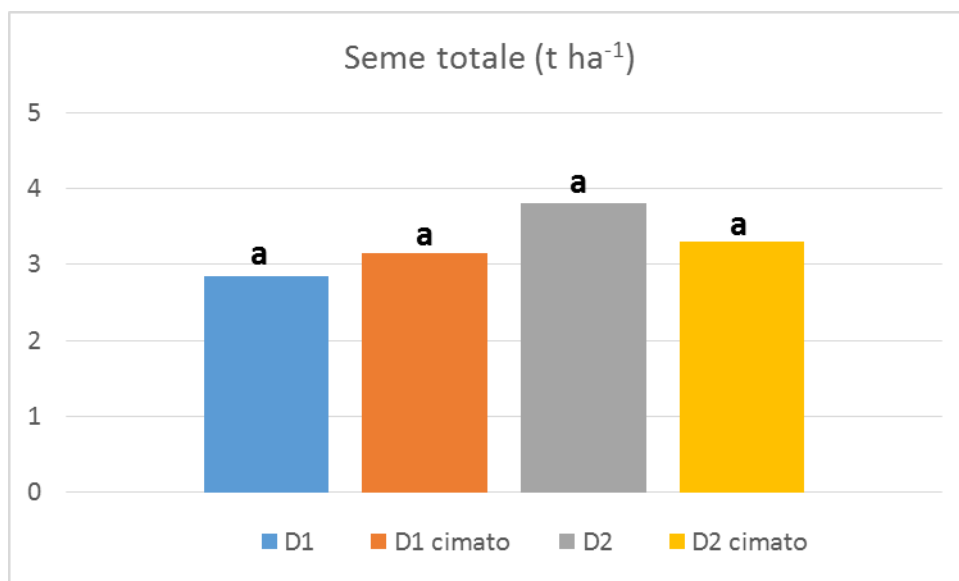


Grafico 28. Produzione di seme totale relativa al primo e al secondo raccolto.

D1: densità di coltivazione a 3,6 piante a metro quadrato; D1 cimato: piante allevate a densità di 3,6 piante a metro quadrato e cimato il 3 luglio 2015; D2: densità di coltivazione a 4,8 piante a metro quadrato; D2 cimato: piante allevate a densità di 3,6 piante a metro quadrato e cimato il 3 luglio 2015.

Il Grafico 23 illustra i risultati produttivi per quanto riguarda la produzione di seme del primo e secondo raccolto. La media produttiva delle varie parcelle si è attestata sulle 3,27 tonnellate ad ettaro e i dati tra le varie tesi non hanno riportato differenze statistiche sia tra le tesi cimato e non che tra quelle con diverse densità di trapianto. Pur senza differenze statistiche La tesi D2 cioè quella con individui allevati ad una densità di 4,8 piante a metro quadro ha prodotto circa 1 tonnellata in più rispetto a quelle allevate a 3,6 piante a metro quadro. Nelle tesi a più basso investimento di piante per ettaro la tesi cimata ha prodotto circa il 10 % in più rispetto al controllo, mentre nelle tesi a più alto investimento di piante a metro quadrato la tesi cimata ha prodotto circa il 15% in meno rispetto al controllo.

Tesi	t ha⁻¹
D1: 3,6 piante a metro quadro	1,49
D1 cimato 3,6 piante a metro quadro	1,57
D2: 4,8 piante a metro quadro	1,58
D2: cimato 4,8 piante a metro quadro	1,84

Tabella 6. Produzione di seme relativa al primo raccolto.

La tabella 6 illustra i risultati produttivi di seme registrati nelle varie tesi al primo raccolto effettuato il 6 Agosto 2015. La media produttiva è stata pari a 1,62 tonnellate ad ettaro e non si sono registrate differenze statisticamente significative tra le varie tesi. Anche non facendo registrare differenze significative dal punto di vista statistico la tesi cimata a intensità di coltivazione di 4,8 piante a metro quadrato è risultata più produttiva di circa il 15 % in più rispetto al controllo e alle altre tesi.

Tesi	t ha⁻¹
D1: 3,6 piante a metro quadro	1,35
D1 cimato 3,6 piante a metro quadro	1,57
D2: 4,8 piante a metro quadro	2,22
D2: cimato 4,8 piante a metro quadro	1,46

Tabella 7. Produzione di seme relativa al secondo raccolto.

