

# **ALLEGATO N.2**

**Tabacco: uso di antiossidanti e risparmio idrico**  
**(POOL TAB)**

**RELAZIONE FINALE**

**Unità Operativa 2 (U.O. 2)**

*Prof. Giuseppe FRENGUELLI*

*Dott.ssa Emma TEDESCHINI*

*Dott.ssa Veronica TIMORATO*

**Progetto 2013-2015**

## **1\_Breve descrizione del progetto**

Il progetto POOL TAB si pone come obiettivo l'utilizzo di una tecnica innovativa nell'ambito della filiera produttiva del tabacco in grado di fornire un prodotto qualitativamente e quantitativamente competitivo, riducendo e ottimizzando i costi di produzione. Irrigazione, manodopera e concimazione sono diventati, pertanto, il fulcro del disegno sperimentale POOL TAB in quanto principali responsabili dell'ingente spesa a carico dei tabacchicoltori per la coltivazione di *Nicotiana tabaccum*. Nello specifico, il protocollo proposto consiste nella somministrazione, di un pool di antiossidanti aggiunta in soluzione all'acqua di irrigazione. Il complesso di antiossidanti ha come elemento Selenio in forma inorganica. La scelta del Selenio è giustificata dal potere antiossidante di questo microelemento, in grado di promuovere la crescita nelle piante e ritardarne la senescenza attraverso molteplici meccanismi, tra cui inibizione della perossidazione lipidica e stimolazione dell'attività della glutatione perossidasi (GSH-Px). Il progetto si propone, quindi, di verificare tali effetti in *Nicotiana tabaccum* nell'arco temporale di 24 mesi. Il pool di elementi somministrato secondo l'esperienze sperimentali condotte dalla U.O.2 dovrebbe esercitare azione antiossidante, tanto da innalzare la resistenza del tabacco allo stress idrico, permettendo loro di sopravvivere e crescere anche in condizione di un apporto idrico ridotto rispetto al regime normalmente operato in azienda. L'azione antiossidante attesa dovrebbe esplicarsi in una sorta di protezione delle piante nei confronti delle alterazioni metaboliche che si instaurano a seguito dello stress idrico evitando pertanto, l'insorgenza di deterioramenti fisio-morfo-biologici che caratterizzano in particolare le foglie di tabacco sottoposte a questa condizione. Il trattamento inoltre dovrebbe ritardare l'entrata in senescenza delle foglie consentendo magari di effettuare la raccolta in un'unica *tranche*. I risultati attesi dalla introduzione della innovazione proposta nella filiera produttiva del tabacco porterebbe ad un evidente vantaggio economico diretto in termini di risparmio nel consumo di acqua e di manodopera oltre un vantaggio ambientale indiretto, nei termini di un uso ottimale e consapevole del suolo e delle risorse naturali. Per raggiungere verificare questi obiettivi la U.O.2 ha incentrato l'attività in campo e in laboratorio per valutare secondo i protocolli scientifici, crescita, stato di salute e morfologia delle piante con particolare attenzione allo sviluppo dell'apparato radicale perché coinvolto nell'assorbimento idrico quindi, allo sviluppo fogliare perché rappresenta la resa commerciale di questa filiera produttiva e perché, le foglie, sono la sede di processi metabolici fondamentali per la crescita e il normale sviluppo delle piante. Per valutare il tasso di traspirazione e fotosintesi sono stati analizzati gli scambi gassosi direttamente sulle foglie in pieno campo mentre il tasso di carbonio accumulato è stato analizzato su un pari numero di campioni fogliari trasportato in laboratorio.

Il progetto ha coinvolto 5 Unità Operative (U.O.): Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali e Dipartimento di Biotecnologie Agrarie e Ambientali dell'Università degli Studi di Perugia con due gruppi di ricerca (U.O.1 e U.O.2), il Parco Tecnologico Agroambientale dell'Umbria (3A), la Coop. Tabacchicoltori di Trevi nel ruolo di capofila e l'Azienda tabacchicola Soccolini Alessandro. Le cultivars sottoposte allo studio sono di origine nordamericana e di particolare rilevanza commerciale: Bright (flue cured) e Kentucky (fire cured).

