

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO TERRITORIO E SISTEMI AGRO-FORESTALI

Corso di Laurea Magistrale in Scienze Forestali e Ambientali

TESI DI LAUREA

**VALUTAZIONE DELLE RISPOSTE ALLO STRESS IDRICO DI
GRAMINACEE MICROTERME DA TAPPETO ERBOSO:
SPECIE, VARIETA', CONSOCIAZIONI**

Relatore

Dott. Macolino Stefano

Correlatore

Dott. Altissimo Adriano

Laureando

Zanin Davide

Matricola n.

1019862

ANNO ACCADEMICO

2015-2016

INDICE

1. INTRODUZIONE
 - 1.1 ORIGINE E STORIA
 - 1.2 FUNZIONI E TIPOLOGIE DEL TAPPETO ERBOSO
 - 1.3 AMBIENTE E DISTRIBUZIONE DELLE SPECIE
 - 1.4 ZONA DI TRANSIZIONE: LO SCENARIO ITALIANO
 - 1.5 SPECIE DA TAPPETO ERBOSO
 - 1.5.1 SPECIE MAGGIORMENTE IMPIEGATE NELLO SCENARIO ITALIANO
 - 1.5.2 SPECIE MICROTERME: ADDATTABILITA' AMBIETALE
2. SCOPO DELLA TESI
3. MATERIALI E METODI
 - 3.1 LUOGO DI SPERIMENTAZIONE
 - 3.2 DESCRIZIONE DELLA PROVA
 - 3.3 CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE E CLIMATICHE
 - 3.4 PREPARAZIONE E GESTIONE DELLA PROVA
 - 3.4.1 IRRIGAZIONE
 - 3.4.2 TAGLIO
 - 3.4.3 CONCIMAZIONE
 - 3.4.4 TRATTAMENTI FITOSANITARI
 - 3.5 RILIEVI ESEGUITI
4. RISULTATI E DISCUSSIONI
 - 4.1 CONFRONTO TRA I BLOCCHI CON RESTITUZIONE IDRICA PARI A 0%, 33% E 66% DELL'ET_c (PERIODO 18/05-02/07)
 - 4.1.1 RESTITUZIONE X TDR
 - 4.1.2 RESTITUZIONE X TQ
 - 4.1.3 RESTITUZIONE X LGC
 - 4.1.4 RESTITUZIONE X LARGHEZZA FOGLIARE
 - 4.2 CONFRONTO TRA LE SPECIE
 - 4.2.1 SPECIE X TDR
 - 4.2.2 SPECIE X TE E LGC

- 4.2.3 SPECIE X LARGHEZZA FOGLIARE
- 4.3 ANALISI STATISTICA A DUE VIE
 - 4.3.1 CONFRONTO SPECIE X RESTITUZIONE IDRICA X WVC
 - 4.3.2 CONFRONTO SPECIE X RESTITUZIONE IDRICA X TE E LGC
 - 4.3.3 CONFRONTO SPECIE X RESTITUZIONE IDRICA X LARGHEZZA FOGLIARE
- 4.4 RISULTATI DELL'ANALISI DELLA VARIANZA RELATIVA AI GRUPPI DI SPECIE PER IL BLOCCO 0% ETC
 - 4.4.1 ANALISI STATISTICA SPECIE X LGC
- 4.5 CONFRONTO TRA LE VARIETA'
 - 4.5.1 CONFRONTO VARIETALE DELLE SPECIE "ALTRE" X LGC
 - 4.5.2 CONFRONTO VARIETALE *LOLIUM PERENNE* X LGC
 - 4.5.3 CONFRONTO VARIETALE *POA PRATENSIS* X TQ E LGC
 - 4.5.4 CONFRONTO VARIETALE *FESTUCA ARUNDINACEA* X TQ E LGC
 - 4.5.5 CONFRONTO VARIETALE MISCUGLI X TQ E LGC
- 4.6 DASS *DASS AFTER START OF STRESS*
 - 4.6.1 CONFRONTO VARIETALE "ALTRE" X DASS
 - 4.6.2 CONFRONTO VARIETALE *LOLIUM PERENNE* X DASS
 - 4.6.3 CONFRONTO VARIETALE *POA PRATENSIS* X DASS
 - 4.6.4 CONFRONTO VARIETALE *FESTUCA ARUNDINACEA* X DASS
 - 4.6.5 CONFRONTO VARIETALE MISCUGLI X DASS
- 5. CONCLUSIONI

BIBLIOGRAFIA

RIASSUNTO

Nelle zone a clima sub-continentale e mediterranee (zone di transizione) le specie microterme sono tutt'oggi le più impiegate per la realizzazione dei tappeti erbosi. Queste specie, a differenza delle macroterme, non entrano in dormienza durante il periodo invernale, ma durante i periodi estivi richiedono abbondanti irrigazioni per mantenere una qualità estetica accettabile.

Tra le varie possibilità per ridurre i consumi d'acqua, la più importante risulta essere quella della scelta ed impiego di specie e di varietà resistenti alla siccità.

Il presente lavoro è stato condotto allo scopo di valutare le *performance* di diverse specie, varietà e consociazioni a diversi livelli irrigui e quindi le risposte allo stress idrico per il periodo compreso fra Maggio ed Agosto.

La prova si è svolta in ambiente protetto (*rain out shelter*) e prevedeva la suddivisione in tre blocchi con un reintegro parziale dell'evapotraspirazione massima colturale (ETc) 66%, 33% e 0%.

Nell'esperimento sono state utilizzate differenti specie microterme da tappeto erboso, impiegate singolarmente e/o in miscuglio: 11 varietà di *Lolium perenne* (Lp), 7 varietà di *Poa pratensis* (Pp), 8 varietà di *Festuca arundinacea* (Fa), 2 varietà di *Festuca ovina* (Fo), 1 di *Deschampsia caespitosa* (Dc), e 13 miscugli, 6 costituiti da *Lolium perenne*-*Poa pratensis* (Lp-Pp), 6 costituiti da *Festuca arundinacea*-*Poa pratensis* (Fa-Pp) e 1 costituito da *Festuca ovina* (Fo) *Festuca rubra commutata* (Frc) e *Deschampsia caespitosa* (Dc).

I rilievi, eseguiti settimanalmente per un periodo compreso tra il maggio e agosto, sono: TDR (*Time Domain Reflectometry*) analisi oggettiva effettuata grazie ad uno strumento che misura il contenuto volumetrico di acqua (VWC), in percentuale, presente nel terreno; LGC (*Living Ground Cover*) by "DIA" (*Digital image analysis*) è un sistema di analisi oggettivo in grado di identificare le diverse tonalità di colore rilevate in una foto grazie ad un software (WinCAM). Questo sistema si basa sul metodo LGC (*Living Ground Cover*), ovvero sul grado di copertura (% della densità) di una superficie verde; TQ (*Turf Quality*) rilievo visivo soggettivo che identifica, su una scala da 1 a 9, le condizioni generali del tappeto erboso (1=scadenti, 9=eccellente); DASS (*Days After Start of the Stress*), calcolo correlato al rilievo del TQ il quale indica dopo quanti giorni dall'inizio della prova la pianta entra in stress (quando il TQ raggiunge un punteggio di 4); ed infine la larghezza della lamina fogliare, rilievo eseguito solamente su alcune specie e varietà con un calibro digitale.

I dati ottenuti sono stati sottoposti all'analisi della varianza (ANOVA). In questo studio si è voluto evidenziare le principali differenze riscontrate tra i tre livelli d'irrigazione (66%, 33% e 0% dell'ETc), successivamente tra i rapporti tra le specie e varietà sottoposte allo stesso regime irriguo (0% ETc).

I risultati migliori si sono ottenuti con tutte le varietà di *Festuca arundinacea*, le quali non sono mai entrate in stress durante il periodo di prova; risultati soddisfacenti si sono ottenuti anche con alcune varietà di *Lolium perenne* (Barclay II, Romance e ER2703); mentre per quanto riguarda la *Poa pratensis* la varietà Impact è l'unica che ha dato risultati discreti. Per quanto concerne i miscugli i risultati migliori si sono ottenuti con la consociazione delle specie di *Festuca arundinacea* e *Poa pratensis* (Barleroy-Barhelene; Palladio-8Pp504; Palladio- Barhelene; Barleroy-Barimpala e Palladio- Barimpala).

ABSTRACT

Cool-season turfgrass species are widely used in sub-continental and Mediterranean climatic zone (transition zone). These species, to difference of unlike warm-season species, do not go in dormancy during winter period (TIME), but during summer it needs a lot of water for keeping an adequate quality.

Among the possibility for save the water, the best solution is the choice of species and cultivar drought resistant.

This research aims to value the performance among different species, cultivars and association to different water levels and the response to water stress of cool-season turfgrasses between May and August period.

The prov expound in the greenhouse (rain out shelter) and was sepatared in three different amounts of water (basated on the ETc: 66%, 33% and 0% water evapotraspirated).

Cool-season species used in the experiment (individually and/or in mixtures) were 11 cultivars of *Lolium perenne* (Lp), cultivars of *Poa pratensis* (Pp), 8 cultivars of *Festuca arundinacea* (Fa), 2 cultivars of *Festuca ovina* (Fo), 1 of *Deschampsia caespitosa* (Dc), e 13 mixtures, 6 constitute of *Lolium perenne*-*Poa pratensis* (Lp-Pp), 6 by *Festuca arundinacea*-*Poa pratensis* (Fa-Pp) and 1 of da *Festuca ovina* (Fo) *Festuca rubra commutata* (Frc) and *Deschampsia caespitosa* (Dc).

The surveys carried out weekly are: TDR (*Time Domain Reflectometry*) is an objective measurement of volumetric water content in the soil in percentage; LGC (*Living Ground Cover*) by "DIA" (*Digital image analysis*) is an objective survey, which indicates the percentage of turf coverage; TQ (*Turf Quality*) by visual ratings, which indicates the quality of the turf, both are based on a scale from 1 to 9 (1 is worst); DASS (*Days After Start of the Stress*) is a mathematic calculation based of TQ and indicates in how many days the lawn goes into stress (when the TQ points arrive at 4), and the last the leaf width, this survey was carry out only for some species and cultivars.

All data collected were subject to a repeated measures analysis of variance (ANOVA) using Duncan Test to separate means.

The results were divided into two parts: the first has analyzed the different among the all plots (irrigation with three different amounts of water (basated on the ETc: 66%, 33% and

0% water evapotranspired) and the second part the study only the difference between species and cultivars within irrigation (0% water replenished).

The best result have occurred with all cultivars of *Festuca arundinacea*, this specie doesn't entry in to drought stress, only Barclay II, Romance and ER2703 (cultivars of *Lolium perenne*) have shown satisfactory results; while we got poor results with *Poa pratensis*, indeed only the cultivar Impact has shown discrete results.

As regards mixtures the bests results were obtained with the association between *Festuca arundinacea* and *Poa pratensis* (Barleroy-Barhelene; Palladio-8Pp504; Palladio- Barhelene; Barleroy-Barimpala e Palladio- Barimpala).

1. INTRODUZIONE

Per tappeto erboso s'intende una copertura erbacea comprendente lo strato più superficiale di suolo interessato dalla presenza di radici e rizomi, usualmente tagliata bassa e caratterizzato da uniformità e bassa crescita (Beard, 1991).

I tappeti erbosi costituiscono un particolare tipo di coltura agraria dove il prodotto non è ciò che si asporta, ma ciò che rimane sul campo (Cereti, 2001). Si tratta di colture in espansione nei paesi a sviluppo economico avanzato, dove vengono impiegate per la formazione di manti erbosi ad uso sportivo, per la realizzazione di aree ricreative oppure per la valorizzazione di complessi monumentali, architettonici o residenziali. Alcuni tappeti erbosi sono realizzati per svolgere funzioni meramente tecniche (controllo dell'erosione, assorbimento del rumore controllo del deflusso dell'acqua piovana ecc.).

1.1 ORIGINE E STORIA

È probabile che l'evoluzione e la distribuzione naturale delle comunità vegetali sarebbero state diverse anche se l'intervento umano non si fosse verificato, le specie infatti, si muovono geograficamente in risposta ai cambiamenti ambientali sia naturali sia causati da disturbi antropomorfi (Beard, 2012).

Tali cambiamenti possono essere di natura ambientale (temperatura, acqua, irradiazione, e anidride carbonica), edafica (struttura del terreno, pH, nutrienti e sali) e biotica, ad esempio l'attività pascoliva, la presenza di parassiti ecc. (Zhukovsky, 1968).

Le specie da tappeto erboso appartengono alla famiglia delle *Poaceae*. I reperti fossili risalenti a tale famiglia sono incompleti. Sulla base di studi paleobotanici, tra cui lo studio dei tessuti vegetali, chiamati fitoliti e quelli degli isotopi stabili di carbonio, risulta che tali piante ancestrali (inizialmente simili a piante di bambù) sono apparse piuttosto tardi nella storia della terra in un periodo compreso tra i 55 e i 70 milioni di anni fa (Grass phyloney, 2000; Inda et al, 2008, Kellogg, 2000). I dati disponibili suggeriscono che gli antenati delle *Poaceae* si sono evoluti a partire dal centro Africa orientale (Gondwana) e dal centro-orientale del Sud America nelle foreste tropicali (Bouchenak-Khelladi et al, 2010; Clayton, 1981; Linder, 1987; Soreng et al, 1998).

Come risulta dalla letteratura, alcune specie impiegate ancora oggi nella realizzazione dei tappeti erbosi, si sono evolute in associazione con mammiferi erbivori al pascolo. All'inizio, antichi ungulati (oggi estinti) conosciuti come *Condylarths*, si sono evoluti nutrendosi dell'erba ancestrale durante il periodo conosciuto come primo Paleocene circa 65 milioni di anni fa (Barnard et al, 1964; Grass phyloney , 2000), successivamente furono altri animali allevati a determinare le modificazioni più importanti come gli *Artiodactyls* (antichi ruminanti erbivori vissuti circa 55 milioni di anni fa) e soprattutto l'evoluzione e l'allevamento delle specie appartenenti alla famiglia dei bovidi nata nel tardo Miocene, circa 5-9 milioni di anni fa (Matthes et al, 2001), tale famiglia è considerata la progenitrice in Eurasia di bovini, antilopi e bisonti, oltre a capre, pecore, bufali d'acqua e bue muschiato (Matthes et al, 2001; Vislobokova 2008).

Inoltre, altra caratteristica evolutiva unica dalle *Pooideae* è stata l'adattamento ai climi freddo-temperati, caratteristica che ha permesso la migrazione della famiglia stessa e degli animali verso le steppe temperate dell'Eurasia avvenuta circa 38-47 milioni di anni fa (Clayton, 1981; Crepet et al, 1991; Vislobokova, 2008; Bouchenak-Khelladi et al, 2010). E' possibile stimare questo grazie a reperti fossili di pollini i quali risultano più abbondanti durante quest'epoca (Muller, 1981). Infatti, sono stati ritrovati fossili appartenenti a specie dei generi *Festuca*, *Poa* ed *Agrostis* (in Europa-Asia) ad altitudini superiori ai 950 m, questo fa supporre che tali piante facessero parte dell'associazione edafica del sottobosco (Beard, 2012).

Di conseguenza, vi è stata una selezione verso le specie erbacee che si sono adattate per sopravvivere alle gravi defogliazioni causate dall'attività trofica degli animali allevati, tale selezione si è protratta per un periodo stimato di circa 10 - 20 milioni di anni (Barnard et al, 1964; Stebbins, 1981). Il risultato è stato una serie di specie erbacee caratterizzate da: 1) meristemi basali, 2) germogli con brevi internodi basali, 3) habitus di crescita prostrati e striscianti grazie alla formazioni di strutture vegetative quali stoloni e rizomi (Beard, 1973; Turgeon, 1980). Tali caratteristiche morfo-genetiche hanno consentito l'impiego di queste specie ai fini della produzione del tappeto erboso come lo conosciamo oggi.

Le prime notizie certe sull'uso dei tappeti erbosi riguardano l'Inghilterra e risalgono al periodo medioevale, epoca nella quale l'utilizzo era legato perlopiù alla funzione di pascolo. Negli altri paesi europei, in generale, si trovano invece notizie di aree inerbite con specie erbacee aventi valenza prevalentemente ornamentale, presenti all'interno dei monasteri. Solo in tempi successivi si hanno esempi di cenosi erbacee destinate ad impieghi simili a

quelli dell'attuale tappeto erboso; fu intorno al 1300 che si sviluppano alcuni sport giocati su erba quali il *cricket* e il *bowling*.

I tappeti erbosi, considerati secondo la concezione odierna del termine, si diffusero inizialmente in ambienti aristocratici, alla fine del XVIII secolo; fu infatti l'architetto inglese Thomas Bridgeman che nel 1714 ebbe l'incarico, da parte di Lord Cobham, di stilare il primo progetto del parco di *Stowe*, nel *Buckinghamshire*, quello che, con i successivi interventi dei maggiori paesaggisti inglesi, divenne poi forse il prototipo più rappresentativo del giardino "moderno" dell'intera Europa (Figura 1). Il progetto seguiva lo schema tipologico dominante della reggia di Versailles ma, al tempo stesso, l'architetto apportò una sostanziale differenza, una cosa tanto semplice quanto sconvolgente, destinata a rinnovare profondamente lo stesso modo di concepire il giardino. Sostituì, infatti, i coloratissimi parterre fioriti, al centro della scena nella reggia francese, con un normalissimo prato verde dove si poteva camminare e sostare liberamente, godendosi la vista di vasche e di elementi architettonici e scultorei sullo sfondo naturale. Le stampe dell'epoca ben evidenziano il piacere di tutte le persone raffigurate nelle vedute del parco, con uomini e donne, bimbi e persino cani che corrono, giocano e passeggiano (Lorenzi et al, 2007).



Figura1. Disegno originale del parco di *Stowe*, nel *Buckinghamshir* eseguito daThomas Bridgeman.

Negli Stati Uniti, ricerche scientifiche nel settore dei tappeti erbosi ad uso sportivo sono iniziate nel 1870 nello Stato del Connecticut e, a partire dal 1885, molte sedi universitarie hanno avviato programmi di ricerca nel settore. Passando a considerare la situazione in altri Paesi, la Gran Bretagna nel 1929 ha fondato il primo centro di ricerca nel mondo dedicato al tappeto erboso a Bingley. Sempre nella prima metà del XX secolo, analoghe iniziative furono prese in Australia, Nuova Zelanda e Sud Africa. Nel secondo dopoguerra, l'approccio tecnicamente corretto dei Paesi anglosassoni è stato sviluppato ampiamente in Germania, Francia e Giappone senza avere alcun riscontro in Italia, almeno fino agli anni novanta.

Spostandoci in ambito internazionale odierno, prendendo dapprima in esame gli Stati Uniti, si comprende fin da subito l'importanza del tappeto erboso sul territorio. Al giorno d'oggi negli USA le superfici inerbite sono stimate in circa 18 milioni di ettari (Balogh et al., 1992). Il 70% di questa enorme superficie è rappresentato da prati intorno alle abitazioni, il 10% da parchi cittadini, il 9% da percorsi di golf, il 9% da strutture educative, il 2% da chiese e cimiteri. Altri Paesi dove si registra una forte diffusione dei tappeti erbosi sono l'Australia (180.000 ha), la Gran Bretagna (110.000ha), la Nuova Zelanda (100.000ha) ed il Canada (Aldous, 2000). Nell'Europa continentale i tappeti erbosi sono maggiormente diffusi in Francia e in Germania. Focalizzando ora l'attenzione sul nostro Paese, constatiamo che negli ultimi anni si sta manifestando un notevole interesse nei confronti del tappeto erboso, non solo ad uso sportivo ma anche tecnico e ricreativo (Cereti,2001). Una caratteristica che accomuna i suddetti paesi è che, grazie alla loro crescente espansione, la coltivazione di tappeti erbosi sta assumendo una rilevante importanza economica. In particolare negli USA la spesa per la costruzione di nuovi prati ed il mantenimento di quelli esistenti è stimata in circa 25 miliardi di euro. Questa spesa è assorbita per il 68% dai tappeti erbosi ad uso domestico, per il 26% da parchi, scuole, autostrade, cimiteri e per il 6% dai percorsi di golf (Balogh et al., 1992). Il comparto dei tappeti erbosi è quello in massima espansione nell'agricoltura americana; in alcuni stati USA esso è ormai la prima o seconda fonte di reddito del settore agricolo. A testimonianza di ciò basti pensare che vi lavorano più di 500.000 persone. Per il futuro è prevedibile un miglioramento genetico legato a nuove specie quali *Agrostis idahoensis* e *Pennisetum clandestinum*. Più in generale, le richieste riguarderanno cultivar quindi in grado di tollerare le condizioni di stress e che quindi possono essere mantenute con limitati interventi colturali. Saranno quindi privilegiate le cultivar che possiedono: basso coefficiente di evapotraspirazione, migliore resistenza alla siccità, ai estremi termici, all'ombreggiamento e all'usura. .