D1: densità di coltivazione a 3,6 piante a metro quadrato; D1 cimato: piante allevate a densità di 3,6 piante a metro quadrato e cimato il 3 Luglio 2015; D2: densità di coltivazione a 4,8 piante a metro quadrato; D2 cimato: piante allevate a densità di 3,6 piante a metro quadrato e cimato il 3 Luglio 2015.

La tabella 7 illustra i dati produttivi di seme delle varie tesi relativo al secondo raccolto. La media produttiva delle varie tesi è risultata di 1,65 tonnellate ad ettaro. Dall'analisi statistica non è emersa alcuna differenza statistica tra le tesi, le produzioni sono state inferiori di poco o uguali al primo raccolto tranne che per il controllo della tesi con un investimento di 4,8 piante a metro quadro che ha prodotto 0,6 tonnellate circa in più nel secondo raccolto. Anche non presentando differenze significative dal punto di vista statistico la tesi D2 ha prodotto per il secondo raccolto a seme circa il 33% in più rispetto alla media delle altre prove sperimentali.

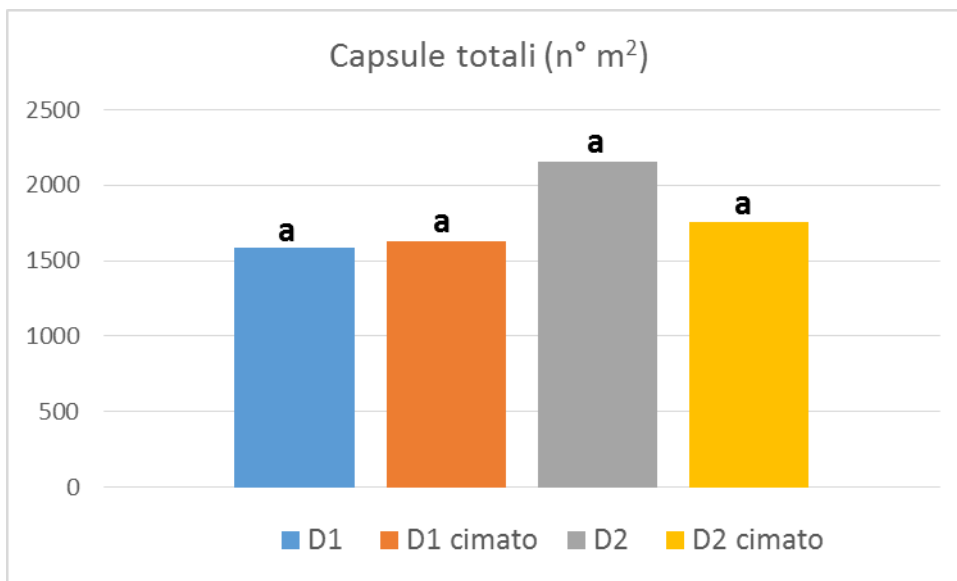


Grafico 26. Produzione di capsule totali relativa al primo e al secondo raccolto.

D1: densità di coltivazione a 3,6 piante a metro quadrato; **D1 cimato:** piante allevate a densità di 3,6 piante a metro quadrato e cimato il 3 Luglio 2015; **D2:** densità di coltivazione a 4,8 piante a metro quadrato; **D2 cimato:** piante allevate a densità di 3,6 piante a metro quadrato e cimato il 3 Luglio 2015.

Il Grafico 26 mostra la produzione a metro quadrato di coltivazione di capsule complessiva del primo e del secondo raccolto registrata per le varie tesi. La media produttiva delle varie tesi si è attestata a 1781 capsule a metro quadrato, mentre le tesi non hanno mostrato differenze statistiche tra di loro. Seppur simile alle altre tesi dal punto di vista statistico, le tesi con maggior investimento di piante per metro quadrato hanno prodotto complessivamente maggiormente rispetto a quelle con minor investimento di piante, in particolar modo il controllo non cimato che ha fatto registrare produzioni di capsule del 20 % superiori rispetto alla media.