## **2\_ Siti Sperimentali**

Nel 2013 le prove sono state condotte come da protocollo nei 2 siti aziendali partner del progetto, di seguito segnalate (A e B), localizzati rispettivamente in Fratta Todina (PG), e Trevi (PG) le prove sono state effettuate sulle cultivars Bright e Kentucky. Mentre per il secondo anno, per testare il trattamento in condizioni di reale deficit idrico, alle prove in campo sono state affiancate prove parallele in un serra. L'aggiunta del sito controllato nel 2014, è stata indispensabile causa della straordinaria abbondanza di precipitazioni che ha caratterizzato la seconda metà di luglio e tutto il mese di agosto; questa estate così fuori norma avrebbe ovviamente inficiato le prove di stress idrico, quindi l'obiettivo del progetto. Per questo si è preferito aggiungere come terzo sito sperimentale la serra del DSA3 dove le piante di tabacco sono state fatte crescere in vaso secondo le specifiche del protocollo applicato in campo ma con la certezza dell'istaurarsi del stato deficit idrico. Per il 2014 sono riportati i risultati dei siti A, B, C

### **Sito Sperimentale A**

<b>Localizzazione</b>	Fratta Todina (PG) 42°51'00"N 12°22'00"E (215 m s.l.m.) Azienda Agricola Soccolini Alessandro
<b>Cultivar</b>	Bright
<b>Coltivazione</b>	In campo
<b>Densità impianto</b>	25230 piante/ettaro
<b>Tesi (4)</b>	NON trattato IRR/ NON IRR TRATTATO IRR/ NON IRR
<b>Trattamento</b>	Agosto 2013
<b>Trattamento</b>	Agosto 2014
<b>Data Raccolta</b>	
<b>Trattamento irriguo</b>	A goccia
<b>Tecnica di allevamento</b>	Americana (cimatura, raccolta e cura a pianta)

Il sito sperimentale A (Fig. 1) è localizzato a Fratta Todina (PG), nei terreni appartenenti all'Azienda Agricola di Soccolini Alessandro, ed è fornito di impianto di irrigazione a goccia. L'area sottoposta allo studio è stata suddivisa in 4 settori (Tab. 1; Fig. 2), ciascuno dedito ad una tesi sperimentale ed avente un'estensione superficiale di circa 1000-1050 m<sup>2</sup>.



**Figura 1:** Sito sperimentale A (Immagine Google Earth)



**Data Raccolta****Trattamento irriguo**

A goccia

**Tecnica di allevamento**

Americana (cimatura, raccolta e cura a pianta)

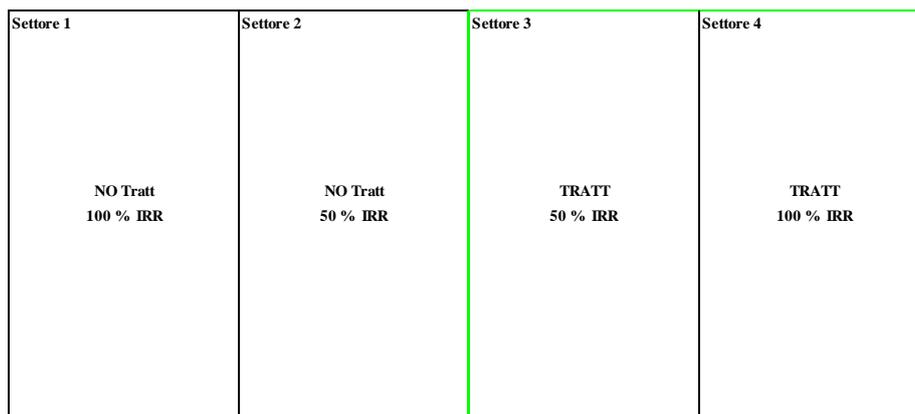
Il sito sperimentale B (Fig. 3) è localizzato a Trevi (PG), nei terreni appartenenti all'Azienda Zootecnica di Trevi, ed è fornito di impianto di irrigazione a goccia. Tale area è stata suddivisa inizialmente in 2 grandi blocchi (NON TRATTATO/TRATTATO), ciascuno corrispondente a 1 ettaro di superficie ed equamente suddiviso in 2 sottoaree (50 % IRR/ e 100% IRR), in modo da individuare complessivamente 4 settori corrispondenti alle 4 tesi sperimentali (Tab. 3; Fig. 4)



**Figura 3:** Sito sperimentale B (Immagine Google Earth)

Settore	TRATTAMENTO	IRRIGAZIONE	
		50%	100%
1			X
2		X	
3	X	X	
4	X		X

**Tabella 3:** Schema relativo al protocollo di sperimentazione iniziale

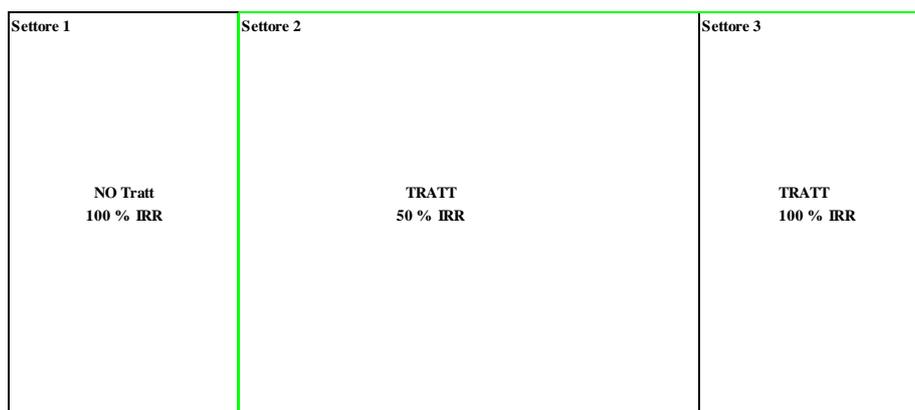


**Figura 4:** Visione schematica iniziale del Sito sperimentale B

Successivamente è stata osservata una modifica dello schema sperimentale adottata per necessità aziendali. Nello specifico, nel corso del 2014, il numero dei settori (e, quindi, delle tesi) è stato ridotto da 4 a 3 (Tab. 4, Fig. 5)