1.2 FUNZIONI E TIPOLOGIE DEL TAPPETO ERBOSO

Da oltre cento anni l'uomo utilizza il tappeto erboso per migliorare il proprio stile di vita, non solo allo scopo ornamentale, ma rendendolo parte portante di varie discipline, tra cui quelle urbanistiche, mediche e sportive. Negli ultimi decenni il tappeto erboso è stato soggetto a molte critiche, in quanto la ricerca di un prato sempre più "perfetto" ha portato ad una semplificazione degli ecosistemi, causando spesso squilibri ecologici tra specie

animali e vegetali. Grazie ad importanti ricerche negli ultimi anni si è arrivati a produrre nuove varietà di specie in grado di richiedere input minimi rispetto a molte altre colture agrarie che possono essere viste come potenziali sorgenti di danno per l'habitat circostante. Se ben gestito il tappeto erboso produce un miglioramento qualitativo importante nei confronti dell'ambiente in cui è inserito, sono riconducibili al tappeto erboso le seguenti funzioni:

a) RIDUZIONE DELLA SOGLIA NOCIVA DEL RUMORE

Il tappeto erboso può ridurre il fastidio procurato dal rumore di un 20-30%. Ciò in quanto l'erba assorbe le onde sonore in modo molto più funzionale di superfici quali asfalto o cemento.

b) CONTROLLO CLIMATICO

Il tappeto erboso gioca un ruolo molto importante dal punto di vista del controllo climatico. Esso è in grado di ridurre i picchi termici (massimi e minimi) molto più del terreno nudo o di altri materiali, attraverso l'assorbimento del calore durante il giorno ed il lento rilascio dello stesso nel corso della notte. A dimostrazione di ciò hanno temperature più alte di 5-7 °C nelle aree fortemente urbanizzate a confronto ad aree rurali.

c) RIDUZIONE DELL'INTENSITÀ LUMINOSA

un buon tappeto erboso consente di limitare il riverbero della luce del sole; questa caratteristica è molto importante lungo le strade e le piste aeroportuali in quanto può comportare una riduzione dei fenomeni di abbagliamento dovuti alla presenza di aree pavimentate sui bordi di strade e piste.

d) INTERCETTAZIONE PULVISCOLO ATMOSFERICO

La presenza di polvere nell'atmosfera può ridurre del 15% l'intensità della radiazione luminosa che raggiunge il terreno. Queste particelle flottanti nell'aria possono fungere da nuclei di condensazione per la nebbia, incrementando le precipitazioni atmosferiche che oscurano parzialmente la luce del giorno. Polvere e fumo possono ad esempio essere intercettate dalle foglie delle *Poaceae* e, grazie alla formazione di condensa sulla lamina fogliare ed alle precipitazioni atmosferiche, tornare al terreno.

e) ASSORBIMENTO DI AGENTI INQUINANTI DALL'ARIA

Sempre attraverso le foglie, le specie da tappeto erboso sono in grado di assorbire le emissioni tossiche prodotte dalla combustione di gas di scarico come l'ossido di carbonio e l'ossido d'azoto.

f) PRODUZIONE DI OSSIGENO

Come tutte le piante, anche le specie da tappeto erboso, grazie al processo di fotosintesi dove assumono anidride carbonica dall'aria e acqua dal terreno, rilasciano nell'ambiente grandi quantità di ossigeno, basti pensare che un'area di 225 m² di tappeto erboso produce ossigeno sufficiente per una famiglia di 4 persone.

g) PURIFICAZIONE DELLE ACQUE

Le superfici mantenute a tappeto erboso agiscono da filtro per l'acqua che scende verso le falde. In particolare, l'elevata densità del cotico erboso permette di rallentare lo scorrimento dell'acqua e aumentare l'infiltrazione nel terreno favorendo l'azione di demolizione delle sostanze chimiche nocive.

h) FUNZIONE ANTIEROSIVA

Il tappeto erboso rappresenta una delle soluzioni più sicure ed economiche per arrestare l'erosione idrica ed eolica e pertanto garantire e conservare una risorsa non rinnovabile quale il suolo. L'erosione idrica è la più temuta, le gocce di pioggia battente infatti possono determinare la rottura degli aggregati superficiali con conseguente riduzione della permeabilità, causando lo scorrimento superficiale sul terreno (*run-off*); inoltre in un terreno nudo si ha anche il sollevamento di materiale fangoso (effetto *splash*), che in terreni declivi aumenta notevolmente la massa di terreno eroso. È stato osservato che un prato fitto e sano assorbe l'acqua fino a sei volte in più rispetto ad una pari superficie coltivata a grano.

i) RITORNO DI SOSTANZA ORGANICA NEL TERRENO

La presenza di un tappeto erboso ben curato condiziona notevolmente il terreno sottostante. Quando effettuiamo il taglio del tappeto erboso e lasciamo in loco il residuo (*grass-cycling*), come accade nella maggioranza delle volte, abbiamo un apporto di sostanza organica al terreno pari a circa 1.2 kg m⁻², che stimola la formazione di *humus*, migliorando cioè la struttura fisico-chimica del terreno stesso.

j) BARRIERE ANTICENDIO

Il tappeto erboso non contribuisce ad alimentare gli incendi come avviene nel caso di vegetazione arbustiva o arborea. Quindi la creazione di una cinta di aree verdi attorno a determinate aree naturali potenzialmente soggette ad incendi si configura come un valido sistema di prevenzione per tali eventi.

k) ALTRI BENEFICI

La presenza di un tappeto erboso ben mantenuto consente anche, contrariamente a quanto si possa pensare, di attenuare i fastidi dovuti ad allergie da polline, le piante infatti vengono tagliate prima di sviluppare l'infiorescenza.

Al momento attuale gli usi che si fanno del tappeto erboso sono molteplici, e svariata è la sua gestione, così come la sua funzione e le relazioni che intercorrono tra la cotica erbosa e l'uomo; possiamo comunque in modo approssimativo ridurre le varie tipologie in quattro principali filoni principali in base alla funzione che essi devono assolvere:

1) Tappeti erbosi ornamentali

i cosiddetti prati all'inglese (*lawn turf*) svolgono una funzione prevalentemente estetica e in alcuni casi possono svolgere anche una funzione ricreazionale. Sono utilizzati in parchi e giardini pubblici o privati, nelle aree urbane intorno agli edifici, nelle strutture commerciali o nelle scuole, allo scopo di creare un ambiente piacevole in cui vivere e lavorare (Beard, 1973).

In conformità a questa tipologia di utilizzo assumono importanza alcuni parametri qualitativi tra cui: l'uniformità, la densità e l'intensità del colore, legati soprattutto all'aspetto estetico, che riveste qui un ruolo centrale.

2) Tappeti erbosi funzionali

Utilizzando la terminologia inglese si parla di "*utility turf*", ovvero quando le essenze erbacee vengono sfruttate per il controllo del fenomeno erosivo o in generale per la stabilizzazione del suolo (Turgeon, 1980).

La funzione anti-erosiva del tappeto erboso è dovuta principalmente al sistema radicale fibroso denso ed esteso delle specie che lo compongono che aiuta a consolidare i primi centimetro di terreno, mantenere una maggiore porosità e rifornire il terreno di sostanza organica, migliorando la struttura dello stesso e favorendo così la percolazione dell'acqua. La parte epigea, invece, protegge dall'azione battente dell'acqua e dall'erosione eolica. I tappeti erbosi funzionali sono spesso utilizzati al margine delle strade o come fasce inerbite negli aeroporti dove, oltre a dividere le piste asfaltate, possono essere utilizzate per l'atterraggio di aerei ultraleggeri.

3) Tappeti erbosi sportivi

Il calcio, il *tennis*, il *rugby*, l'equitazione, il *baseball* e il *golf* sono solo alcuni degli *sport* che si praticano su superfici inerbite.

Il tappeto erboso per uso sportivo ha delle esigenze di manutenzione particolari a causa dell'intenso calpestio che compatta il substrato e determina condizioni stress che portano ad un rapido deterioramento del tappeto erboso (Turgeon, 1980). In questo caso le caratteristiche delle specie e del substrato devono essere tali da soddisfare i parametri richiesti dallo sport che è praticato.

4) Tappeti erbosi con funzione ricreativa

Per tappeti erbosi ricreazionali s'intendono quelle aree che fanno da base statica ad attività socio-ricreative come ad esempio i parchi gioco.

Queste superfici vengono a volte definite come tappeti "rustici", perché hanno minor valore estetico, più simile alla cenosi più naturali e in grado di sopportare anche un uso piuttosto intenso. La gestione di queste aree è direttamente proporzionata all'uso cui sono sottoposte.

1.3 AMBIENTE E DISTRIBUZIONE DELLE SPECIE

Ogni specie utilizzata per la costituzione di tappeti erbosi tende a fornire le migliori prestazioni nelle zone in cui le condizioni pedo-climatiche sono più simili a quelle della zona di origine. La conoscenza delle caratteristiche della specie e dell'ambiente in cui si sviluppa permette di effettuare la scelta più opportuna e di ottenere i risultati desiderati riducendo gli input e i costi di gestione.

Le specie che si originano e persistono in una certa regione sono definite come specie native, mentre le specie che crescono lontano dalla zona di origine, ma si sono adattate al nuovo sito e persistono nel tempo, sono dette specie naturalizzate (Beard, 1973).

Beard (1973) sottolinea come una specie utilizzata in una zona con caratteristiche differenti da quelle ottimali di sviluppo sia più facilmente soggetta a danni da stress di tipo biotico e abiotico, inoltre aumentano le esigenze nutritive e colturali del tappeto erboso per mantenere la qualità desiderata. La distribuzione geografica e la diffusione delle specie sono influenzate principalmente dalle temperature e dalle precipitazioni caratteristiche della zona.

In base alle diverse esigenze climatiche le specie da tappeto erboso sono suddivise in due gruppi: le microterme, che prediligono le zone temperate e sub-artiche e le macroterme adatte alle zone tropicali e sub-tropicali (Turgeon, 1980).

A separare la fascia climatica temperata da quella sub-tropicale è la zona di transizione. In questa zona convivono macroterme e microterme ai limiti dei rispettivi *range* termici (Turgeon, 1980).

La zona di transizione è quella che richiede maggiore attenzione nella gestione dei tappeti erbosi perché in inverno le temperature sono tanto basse da indurre stress alle macroterme, mentre in estate si hanno temperature elevate che sfavoriscono le microterme. L'Italia è una tipica zona di transizione.

1.4 ZONA DI TRANSIZIONE: LO SCENARIO ITALIANO

L'Italia è un Paese compreso tra il 47° ed il 35° parallelo nord e si trova quasi al centro della zona temperata dell'emisfero boreale. Essa è delimitata in gran parte da mari che la bagnano e la circondano ad est, ovest e sud, e da montagne che la attraversano e che ne delimitano i confini a nord, e in parte ad est ed ovest.

L'Italia è dunque protetta dalle correnti fredde, provenienti dal nord Europa, grazie alla catena alpina ed è caratterizzata da un ampio sviluppo costiero dove il mar Mediterraneo esplica i suoi effetti mitigatori lungo tutta la penisola, cedendo durante l'inverno il calore immagazzinato durante i mesi estivi; tali peculiarità conferiscono al nostro Paese un clima di tipo subtropicale temperato.

In particolare, lungo le coste la penisola è contraddistinta da un clima tipicamente mediterraneo con inverni freddi, ma non eccessivamente rigidi, con temperature minime che raramente scendono sotto gli 0 °C ed estati calde e poco piovose.

Nell'entroterra si accentuano leggermente i rigori invernali, anche se non è possibile parlare di clima continentale vero e proprio.

La temperatura media annua è circa 11 °C nell'Italia settentrionale e 19 °C nel meridione, in entrambe le zone i mesi più freddi sono dicembre e gennaio, mentre quelli più caldi sono luglio e agosto.

Le precipitazioni durante l'arco dell'anno non sono abbondanti e sono concentrate in brevi periodi: tra la fine dell'autunno e la prima metà dell'inverno, dove il picco di massimo si registra in novembre. Al contrario, i mesi estivi sono i più siccitosi e nel mese di luglio si ha un minimo di precipitazioni.

La piovosità varia molto all'interno della penisola, infatti si ha una maggior piovosità nelle regioni settentrionali (fino a 1100-1200 mm anno-1) rispetto a quelle meridionali (minime fino a 500-600 mm anno-1). Alla luce di ciò, è possibile dedurre che in Italia le esigenze ottimali per lo sviluppo delle specie da tappeto erboso, sia esse microterme che macroterme, non sono presenti costantemente per tutto l'arco dell'anno tali caratteristiche climatiche le si trova anche nel sud-est degli Stati Uniti e tale zona climatica viene definita come "*Transition zone*" (Figura 2).

Come possiamo vedere anche dalla figura sottostante i climi identificati nel nostro Stato sono il clima mediterraneo che si sviluppa nei Paesi del Bacino mediterraneo, in alcune zone della California, in Sudafrica, in alcune zone del Cile e nella parte meridionale dell'Australia.



Figura 2. Le zone colorate di verde definiscono le aree caratterizzate dal clima della zona di transizione. Nella foto vengono evidenziate l'università degli studi di Padova e dell'università dell'Arkansas Fayetteville, le quali collaborano da anni nello studio del tappeto erboso nella *Transition zone*.

La piovosità, sia in termini di quantità ma anche di distribuzione, varia molto all'interno della penisola. Analogo ragionamento si può fare per le temperature medie, minime e massime giornaliere, anch'esse molto variabili e differenti in base alla regione.

L'Italia risulta quindi una nazione che, in rapporto alla sua ridotta superficie nazionale di 301.336 km², presenta svariate condizioni climatiche, motivo per il quale viene identificata come uno dei più classici esempi di zona di transizione. Considerate queste variabili è quindi possibile dedurre che la temperatura è una condizione difficilmente mutabile, mentre la disponibilità di acqua, mediante degli eventuali apporti irrigui artificiali, può essere controllata in base alle esigenze del tappeto erboso, ovvero della specie e del suo utilizzo. Il clima mediterraneo italiano, può a sua volta essere diviso in tre microclimi: il clima adriatico, il clima tirrenico e il clima mediterraneo propriamente detto (Foto 3). Il clima adriatico si sviluppa nella zona dell'Italia orientale affacciata sul mar Adriatico, da Trieste fino al Molise, e si limita a una stretta fascia costiera. Non riesce difatti quasi mai a penetrare nelle zone interne, a causa rispettivamente dell'influenza della pianura padano-veneta e della vicinanza al mare delle alture dell'Appennino. Le temperature invernali sono abbastanza miti solo dove la costa è alta, con fondali relativamente profondi anche sottocosta, e riparata dai venti orientali, ovvero principalmente lungo la costiera tra Duino e Trieste, intorno ad Ancona e tra Grottamare e San Benedetto. Al contrario sono piuttosto freddi e molto esposti ai venti orientali tutto il litorale veneto, quello romagnolo, e vaste parti di quello marchigiano e abruzzese. In queste zone d'inverno spesso si può scendere

sotto lo zero nelle ore notturne, e l'umidità invernale è elevata. In genere queste zone a costa bassa risultano appena meno fredde e nebbiose delle limitrofe zone interne, vista la ridotta influenza del mare, profondo solo un paio di metri. La tipica macchia mediterranea in Adriatico non è molto diffusa: la si ritrova solo nelle poche zone secche, miti e con ridotta escursione termica, ovvero intorno a Trieste (minime 12°/ massime 19°, umidità 64%) e, quasi due paralleli più a sud, al Monte Conero, nonché in Abruzzo. Le estati sono ovunque relativamente calde, con punte sopra i 30 gradi in luglio e agosto. Il clima tirrenico sviluppa lungo la costa occidentale della penisola, da Ventimiglia al Golfo di Gaeta, al confine tra Campania e Lazio. Questo clima interessa lo stretto litorale della Liguria, la fascia costiera della Toscana, con le isole, la parte del Lazio più vicina al mare. La costa tirrenica ha inverni più miti della corrispondente costa adriatica. Le estati lungo il Tirreno sono calde ma in genere non troppo afose. Il clima Mediterraneo È il clima più caldo d'Italia. Si sviluppa lungo le coste e nelle zone vicine al mare della parte più meridionale della penisola italiana, più o meno dalla costa campana in giù sul lato tirrenico, e dalla penisola del Gargano in giù sul lato adriatico nonché sulle due grandi isole, Sicilia e Sardegna. È caratterizzato da inverni miti e brevi, sebbene alcuni anni assai piovosi, in cui le temperature presso le coste molto raramente scendono sotto gli 0 °C. Le estati sono torride, lunghe e secche. Gli inverni e gli autunni sono invece piuttosto piovosi. Clima continentale È il clima caratteristico delle zone interne dei continenti, paesaggi tipici di questo clima sono la prateria, la steppa, la foresta di latifoglie. In Italia si trova principalmente nella pianura padana, quindi nelle zone pianeggianti del Piemonte, della Lombardia, del Veneto, dell'Emilia e del Friuli occidentale. È caratterizzato da inverni lunghi, umidi e nebbiosi e da estati calde e afose. A causa della lontananza dal mare l'escursione termica tra estate e inverno risulta assai elevata. La piovosità in questa zona è moderata. Il clima alpino è il clima caratteristico della fascia montana alpina, il paesaggio tipico di questo clima varia in base all'altitudine. Alle basse quote si trova la foresta di latifoglie, che, più in alto, lascia il posto alla foresta di conifere. Gli inverni sono lunghi e assai rigidi e le estati brevi e fresche. Le precipitazioni piovose sono abbondanti e prevalentemente estive, quelle nevose abbondanti gli inverni. Il clima appenninico è il clima caratteristico degli Appennini, e coinvolge gran parte dell'Italia peninsulare dalla Liguria alla Calabria: il paesaggio di questo clima è molto vario e poco definito e cambia in base a diversi fattori. Nel clima appenninico gli inverni sono rigidi e le estati calde, la piovosità è variabile in base alla zona, ma è più abbondante a ovest; la neve è frequente d'inverno. Alle basse quote il clima è ovviamente meno rigido ed assume i caratteri di quello continentale, infine è di tipo mediterraneo avvicinandosi alle coste.