Tesi	n° capsule m ⁻²
D1: 3,6 piante a metro quadro	1004
D1 cimato 3,6 piante a metro quadro	810
D2: 4,8 piante a metro quadro	989
D2: cimato 4,8 piante a metro quadro	989

Tabella 8.. Produzione di capsule relativa al primo raccolto.

La tabella 8. mostra la produzione di capsule per metro quadrato delle varie tesi al primo raccolto. Dall'analisi statistica dei dati non è emersa alcuna differenza tra le varie tesi in esame,

la media produttiva di capsule al primo raccolto tra le tesi è stata di 948 capsule a metro quadro. Anche se non con differenze statistiche la tesi a basso investimento di piante e cimata ha prodotto circa il 10% in meno rispetto alla media mentre le altre tesi si sono distribuite tutte seppur di poco al di sopra della media.

Tesi	n° capsule m⁻²
D1: 3,6 piante a metro quadro	582
D1 cimato 3,6 piante a metro quadro	820
D2: 4,8 piante a metro quadro	1165
D2: cimato 4,8 piante a metro quadro	766

Tabella 9.. Produzione di capsule relativa al secondo raccolto.

La tabella 9 descrive la produzione di capsule a metro quadro media registrata alla seconda raccolta. L'analisi statistica non ha evidenziato differenze statistiche tra le tesi, la media produttiva di capsule a metro quadro è stata di 833 capsule m². Pur non mostrando differenze statisticamente significative il controllo con più alto investimento di piante e non cimato è stato più produttivo rispetto alla media di circa il 40 % rispetto alla media, mentre il controllo non cimato con bassa densità di impianto non cimato ha prodotto circa il 40% in meno rispetto alla media.

Discussione (3° anno)

Il terzo anno di sperimentazione ha confermato la potenzialità produttiva della coltura nell'areale del sud Italia. Infatti la resa a seme è stata di poco inferiore alle 4 tonnellate ad ettaro per l'intero ciclo colturale comprensivo delle due raccolte, dato positivo alla luce dell'eccessiva siccità che ha caratterizzato la stagione 2015. La riduzione della densità di trapianto ha dato risultati paragonabili alle parcelle con alto investimento di piante per ettaro, tuttavia il controllo con 4,8 piante a metro quadro ha prodotto in maniera leggermente superiore rispetto al controllo con 3,6 piante a metroquadrato soprattutto sul secondo raccolto dove il numero di capsule è stato maggiore per la tesi ad alta densità. Pertanto probabilmente è potrebbe essere possibile ridurre l'investimento di piante per ettaro ma non in maniera drastica, quindi sarebbe opportuno per il futuro sperimentare la densità di 4 piante a metro quadrato. Dal monitoraggio dei parametri di crescita è emerso che la cimatura effettuata in levata soprattutto per piante allevate con alta densità stimola la produzione di biomassa e l'accumulo di sostanza secca. Inoltre è evidente per le tesi cimate come la cimatura provochi un aumento del numero di foglie e della superficie fogliare al primo raccolto per la tesi cimata con densità di 4,8 piante a metro quadrato. Non è stato rilevato alcun effetto della cimatura effettuato in levata per i parametri di crescita rilevati al secondo raccolto. Pur incrementando i parametri di crescita in termini di biomassa, sostanza secca, numero di foglie e superficie fogliare al primo raccolto non sono stati rilevati incrementi produttivi significativi per quanto riguarda il numero di capsule e la resa di seme relativa al primo raccolto. Pertanto la cimatura in levata su tabacco allevato per la produzione di seme nell'areale campano del sud Italia è da considerarsi una tecnica onerosa che non comporta incrementi significativi di resa.

Conclusioni

La sperimentazione su *Nicotiana tabacum* L. è stata portata avanti per tre anni consecutivi dalla Sunchem Holding Srl. in diversi areali di coltivazione. Lo scopo è stato di verificare le potenzialità produttive della coltura al variare di alcune tecniche agronomiche. Nel primo anno sono stati messi a confronto dieci areali in tre continenti. Nel secondo anno sono state confrontate tre metodi di irrigazione; il terzo anno di sperimentazione è stato condotto solo in Italia, confrontando la tecnica di cimatura con due diverse densità di trapianto.