Settore	TRATTAMENTO	IRRIGAZIONE 50%	IRRIGAZIONE 100%
1			X
2	X	X	
3	X		X

**Tabella 4:** Schema relativo al protocollo di sperimentazione del 29 Agosto 2014.



**Figura 5:** Visione schematica definitiva del 29/08/2014 - Sito sperimentale B

## Sito Sperimentale C

<b>Localizzazione</b>	Perugia 43°06'43.56"N 12°23'19.68"E (494 m s.l.m.) DSA3 - Università degli Studi di Perugia
<b>Cultivar</b>	Bright
<b>Coltivazione</b>	In serra
<b>Data prelievo</b>	29/07/2014
<b>Data trapianto</b>	_____
<b>Tesi (4)</b>	NON trattato IRR/NON IRR TRATTATO IRR/NON IRR
<b>Data Trattamento</b>	_____
<b>Trattamento irriguo</b>	Classico - Controllato

Il sito sperimentale C (Fig. 6) è localizzato a Perugia (PG), all'interno della struttura del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali (DSA3 – ex Facoltà di Agraria). A differenza del sito A e del sito B, le piantine sottoposte allo studio sono state trapiantate in vaso e collocate all'interno di una serra allo scopo di controllarne il regime idrico delle piante per indurre lo stato di stress idrico. I campioni trapiantati consistono in 12 piantine derivanti dal sito A, da cui sono state prelevate in data 29/07/2014. Tali piantine, appartenenti quindi alla cultivar Bright, sono state divise in 4 gruppi, ciascuno costituito da 3 campioni e rappresenta una tesi sperimentale (Tab. 5). Il trattamento, effettuato somministrando la soluzione di antiossidanti come previsto dal protocollo in campo.



**Figura 6:** Sito sperimentale C (Immagine Google Earth)

Gruppo	TRATTAMENTO	STRESS IDRICO
1	X	
2	X	X
3		
4		X

**Tabella 5:** Schema relativo al protocollo di sperimentazione in serra (Settembre 2014).

### 3\_Indagini

Nell'ambito del Progetto POOL TAB, il ruolo principale della U.O. 2 è consistito nella valutazione della fase fenologica, dello sviluppo vegetativo, della produttività e delle caratteristiche biometriche delle foglie delle piante di *Nicotiana tabaccum*, dando particolare rilievo all'analisi dell'efficienza produttiva, da intendersi come sviluppo e numero delle foglie, alla integrità e consistenza della lamina e alla maturazione delle stesse. Questi sono i principali parametri su cui agisce negativamente lo stress idrico e su cui il Pool di antiossidanti, secondo le ipotesi del progetto, interviene esercitando azione di prevenzione, protezione e/o recupero.

#### Piantine in campo

- **Analisi Morfologica**

In tutti i siti sperimentali, i campioni sono stati sottoposti a un'osservazione macroscopica, volta ad individuare eventuali differenze morfologiche tra le piantine controllo (non trattate) e le piantine sottoposte a trattamento con il pool di antiossidanti. Dall'indagine è emersa l'assenza di anomalie cromatiche o di altro tipo riconducibili alla somministrazione di antiossidanti. Controlli e Trattati sono apparsi perfettamente analoghi (Fig. 7) dimostrando, in particolare, l'innocuità del trattamento sulla morfologia dell'elemento di maggiore interesse commerciale; le foglie di tabacco. In altri termini, il primo dato certo è che il pool di antiossidanti utilizzato non danneggia le foglie del tabacco.

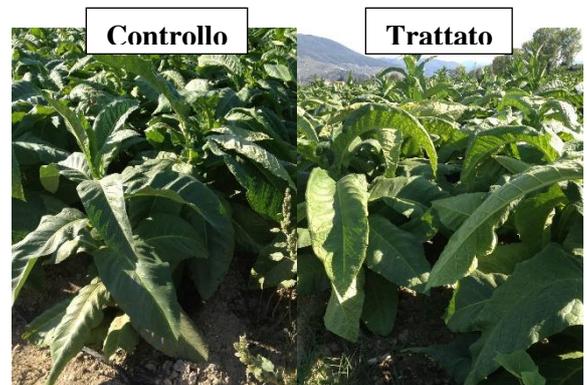


Figura 7: Confronto morfologico tra piantine Non Trattate (controllo) e piantine trattate.