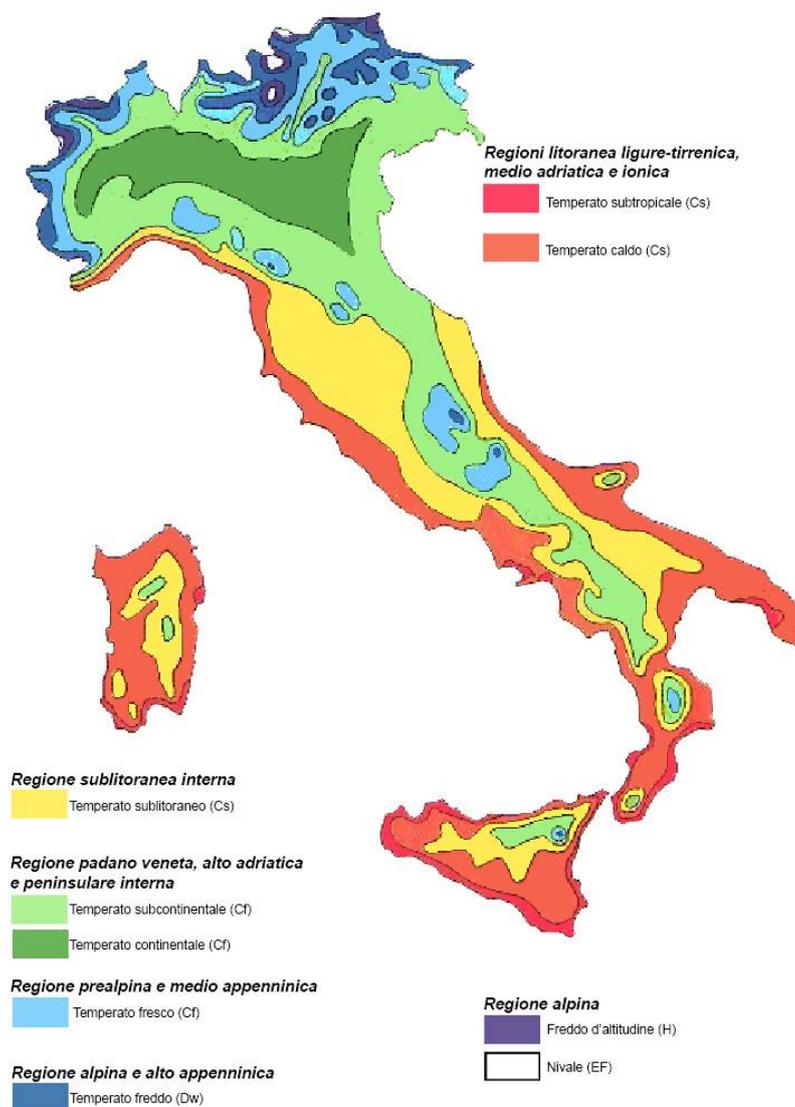


Figura 3. Cartina climatica dell'Italia.

1.5 SPECIE DA TAPPETO ERBOSO

Le caratteristiche principali delle essenze che costituiscono un tappeto erboso sono la resistenza al taglio, la densità dei culmi, l'uniformità di crescita, il colore (intensità, uniformità) e la resistenza agli stress abiotici e biotici tra cui il calpestio. Tali condizioni vengono quasi del tutto soddisfatte da specie appartenenti alla famiglia delle *Poaceae* meglio conosciute con il vecchio nome di *Graminaceae* (dal latino *gramen* – plurale

gramigna – ovvero “erbe”). Dal punto di vista storico-culturale, la famiglia delle *Poaceae* costituisce la più importante e diffusa fonte vegetale di alimentazione umana ed animale in quanto comprende i cereali; inoltre fanno parte della famiglia anche molte specie spontanee e foraggiere coltivate in prati e pascoli di tutto il mondo sono oggi, infatti, diffuse in gran parte del mondo per la loro gran capacità di adattabilità a condizioni climatiche estreme (Huang e Fry, 1999). La diffusione, quasi ubiquitaria, delle specie appartenenti a questa famiglia è dovuta alla loro grande adattabilità a condizioni climatiche estreme. La famiglia delle *Poaceae* è molto vasta, infatti comprende sei sottofamiglie, oltre 600 generi e circa 10.000 specie vegetali. Nonostante l’elevato numero di specie, nell’ambito delle microterme solo una quindicina vengono impiegate nella realizzazione dei tappeti erbosi, e fanno parte della sottofamiglia delle Festucoideae ed ai generi *Agrostis*, *Festuca*, *Lolium* e *Poa* (Pannella et al., 2006). Nonostante queste specie siano attualmente diffuse a livello mondiale, i centri di selezione varietale sono concentrati perlopiù nel Nord America e Nord Europa (Dunn e Diesburg, 2004).

1.5.1 SPECIE MAGGIORMENTE IMPIEGATE NELLO SCENARIO ITALIANO

GENERE LOLIUM

Il genere *Lolium* è un genere ubiquitario anche se ha origini europee, esso si è largamente diffuso in tutto il pianeta, con particolare riferimento a regioni tropicali e subtropicali. Insieme ad altri 24 generi appartiene alla tribù delle *Hordeae*. Il genere *Lolium* è stato principalmente utilizzato fin dall’antichità come pianta foraggera; sono due le specie utilizzabili nell’ambito dei tappeti erbosi, di cui una (*Lolium multiflorum*) piuttosto marginalmente.

LOLIUM PERENNE Si tratta della microterma più largamente usata ai fini dell’impianto di un tappeto erboso. È una specie di tessitura media-fina e densità buona, di colore verde scuro e con habitus di crescita cespitoso. Presenta una prefogliazione conduplicata con una lamina fogliare di larghezza da 2 a 5 mm, punta acuminata, nervature accentuate sulla pagina superiore. Guaina glabra, basalmente rossiccia con margini sovrapposti; ligula membranosa e troncata lunga da 0.5 a 1.5mm; auricole rudimentali e collare da stretto a medio grande, diviso e glabro (Fig.6).

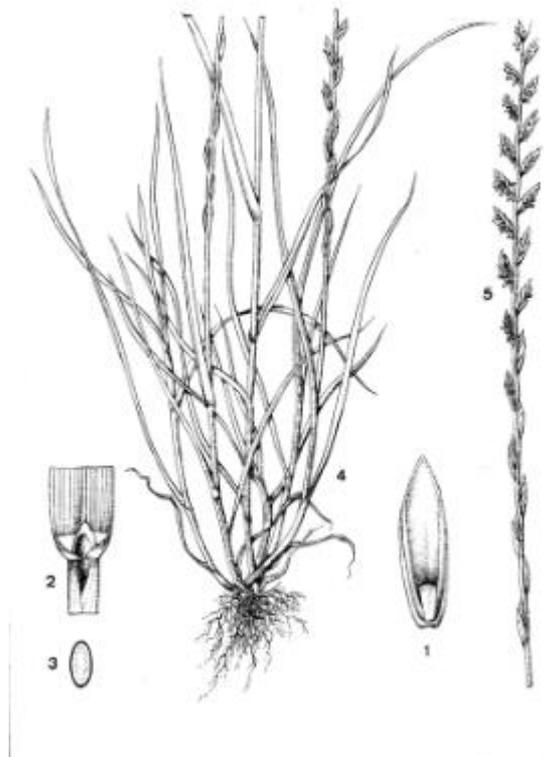


Fig.6 Rappresentazione di pianta di *Lolium perenne*; n1 seme, n2 collare, n3 prefogliazione, n4 pianta, n 5 spiga.

L. perenne, meglio conosciuto come Loietto inglese, si caratterizza per un'ampia adattabilità ambientale che gli consente di essere impiegato in ambienti anche molto diversi dal punto di vista pedoclimatico. Tollera suoli acidi e alcalini con un pH variabile tra 5.1 a 8.4 e si adatta bene anche a substrati facilmente costipabili (suoli argillosi) (Macolino et al., 2009). Non sopporta condizioni termiche estreme, la crescita ottimale si manifesta con temperature comprese tra 20 e 25°C. In Italia le maggiori difficoltà le incontra nel periodo estivo, ove inizia a manifestare segni di sofferenza quando le temperature superano i 31 °C di giorno e i 25 °C di notte. Negli ultimi anni sono state selezionate nuove varietà in grado di fornire buone prestazioni anche durante i mesi più caldi (Macolino et al., 2009). Questa specie è molto utilizzata nelle zone di transizione, per la formazione di TE sportivi ad elevata intensità di calpestamento, in quanto riesce a sopportare molto bene il calpestamento resistendo sia al danno causato direttamente alla vegetazione che a quello causato al substrato (compattamento). Inoltre, dal punto di vista delle qualità estetiche, risulta essere una specie molto apprezzata. Grazie alla elevata velocità di germinazione (5-7 gg) ed insediamento (15-18 gg) si presta alla realizzazione di tappeti erbosi mediante semina, ed

anche al rinfoltimento delle zone maggiormente danneggiate mediante trasemine primaverili ed autunnali in miscugli di microterme. Può essere impiegata in purezza (*blend*) oppure in miscuglio solitamente con *Poa pratensis* che conferisce maggiore persistenza al manto erboso. L'impiego in purezza è consigliabile per facilitare la gestione. *L. perenne* viene anche impiegato nelle trasemine invernali (*winter overseeding*) dei tappeti erbosi di *Cynodon dactylon* per garantire un manto erboso verde durante l'inverno (Macolino et al., 2009). *L. perenne* non presenta rizomi e nemmeno stoloni per questo la sua capacità di recupero è molto scarsa. La buona resistenza al calpestio dipende anche dalla quantità di biomassa che ricopre il terreno e dalla densità (n. di accestimenti/dm²) del tappeto erboso. Un tappeto erboso fitto e con abbondante biomassa è in grado di dissipare le forze di pressione dovute al calpestamento e di limitare l'effetto di costipamento del terreno (Macolino et al., 2009). *L. perenne* si caratterizza per avere una buona capacità di ripresa vegetativa primaverile e autunnale, soprattutto se ben concimato. Questa specie risulta molto sensibile a differenti malattie, in particolare al *Phythium spp.* Durante l'insediamento, come *Puccinia spp.*, *Rhizoctonia solani e cerealis e oryzae*, *Ustilago spp.* E *Urocystis spp.* e *Helminthosporium spp.* (Pannella et al., 2006).

GENERE POA

Il genere *Poa*, appartenente alla tribù delle *Festuceae*, è di origine euroasiatica e comprende oltre 200 specie largamente distribuite nella zona di transizione. Molte delle specie di questo genere rispondono piuttosto bene ad elevati livelli di fertilità e di irrigazione. Tra le specie di maggior interesse distinguiamo: *Poa pratensis*, *Poa trivialis*, *Poa annua*. Marginalmente possono avere un qualche impiego anche: *Poa nemoralis*, *Poa compressa*, *Poa bulbosa*, *Poa glaucantha*.

POA PRATENSIS L.

Presenta una notevole variabilità tra le cultivar per quanto riguarda il colore, la densità, le tessitura, l'habitus di crescita. In linea generale presenta una tessitura e una densità media con una colorazione di tonalità verde blu piuttosto intensa.

Presenta una prefogliazione conduplicata con una larghezza fogliare che varia da 2 ai 4mm con una punta a barchetta e lamina a forma di "V" ma anche piatta, solitamente glabra con doppia nervatura al centro. Ha una guaina leggermente compressa, anch'essa glabra con

marginati sovrapposti, ligula membranosa, troncata lunga da 0.2 a 1mm. È priva di auricole mentre il collare è medio-grande, diviso, glabro e di colore giallo-verde (Fig. 7). *Poa pratensis* è probabilmente la specie che più di ogni altra è stata oggetto di un intenso lavoro di ricerca e di miglioramento genetico al fine di produrre cultivar di qualità superiore e di più ampia adattabilità (Pannella et al., 2006).



Fig.7 Rappresentazione della pianta di *Poa pratensis*; n1 semi, n2-3 infiorescenza; n4 collare, n5 sezione di una foglia, n6 porzione di apparato radicale, n7 pianta, n8prefogliazione, n9 lamina fogliare.

È una specie molto persistente ed in grado di sopportare bene sia le basse che le alte temperature. Predilige terreni drenanti e con pH variabile da 6 a 7. Si tratta di una specie che produce seme sia sessualmente che asessualmente (apomissia). Il seme prodotto attraverso la riproduzione apomittica conserva il patrimonio genetico della pianta madre perpetuando gli stessi caratteri da una generazione all'altra. Per questo i *breeder* incontrano molteplici difficoltà nei processi di selezione genetica dando vita a varietà con caratteristiche spesso molto differenti. Per questa specie quindi la scelta della varietà è più che mai importante. *P. pratensis* è impiegata con successo nella formazione di tappeti erbosi sportivi sebbene venga danneggiata dal calpestamento più facilmente rispetto ad altre specie come ad esempio *L. perenne* e *F. arundinacea* (Pannella et al., 2006). Presenta un apparato radicale molto superficiale e costituito da radici sottili che si rompono facilmente per effetto dell'attività sportiva. Le performance migliori si hanno in TE sottoposti ad un'intensità di calpestamento medio-bassa. In queste condizioni il manto

erboso conserva una elevata densità che, per i frequentanti dei campi sportivi, favorisce ottime prestazioni. Il TE di *P. pratensis*, quando non è diradato, produce una buona quantità di feltro che consente di attutire le eventuali cadute degli atleti limitando il rischio di infortuni. Un'ulteriore ragione che spinge all'uso di questa specie è la capacità di tollerare l'ombreggiamento. Si impiega sia in purezza che in miscuglio, con *L. perenne* oppure con *F. arundinacea*. Il miscuglio con *L. perenne* prevede l'impiego di una percentuale in peso di seme di questa specie variabile dall'80 all'85% e per *P. pratensis* dal 15 al 20%. In questo modo il seme di *P. pratensis* sarà predominante, ma dato i maggiori tempi di insediamento è previsto inizialmente un TE equamente ripartito tra le due specie. Nel caso del miscuglio con *F. arundinacea* il rapporto è 90% (Fa) e 10% (Pp). In questo modo si dovrebbe ottenere un numero di semi uguale per entrambe le specie (50/50) e un miscuglio ove inizialmente predomina *F. arundinacea* (Macolino et al., 2009). Il *blend* è da preferirsi in condizioni di limitata intensità di calpestamento, mentre il miscuglio è indicato per TE fortemente calpestati. La scarsa velocità di germinazione di questa specie (15-20 gg) e di insediamento (> 2 mesi) rende molto difficile la realizzazione di TE mediante semina. Alla semina si preferisce la posa del prato pronto (prato in rotoli).

Può superare facilmente lunghi periodi di siccità entrando in dormienza (dormienza estiva), durante questo periodo che può durare fino a qualche mese, le foglie virano ad un color marrone e si chiudono in se stesse, ma la corona e gli stemi non muoiono. Durante la dormienza la pianta non cresce e non si sviluppa, ma grazie alla presenza rizomi essa mantiene una buona copertura del terreno, i rizomi inoltre permettono la formazione di nuove radici e germogli in caso di una pioggia o un'irrigazione recuperando velocemente il colore e la densità del tappeto erboso (Huang B. 1999).

FESTUCA

Il genere *Festuca* conta oltre 100 specie appartenenti alla tribù delle *Festuceae*, ma solo 5-6 di esse sono considerate interessanti per il settore dei tappeti erbosi. Le specie di questo genere possiedono grande variabilità in termini di longevità, tessitura e habitus di crescita. Queste piante sono adatte a climi freddo-umidi, ma allo stesso tempo tollerano ambienti siccitosi (Park et al., 2005).

Le specie annuali sono solitamente considerate infestanti, ma quelle perenni dimostrano spiccate attitudini all'utilizzo per tappeto erboso. Appartenenti a questo genere sono alcune

delle microterme più resistenti al logorio. Di nostro interesse risultano le specie: *Festuca arundinacea*, *Festuca rubra*, *Festuca ovina*.

La “rusticità” di queste piante ha risvegliato l’interesse dei ricercatori, soprattutto per le buone doti dimostrate nella resistenza al logorio nei campi sportivi (Brown et. al., 2004); la specie notoriamente più impiegata è la *Festuca arundinacea* (recentemente rinominata *Lolium arundinaceum*).

FESTUCA ARUNDINACEA SCHERB. Si tratta di una specie originaria dell’Europa, ma che si è diffusa in ampie fasce climatiche. Presenta tessitura molto grossolana (la più grossolana tra le microterme), bassa densità e colore verde intermedio. La “rusticità” di queste piante ha risvegliato l’interesse dei ricercatori, soprattutto per le buone doti dimostrate nella resistenza al logorio nei campi sportivi e alla siccità (Brown et. al., 2004). Nel caso di *Festuca arundinacea* la selezione si è concentrata sulla ricerca di genotipi con lamina fogliare più stretta e maggiormente resistente al taglio basso basso.

Presenta una prefogliatura convoluata e una lamina fogliare grossolana con una larghezza compresa fra i 5 e i 10mm, punta acuminata, accentuata nervatura mediana e seghettatura marginale in prossimità della punta. La guaina è arrotondata glabra, basalmente rossiccia con margini sovrapposti; mentre la ligula si presenta una lunghezza compresa fra in 0.5 a 1.5mm, membranosa e troncata, mentre le auricole sono rudimentali. Infine il collare risulta essere largo, diviso con margini pubescenti (Fig. 8).



Fig.8 Rappresentazione pianta di *Festuca arundinacea*; n1-6 pianta, n2 infiorescenza, n3 semi, n 4-7 spiga, n5 collare, n8 lamina fogliare.

La *Festuca arundinacea*, tipica specie degli ambienti di transizione, sopporta molto bene le alte temperature e la siccità, mentre non ama le basse temperature tanto che durante il periodo invernale la parte distale delle lamine fogliari tende ad ingiallirsi. *F. arundinacea* si adatta bene a svariati tipi di terreno anche con un basso livello di fertilità e tollera condizioni di pH da 4.7 a 8.5 e prolungati periodi di saturazione idrica nel terreno. Fornisce buone prestazioni anche in substrati sabbiosi e richiede minimi interventi di concimazioni (nei TE sportivi sono sufficienti 200 kg/ha/anno di N) ed è in grado di resistere a prolungati periodi di siccità perché riesce a sfruttare l'acqua negli strati profondi del terreno grazie ad un apparato radicale robusto e profondo (Macolino *et al.*, 2009). *F. arundinacea* è, tra le microterme, la scelta migliore per gli impianti sportivi a bassa intensità di gestione, poco o per nulla irrigati e generalmente sottoposti ad intensa attività agonistica (Pannella *et al.*, 2006). Il TE di *F. arundinacea* è realizzato quasi esclusivamente mediante semina, i tempi di

germinazione sono di circa 10-12 gg e quelli insediamento di 40-50 gg. Più raramente viene impiegato il prato in rotoli, ottenuto coltivando *F. arundinacea* in miscuglio con *P. pratensis*. Recenti studi hanno dimostrato che questa specie è anche in grado di sopportare i tagli bassi, anche fino a 10 mm, anche se in linea generale questa specie viene mantenuta ad un'altezza di taglio compresa fra i 35 e i 55mm. Inoltre il suo portamento tipicamente cespitoso le conferisce una scarsa capacità di recupero. In condizioni di intenso calpestamento il TE di *F. arundinacea* si dirada e le piante superstiti si ingrossano formando cespi anche di molti cm di diametro. Al fine di sopperire a questo problema è consigliato impiegare *F. arundinacea* in miscuglio con *P. pratensis*. La percentuale di quest'ultima specie nel miscuglio non dovrebbe superare il 10% in peso, in quanto è stata calcolata sulla base del peso dei semi. Una percentuale superiore di *P. pratensis* potrebbe in breve tempo far diventare quest'ultima dominante nel miscuglio (Macolino et al., 2009).

Da studi effettuati negli anni si è visto che *Festuca arundinacea* ha un'ottima resistenza alla siccità se confrontata con altre microterme, infatti anche con una restituzione idrica del 50% ETo-P si è visto che questa specie ha un accrescimento molto soddisfacente (anche se non paragonabile alle macroterme), questo grazie alla lunghezza e alla densità delle proprie radici, che gli permettono di assorbire acqua anche negli strati più profondi del terreno (Marchione, 2003; Qian et al., 1997). Per quanto riguarda l'aspetto estetico nelle medesime condizioni di stress idrico si è notato che le festuche riducono la loro qualità estetica in modo minore rispetto alle altre microterme mantenendo una qualità del manto sufficiente (Marchione, 2003).