Il presente studio ha dimostrato la validità del *Nicotiana tabacum* quale coltura energetica. Pertanto sarebbe opportuno approfondire questi primi studi con ulteriori prove agronomiche e di miglioramento genetico che portino all'introduzione commerciale di una nuova opzione produttiva per l'agricoltura mondiale.

La specie *Nicotiana tabacum* L., selezionata per la produzione di seme, si è dimostrata in alcuni casi un competitor delle colture oleaginose, soprattutto negli areali più favorevoli come quello del Limpopo (Sud Africa) caratterizzato da un clima semi arido caldo: un terzo raccolto a seme ha permesso di ottenere una produzione di più di 6 tonnellate di seme ad ettaro, equivalente ad una resa di 2 tonnellate di olio per ettaro per stagione. Anche negli areali a clima temperato si è riusciti ad ottenere in alcuni casi il terzo taglio, quindi una produzione accettabile e potenzialmente paragonabile a quella delle altre colture competitor per la produzione di olio.

Durante il primo anno sperimentale nei climi tropicali tipici della savana non si è arrivati al terzo raccolto per via di problemi legati alla difesa della coltura. Le difficoltà legate alla difesa da nematodi e da nottue fogliari, che attaccano il fiore e le capsule in formazione e ormai mature, ha fatto emergere che il tabacco allevato per la produzione di seme non è una coltura rustica e che necessita di conoscenze appropriate e di rilevanti accorgimenti tecnici per la difesa colturale.

Nel secondo anno di sperimentazione si è valutata la performance produttiva della coltura con vari sistemi di irrigazione e in asciutta nella regione del Limpopo in Sud Africa. La coltura di tabacco per la produzione di seme è in grado di sfruttare adeguatamente le precipitazioni. Tuttavia, la coltura necessita di un supporto irriguo per l'ottenimento di rese elevate ed economicamente convenienti. Le tecniche irrigue che hanno fatto registrare le migliori performance produttive sono state la microirrigazione, mediante impianto a goccia, e il Pivot. La

prima ha ottenuto i migliori risultati nella seconda parte della stagione mentre il Pivot ha reso meglio nella prima parte della stagione. Pertanto sarebbe opportuno sperimentare in futuro una tecnica mista che prevede l'utilizzo della tecnica di aspersione nella prima fase di coltivazione e microirrigazione nelle fasi successive.

Il terzo anno di sperimentazione a Calvi in provincia di Benevento ha confermato il dato produttivo della coltura nel Sud Italia (3.6 t ha⁻¹, con due raccolte a seme); il risultato è particolarmente positivo anche in considerazione della bassa piovosità registrata durante la stagione di crescita.

La sperimentazione della cimatura a inizio levata non ha portato al risultato sperato, cioè quello di stimolare la produzione di nuovi germogli per incrementare il numero di capsule e quindi il contenuto delle stesse in termini di seme. Pertanto la tecnica della cimatura, essendo una pratica onerosa e non portando ad un incremento significativo delle rese in termini di aumento di produzione di capsule e di produzione di seme, non si è rilevata conveniente dal punto di vista agronomico.

La riduzione dell'investimento di piante a metro quadrato non ha dato risultati univoci. Pertanto è opportuno, per future sperimentazioni, valutare la riduzione della densità di trapianto con un maggior controllo di tutti i fattori limitanti la produzione.

Bibliografia- *Nicotiana tabacum* L.