- **Analisi Biometrica**

Sono stati analizzati diversi parametri biometrici nei 2 casi limiti: 0% IRR (no irrigazione) e 100% IRR (irrigazione completa). In particolare sono stati calcolati: N° tot delle foglie, Peso delle Foglie, Lunghezza e Larghezza delle foglie, Area Fogliare. La scelta di tali parametri è

dettata dal fatto che, dalla loro analisi, è possibile ottenere informazioni sul tasso di accrescimento della pianta e, indirettamente, su eventuali condizioni di stress in atto. I valori migliori sono stati riscontrati nel settore trattato e irrigato secondo le normali pratiche aziendali (100% IRR) (Tab. 6 a, b). Il risultato sembra scontato e irrilevante ma, in realtà, è di grande interesse commerciale se confrontato con i dati ottenuti dal controllo (100% IRR ma non trattato). Al controllo infatti, era stata dedicato un settore aziendale in cui il terreno aveva subito, come da prassi, fertilizzazione organica. **Da ciò si desume un'azione benefica dell'antiossidante che si esprime anche in condizioni idriche normali quindi, non necessariamente e solo come riparatore di uno stato di stress.** Le foglie del trattato hanno caratteristiche morfo-biometriche migliori, gli esemplari saranno quindi potenzialmente più produttivi in quanto un'area fogliare maggiore indica una superficie più estesa per intercettare la sorgente luminosa di conseguenza una fotosintesi più efficiente. Questo è stato un risultato inatteso ma che in termini di economia aziendale porterebbe ad un risparmio anche, nell'impiego di fertilizzanti con in più benefici eco-ambientali non trascurabili.

a)

	100% IRR		0% IRR	
	NON TRATTATO	TRATTATO	NON TRATTATO	TRATTATO
<i>N° tot foglie</i>	17	20	6	9
<i>Peso foglia (g)</i>	10,08	14,31	4,21	4,89
<i>Largh.foglia (cm)</i>	27,6	37	20,6	20,4
<i>Lungh. foglia (cm)</i>	62,2	71,5	39,2	44,5
<i>Area fogliare (cm<sup>2</sup>)</i>	1242,77	1762,9	518,33	602,37

↓

**Terreno Fertilizzato**

b)

	TRATTATI	
	100 % IRR	0 % IRR
<i>N° tot foglie</i>	+3	+3
<i>Peso foglia (g)</i>	+4,22	+0,68
<i>Largh.foglia (cm)</i>	+9,4	-0,2
<i>Lungh. foglia (cm)</i>	+9,3	+5,3
<i>Area fogliare (cm<sup>2</sup>)</i>	+520,13	+82,8

**Tabella 6:** a) Dati analisi biometriche (valori medi); b) Confronto dati con i corrispondenti controlli (rispettivamente 100% IRR e 0% NON TRATTATI)

- **Sviluppo Vegetativo e analisi della Produttività**

Tra i vari elementi analizzanti, il parametro di rilevanza maggiore è il *Leaf Area Index* (L.A.I.), calcolato secondo la formula *Area Fogliare Totale / Area Proiettata sul terreno*. Nello specifico, il L.A.I. misura l'interfaccia aria-pianta, motivo per cui viene spesso definito Area Fotosinteticamente Attiva. La stima di tale parametro permette quindi di analizzare, indirettamente, l'entità di gran parte dei processi fisiologici in quanto il suo valore risulta influenzato da numerosi fattori, tra cui: altezza della pianta, fillotassi e caratteristiche delle foglie (numero, dimensioni e forma). Analogamente a quanto emerso dall'analisi dell'area fogliare, indipendentemente dal regime idrico, i valori più elevati si riscontrano nelle piantine sottoposte al trattamento con pool di antiossidanti (Tab. 7 a, b; Fig. 8).