FESTUCA OVINA

La festuca ovina (*Festuca ovina* L.) è una specie microterma a crescita lenta, che richiede ridotti input manutentivi e mantiene a lungo una colorazione intensa, essa è tipica e spontanea nelle zone alpine, pre-alpine, appenniniche sia nei sottoboschi che in pieno sole degli ambienti aridi, ove abbiamo suoli poveri e clima fresco. E' una specie a tessitura estremamente fine e ad alta densità, la crescita verticale della festuca ovina è molto ridotta e questa specie è particolarmente adatta nelle semine estensive di zone a bassa o nulla manutenzione.

A differenza di altre Festuche, l'ovina viene solitamente seminata in purezza e non sopporta tagli bassi e climi caldo-umidi. Per le sue caratteristiche è una specie perfetta per tappeti

erbosi tecnico funzionali, quali scarpate, *roughs*, cigli stradali ecc., anche in zone a forte ombreggiamento (Fig.8).



Fig.9 Rappresentazione di *Festuca ovina*, possiamo vedere nello specifico le infiorescenze, la spiga e le lamine fogliari.

FESTUCA RUBRA

Ha origine europea e proprio in questo continente si è maggiormente sviluppata la ricerca di *cultivar* selezionate. Si è largamente diffusa nelle regioni freddo - umide del Nord America, del Nord Africa, e dell'Australia, ma il suo range di adattabilità non è così esteso come quello, ad esempio, della *Poa pratensis*.

Si distinguono tre sottospecie: *Festuca rubra rubra* (*Strong creeping red fescue*) fortemente rizomatosa, *Festuca rubra trichophylla* (*Slender creeping red fescue*) debolmente rizomatosa, *Festuca rubra commutata* (*Chewing fescue*) che è cespitosa.

Nella prova è stata utilizzata la sottospecie *commutata* (Fig. 10), essa presenta una tessitura molto fine, con una densità eccellente ed una colorazione molto scura. La prefogliazione è conduplicata mentre la lamina fogliare ha una larghezza di 1-2mm con punta acuminata; la guaina è compressa, glabra e basalmente rossiccia, la ligula è membranosa, troncata, lunga da 0,2 a 0,4 mm; non sono invece presenti le auricole. Il collare risulta essere allargato. Questa sottospecie possiede una eccellente resistenza alla siccità e all'ombreggiamento.



Fig.10 Rappresentazione *Festuca rubra* subsp. *commutata*; n1. Semi, n2-3-5 infiorescenza; n4 collare, n6 sezione di una lamina fogliare, n7 lamina fogliare, n8 apparato radicale, n9 spiga.

DESCHAMPSIA CAESPITOSA

Le specie appartenenti al genere *Deschampsia* si trovano nelle zone temperate, artiche e antartiche di entrambi gli emisferi, oltre alla presenza anche ad alte quote nei tropici (Gould e Shaw, 1983). Le specie di questo genere si sono adattate a molti habitat diversi, tra cui paludi costiere e prati di montagna, talvolta vengono considerate specie chiave per il restauro delle zone umide, con pH acidi (3,00-5,00) o dove si verificano elevate concentrazioni di metalli pesanti; alcune specie, quali *Deschampsia caespitosa*, suggeriscono un elevato potenziale come importanti specie da tappeti erbosi (Anderson e

Sharp, 1994; Brown e Thompson, 1992, Brown et al, 1988; Coulaud e McNeilly, 1992; Bush et al, 1993).

Deschampsia caespitosa è una specie poco studiata e poco utilizzata nella realizzazione dei tappeti erbosi; l'acclimatamento e la resistenza allo stress idrico viene studiato oggi per la prima volta nelle nostre condizioni climatiche.

La *D. caespitosa* è una specie perenne che mostra una crescita aggressiva ed è in grado di costruire un fitto coticco erboso in breve tempo, chiamata anche *tufted hair-grass* per via della lamina fogliare molto fina, simile a capelli di colore verde scuro.

Questa perenne ha un'altezza che può raggiungere i 50-80 cm, presenta numerosi culmi eretti, robusti e lisci (glabri nella parte apicale della pannocchia). Le foglie si presentano rigide di colore verde o verde-glaucò, a lembo glabro largo 2-5 mm e lungo 10-60 cm, scabro ai margini ed all'apice; guaina striata e ligula allungata (5-8 mm), acuta, spesso divisa. L'infiorescenza è a pannocchia piramidale di color dorato più o meno espansa (molto alla fioritura), lunga fino a 40 cm.



Fig.11 Rappresentazione di una pianta di *Deschampsia caespitosa*.

1.5.2 SPECIE MICROTERME: ADDATTABILITÀ AMBIENTALE

Le specie da tappeto erboso, come abbiamo velocemente visto in precedenza, sono suddivise in due gruppi: le specie microterme, che prediligono le zone temperate e sub-artiche e le specie macroterme, adatte alle zone tropicali e sub-tropicali (Turgeon, 1980). Le microterme, originarie del continente euroasiatico, sono graminacee che si sono particolarmente adattate a vivere in climi a carattere prevalentemente freddo-umido, ma risultano essere però diffuse e ben insediate anche in zone fredde sub-umide e fredde semiaride, così come spesso accade nella zona di transizione (Beard e Kenna, 2008).

Le specie microterme sono di gran lunga le più utilizzate nel nostro Paese. La ragione di questo lo si deve in parte a strategie di mercato ed in parte all'adattabilità ambientale. Le prime varietà da tappeto erboso sono state infatti introdotte nel mercato italiano dalle aziende nordeuropee che commercializzavano esclusivamente specie microterme perché più adatte al clima del nord Europa. Inoltre, nei climi temperati, le specie microterme conservano il colore per tutto l'anno, pur entrando in dormienza nei periodi più caldi (Allen et al., 2005), mentre le specie microterme ingialliscono durante l'inverno. Va anche sottolineato che nell'ambito delle specie microterme vi sono differenze anche rilevanti per quanto riguarda l'adattabilità ambientale e questo favorisce la scelta della specie o cultivar da utilizzare nelle diverse condizioni pedoclimatiche (Devitt et al., 2005; Volterrani et al., 1996; Geren H. et al, 2009).

Sebbene conservino il colore durante l'inverno, le specie microterme riducono comunque l'attività vegetativa nei periodi più freddi ed entrano in dormienza quando le temperature non sono più idonee allo sviluppo, ovvero vicino agli 0 °C. In questo periodo superano il freddo sfruttando le riserve a base di carbonio accumulate negli organi basali (corona, rizomi, ecc). Le temperature ottimali per la loro crescita si aggirano tra i 10 e i 18 °C per l'apparato ipogeo, e tra i 15 e i 24 °C per l'apparato epigeo (Wang et al., 1987), anche se la loro crescita è attiva tra i 5 e i 30 °C, con minimi vitali di circa -20 °C. La crescita radicale è concentrata in primavera ed autunno, periodo consigliato anche per la semina, seguito dallo sviluppo della parte epigea. L'accrescimento autunnale è inferiore a quello primaverile ma consente, comunque, di avere un livello tale di crescita da recuperare gli eventuali danni del periodo estivo (Beard, 1989). La cosa più importante per esse è la disponibilità d'acqua, fondamentale per la loro sopravvivenza (Smith e Griffiths, 1993).

Ad influire sulla durata e sulla qualità della vita di queste piante vi sono anche altri aspetti, come ad esempio il calpestamento, la presenza di feltro, l'esposizione al sole, la carenza di

elementi nutritivi, la possibilità di presenza di patogeni o insetti nocivi alla coltura, il tempo e i costi disponibili per la manutenzione. In Italia probabilmente, come precedentemente descritto, le sfide maggiori per la sopravvivenza di un tappeto di microterme riguardano sicuramente il clima ed il consumo di acqua. E' proprio il continuo diminuire delle risorse idriche che ha reso necessaria la ricerca per la selezione di specie microterme, con minori esigenze d'acqua e con maggiore resistenza alla siccità. Ma perché la presenza dell'acqua nel terreno e nella pianta è così importante?

Le piante terrestri assorbono l'acqua loro necessaria attraverso le radici, e le specie da tappeto erboso, come tutte le piante necessitano di acqua per vivere e crescere. Il contenuto idrico delle graminacee da tappeto erboso è compreso tra il 75% e l'85% in peso. Una riduzione della percentuale di acqua di appena il 10% può essere letale per la maggior parte delle specie. Solo una parte molto ridotta dell'acqua assorbita dalle piante (circa l'1%) è utilizzata in processi fisiologici. La quasi totalità dell'acqua assorbita dagli apparati radicali viene traspirata passando per evaporazione dalla pianta all'atmosfera circostante (Volterrani, 2008). Lo sviluppo dell'apparato radicale delle piante è tale da permettere l'approvvigionamento dell'acqua in una notevole massa di terreno. Tanto più il terreno è arido, tanto maggiore è lo sviluppo delle radici. Se si sommano le lunghezze di tutte le radici si ottengono cifre dell'ordine di alcune centinaia di metri, cifre variabili in base al tipo di pianta. È da considerare che le microterme presentano un apparato radicale che esplora solamente i primi 30-40 cm di suolo (salvo casi eccezionali come *Festuca arundinacea* che può arrivare a 1 m); questo comporta, quindi, una limitazione nella ricerca di risorse idriche. Le specie macroterme, invece, superano tranquillamente il metro e mezzo ovviando più facilmente al problema della siccità. Nei climi temperati le specie microterme da tappeto erboso richiedono mediamente 35 mm di acqua settimanali, fornito per mezzo di precipitazioni, di irrigazioni o di entrambi.

La perdita di acqua riferibile a una copertura vegetale è in generale definita evapotraspirazione (ET). Per ET si intende la perdita di acqua, da parte del terreno con coperture vegetale, attraverso i processi contemporanei di evaporazione della superficie del suolo e di traspirazione da parte delle piante (Giardini, 2002). L'evapotraspirazione è generalmente espressa in mm per giorno e dipende dal tipo di suolo, dalla specie e dalle varietà della copertura vegetale presente, dal livello di manutenzione e dalle condizioni atmosferiche.

In uno studio della valutazione del fabbisogno idrico di *Zoysia japonica* ('Meyar'), *Cynodon dactylon X cynodon trasvalensis* ('Midlawn'), *Schedonorus arundinaceus* ('Falconll'), *Festuca arundinacea* ('Dumort') e *Poa pratensis* ('Brillant') (Fu *et al.*, 2004) è stato dimostrato che le diverse specie da tappeto erboso erano in grado di mantenere livelli di qualità estetica accettabili a diversi livelli di restituzione idrica di ET. I ricercatori hanno concluso che sia per le festuche, che per le gramigne erano sufficiente irrigare le piante una volta a settimana reintegrando dal 40 al 60% dell'ET (a seconda degli anni di studio) per mantenere il prato ad un aspetto accettabile, mentre la *Poa pratensis* richiedeva un reintegro del 100% dell'ET per avere una sufficiente qualità estetica (Fu *et al.*, 2004).

Per comprendere i meccanismi fisiologici alla base dell'uso dell'acqua da parte delle piante può rivelarsi utile una rappresentazione schematica del sistema suolo-pianta-atmosfera.

L'ingresso dell'acqua nella pianta avviene a livello dei peli radicali mentre il sistema vascolare garantisce il trasporto dell'acqua dagli apparati radicali ai fusti e alle foglie. La traspirazione avviene entro strutture della foglia, le camere sottostomatiche, deputate agli scambi gassosi con l'atmosfera ed è il passaggio dell'acqua dallo stato liquido, in cui si trova entro le cellule, allo stato di vapore. Il vapore acqueo a questo punto passa nell'atmosfera attraverso le aperture stomatiche delle lamine fogliari.

Green *et al.*, (1990a) studiò l'ET di 12 specie microterme in ambiente protetto in condizioni non limitanti di umidità e determinò un livello di ET di 7.4mm d⁻¹ per la varietà 'Waldina' (*Festuca longifolia* Thuill) e 12.4 mm d⁻¹ per 'Merion' (*Poa pratensis*). Anche all'interno della stessa specie l'ET varia, come dimostra uno studio condotto da Bowman e Macaulay (1991) su 20 diverse varietà di *Festuca arundinacea* dove vide che l'ET variava da 10 a 13,5 mm d⁻¹ da una varietà all'altra; ciò può essere attribuito a differenza genetiche.

Per quanto l'acqua ceduta per traspirazione possa essere considerata una perdita dal punto di vista del bilancio idrico, da un punto di vista fisiologico il fenomeno attiva alcuni meccanismi indispensabili per i processi vitali della pianta quali la termoregolazione e l'assorbimento degli elementi nutritivi dal terreno. Ogni grammo di acqua traspirata sottrae infatti ai tessuti traspiranti 2,43 kJ e ciò svolge un ruolo fondamentale nel raffreddamento della pianta. A tale proposito è indicativo il fatto che un tappeto erboso in attiva crescita può far registrare in estate una temperatura superficiale anche di 20 °C inferiore rispetto ad un terreno nudo o a un tappeto erboso in dormienza. Nell'area mediterranea, specialmente durante il periodo estivo, le precipitazioni o le riserve del suolo raramente forniscono una disponibilità di acqua sincronizzata con le necessità delle piante ed è frequente quindi che

le dotazioni ambientali non siano sufficienti a garantire una elevata qualità dei tappeti erbosi. La *Crop Science Society of America* definisce la siccità come “una condizione caratterizzata da precipitazioni inferiori alla norma accompagnate da una evapotraspirazione superiore alla media e sufficientemente prolungata tanto da determinare danni alle piante e causare una riduzione delle riserve idriche del suolo”. Tale definizione identifica una condizione climatica detta anche siccità cronica per distinguerla da una siccità acuta, termine con il quale si fa più specifico riferimento a condizioni temporanee di breve durata che si verificano in particolari giornate estive nelle quali gli elevati picchi di traspirazione possono causare effetti di deficit idrico a carico di un tappeto erboso, anche con disponibilità non limitanti di acqua nel terreno (Volterrani, 2008).

C'è da sottolineare che anche la pianta però, da parte sua, ha sempre messo in atto delle strategie per impedire una perdita eccessiva di acqua. L'angolo di inserzione fogliare, la larghezza della lamina fogliare, la presenza di peli, di cere e di cuticole sull'epidermide fogliare, la differenza di apparato radicale sono tutti organi che le consentono efficaci adattamenti e che le permettono di ridurre la perdita di acqua a cui sono appunto sottoposte nei periodi più caldi dell'anno (Kim *et al.*, 1988). Nonostante ciò le microterme presentano delle limitazioni che le macroterme non hanno, soprattutto dal punto di vista fisiologico. L'ET delle specie microterme è maggiore rispetto a quella delle macroterme, è stato dimostrato infatti che le microterme richiedono quantità di acqua superiori di circa tre volte quella delle macroterme, per produrre un grammo di sostanza secca (Hull, 1996, Huang e Fry, 1999)). Nel processo fotosintetico le specie microterme riescono ad essere efficienti solamente in assenza di eccessi termici e con buone disponibilità di acqua; mentre le specie macroterme sono efficienti anche in condizioni di temperature elevate e limitata disponibilità idrica (Neil e Jane, 2004). Durante il periodo di stress idrico le piante chiudono gli stomi per evitare di perdere acqua per traspirazione, però allo stesso tempo si ha la riduzione dell'assorbimento della CO₂, componente fondamentale della fotosintesi. Con carenza idrica la pianta C₄ risulta essere più efficiente della pianta C₃ perché il suo sistema funziona meglio a basse concentrazioni di CO₂ (Beard, 1986). L'enzima fissatore della CO₂ delle piante C₄, detto PEP-carbossilasi, fissa l'anidride carbonica più rapidamente, rispetto al RuDP-carbossilasi delle piante C₃, mantenendo più bassa la concentrazione di anidride carbonica nelle cellule e richiamando così anidride carbonica dall'esterno (Casnoff *et al.*, 1989).

Più in generale, a causa di oscillazioni della quantità di acqua disponibile per le piante, anziché veri e propri danni a carico dei vegetali si possono osservare periodi di durata

variabile in cui i tappeti erbosi manifestano in modo più o meno evidente i segni di quello che viene definito stress idrico. Tale condizione si verifica quando la quantità di acqua perduta dalla pianta per traspirazione supera quella assorbita dalle radici. Il primo segno visibile di tale stress è l'appassimento conseguente alla perdita di turgore delle cellule. Le foglie si risolleivano lentamente quando calpestate, il colore verde vira al grigio bluastrò, mentre le singole lamine tendono ad arrotolarsi o ripiegarsi. Quando lo stress idrico è moderato, un'abbondante irrigazione determina un rapido recupero delle condizioni di piena vegetazione del tappeto erboso. Se viceversa si raggiunge una forte disidratazione, l'avvizzimento può divenire permanente, con morte delle piante e mancato recupero del tappeto erboso.

La carenza di acqua nel sistema suolo-pianta può determinare la riduzione del potenziale idrico nelle foglie, l'evapotraspirazione, la produzione di sostanza secca e i processi fotochimici nelle specie microterme come il *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* (Carrow, 1996b; Perdomo *et al.*, 1996; Huang *et al.*, 1998; Su *et al.*, 2007). I meccanismi utilizzati dal tappeto erboso per sopravvivere alla deficienza idrica possono essere descritti in termini di risposte fisiologiche e biochimiche (John C. *et al.*, 2013).

In risposta agli stress idrici, le piante possono ridurre velocemente il proprio accrescimento vegetativo partendo inizialmente dai germogli, che sono più sensibili, passando poi all'apparato radicale; secondo uno studio condotto da Aronson *et al.*, (1987) le piante di *Poa pratensis* e *Lolium perenne* iniziano a ridurre il loro accrescimento fogliare approssimativamente quando il potenziale dell'acqua nel suolo è di -50kPa e si ferma completamente quando il potenziale raggiunge i -125kPa, mentre altre specie come la *Festuca rubra* e la *Festuca brevipila* continuano a crescere e a svilupparsi anche con un potenziale di acqua nel suolo di -400kPa (Aronson *et al.*, 1987).

Eevin e Koski (1995) hanno messo a confronto il peso secco delle radici di *Festuca arundinacea* e *Poa pratensis* (medesima irrigazione e volume di terreno analizzato) e si è visto che *Festuca arundinacea* ha il 65% di radici a peso secco in più rispetto alla *Poa pratensis*.

In risposta agli stress idrici le piante da tappeto erboso accumulano carboidrati solubili nelle radici e negli steli, ciò è dovuto al fatto che la crescita viene ridotta prima della riduzione della fotosintesi. Ciò può essere anche dovuto alla carenza dei minerali che ne derivano o dalla minore attività enzimatica dovuta alla minor presenza di acqua. Nel momento in cui

aumenta la quantità di acqua disponibile per le piante, i carboidrati immagazzinati forniscono l'energia necessaria alla pianta per svilupparsi nuovamente (Youngner, 1985).

In risposta a condizioni subottimali nelle risorse idriche ambientali, le piante attuano strategie prevalentemente di tipo fisiologico che possono essere di:

- a) prevenzione ;
- b) tolleranza ;
- c) sottrazione.

L'adozione di una o più di tali strategie consente alle piante di raggiungere un certo grado di resistenza al fenomeno della siccità (Volterrani, 2008).

A) Meccanismi di prevenzione. Attraverso le strategie di prevenzione le piante tendono a non modificare il loro bilancio idrico mediante la limitazione delle perdite di acqua o incrementando il suo assorbimento dal terreno.

Uno dei meccanismi con cui le piante ottengono la riduzione delle perdite di acqua per traspirazione si basa sull'aumento della resistenza stomatica e cuticolare. A livello di singola pianta, mediante la chiusura degli stomi (es. *gramigna*, *Paspalum*, *Zoysia*) e la formazione di strati cerosi (es. *gramigna*, *Buchloe*), i tessuti epidermici delle foglie riescono a ridurre il flusso di scambio gassoso con l'atmosfera. Una singolare strategia di riduzione degli scambi gassosi è messa in atto dalla *Poa pratensis* la quale, in condizioni di stress idrico, chiude i due lembi della lamina fogliare diminuendo la superficie esposta.