- Alberta Agriculture and Rural Development. 2000. Greenhouse Gas Emissions and Alberta's Cropping Industry – Things You Need to Know.
- ASDRUBALI F., 2008. Energia dalle Biomasse.
- ATTRA. 2009. National Sustainable Agriculture Information - Agriculture, Climate Change and Carbon Sequestration, pag. 7.
- BALDINI R., GIARDINI L., 1989. Coltivazioni erbacee, Patron Editore.
- BANFI E., CONSOLINO F., 2000. La Flora Mediterranea. Novara, De Agostini
- Bertinozzi F., 2005. Quando e come si effettua la potatura verde della vite. Terra e vita, pag. 90
- BEUCHAT A., 1993. Tabacco. Il controllo dei parassiti. Terra e Vita 8: 105-108
- CANESTRALE R., SELMI C., 2007. Energia da biomasse vegetali: Analisi della fattibilità tecnica ed economica. Il Divulgatore n° 1-2: 13-44.
- CASCONE V., 2015. Tre cimature per forzare il melone. Colture protette, n. 4: 31-32.
- COMES O., 1989. Monogr. du genre *Nicotiana*, Napoli 1899
- CONTI F., ABBATE G., ALESSANDRINI A., BLASI C., 2005. An Annotated Checklist of the Italian Vascular Flora. Roma, Palombi Editori.
- Covarelli G., 2003. Qualità e tecnica colturale in Tabacco Virginia. Il Tabacco Italiano 10, 36: 7-13.
- CRISTANINI G., 2005. Il tabacco Virginia Bright, una produzione responsabile e competitiva, ARVAN Editore.
- DI MARIO F., BRACCIO G., PIGNATELLI V., COLONNA N., ZIMBARDI F., 2011. Quaderno ENEA Biomasse e Bioenergia.
- Direttiva UE, 2008. Promozione e uso di fonti di energia rinnovabili, articolo 1.
- ENEA, 2011. Quaderno biomasse e bioenergia. Ente nazionale economia agraria, pag. 10.
- EPA. 2008. Carbon Sequestration in Agriculture and Forestry. The Future of Coal: Options for

- a Carbon-Constrained World , Exit EPA Disclaimer Massachusetts Institute of Technology.
- Dunal F., 1852. Manuale di Botanica Sistemtica in A. De Candolle, Prodr. Syst. Natur. Regni Veget., XIII; Parigi 1852, p. 556 segg.;
- FANFANI R., PARODI G., 2012. Le colture dedicate, effetti non solo ambientali Dipartimento di Scienze statistiche Università di Bologna. Ecoscienza N° 1.
- FOGHER C., DI NORSCIA N., TOMMASINI S., 2011. Developing tobacco's potential as a novel, high-yielding, renewable energy plant , International News on Fats, Oils and Related Materials, Volume 22, Issue 10, Pages 631-634
- BARCACCIA G., FALCINELLI M., 2005. Manuale di Genetica e Genomica, vol II pg 107
- IPCC. 2007. Climate Change 2007. Agriculture. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)].
- JACKSON G., MILLER J., 2005. Effect of nitrogen, phosphorus and sulfur on yield, oil content, and oil quality of camelina. American journal Pg 12-15
- ROSSI L., FUSI E., BALDI G., FOGHER C., CHELI F., BALDI A., DELL'ORTO V., 2013. Tobacco Seeds By-Product as Protein Source for Piglets. *Open Journal of Veterinary Medicine*, Vol. 3 No. 1: 73-78.
- PIGNATTI S., 1982 - Flora d'Italia. Bologna, Edagricole
- REDAZIONE SCIENTIFICA RIZZOLI, 1984. Dizionario di Botanica. Milano, Rizzoli Editore
- Rodale Institute. 2008. Regenerative Organic Farming: A Solution to Global Warming.
- SANNINO L., 2000. La difesa del tabacco dai parassiti animali nel Lecce, Il Tabacco: 67-69
- SANTONOCETO C., 2014. Introduzione alle colture erbacee oleaginose, Dispense del corso di coltivazioni erbacee pp 5-7
- SCHULTZE. D. Nature Geoscience, 2009. Importance of methane and nitrous oxide for Europe's terrestrial greenhouse-gas balance. pg 72-73
- STRAHLER A.N., 1993. Manuale di Geografia fisica, pg 83 Piccin
- WCCA, Atti del World Congress on Conservation Agriculture, Madrid, 2001.

Ringraziamenti

Per il presente lavoro vorrei ringraziare

- i proff. Arturo Alvino e Stefano Marino per l'attività di tutoraggio
- Il prof. Pasquale trematerra per l'attività di coordinamento.
- Sunchem holding s.r.l. e le varie aziende partner per la messa a disposizione dei dati produttivi del tabacco da seme.
- Molise Geodetica per la messa a disposizione del drone e del personale.
- L'azienda Tulli cereali per aver ospitato e condotto la prova sperimentale.
- Il CRA di Napoli (ex istituto sperimentale per le colture alternative al tabacco) per aver condotto e ospitato la prova di Calvi su tabacco.

Inoltre vorrei ringraziare la mia famiglia e i miei amici per avermi supportato in questi anni di studio e lavoro.