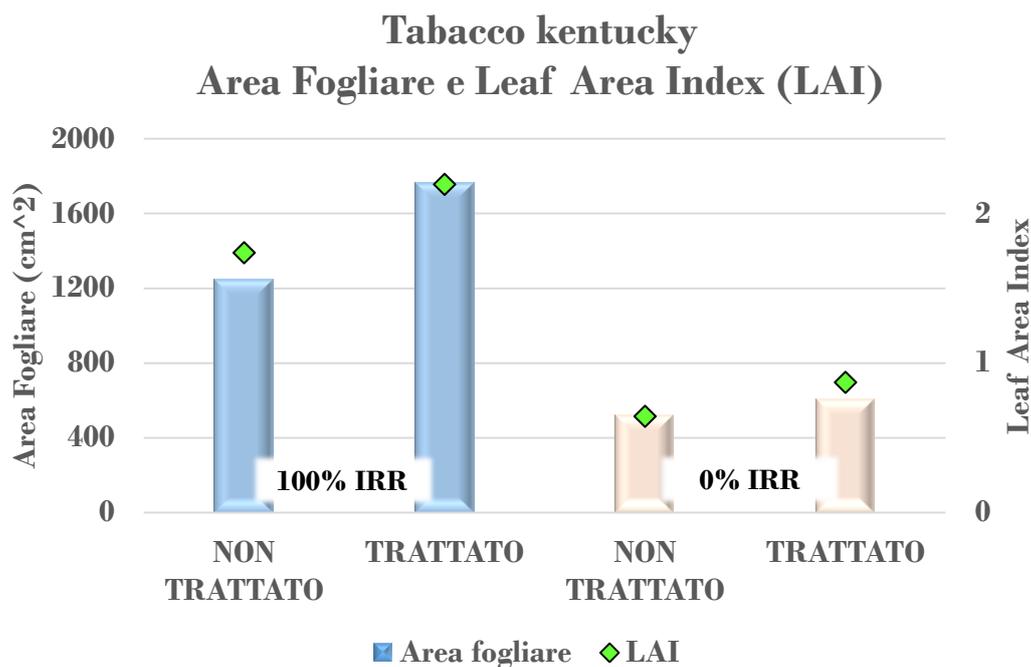
a)

		LAI
100% IRR	NON TRATTATO	1,74
	TRATTATO	2,20
0% IRR	NON TRATTATO	0,64
	TRATTATO	0,87

b)

TRATTATI	100% IRR	0% IRR
Area fogliare (cm <sup>2</sup> )	+520,13	+82,80
LAI	+0,46	+0,23

**Tabella 7:** a) Valori medi LAI; b) Confronto dati LAI e Area Fogliare con i corrispondenti controlli (rispettivamente 100% IRR e 0% NON TRATTATI)



**Figura 8:** Confronto dati LAI e Area Fogliare nelle diverse tesi

- **Analisi Apparato Radicale**

Campioni random del Controllo e Trattato sono stati accuratamente rimossi dal terreno al fine di studiarne l'apparato radicale (Fig. 9). Dall'indagine è emerso che le piantine Controllo presentavano una radice principale sviluppata in profondità e un numero relativamente ridotto ramificazioni laterali. Mentre gli esemplari del Trattato mostravano un apparato radicale alla radice principale molto ramificata con uno sviluppo orizzontale particolarmente accentuato delle radici laterali quindi morfologicamente determina un palco radicale ampio e dotato di una fittissima rete di sottili peli radicali. **Tale differenza dimostra che l'antiossidante ha indotto una crescita cellulare endogena come strategia per captare l'acqua superficiale nel caso di esigue precipitazioni dove l'acqua è destinata a rimanere nei primi strati del terreno.**



**Figura 9:** Differenze apparato radicale campioni Controllo e Trattati

- **Analisi Scambi Gassosi**

Mediante strumentazione ADC Ciras è stato possibile analizzare gli scambi a livello delle foglie mature, focalizzando le indagini nei settori sottoposti a trattamento e tenendo conto dei diversi regimi di irrigazione. Nello specifico, sono state indagate le aree sottoposte a 100% IRR (irrigate secondo le normali strategie aziendali) e 50% IRR (riceventi la metà dell'acqua prevista), i cui dati sono stati confrontati con il settore controllo (100% IRR- NO TRATT). Particolare peso è stato dato ai valori relativi a Fotosintesi, Evaporation Rate e Conduttanza Stomatica, principali indici di benessere e produttività della pianta. Dall'indagine è emerso che i risultati migliori si ottenevano nei settori Trattati e IRR al 50% (Tab.8 a, b). **Questo risultato rappresenta il “goal” principale del progetto, un risultato di considerevole interesse applicativo poiché indica la possibilità di ottenere piante anche migliori dal punto di vista fisiologico, utilizzando la metà dell'acqua rispetto alla quantità standardizzata dalla prassi tecnica per questa coltivazione.**

a)

Settore	Tesi	Fotosintesi	Evaporation Rate	Cond. Stom
1	NO TRATT IRR	7,7	2,1	99,9
2	TRATT 100% IRR	7,5	2,8	149,5
3	TRATT 50% IRR	8,6	2,6	156,8

b)

	TRATT 50% IRR	TRATT 100% IRR
Fotosintesi	+0,8	-0,2
Evaporation Rate	+0,5	+0,7
Cond. Stom	+56,9	+49,6

**Tabella 8:** a) Valori medi scambi gassosi misurati su foglie mature;  
b) Confronto dati con il controllo (NO TRATTATO – 100% IRR)

Risultati analoghi sono stati ottenuti ripetendo le analisi sui germogli (Tab 9 a, b).

a)

Tesi	Fotosintesi	Evaporation Rate	Cond. Stom
<b>NO TRATT IRR</b>	11,1	3,4	190,8
<b>TRATT 100% IRR</b>	9,9	3,2	236,2
<b>TRATT 50% IRR</b>	14,0	4,0	360,6

b)