In generale, foglie corte e strette con scarsa velocità di accrescimento longitudinale riducono la superficie dalla quale può avvenire la traspirazione. La morfologia fogliare delle festuche fini, specialmente se comparata a quella di specie come *Festuca arundinacea* o *Stenotaphrum secundatum*, è un esempio della riduzione della superficie di scambio con l'atmosfera.

Anche il disseccamento parziale dell'apparato fogliare risulta una strategia di riduzione della perdita di acqua potendosi infatti considerare un caso particolare di temporanea riduzione dell'apparato fogliare. Sacrificando parte dei tessuti verdi la pianta rende il bilancio idrico meno critico a vantaggio di organi quali radici e corone che possono garantire la vitalità delle piante una volta che le disponibilità idriche siano ritornate normali. Se quelle descritte sono caratteristiche vantaggiose per le singole piante, per un tappeto erboso, considerato

nel suo insieme di comunità vegetale, possono risultare convenienti per il bilancio idrico peculiarità apparentemente opposte. Ogni singola operazione di manutenzione contribuisce a determinare l'entità della biomassa verde e la densità di organi come foglie e fusti e pertanto, per quanto riguarda il tasso di evapotraspirazione di un tappeto erboso, questo viene fortemente influenzato da fattori che possono non dipendere interamente dalle caratteristiche intrinseche delle singole specie. Un sistema adottato dalle piante per migliorare il bilancio idrico è poi quello di aumentare l'assunzione di acqua dalle radici. Ciò è ottenuto in generale sviluppando un apparato radicale profondo, ramificato e ricco di peli radicali. Le varie specie da tappeto erboso mostrano diverse abilità ad approfondire i loro apparati radicali nel periodo estivo, ciò dipende anche da alcune pratiche culturali, il taglio prima di tutto. Caratteristiche come la plasticità dell'apparato radicale, intesa come la capacità delle radici di svilupparsi prontamente in parti del volume di suolo esplorato dove le dotazioni di acqua sono momentaneamente migliori, possono inoltre rivelarsi strategie efficaci di prevenzione degli effetti della siccità (Volterrani, 2008)..

B) Meccanismi di tolleranza (*tolerance*). Con questo termine si intendono tutte quelle risposte fisiologiche che la pianta mette in atto per sopportare o limitare i danni che possono essere causati da un bilancio idrico negativo dei suoi tessuti. Sono di questo tipo gli aggiustamenti osmotici che consentono alle cellule di rimanere vitali aumentando il contenuto di sali o soluti che impediscono la perdita di acqua verso l'esterno. Anche la capacità di formare organi come stoloni o rizomi è considerata una forma di tolleranza della siccità. L'abbassamento del tenore idrico è infatti sopportato da tali organi che possono mostrare una prolungata vitalità grazie all'entrata in dormienza (Volterrani, 2008)..

C) Sottrazione. Con questo termine si considerano tutti quei sistemi che consentono a una data specie di chiudere un ciclo vegetativo producendo seme che sopravvive in assenza di acqua ed è in grado di generare nuove plantule in tempi successivi quando la disponibilità idrica non costituisca un fattore limitante (Volterrani, 2008)..

..

Nonostante le piante possano mettere in atto diversi sistemi di sopravvivenza e loro combinazioni, in situazioni di protratta carenza idrica l'interruzione della fotosintesi, e quindi della crescita, porta alla riduzione della emissione di nuovi germogli, stoloni e rizomi con la tendenza al diradamento del tappeto erboso e allo scadimento generale della qualità. L'allevamento dei tappeti erbosi in ambienti siccitosi dipende pertanto da adeguati apporti irrigui. Stante la scarsità della risorsa idrica tali apporti devono essere contenuti o

quantomeno razionalizzati. In questa ottica un possibile approccio è quello di suddividere i tappeti erbosi in due categorie sulla base delle necessità funzionali ed estetiche:

a) nei tappeti erbosi funzionali può essere tollerato un moderato scadimento qualitativo e un rallentamento della crescita. In questi casi apporti irrigui subottimali, di soccorso possono consentire sostanziali riduzioni dell'impiego di acqua;

b) nei tappeti erbosi sportivi o ornamentali di pregio per i quali sono richiesti un ottimo aspetto estetico e una costante attività vegetativa, la disponibilità idrica dovrebbe poter essere mantenuta a livelli non limitanti.

L'ottenimento di tale obiettivo a fronte di disponibilità idriche limitata è possibile solo attraverso la valorizzazione delle potenzialità fisiologiche delle singole specie. Le strategie antropiche di gestione del tappeto erboso dovranno pertanto tenere in considerazione i vari meccanismi di resistenza alla siccità mettendo le piante nelle condizioni di incrementare il loro assorbimento di acqua o di ridurre le perdite. Nel caso ad esempio della scelta della specie, la sola valutazione dei consumi idrici delle diverse piante non indica le specie adatte a tollerare condizioni di stress idrico. Il caso di *Festuca arundinacea* è emblematico. Questa specie infatti, a fronte di un tasso di evapotraspirazione molto elevato, possiede una resistenza alla siccità tra le più elevate fra le specie microterme grazie capacità del suo apparato radicale di approfondirsi notevolmente nel profilo del terreno. Tale capacità può essere valorizzata mediante una gestione del tappeto erboso che preveda irrigazioni profonde e altezze di taglio non troppo ridotte. Sotto questo aspetto anche differenze varietali possono avere una importanza significativa. Ad esempio nel caso della *Zoysia japonica 'Meyer'* la profondità degli apparati radicali risulta sensibilmente inferiore a quella di altre varietà della stessa specie (Volterrani, 2008).

La scelta di specie e varietà appropriate è cruciale in quanto il consumo idrico è variabile non solo tra specie, ma anche tra le varietà della medesima specie; la relativa resistenza alla siccità, fuga e tolleranza delle specie comunemente utilizzate nella realizzazione dei tappeti erbosi viene riassunta nella tabella di Fry e Huang (2004) (tabella 1); la resistenza alla siccità di molte specie e varietà è stata studiata anche da molti altri autori, tra cui quello della *Poa pratensis* (Murphy *et al.*, 1997; Richardson *et al.*, 2008,2009), della *Festuca arundinacea* (Carrow, 1996°; Huang e Gao, 1999, 2000; Karcher *et al.*, 2008), del *Cynodon dactylon* (Hays *et al.*, 1991; Miller e Dickens, 1997), *Eremochloa ophiuroides* (Hook e Hanna, 1994); *Stenotaphrum secundatum* (Steinke *et al.*, 2010), *Zoysia spp.* (Marcum *et al.*, 1995; White *et*

al.,2001; Steinke *et al.*,2009), *Agrostis stolonifera* (Jordan *et al.*,2003, DaCosta e Huang, 2006a) e *Agropyron cristatum* (Bushman *et al.*,2007).

Tabella 1. Tabella riassuntiva alla prevenzione, sottrazione e tolleranza della maggiori specie da tappeto erboso utilizzate.

Specie	Prevenzione siccità	Sottrazione siccità	Tolleranza siccità
<i>Poa pratensis</i>	Buona	Discreta	Buona
<i>Poa annua</i>	Scarsa	Scarsa	Scarsa
<i>Festuca arundinacea</i>	Molto buona	Eccellente	Discreta
<i>Festuca ovina</i>	Molto buona	Discreta	Eccellente
<i>Lolium perenne</i>	Discreta	Buona	Povera
<i>Agrostis stolonifera</i>	Discreta	Discreta	Povera
<i>Zoysia spp.</i>	Molto buona	Buona	Eccellente
<i>Cynodon dactylon</i>	Eccellente	Eccellente	Molto buona
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	Buona	Molto buona	Discreta
<i>Eremochloa ophiuroides</i>	Buona	Buona	Discreta
<i>Paspalum vaginatum</i>	Buona	Molto buona	Discreta

2. SCOPO DELLA TESI

Al fine di ridurre i consumi irrigui per il mantenimento dei tappeti erbosi nelle regioni a clima temperato sarebbe auspicabile l'utilizzo di specie macroterme, qualora ciò non fosse possibile per motivazioni estetiche, funzionali o tecniche, si deve ricorrere all'utilizzo di specie microterme. Le quali però per essere mantenuti a livelli qualitativi accettabili necessitano, soprattutto nei mesi più caldi, di ripetuti interventi irrigui, che comportano un costo economico e un danno di tipo ambientale dovuto allo spreco della risorsa acqua.

Alla luce di questi problemi Landlab S.r.l. ha quindi deciso, in cooperazione con Barenbrug Holland, di testare diverse specie, varietà e miscugli di graminacee da tappeto erboso, a condizioni di differenti regimi idrici al fine di valutare quali di queste varietà/combinazioni reagiscano meglio alle condizioni di carenza idrica durante i mesi estivi e quindi in grado di contenere i consumi idrici.

3. MATERIALI E METODI

3.1 LUOGO DI SPERIMENTAZIONE

La sperimentazione è stata condotta presso “Landlab S.r.l.” (Fig. 4), situato in via Quintarello, 12/A, in Quinto Vicentino (VI) (45°34'0" Nord, 11°37'0" Est). Lo studio Landlab svolge attività di ricerca e di sviluppo dedicata ai tappeti erbosi, all'orticoltura biologica e convenzionale, e alle colture da pieno campo. Si occupa anche di ricerca sperimentale, sviluppo ed innovazione di prodotti, tecniche per agricoltura e florovivaismo a basso impatto ambientale, è inoltre un importante centro di saggio. Offre anche consulenze nell'ambito della realizzazione e gestione dei tappeti erbosi, dei campi sportivi e del patrimonio ornamentale pubblico.



Figura 4. Panoramica dell'azienda Landlab S.r.l.

3.2 DESCRIZIONE DELLA PROVA

Landlab S.r.l. ha realizzato questa prova denominata “*Drought*” (Fig. 5) per valutare la risposta agli stress idrici di graminacee microterme da tappeto erboso. Questa prova è stata realizzata all'interno di una serra fredda, in modo da poter controllare le condizioni ambientali all'interno della stessa, senza che vi fossero condizionamenti esterni, quali le idrometeorie. La sperimentazione è durata due anni da settembre 2010 ad agosto 2012. Nel seguente lavoro si riportano i risultati in base ai rilievi fenotipici del secondo anno di prova, ovvero da marzo ad agosto 2012, dove le graminacee sono state sottoposte a tre differenti regimi di restituzione idrica, 0%, 33% e 66% dell'evapotraspirazione massima colturale (ETc). La prova è stata divisa in tre blocchi corrispondenti ai tre regimi irrigui (Fig. 4).

Per quanto riguarda il blocco 0% sono stati eseguiti due cicli di stress idrico: dal 18.05 al 29.06 e dal 21.07 al 28.08, ed il tappeto erboso, tra un ciclo e l'altro, è stato irrigato giornalmente con 20 mm di acqua in modo da permettere allo stesso di riprendersi per il secondo ciclo, mentre per gli altri due blocchi il periodo di stress è stato solamente uno (dal 15.05.2012 al 28.08.2012) e senza interruzioni.

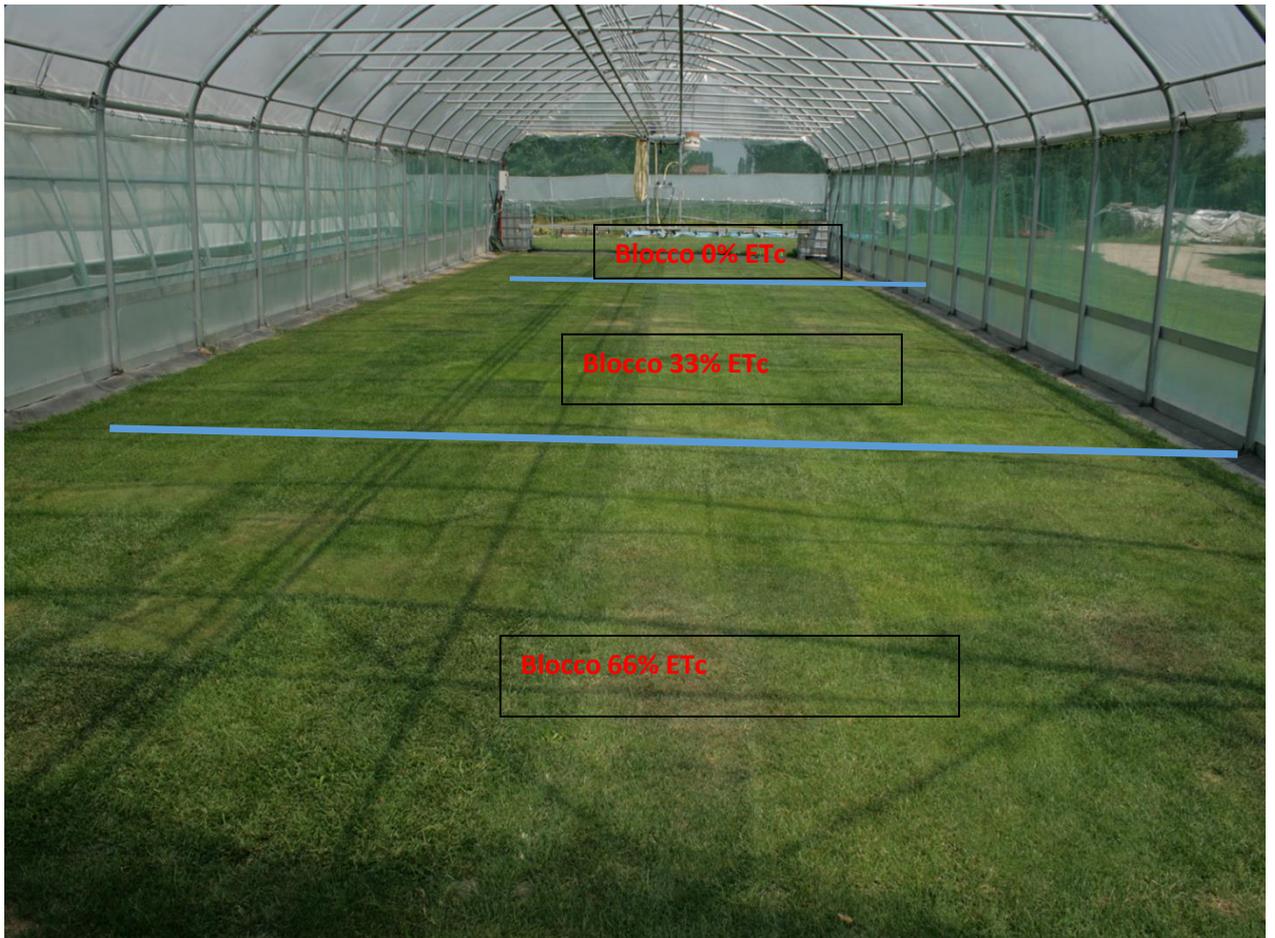


Fig. 5. Parcelle in prova suddivise per blocchi (regimi irrigui) all'interno della serra fredda presso l'Azienda Landlab S.r.l...

Con il termine ET massima colturale si intende l'ET effettiva della coltura caratterizzata da valori di temperatura simili a quelli che si avrebbero, per la stessa coltura in condizione di evapotraspirazione potenziale con le medesime disponibilità energetiche (Giardini, 2002).

Per il calcolo dell'acqua persa dalla coltura per ET si è deciso di impiegare la formula dell'ET massima colturale (ETc), il cui procedimento consta in tre fasi: 1. Calcolo dell'evapotraspirazione potenziale (ETo) utilizzando il metodo di *Blaney-Criddle* del modello F.A.O. $[ETo \text{ (mm/d)} = p * (0,46T+8)]$; dove "p" esprime le ore di luce giornaliere rapportate

alle ore di luce totali dell'anno, espresse in % (questo fattore, al 44° parallelo, varia in base al mese) (Tab. 1); "T" indica la temperatura media mensile ottenuta come media aritmetica delle medie giornaliere]; 2. Scelta del coefficiente colturale (Kc) per prati di graminacee (Kc = 0.7); 3. Calcolo dell'evapotraspirazione massima colturale [(ETc) = ETo * Kc].

I dati termici necessari per il calcolo dell'ETc e la conseguente determinazione della quantità d'acqua da somministrare sono stati rilevati da un *dataloger* situato all'interno della serra (Fig. 6).



Figura .6 Dataloger utilizzato nella prova per determinate le temperature all'interno della serra e per il calcolo dell'ETc.

Nel grafico sottostante sono riportate le temperature medie rilevate dal *dataloger* durante il periodo di prova e la rispettiva ET.

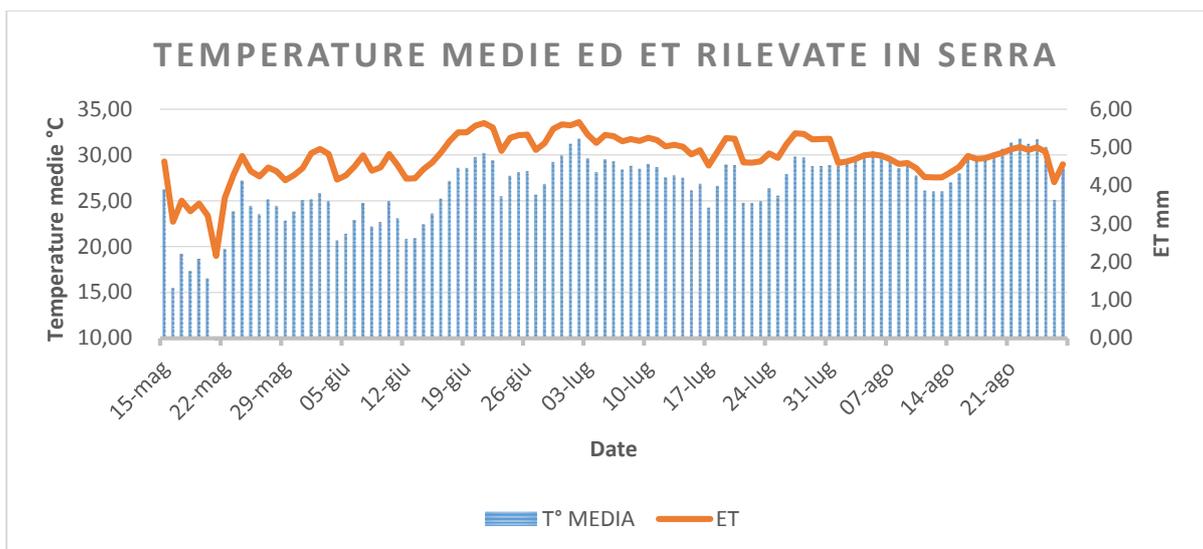


Figura 71. Temperatura media rilevata in serra e rispettiva ET calcolata secondo il metodo *Blaney-Criddle*.

Tab.2. Percentuale delle ore di luce giornaliera in base alla latitudine e al mese (F.A.O). Evidenziata la percentuale al 45° parallelo, usata nell'esperimento.

Latitudine	NORD	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
	SUD	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu
60°		.15	.20	.26	.32	.38	.41	.40	.34	.28	.22	.17	.13
55		.17	.21	.26	.32	.36	.39	.38	.33	.28	.23	.18	.16
50		.19	.23	.27	.31	.34	.36	.35	.32	.28	.24	.20	.18
45°		.20	.23	.27	.30	.34	.35	.34	.32	.28	.24	.21	.20
40		.22	.24	.27	.30	.32	.34	.33	.31	.28	.25	.22	.21
35		.23	.25	.27	.29	.31	.32	.32	.30	.28	.25	.23	.22
30		.24	.25	.27	.29	.31	.32	.31	.30	.28	.26	.24	.23
25		.24	.26	.27	.29	.30	.31	.31	.29	.28	.26	.25	.24
20		.25	.26	.27	.28	.29	.30	.30	.29	.28	.26	.25	.25
15		.26	.26	.27	.28	.29	.29	.29	.28	.28	.27	.26	.25
10		.26	.27	.27	.28	.28	.29	.29	.28	.28	.27	.26	.26
5		.27	.27	.27	.28	.28	.28	.28	.28	.28	.27	.27	.27
0		.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27

Elenco delle specie e delle cultivar oggetto di studio (Tab. 3):

Tab.3 Elenco delle varietà in prova.