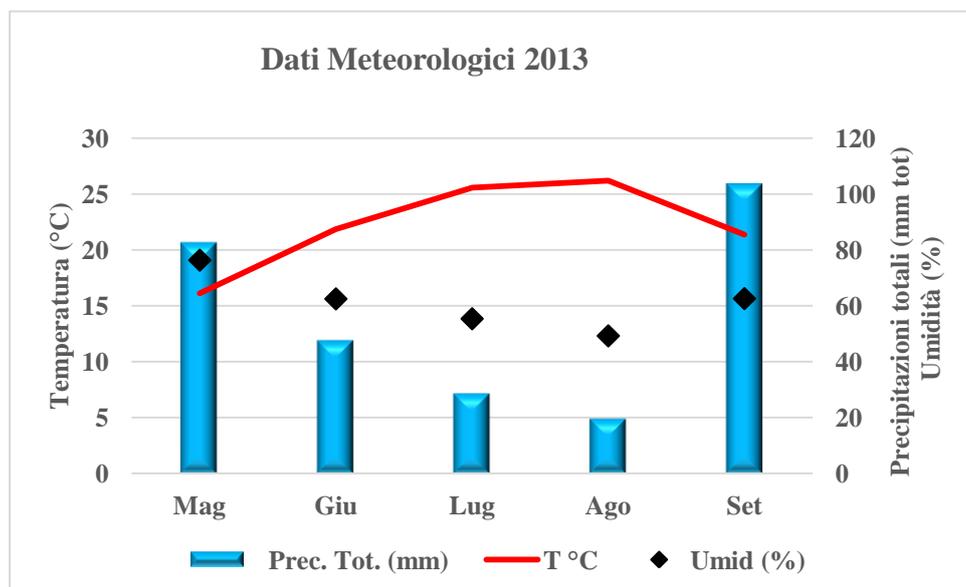
	<b>TRATT 50% IRR</b>	<b>TRATT 100% IRR</b>
<b>Fotosintesi</b>	+2,9	-1,3
<b>Evaporation Rate</b>	+0,6	-0,2
<b>Cond. Stom</b>	+169,8	+45,4

**Tabella 8:** a) Valori medi scambi gassosi misurati su germogli;  
b) Confronto dati con il controllo (NO TRATTATO – 100% IRR)

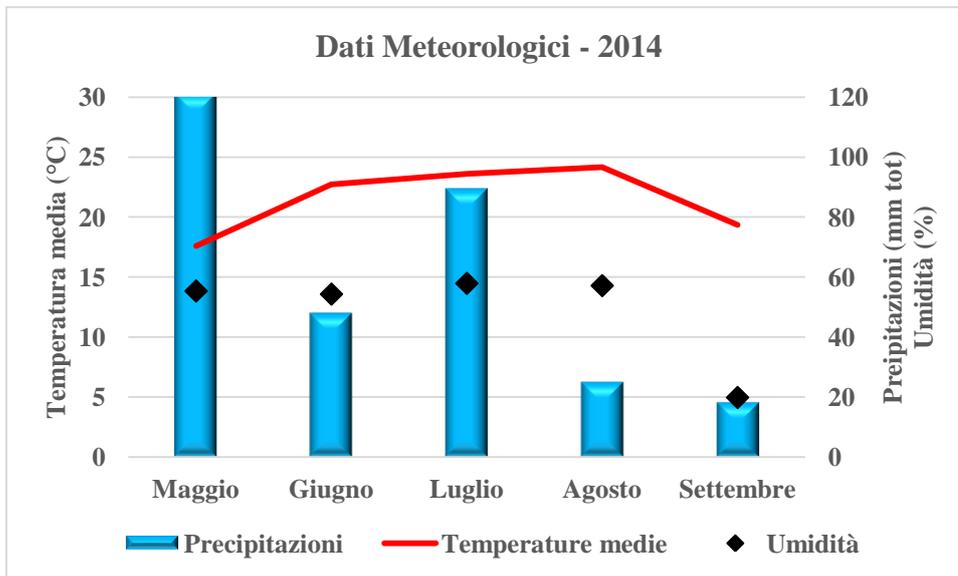
- **Analisi della Maturità Fogliare**

Lo studio della senescenza delle foglie richiedeva l'analisi in campo dell'emissione di fluorescenza e dei pigmenti fogliari. Le indagini NON sono state realizzate perché le autorità competenti non hanno accordato il finanziamento relativo al capitolo di spesa riservato a questa indagine.

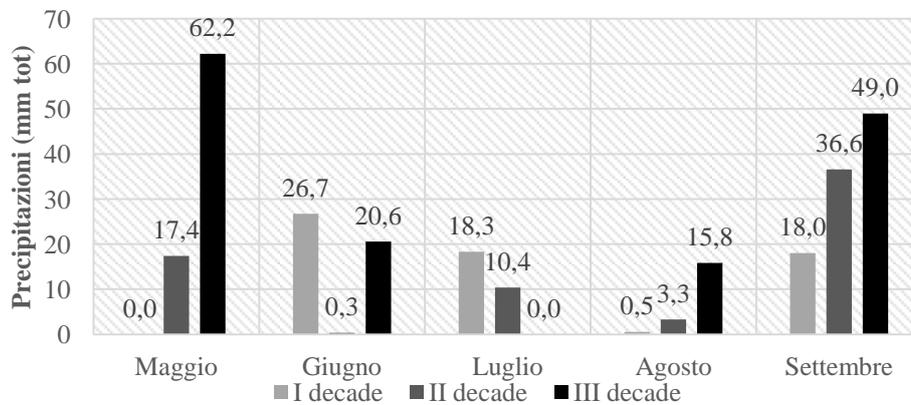
I dati ottenuti nel 2013 e nel 2014 sono paragonabili, tuttavia le differenze tra le tesi sono risultate molto più evidenti nel 2013. La spiegazione è data dall'analisi delle condizioni meteorologiche, da cui sono emerse 2 informazioni importanti: una temperatura inferiore (< 25° C) e una maggiore piovosità nei mesi di luglio e agosto 2014, a ridosso dei trattamenti (Fig. 10). Inoltre, il sito sperimentale A, localizzato a Fratta Todina (PG), appena dopo il trattamento è stato coinvolto dall'esondazione del fiume Tevere che ha ostacolato/rinviato le indagini in campo in momenti cruciali



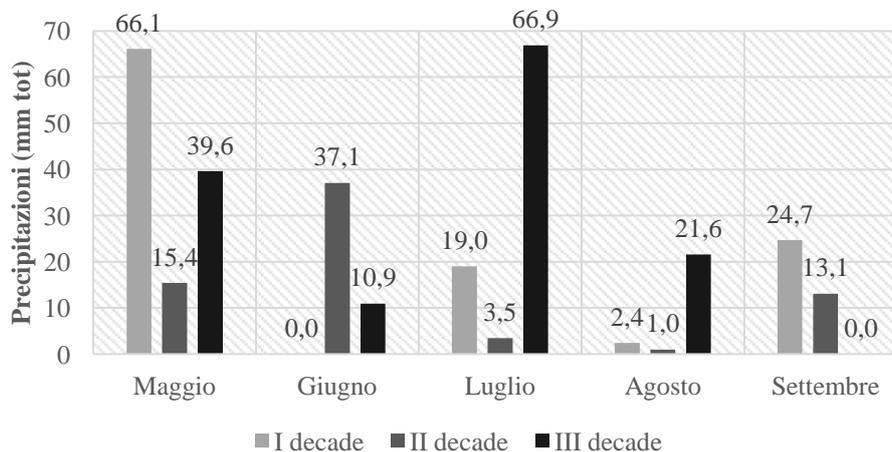
della ricerca e inficiato la prova di Stress Idrico nei settori non irrigati.



### Precipitazioni totali 2013



### Precipitazioni totali 2014



**Figura 10:** Andamento medio della Temperatura e delle Precipitazioni nelle stagioni 2013 e 2014

### Piantine in serra

Le piantine di tabacco Bright in vaso, sono state sottoposte al medesimo trattamento riservato alle piante in campo, nonché alle stesse indagini sperimentali.

- **Analisi morfologica**

Non sono state rilevate anomalie attribuibili all'utilizzo del pool di antiossidanti (Fig. 11); i trattati presentano foglie più turgide rispetto ai non trattati.



TRATTATO IRR (no stress)

TRATTATO – NO IRR (stress)



NO TRATTATO IRR (no stress)

NO TRATTATO NO IRR (stress)

**Figura 11:** Confronto morfologico tra piantine Non Trattate (controllo) e piantine Trattate, coltivate in vaso e in serra

- **Analisi Biometrica**

I parametri di maggior interesse sono Lunghezza e Larghezza delle foglie, da cui dipende l'area fogliare e, quindi, l'entità degli scambi gassosi. I valori maggiori sono stati ottenuti per i campioni in stress idrico ma sottoposti a trattamento con pool di antiossidanti (Tab. 9). Inoltre, le dimensioni fogliari appaiono leggermente superiori anche rispetto ai campioni Controllo (irrigati non trattati). Un importante conferma dei risultati ottenuti in campo.