Codice	Specie	Varietà
1	<i>Lolium perenne</i>	Lp 8 RA 236
2	<i>Lolium perenne</i>	Lp Adeline
3	<i>Lolium perenne</i>	Lp Anouk
4	<i>Lolium perenne</i>	Lp Barblack
5	<i>Lolium perenne</i>	Lp Barclaudia
6	<i>Lolium perenne</i>	Lp Barclay II
7	<i>Lolium perenne</i>	Lp Bardorado
8	<i>Lolium perenne</i>	Lp Barlennium
9	<i>Lolium perenne</i>	Lp ER 2703
10	<i>Lolium perenne</i>	Lp Romance
11	<i>Lolium perenne</i>	Lp Sublime
12	<i>Poa pratensis</i>	Pp 10Pp703
13	<i>Poa pratensis</i>	Pp 8Pp504
14	<i>Poa pratensis</i>	Pp Barduke
15	<i>Poa pratensis</i>	Pp Barhelene
16	<i>Poa pratensis</i>	Pp Barimpala
17	<i>Poa pratensis</i>	Pp Bariris
18	<i>Poa pratensis</i>	Pp Impact
19	<i>Festuca arundinacea</i>	Fa 9FEMAS
20	<i>Festuca arundinacea</i>	Fa Barcesar
21	<i>Festuca arundinacea</i>	Fa Bardavinci
22	<i>Festuca arundinacea</i>	Fa Barleduc
23	<i>Festuca arundinacea</i>	Fa Barleroy
24	<i>Festuca arundinacea</i>	Fa Barlexas II
25	<i>Festuca arundinacea</i>	Fa Palladio
26	<i>Festuca arundinacea</i>	Fa Starlet
27	<i>Deschampsia caespitosa</i>	Dc Baxera
28	<i>Festuca ovina</i>	Fo Barpresa
29	<i>Festuca ovina</i>	Fo Hardtop
30	<i>Lolium perenne_Poa pratensis</i>	Barblack-8Pp504
31	<i>Lolium perenne_Poa pratensis</i>	Barblack-Barhelene
32	<i>Lolium perenne_Poa pratensis</i>	Barblack-Barimpala
33	<i>Lolium perenne_Poa pratensis</i>	Barclaudia-8Pp504
34	<i>Lolium perenne_Poa pratensis</i>	Barclaudia-Barhelene
35	<i>Lolium perenne_Poa pratensis</i>	Barclaudia-Barimpala
36	<i>Festuca arundinacea_Poa pratensis</i>	Barleroy-8Pp504
37	<i>Festuca arundinacea_Poa pratensis</i>	Barleroy-Barhelene
38	<i>Festuca arundinacea_Poa pratensis</i>	Barleroy-Barimpala
39	<i>Festuca arundinacea_Poa pratensis</i>	Palladio-8Pp504
40	<i>Festuca arundinacea_Poa pratensis</i>	Palladio-Barhelene
41	<i>Festuca arundinacea_Poa pratensis</i>	Palladio-Barimpala
42	<i>Festuca ovina_Festuca rubra commutata_Deschampsia caespitosa</i>	Hardtop-Barswing-Barcampisia

La maggior parte delle varietà studiate durante questo lavoro sono selezionate e prodotte dalla ditta olandese *Barenbrug Holland*. Questa azienda ha come obiettivo massimo di introdurre nel mercato nuove varietà di sementi da tappeto erboso (sia in ambito

professionistico che hobbistico) e di foraggiere, che necessitino di minori input possibili per la crescita e lo sviluppo delle piante, come acqua e fertilizzanti; ma anche varietà resistenti alle più comuni malattie, e nel caso delle specie da tappeto erboso di *cultivar* che presentino una bassa produzione di biomassa, ovvero di realizzare tappeti erbosi che diminuiscano il numero necessario di tagli in modo tale da ridurre le emissioni di anidride carbonica ed altri inquinanti dannosi per la nostra salute e per il pianeta.

Descrizione delle varietà impiegate nello studio:

Lolium perenne '8 RA 236': varietà in fase di studio e di brevetto, non è possibile dare informazioni su di essa.

Lolium perenne 'Adeline': questa varietà è creata dalla ditta *Barenbrug Holland* (Olanda) ed è stata registrata nel 2001. La qualità estetica di questa varietà viene classificata con un punteggio complessivo di 6,4/10, la colorazione è di un colore medio, 6,4/10, mentre la tessitura fogliare e la densità sono state classificate rispettivamente con un punteggio di 6,8 e 7,1/10. Le caratteristiche fenotipiche di 'Adeline' permettono l'uso sia in ambito sportivo che ricreativo, infatti presenta una resistenza al calpestamento medio-alta 7,4/10.

Lolium perenne 'Anouk': questa varietà è creata dall'azienda *Barenbrug Holland* (Olanda) ed è stata precedentemente testata alle condizioni climatiche in Francia (Mas Grenier) e in Italia (Vicenza); ha un range di pH ottimale compreso fra 5.8 e 7.4, ed il numero di semi per grammo è di 700. Presenta una colorazione medio scuro ed è performante per usi sportivi (in associazione con *Poa pratensis*) come il calcio, il *rugby*, il *cricket*, ma anche per tappeti erbosi ad uso ornamentale e ricreazionale particolarmente in ambienti mediterranei e climi oceanici. 'Anouk' risulta essere mediamente tollerante alla salinità e al bisogno di irrigazioni.

Lolium perenne 'Barblack': questa varietà è creata dall'azienda *Barenbrug Holland* (Olanda) ed è stata precedentemente testata alle condizioni climatiche in Francia (Mas Grenier) e in Italia (Vicenza); ha una range di pH ottimale compreso fra i 5.8 e 7.4, ed il numero di semi per grammo è di 700. Come suggerisce il nome presenta una colorazione molto scura delle lamine fogliari e presenta una buona resistenza alla siccità e alle aree molto irradiate capace di germinare velocemente anche con elevate temperature del suolo. L'utilizzo di questa varietà è consigliato sia in ambito sportivo (*cricket*, calcio, *rugby* e *fairways* nei percorsi da golf) che in ambito ornamentale data la forte colorazione. 'Barblack' risulta avere un'ottima tolleranza alla salinità e alla resistenza alle malattie.

Lolium perenne 'Barclaudia': questa varietà è creata dall'azienda *Barenbrug Holland* (Olanda) ed è stata registrata nel 2011. La qualità estetica generale viene classificata con un punteggio di 6,8/10, risultando particolarmente apprezzata durante il periodo invernale ove raggiunge un punteggio di 7,1/10; presenta una colorazione media (6,2/10) mentre la tessitura delle foglie e la densità del manto è stata classificata con punteggi di 7,1 e 8,0/10 rispettivamente. 'Barclaudia' è mediamente resistente al calpestamento 6,8/10.

Lolium perenne 'Barclay II': questa varietà è creata dall'azienda *Barenbrug Holland* (Olanda) ed è stata registrata nel 2010. La qualità estetica generale viene classificata con un punteggio di 6,7/10; presenta una colorazione medio-chiara (5,7/10) mentre la tessitura delle foglie e la densità del manto erboso è stata classificata rispettivamente con punteggi di 6,9 e 7,5/10. *Barclay II* presenta una buona resistenza al calpestamento (7,4/10) quindi il proprio utilizzo è adatto per impianti sportivi e ricreativi.

Lolium perenne 'Bardorado': questa varietà è creata dall'azienda *Barenbrug Holland* (Olanda) ed è stata registrata nel 2003. La qualità estetica generale viene classificata con un punteggio di 6,6/10; presenta una colorazione medio-chiara (5,4/10) mentre la tessitura delle foglie e la densità del manto erboso è stata classificata rispettivamente con punteggi di 6,5 e 7,5/10. 'Bardorado' presenta una buona resistenza al calpestamento (7,2/10) quindi il proprio utilizzo è adatto per impianti sportivi (indice adattabilità sport 6,9/100) e ricreativi (indice adattabilità ricreativa 6,8/10).

Lolium perenne 'Barlennium': questa varietà è creata dall'azienda *Barenbrug Holland* (Olanda) ed è stata precedentemente testata alle condizioni climatiche in Francia (Mas Grenier) e in Italia (Vicenza); ha una range di pH ottimale compreso fra i 5.8 e 7.4, ed il numero di semi per grammo è di 700. Presenta una colorazione scura, simile a 'Barblack'; rispetto a molte altre varietà di *Lolium perenne*, 'Barlennium', ha un'alta resistenza alla salinità (irrigazione) e una buona resistenza alla siccità, queste due combinazioni determinano una marcata possibilità di utilizzo di questa varietà alle condizioni ambientali mediterranee. Ha una scarsa capacità di germinazione a basse temperature (inferiori a 10°C). 'Barlennium' viene impiegata per lo più in ambito sportivo (*fairways* dei campi da golf, calcio e *rugby*) ed in ambito ornamentale.

Lolium perenne 'ER 2703': varietà in fase di studio e di brevetto, non è possibile dare informazioni su di essa.

Lolium perenne 'Romance': questa varietà è creata dall'azienda *Barenbrug Holland* (Olanda), presenta una copertura medio-elevata con un punteggio di 7,0/10, ed un punteggio di qualità valutato in 7,1/10.

Lolium perenne 'Sublime': questa varietà prodotta dall'azienda *DLF trifolium seed and science*, presenta una colorazione medio-scura (6.5/10) e una tessitura medio-fine (6/10) e una media tolleranza al calpestamento (6/10)

Poa pratensis '10Pp703': varietà in fase di studio e di brevetto, non è possibile dare informazioni su di essa.

Poa pratensis '8Pp504': varietà in fase di studio e di brevetto, non è possibile dare informazioni su di essa.

Poa pratensis 'Barduke': questa varietà è creata dall'azienda *Barenbrug Holland* (Olanda), ha una range di pH ottimale compreso fra i 5.8 e 7.5, ed il numero di semi per grammo è di 3300. Presenta una germinazione veloce ed una buona resistenza alla siccità con una colorazione verde media. Adatta per climi mediterranei e continentali.

Poa pratensis 'Barhelene': questa varietà è creata dall'azienda *Barenbrug Holland* (Olanda) ed è stata testata in Francia e nell'est Europa. 'Barhelene' presenta una colorazione medio-chiara, ma una tessitura molto fine e una eccellente resistenza al calpestamento, queste due caratteristiche permettono il suo utilizzo sia in ambito sportivo (*tee* e *fairway* nei percorsi da golf, *cricket*, tennis, calcio e *rugby*) che in ambito ornamentale. Inoltre richiede una bassa manutenzione, ma ha una media resistenza alla siccità. Ha un range di pH ottimale compreso fra 5.8 e 7.5, un grammo di semi conta circa 3300 semi.

Poa pratensis 'Barimpala': questa varietà è creata dall'azienda *Barenbrug Holland* (Olanda) ed è stata testata in Francia e nell'est Europa. 'Barimpala' presenta una colorazione medio scura con una tessitura medio-fine. Presenta un range di pH ottimale compreso fra 5.8 e 7.5 ed una buona resistenza agli stress idrici e al calpestamento; l'impiego di questa varietà è molteplice, uso sportivo (*tee* e *fairway* nei percorsi da golf, tennis, *cricket*, *rugby* e calcio), ornamentale, ricreativo e per la produzione di prato in zolle.

Poa pratensis 'Bariris': questa varietà è creata dall'azienda *Barenbrug Holland* (Olanda) ed è stata testata in Francia e nell'est Europa. Presenta un range di pH ottimale compreso fra 5.8 e 7.5; la colorazione è medio-scura e risulta essere particolarmente tollerante al calpestamento e alla ruggine. Non risulta essere adatta a climi mediterranei, il suo impiego

principale sono gli impianti sportivi (calcio, *rugby*, *cricket*, tennis, ma anche *tee* e *fairway* nei percorsi di golf) e nella realizzazione di prati in zolla.

Poa pratensis 'Impact': distribuita dall'azienda *Jacklin Seeds Research Director*, ed è stata registrata nel 1989; presenta una buona tolleranza agli stress idrici e determina la formazione di una buona qualità estetica sia durante il periodo invernale che estivo. Impact viene consigliata nella realizzazione dei *fairway* nei percorsi di golf.

Festuca arundinacea '9 FE MAS': varietà in fase di studio e di brevetto, non è possibile dare informazioni su di essa.

Festuca arundinacea 'Barcesar': questa varietà è creata dalla ditta *Barenbrug Holland* (Olanda) ed è stata registrata nel 2009, essa è stata testata in Francia. Presenta un range di pH ottimale compreso fra 5.5 e 7.0 ed il numero di semi per grammo è di 450. La qualità estetica generale viene classificata con un punteggio di 6,7/10; presenta una colorazione chiara (5,4/10) mentre la tessitura delle foglie e la densità del manto erboso è stata classificata rispettivamente con punteggi di 6,3 e 8,1/10. 'Barcesar' presenta una buona tolleranza al calpestamento (7,9/10) quindi il proprio utilizzo è adatto per impianti sportivi (*fairway* nei percorsi da golf, calcio e *rugby*), ricreativi, ornamentali e per la produzione di prato in zolle. Questa *cultivar* risulta essere molto resistente alla siccità e alla *Rhizoctonia*.

Festuca arundinacea 'Bardavinci': questa varietà è creata dalla ditta *Barenbrug Holland* (Olanda) ed è stata registrata nel 2007, ed è stata testata in Francia ed in Italia. Presenta un range di pH ottimale compreso fra 5.5 e 7.0 ed il numero di semi per grammo è di 450. La qualità estetica generale viene classificata con un punteggio di 6,4/10; presenta una colorazione medio-chiara (5,7/10) mentre la tessitura delle foglie e la densità del manto erboso è stata classificata rispettivamente con punteggi di 5,6 e 7,9/10. 'Bardavinci' presenta una buona tolleranza al calpestamento (8,0/10) quindi il proprio utilizzo è adatto per impianti sportivi (*fairway* nei percorsi da golf, calcio e *rugby*), ricreativi, ornamentali e per la produzione di prato in zolle; inoltre produce una bassa quantità di biomassa. Ha un'alta resistenza alla siccità e alle malattie.

Festuca arundinacea 'Barleduc': questa varietà è creata dalla ditta *Barenbrug Holland* (Olanda) ed è stata registrata nel 1996. La qualità estetica generale viene classificata con un punteggio di 5,8/10; presenta una colorazione media (6,0/10) mentre la tessitura delle foglie (grossolana) e la densità del manto erboso è stata classificata rispettivamente con punteggi di 4,9 e 7,5/10. Ha una buona tolleranza al calpestamento (7,3/10) e risulta essere

adatta sia per la realizzazione di impianti sportivi (indice di utilizzo a scopi sportivi 6,3/10) sia per scopi ricreativi (6,1/10).

Festuca arundinacea 'Barleroy': questa varietà è creata dalla ditta *Barenbrug Holland* (Olanda) ed è stata registrata nel 2005, ed è stata testata in Francia. Presenta un range di pH ottimale compreso fra 5.5 e 7.0 ed il numero di semi per grammo è di 450. La qualità estetica generale viene classificata con un punteggio di 6,2/10; presenta una colorazione media (6/10) mentre la tessitura delle foglie e la densità del manto erboso è stata classificata rispettivamente con punteggi di 5,3 e 7,2/10. 'Barleroy' presenta una buona tolleranza al calpestamento (7,7/10) quindi il proprio utilizzo è adatto per impianti sportivi (*fairway* nei percorsi da golf, calcio e *rugby*), ricreativi, ornamentali e per la produzione di prato in zolle; inoltre ha una forte tolleranza alla siccità e alle malattie.

Festuca arundinacea 'Barlexas II': questa varietà è creata dalla ditta *Barenbrug Holland* (Olanda) ed è stata testata in Francia ed in Italia. Presenta una colorazione medio-scura (6,8/10), un range ottimale di pH compreso fra 5.5 e 7.0, mentre il numero di semi per grammo è di 450. La qualità estetica generale di 'Barlexas II' viene classificata con un punteggio di 6,6/10, mentre la tolleranza al calpestamento risulta essere medio-alta 6,2/10. Questa *cultivar* presenta una tessitura media (6,4/10) e una buona tolleranza agli stress idrici (5,6/10).

Festuca arundinacea 'Palladio': questa varietà è creata dalla ditta *Barenbrug Holland* (Olanda) ed è stata testata in Francia ed in Italia. Presenta una colorazione medio-scura, un range ottimale di pH compreso fra 5.5 e 7.0, mentre il numero di semi per grammo è di 450. 'Palladio' ha tessitura grossolana, ma un'alta resistenza agli stress idrici e alle malattie; questa *cultivar* viene impiegata per la realizzazione di impianti sportivi (*fairway* e *tee* nei percorsi da golf, calcio e *rugby*), ornamentali, ricreativi e produzione di prato in zolla.

Festuca arundinacea 'Starlet': questa varietà è creata dalla ditta *DLF International seeds*. Presenta una colorazione medio-scura (6,7/10) ed una tessitura media-fine. 'Starlet' ha una buona tolleranza al calpestio (7,6/10) e agli stress idrici.

Festuca ovina 'Hardtop': questa varietà è creata dalla ditta *Barenbrug Holland* (Olanda) ed è stata testata in Francia, Italia, Polonia e Russia; risulta essere molto tollerante all'ombra, di colore scuro con una buona resistenza agli stress idrici e soprattutto ai tagli bassi (anche inferiori ai 5mm). Grazie alla sua tessitura fine, 'Hardtop', viene apprezzata per la realizzazione di *green* e *rough* nei percorsi da golf, ma anche per scopi ornamentali. Ha un

range ottimale di pH compreso fra 4.5 e 7.5, mentre il numero di semi per grammo è di 2000.

Festuca rubra commutata 'Barswing': questa varietà è creata dalla ditta *Barenbrug Holland* (Olanda); questa specie e varietà viene sempre impiegata in miscugli; ha una colorazione medio-scura ed una tessitura molto fine che ne permette l'utilizzo in molti ambiti sportivi (*green, tee* e *fairway* nei percorsi da golf, *bowling, cricket* e tennis), produzione di prato ornamentale anche in ombra. Ha un range ottimale di pH compreso fra 5.5 e 6.8, mentre il numero di semi per grammo è di 1000. Richiede molta manutenzione ed ha una media-bassa tolleranza agli stress idrici.

Descampsia caespitosa 'Barxera': questa varietà è creata dalla ditta *Barenbrug Holland* (Olanda); presenta una tessitura fine e una colorazione molto chiara. Ha un range ottimale di pH compreso fra 5.5 e 6.5 ed una buona resistenza alla salinità, mentre il numero di semi per grammo è di 3800. 'Barxera' ha un'alta velocità di germinazione ed una buona tolleranza all'ombra e ai tagli bassi (fino a 10mm). Questa *cultivar* viene impiegata per la realizzazione di impianti sportivi (calcio, *rugby, tee, fairway* e *rough* nei percorsi da golf) ed ornamentali.

3.3 CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE E CLIMATICHE

La prova è stata realizzata nel terreno dell'Azienda Landlab, i risultati delle analisi chimico-fisiche (Tab.4) hanno messo in evidenza la presenza di un terreno di medio impasto (classificazione USDA) tale da permettere una buona circolazione idrica e una sufficiente ossigenazione, favorendo una facile penetrazione delle radici. Il pH è risultato sub-alcino. I risultati delle analisi pedologiche sono riportati nelle seguente tabella.

Tab. 4. Analisi chimico-fisiche del suolo Landlab di Quinto Vicentino (VI).