Tesi	Altezza (fino al fiore)	Fusto	N° foglie (> 20cm)	Lungh. Foglia (cm)	Largh. Foglia (cm)
NO TRATT - IRR	72,7	6,2	9,7	33,5	13,6
TRATT - IRR	67,7	5,5	8,0	33,3	14,2
NO TRATT – Stress Idrico	59,7	5,5	8,0	31,3	12,7
TRATT- Stress idrico	59,7	6,2	7,7	35,0	15,3

**Tabella 9:** Valori medi relativi alle dimensioni (cm) delle piantine dei 4 gruppi sperimentali.

- **Analisi scambi gassosi**

Come per le piantine in campo, è stata effettuata l'analisi degli scambi gassosi a livello delle foglie mature. Un corretto confronto tra le piantine richiede la massima intensità luminosa e

la medesima esposizione alla luce, motivo per cui i campioni etichettati sono stati trasferiti all'esterno della serra e lasciati al sole per circa 20 minuti prima di effettuare le registrazioni utilizzando lo strumento ADC (Tab. 10 a, b). **Una maggiore efficienza degli scambi gassosi è stata individuata nei campioni sottoposti a trattamento, sia in stress idrico che in condizioni di normale regime idrico.**

a)

Tesi	Fotosintesi	Evaporation Rate	Cond. Stom
<b>NO TRATT – IRR (controllo)</b>	7,4	1,3	88,8
<b>TRATT – IRR</b>	9,0	1,7	128,8
<b>NO TRATT (stress idrico)</b>	7,6	1,3	86,8
<b>TRATT (Stress idrico)</b>	8,8	1,4	106,6

b)

	<b>TRATT IRR</b>	<b>TRATT Stress Idrico</b>
<b>Fotosintesi</b>	+1.6	+1.2
<b>Evaporation rate</b>	+0.4	+0.1
<b>Cond. Stom</b>	+39.2	+19.8

**Tabella 10: a)** Valori medi relativi agli scambi gassosi **b)** Confronto dati con i corrispondenti controlli (NO TRATTATO – IRR e NO TRATTATO – Stress Idrico)

#### 4\_ DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Il principale obiettivo del progetto POOL TAB è verificare in campo l'effetto migliorativo e riparatore di un'insieme di sostanze antiossidanti nei confronti di una situazione di stress cellulare fisiologico indotto in piante di tabacco Bright e Kentucky dal deficit idrico per la riduzione dei cicli di irrigazione standardizzati nella pratica aziendale. Pur con le difficoltà procedurali dovute a cause impreviste e imprevedibile come le anomalie meteorologiche del 2014 e con le limitazioni economiche imposte dal contributo accordato, i risultati ottenuti dalla attività della U.O2 hanno permesso di verificare il raggiungimento dell'obiettivo ed in più di provare un effetto benefico e migliorativo delle piante normalmente irrigate.

Pertanto sinteticamente si desume che il trattamento con il Pooltab in condizioni di:

##### 1- Normale regime idrico

- incrementa la crescita vegetativa rispetto al controllo irrigato e concimato

- incrementa la superficie fogliare (LAI), parametro essenziale per avere una fotosintesi clorofilliana ( $H_2O + CO_2 \rightarrow C_6H_{12}O_6 + O_2$ ) più efficiente sia per la maggiore intercettazione di Energia solare tramite foglie più estese e una maggiore traspirazione fogliare sia, e soprattutto, per una maggiore concentrazione di acqua all'interno delle foglie.

Veramente interessante è stato verificare lo stesso effetto migliorativo sulle piante cresciute con metà dell'acqua di irrigazione o non irrigate affatto come di seguito riportato:

## **2- Regime idrico ridotto al 50%**

- Si è registrato comunque un incremento della crescita vegetativa
- incremento della superficie fogliare (LAI)

## **3- Non irrigato**

- le piante manifestano macroscopici segnali dello stress idrico ovvero la crescita rallentata e l'appassimento delle foglie ma, le stesse piante dimostrano uno straordinario recupero della capacità di crescita in seguito alla irrigazione di soccorso tanto che, arrivano a maturità, con lo stesso sviluppo vegetativo del controllo. Questo dato non è banale e tantomeno scontato in quanto dimostra che le piante a seguito del trattamento Pooltab hanno sviluppato **RESISTENZA** allo stress idrico che ne ha permesso la sopravvivenza senza danni strutturali irreversibili.

In conclusione, con questo progetto si è stabilito che il pool antiossidante proposto ha migliorato in tabacco la "*Water use efficiency*" attraverso un maggiore sviluppo e ottimizzazione morfofunzionale dell'apparato radicale (figura 10) e una maggiore capacità di trattenere acqua all'interno delle cellule. Questo ultimo motivo ha prodotto un incrementato la tolleranza delle piante allo stato di stress idrico scientificamente compatibile con l'azione antiossidante che, contrastando il danno ossidativo alle proteine di membrana avrebbe impedito il deterioramento delle acquaporine, proteine specifiche per il controllo del flusso di acqua inter/intracellulare. In definitiva, il bilancio dei dati raccolti dalla U.O.2 nelle stagioni 2013-2014 evidenzia la reale possibilità di impiego del Pooltab nella filiera produttiva del tabacco con effetti migliorativi sulla produzione e senza interferire eccessivamente con le normale procedure produttive aziendali.