Parametri	Valori	Metodo
Sabbia (%)	37	Idrometro
Limo (%)	46	Idrometro
Argilla (%)	17	Idrometro
TESSITURA	Franco	USDA
pH	7.9	USDA

CALCARE TOTALE (%CaCO ₃)	36	De Astis
AZOTO TOTALE (mg/g N)	1.19	Kjeldhal
CARBONIO ORGANICO TOTALE (mg/g C)	11.86	Springer- Klee
C/N	9.97	-

La zona è caratterizzata da un clima tipo sub-continentale umido con inverni miti ed estati piuttosto calde. In base alle medie del periodo 1971-2008, pubblicate sull'Atlante Climatico d'Italia del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, la temperatura media del mese più freddo, gennaio, è di 3,0 °C, mentre quella del mese più caldo, luglio, è di 23,4 °C. Mediamente si contano 68 giorni di gelo all'anno e 31 giorni con temperatura massima uguale o superiore ai 30 °C. I valori estremi di temperatura registrati nel medesimo trentennio sono i -20,0 °C del gennaio 1985 e i 37,2 °C del luglio 1998. Le precipitazioni medie annue si attestano a 1.060 mm, mediamente distribuite in 88 giorni di pioggia, con minimo relativo in inverno, picco massimo in autunno e massimo secondario in primavera per gli accumuli. L'umidità relativa media annua fa registrare il valore di 74,6 % con minimi di 70 % a luglio e ad agosto e massimo di 81 % a dicembre; mediamente si contano 59 giorni di nebbia all'anno.

Grazie alla presenza in azienda della colonnina meteorologica è stato possibile ricostruire l'andamento delle temperature medie e delle precipitazioni per il periodo storico dal 2007 al 2015 (Fig.12). Come possiamo notare le temperature medie e le precipitazioni durante il periodo di prova sono state nella media dei dati citati dall'Atlante Climatico.

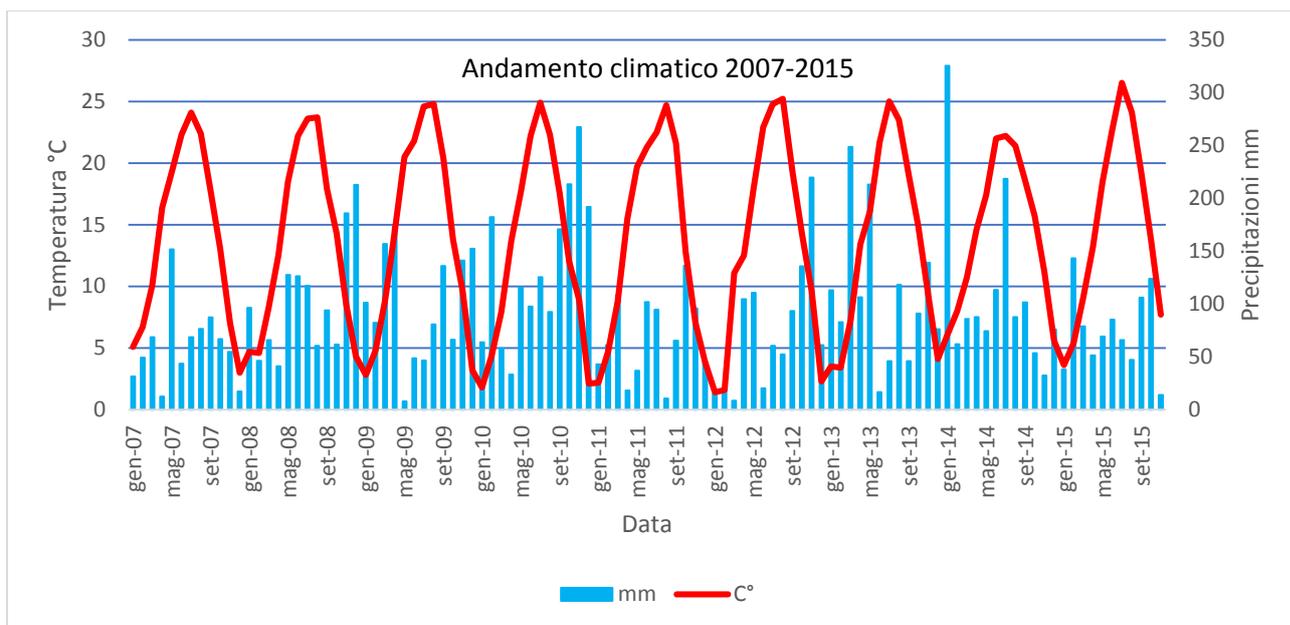


Fig. 12 Andamenti climatici dal 2007 al 2015 rilevati dalla colonnina meteorologica situata in Landlab S.r.l. Quinto Vicentino (VI).

L'acqua impiegata per l'irrigazione della prova è stata analizzata prima dell'inizio della prova, e come possiamo vedere dai risultati essa risulta avere le caratteristiche chimico-fisiche all'interno dei parametri medi (Tab.5).

Tab. 5 Analisi chimico-fisiche delle acque impiegate per l'irrigazione della prova.

Parametri chimico-fisici	U.M.	Valore	Valori di riferimento	Metodo
Conducibilità elettrica specifica a 20°C	µS/cm	595	2500	M.U. 930:1994
Torbidità	NTU	16,1	4	M.U. 926:1994
Assorbanza 254 nm	A/m	9,3		M.I. CH_
Solidi sospesi	mg/l	assenti		
Parametri chimici				
Attività ione idrogeno	pH	7,3	6,5-9,5	UNI 10501:1996

Durezza totale in gr. Francesi		°Fr	35,1	15-50	M.U. 935:1994
Residuo conduttometrico		mg/l	405	1500	M.I. CH_
Calcio	Ca ²⁺	mg/l	105		M.U.935:1994
Magnesio	Mg ²⁺	mg/l	21,6		M.U.935:1994
Sodio	Na ⁺	mg/l	6	200	APHA 3113°-3113B:1998
Potassio	K ⁺	mg/l	1		APHA 3113°-3113B:1998
Bicarbonati	(HCO ₃) ⁻	mg/l	427		M.U.935:1994
Cloruri	cl ⁻	mg/l	9	250	UNI9813:1991
Nitrati	(NO ₃) ⁻	mg/l	<1	50	UNI9813:1991
Solfati	(SO ₄) ²⁻	mg/l	2	250	UNI9813:1991
Ammoniaca	(NH ₄) ⁺	mg/l	4,0	0,5	M.I. CH_
Nitrati	(NO ₂) ⁻	mg/l	<0,02	0,5	M.I. CH_
Fosfati	(PO ₄) ⁻	mmg/l	<0,1	5	M.I. CH_
Fluoruri	F	mg/l	0,1	1,5	UNI 9813:1991
METALLI PESANTI					
Boro		mg/l	<0,1	1	APHA3113A-3113B:1998
Ferro totale		µg/l	465	200	APHA3113A-3113B:1998
Manganese		µg/l	82	50	APHA3113A-3113B:1998

DESCRIZIONE DELLA SERRA, chiamata anche *rain-out shelter* (Fig13 e 14) è di base rettangolare, presenta il lato lungo di 25,5 m, con esposizione ad est ed ovest, ed il corto, di 8 m, con esposizione invece a sud e a nord. Esso ha una struttura metallica in tubolare con pareti verticali alte 2 m sui lati lunghi, le quali sorreggono una copertura ad arco alta circa 4 m all'apice. Il rivestimento delle pareti laterali presenta nei primi 50 cm da terra una plastica rigida e per la rimanente altezza una rete antigrandine, così come sul lato corto ma a partire da 1 m da terra (sistema che permette il passaggio dell'aria). La copertura è invece

rivestita da un telo di plastica che, favorita dalla presenza di grondaie laterali, consente il deflusso e il convogliamento dell'acqua piovana in grandi contenitori (per evitare che questa influisca sulla validità della prova). Sempre in via cautelativa, per ridurre la possibilità di condizionamento della prova da parte dell'acqua piovana, è stato applicato un telo impermeabile esternamente alla base laterale della serra.



Fig. 13. Visuale interna (da sud) delle parcelle in prova.



Fig. 14. Visuale della serra dall'esterno (da nord) ove possiamo vedere la struttura.

3.4 PREPARAZIONE E GESTIONE DELLA PROVA

Prima della semina, avvenuta il 15 settembre 2010, è stata eseguita una concimazione di fondo (50 kg/ha N; 150kg/ha P; 150Kg/ha K) in modo da garantire sufficiente nutrimento alle piante durante le prime fasi di sviluppo e insediamento del tappeto erboso.

Dopo aver preparato il letto di semina (grazie ad un'erpatura a denti elastici) è stata eseguita la suddivisione della superficie del terreno in particelle da 0,25m² (50 X 50cm) mediante picchettatura angolare e stesura del filo tra i picchetti. Successivamente, seguendo lo schema di campo, è stata effettuata la semina a spaglio delle specie e delle varietà sotto studio; la quantità di seme per parcella varia a seconda della specie e del mix (Tab.6):

Tab.6. Dose di seme distribuita per singola specie.

Specie		gr/m ²	m ² parcella	gr parcella
<i>Lolium perenne</i>		25	0,25	6,25
<i>Poa pratensis</i>		20	0,25	5
<i>Festuca arundinacea</i>		30	0,25	7,5
"Altre"		20	0,25	5
Miscuglio	% miscuglio	gr/m ²	m ² parcella	gr/parcella
<i>Festuca arundinacea</i>	80%	24	0,25	6
<i>Poa pratensis</i>	20%	6		1,5
<i>Lolium perenne</i>	60%	18	0,25	4,5
<i>Poa pratensis</i>	40%	12		3

Come possiamo vedere dallo schema di campo sottostante la prova è stata divisa in tre blocchi, separati da un corridoio di direzione est-ovest di 50cm, a seconda della restituzione idrica, il blocco più a nord era costituito dallo 0% ETc, in centro il 33% e infine il blocco più a sud con la restituzione del 66%.

Ogni blocco della prova era costituito da 4 sub-blocchi formati ognuno da 42 parcella con dimensioni di 0,25 mq (0,5m x 0,5m) e costituenti le repliche. Ogni replica era formata da 11

parcelle di *Lolium perenne* (Lp), 8 di *Festuca arundinacea* (Fa), 7 di *Poa pratensis* (Pp), 2 di *Festuca ovina* (Fo), una di *Deschampsia caespitosa* (Dc) e 13 miscugli (LP-Pp; Fa-Pp, Fo-*Festuca rubra commutata*-Dc) per un totale di 504 parcelle (Fig.15).

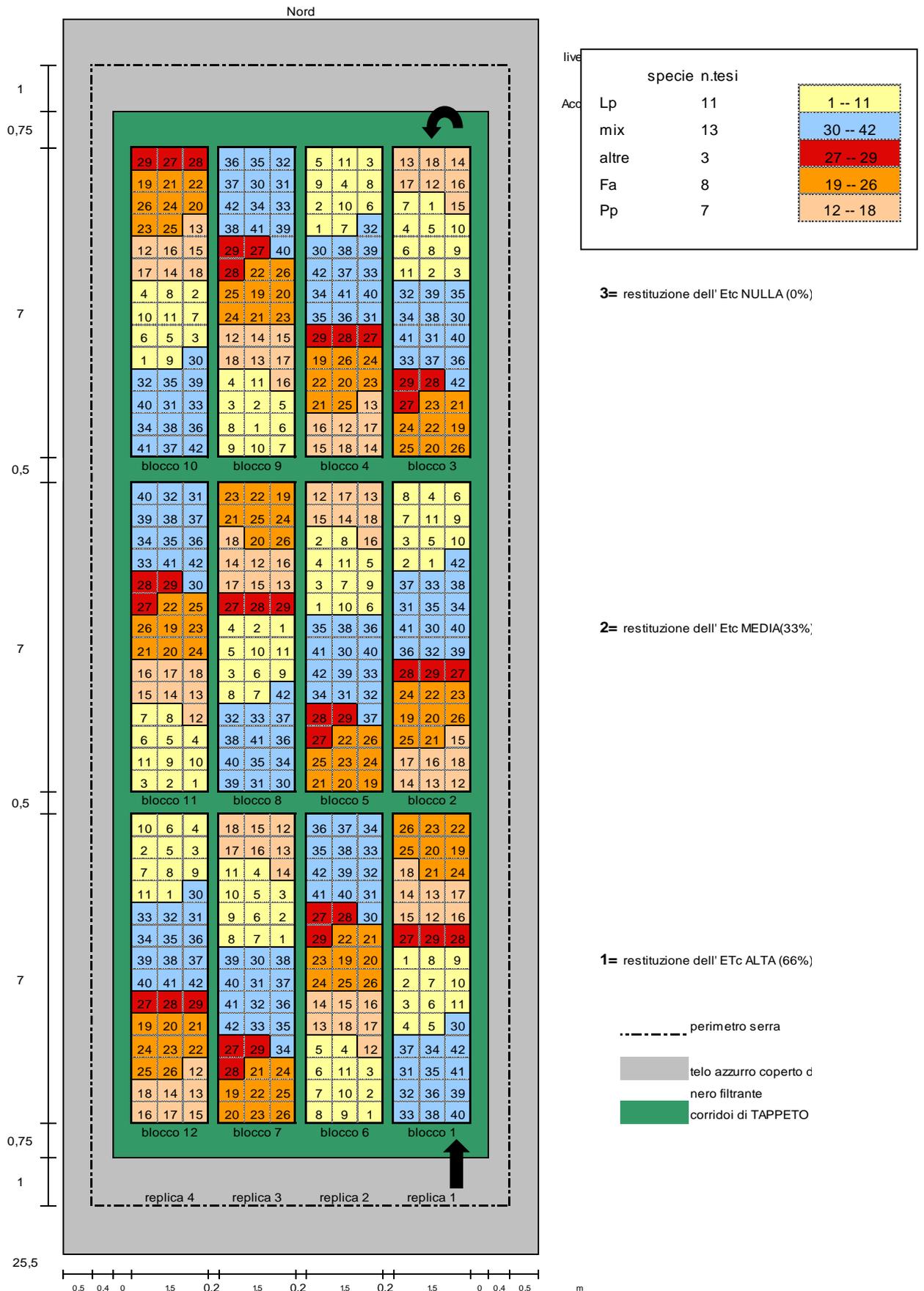


Fig.15. Schema di campo, dove si distingue la suddivisione della serra in blocchi e gruppi a seconda della specie di appartenenza.

3.4.1 IRRIGAZIONE

L'impianto di irrigazione realizzato in serra è costituito da una barra metallica che, scorrendo su un binario situato sulla struttura della cima è in grado di irrigare l'intera superficie interessata dalla prova. La barra, collegata mediante un tubo al sistema di pompaggio, preleva l'acqua dal pozzo dell'azienda situato a circa 15-20 m di profondità. Alla barra metallica sono stati applicati 14 irrigatori a spruzzo statici capovolti e muniti di ugelli da 10 μm in grado di erogare acqua con una pressione di 4bar; ogni irrigatore copre un'area circolare con diametro di circa 50-60 cm (Fig16). Ad ogni intervento irriguo una centralina presente in serra, opportunamente tarata, consente di regolare automaticamente la velocità della barra irroratrice, questo permette quindi garantire la giusta quantità d'acqua prefissata a seconda del blocco.



Fig. 16. Particolare dell'impianto di irrigazione: asta con 14 spruzzatori muniti di ugelli da 10 μm (con un angolo di 360°).

Le irrigazioni prevedevano due turni fissi alla settimana, il martedì ed il venerdì, e la quantità di acqua distribuita era data (come possiamo vedere dalla tabella 7) dalla somma dell'evapotraspirazione dei giorni precedenti all'ultima irrigazione.

Tab.7. Tabella riassuntiva dell'evapotraspirazione massima della cultura rilevata giornalmente e la quantità di acqua da reintegrare negli interventi irrigui a seconda del blocco di restituzione.

DATA	ETmc giornaliera	Somma ETMc	ET da reintegrare bl. 0%	ET da reintegrare bl.33%	ET da reintegrare bl.66%
18 maggio	3,33				
19 maggio	3,52				
20 maggio	3,21				
21 maggio	2,15				
22 maggio	3,68	12,21	0,00	4,03	8,06
23 maggio	4,28				
24 maggio	4,78				
25 maggio	4,37	12,74	0,00	4,20	8,41
26 maggio	4,24				
27 maggio	4,47				
28 maggio	4,37				
29 maggio	4,14	17,45	0,00	5,76	11,52
30 maggio	4,28				
31 maggio	4,46				
1 giugno	4,85	12,87	0,00	4,25	8,49
2 giugno	4,96				
3 giugno	4,82				
4 giugno	4,16				
5 giugno	4,27	18,80	0,00	6,20	12,41
6 giugno	4,50				
7 giugno	4,79				
8 giugno	4,39	13,56	0,00	4,48	8,95
9 giugno	4,47				
10 giugno	4,82				
11 giugno	4,53				
12 giugno	4,18	18,22	0,00	6,01	12,03
13 giugno	4,19				
14 giugno	4,43				
15 giugno	4,61	12,80	0,00	4,23	8,45
16 giugno	4,87				
17 giugno	5,17				
18 giugno	5,39				
19 giugno	5,39	20,04	0,00	6,61	13,23
20 giugno	5,57				
21 giugno	5,63				
22 giugno	5,52	16,60	0,00	5,48	10,96
23 giugno	4,91				

24 giugno	5,25				
25 giugno	5,32				
26 giugno	5,34	21,00	0,00	6,93	13,86
27 giugno	4,93				
28 giugno	5,11				
29 giugno	5,49	15,38	0,00	5,08	10,15
30 giugno	5,60				
1 luglio	5,58				
2 luglio	5,67				
3 luglio	5,34	22,34	0,00	7,37	14,74
4 luglio	5,12				
5 luglio	5,32				
6 luglio	5,29	15,78	0,00	5,21	10,42
7 luglio	5,16				
8 luglio	5,22				
9 luglio	5,17				
10 luglio	5,25	20,84	0,00	6,88	13,75
11 luglio	5,19				
12 luglio	5,03				
13 luglio	5,07	15,47	0,00	5,11	10,21
14 luglio	5,02				
15 luglio	4,82				
16 luglio	4,92				
17 luglio	4,53	19,82	0,00	6,54	13,08
18 luglio	4,88				
19 luglio	5,24				
20 luglio	5,23	14,65	0,00	4,83	9,67
21 luglio	4,61				
22 luglio	4,60				
23 luglio	4,63				
24 luglio	4,85	19,07	0,00	6,29	12,59
25 luglio	4,72				
26 luglio	5,08				
27 luglio	5,37	14,65	0,00	4,83	9,67
28 luglio	5,35				
29 luglio	5,21				
30 luglio	5,22				
31 luglio	5,23	21,15	0,00	6,98	13,96
1 agosto	4,59				
2 agosto	4,63				
3 agosto	4,70	14,45	0,00	4,77	9,54
4 agosto	4,79				

5 agosto	4,81				
6 agosto	4,79				
7 agosto	4,69	19,09	0,00	6,30	12,60
8 agosto	4,56				
9 agosto	4,59				
10 agosto	4,45	13,85	0,00	4,57	9,14
11 agosto	4,23				
12 agosto	4,21				
13 agosto	4,21				
14 agosto	4,35	17,10	0,00	5,64	11,29
15 agosto	4,49				
16 agosto	4,77				
17 agosto	4,70	13,61	0,00	4,49	8,98
18 agosto	4,72				
19 agosto	4,79				
20 agosto	4,86				
21 agosto	4,95	19,07	0,00	6,29	12,59
22 agosto	5,01				
23 agosto	4,93				
24 agosto	5,00	14,89	0,00	4,91	9,83
25 agosto	4,88				
26 agosto	4,09				
27 agosto	4,56				
28 agosto		18,53	0,00	6,11	12,23

3.4.2 TAGLIO la prova veniva tagliata con tosaerba semovente a sei lame elicoidali (Fig.17) a cadenza settimanali con asporto della biomassa tagliata. Il taglio veniva eseguito il giorno precedente i rilievi o delle altre operazioni di gestione (concimazione, irrigazione, ecc.). L'altezza di taglio era prevista a 25 mm per l'intera area, e la direzione di taglio cambiava ad ogni intervento onde evitare fenomeni di allettamento delle piante.



Fig.17. Tosaerba elicoidali semovente a 6 lame utilizzato durante la prova.

3.4.3 CONCIMAZIONE La prova è stata concimata in data 25 maggio.2012 con nitrato di potassio (13-0-46) (PONI) alla dose di 350 kg/ha, in tale modo si sono distribuiti gli elementi nutritivi in una dose tale da garantire il fabbisogno del tappeto erboso durante tutto il periodo di prova.

3.4.4 TRATTAMENTI FITOSANITARI durante l'anno di prova si sono effettuati tre trattamenti fungicidi contro *Oidium spp.* e *Phityum spp* (Tab.8).

Alcune parcelle di *Lolium perenne* e *Poa pratensis* hanno manifestato durante il periodo autunnale e primaverile sintomi di ruggine, con la comparsa sulle lamine fogliari delle tipiche pustole giallo aranciato, contenenti le uredospore, veicolo di diffusione della malattia (Gullino et al., 2000).

La presenza di ruggini non ha comportato gravi deprezzamenti della qualità estetica delle parcelle, per questo si è ritenuto di non effettuare trattamenti.

Tab. 8. Elenco dei trattamenti fitosanitari.

Data trattamento	Patogeno	Principio attivo utilizzato
13/03/2012	<i>Oidium spp.</i>	Propamocarb cloridrato
10/04/2012	<i>Phityum spp.</i>	Propiconazolo
12/04/2012	<i>Phityum spp.</i>	Propamocarb cloridrato

3.5 RILIEVI ESEGUITI

Sono stati effettuati i seguenti rilievi:

- a) percentuale di copertura verde mediante analisi dell'immagine digitale (DIA);
- b) qualità del manto erboso (TQ) mediante stima a vista;
- c) tempo necessario perché il manto erboso entri in stress mediante stima a vista (DASS);
 - d) larghezza della lamina fogliare mediante misurazione con calibro;
- e) contenuto volumetrico di acqua mediante TDR (*Time Domain Reflectometry*).

a) DIA (*Digital image analysis*)

“DIA” è un sistema di analisi oggettivo in grado di identificare le diverse tonalità di colore rilevate in una foto grazie ad un software (Purcell, 2000). Questo sistema si basa sul metodo LGC (*Living Ground Cover*), ovvero sul grado di copertura (% della densità) di una superficie verde. Le immagini digitali sono state ottenute con una fotocamera Canon EOS 400d montata su un cassone progettato specificamente per questo studio. Il cassone (50x50x40 cm), agganciato ad un carrello provvisto di rotelle per facilitare gli spostamenti da una parcella all'altra, era aperto solamente sul lato inferiore. All'interno del cassone (Fig. 18), sul lato superiore, era prevista una fonte di luce artificiale (3 lampade a led lunghe 40 cm ed alimentate da una batteria) che serviva ad illuminare, senza condizionamenti esterni ed in egual modo, ogni parcella presa in esame. Grazie alla macchina fotografica digitale, fissata sopra al cassone ed inserita con l'obiettivo in esso, veniva scattata una foto ad ogni parcella. La Canon era impostata sulla modalità “M” (manuale) e con uno Zoom a 18 mm. Le immagini raccolte venivano salvate in formato JPEG (*Joint Photographic Experts Group*), scaricate su un personal computer ed analizzate singolarmente da *WinCam*. Questo programma, precedentemente tarato sulla base di un'immagine simile, nella quale veniva attribuita, ad ogni tonalità di verde, giallo e marrone, un punteggio, aveva il compito di identificare nelle foto scattate il numero di punti (pixel) appartenenti alle diverse tonalità. Il numero di pixel verdi, presenti in ogni immagine, permettevano, divisi per il numero di pixel totali dell'immagine stessa, di determinare la percentuale di copertura del manto erboso nell'intera foto (Fig.19) (Purcell, 2000). Questo rilievo è stato effettuato su tutte le parcelle una volta a settimana fino al momento in cui il tappeto erboso non entra in stress, e due

volte a settimana a partire dal momento in cui esso entra nella fase di stress, a partire dallo 20 aprile 2012, fino al 30 agosto 2012.

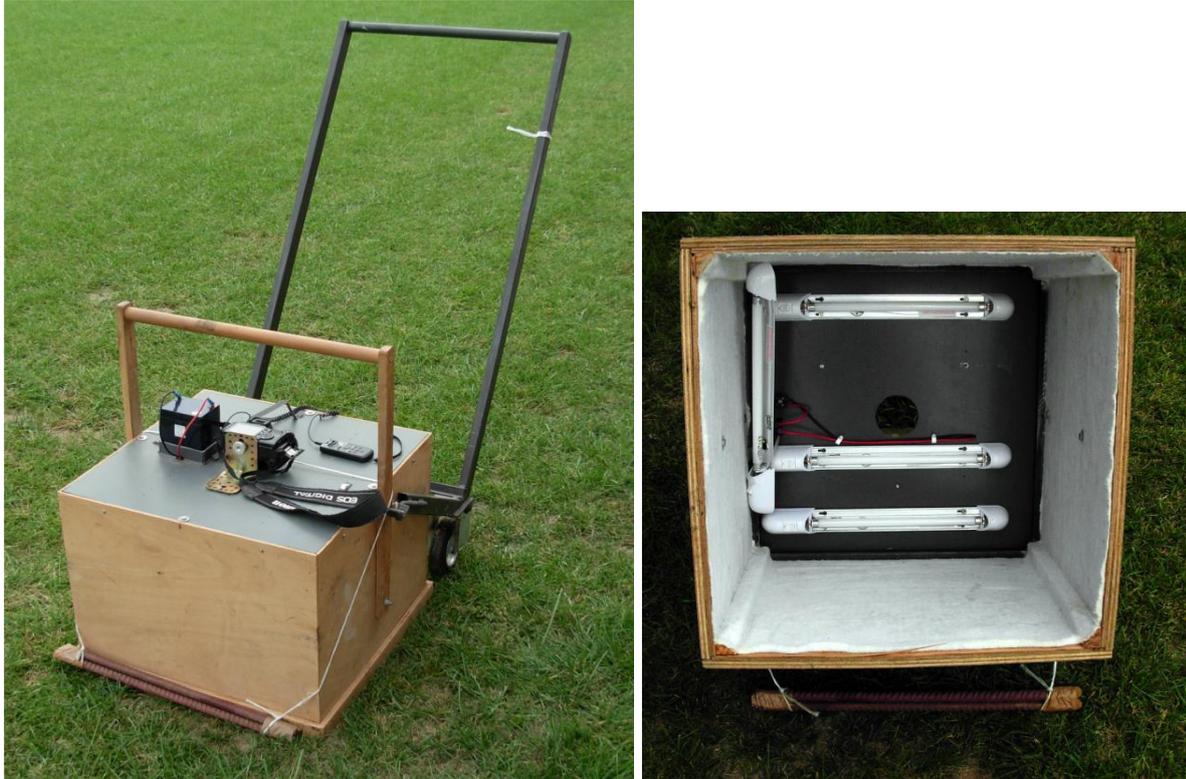


Fig 18. Cassone per l'acquisizione delle immagini da sottoporre all'analisi mediante WinCam(DIA) con particolare interno del cassone dove possiamo vedere le tre lampade.

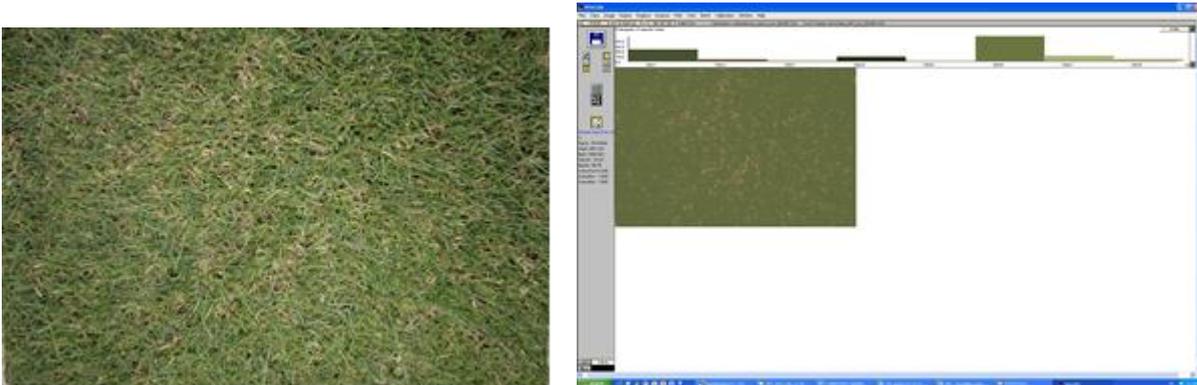


Fig.19. Esempio di foto di parcella processata dal software WinCAM, in questo caso la percentuale di LGC (Living Ground Cover) è risultata dell'89%.

b) TQ (*Turf Quality*)

“TQ” è un’analisi visiva e soggettiva che permette di identificare su di una scala da 1 a 9 lo stato di salute del tappeto erboso (dove 1 è un tappeto erboso completamente morto con foglie gialle/marroni e foglie chiuse; mentre 9 è un tappeto erboso in condizioni ottimali con foglie di color verde brillante e aperte completamente) (Morris, 2002). Nella valutazione vengono considerati il colore, la tessitura, la presenza di infestanti o patogeni e l’uniformità (Horst et al., 1984). Questo rilievo è stato effettuato una volta alla settimana su tutte le parcelle a partire da maggio.

Nella foto sottostante (Fig. 20) possiamo vedere un esempio di valutazione della qualità del tappeto erboso, in questo caso prendiamo l’esempio della medesima parcella all’inizio e alla fine dello stress idrico (*Lolium perenne* Barclaudia blocco 0% di reintegrazione idrica); nella foto più a sinistra la parcella è stata valutata con un punteggio di 8, mentre in quella più a destra, di fine stress, con un punteggio di 2, ovvero parcella quasi morta.



Fig. 20. Esempio di valutazione della qualità (TQ) di una parcella di *Lolium perenne* all’inizio e alla fine del stress idrico.

c) DASS (*Days After Start of the Stress*)

DASS è un calcolo correlato al rilievo dello Stress, che esprime dopo quanti giorni, dalla partenza del ciclo di sperimentazione, la pianta va in stress. Lo stress, come precedentemente detto, si calcola su una scala che va da 1 a 9 ed il conteggio del DASS inizia da quando la parcella ha valore 4. Questa stima è stata effettuata periodicamente su tutte le parcelle.

d) Larghezza della lamina fogliare

Per la misurazione della “Larghezza della lamina fogliare” è stato utilizzato un calibro a cursore (Fig. 21). Esso è uno strumento costituito da un’asta metallica graduata, terminante

con due espansioni a becco ad una delle estremità. Sull'asta scorre un cursore provvisto anch'esso di due espansioni, simili alle precedenti, e di un indice a nonio, nonché di un dispositivo di bloccaggio. Il pezzo che deve essere misurato (nel nostro caso la larghezza della lamina fogliare) viene serrato con una leggera pressione tra le espansioni del calibro. Il principio di funzionamento è basato sull'avanzamento di una vite che spinge un cilindro mobile contro uno fisso, tra cui viene posto l'oggetto da misurare. Una scala graduata solidale alla vite è suddivisa in tacche, in modo che si possano apprezzare le frazioni di passo della vite stessa. In ogni parcella venivano prelevate casualmente 4 lamine fogliari mature e si misurava la loro larghezza fogliare a $2/3$ della loro altezza. Dato l'elevato numero di parcelle il rilievo è stato svolto solamente su alcune varietà (Fig. 22). L'analisi è stata effettuata una volta a settimana a partire dallo stress (20.04.2012) ed interrotta solamente nei periodi di recupero delle fasce.



Fig.21 Rilievo della larghezza della lamina fogliare mediante l'utilizzo di un calibro.

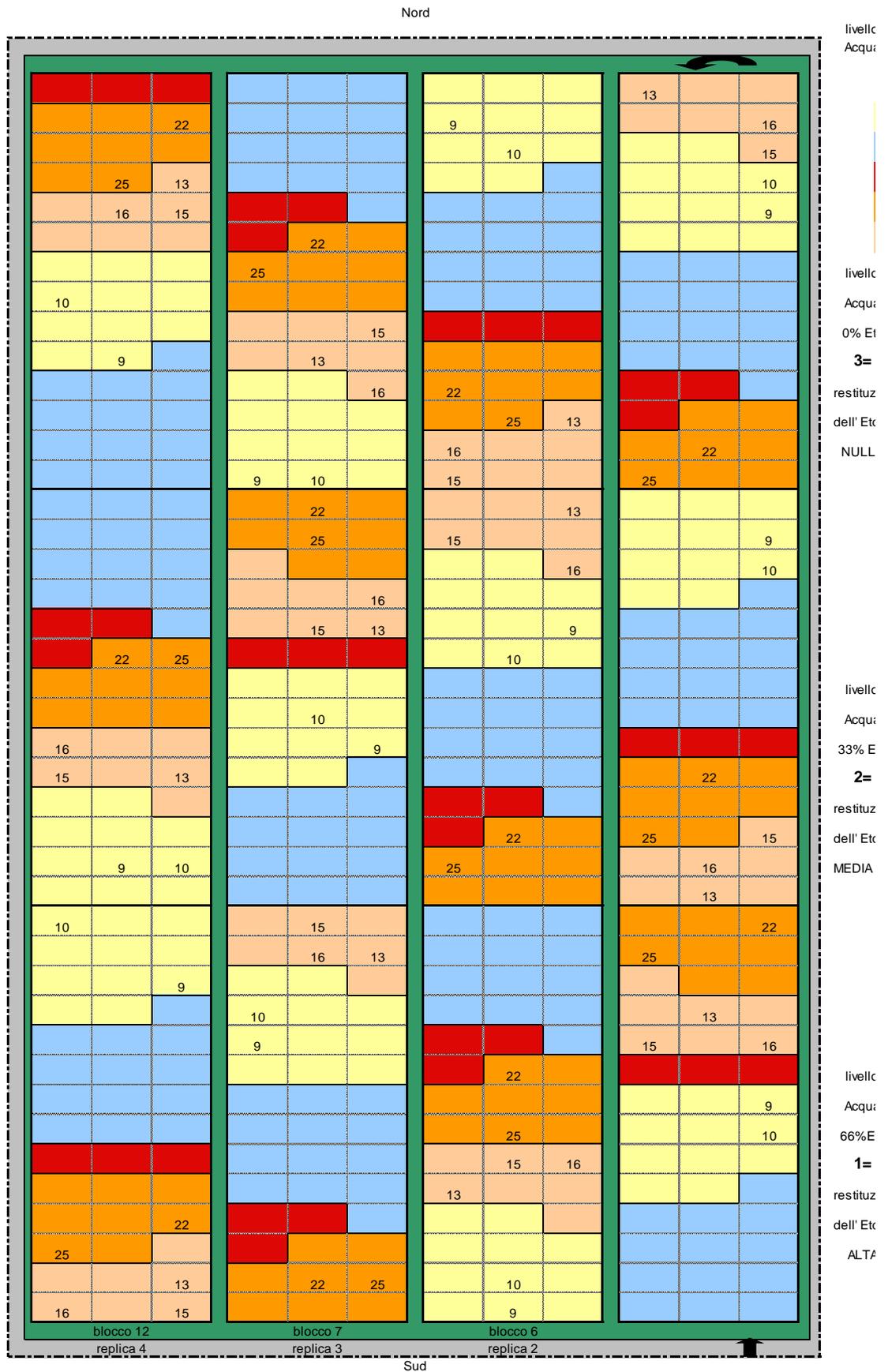


Fig.22. Schema di campo che illustra le parcelle dove sono stati effettuati i rilievi delle larghezza fogliari.

e) TDR (Time Domain Reflectometry)

“TDR” (Fig.23) è un rilievo oggettivo effettuato grazie ad uno strumento che misura il contenuto volumetrico di acqua (VWC) in percentuale, ovvero il rapporto tra il volume di acqua in un dato volume di terreno al volume totale del suolo. Questa tecnica viene usata spesso per rilevare la quantità di acqua o di inquinanti nel terreno, in fisica dell'ambiente e sismologia (Tanriverdi 2005). Lo strumento è formato da due aste di uguale lunghezza le quali devono essere inserite nel terreno. Esse rilasciano delle onde elettromagnetiche e, in base alla loro durata di percorrenza tra un'asta e l'altra, permettono di stimare la percentuale di acqua presente nel terreno in quel momento e a quella determinata profondità (Topp e Reynolds, 1998). Lo strumento è stato utilizzato in modalità “terreno franco” date le caratteristiche del suolo in prova (Tanriverdi 2005). Le aste impiegate per le misurazioni sono state quelle da 3 cm e le misurazioni sono state effettuate una volta a settimana a partire dal 15.05.2012 nel terreno. Esse rilasciano delle onde elettromagnetiche e, in base alla loro durata di percorrenza tra un'asta e l'altra, permettono di stimare la percentuale di acqua presente nel terreno in quel momento e a quella determinata profondità (Topp e Reynolds, 1998).

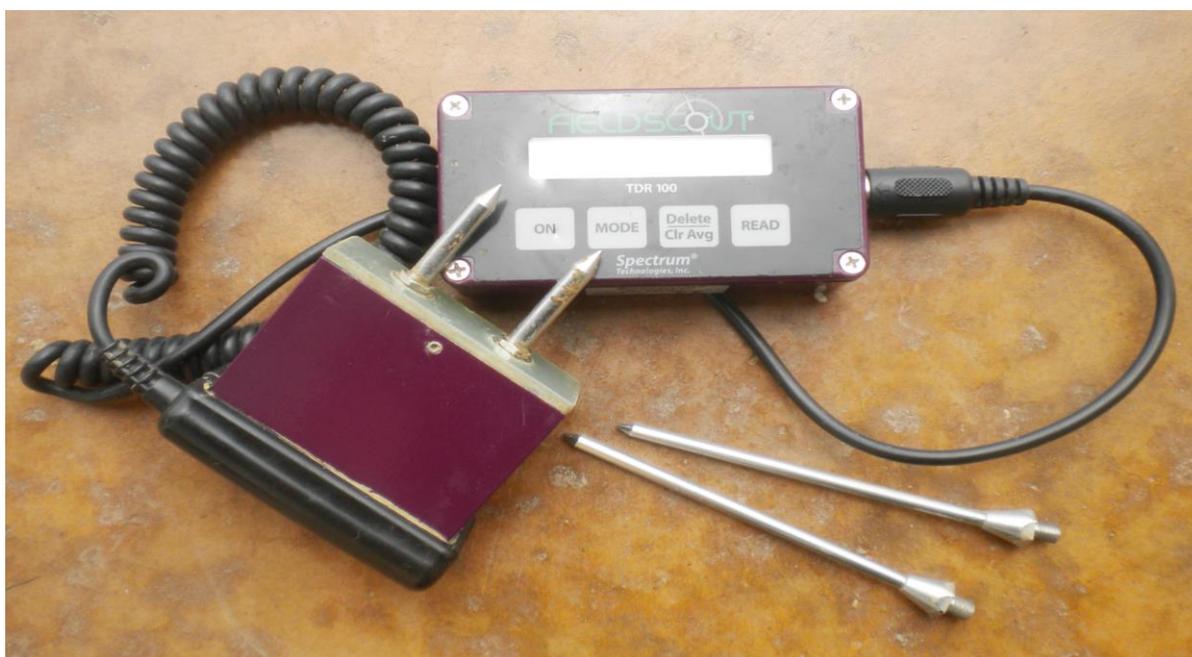


Fig. 23. Particolari del TDR, strumento per la misurazione del contenuto volumetrico di acqua. Nella figura sono presenti le aste da 3 e 12 cm.

Le misurazioni sono state effettuate seguendo uno schema di campo (Fig.24) appositamente studiato in modo da rilevare il contenuto volumetrico dell'acqua in ogni sub-

blocco; ogni lettura derivava dalla media di dieci rilevazioni per ogni gruppo di parcelle appartenenti alla stessa specie o miscuglio per un totale di 60 letture per tutta la prova.

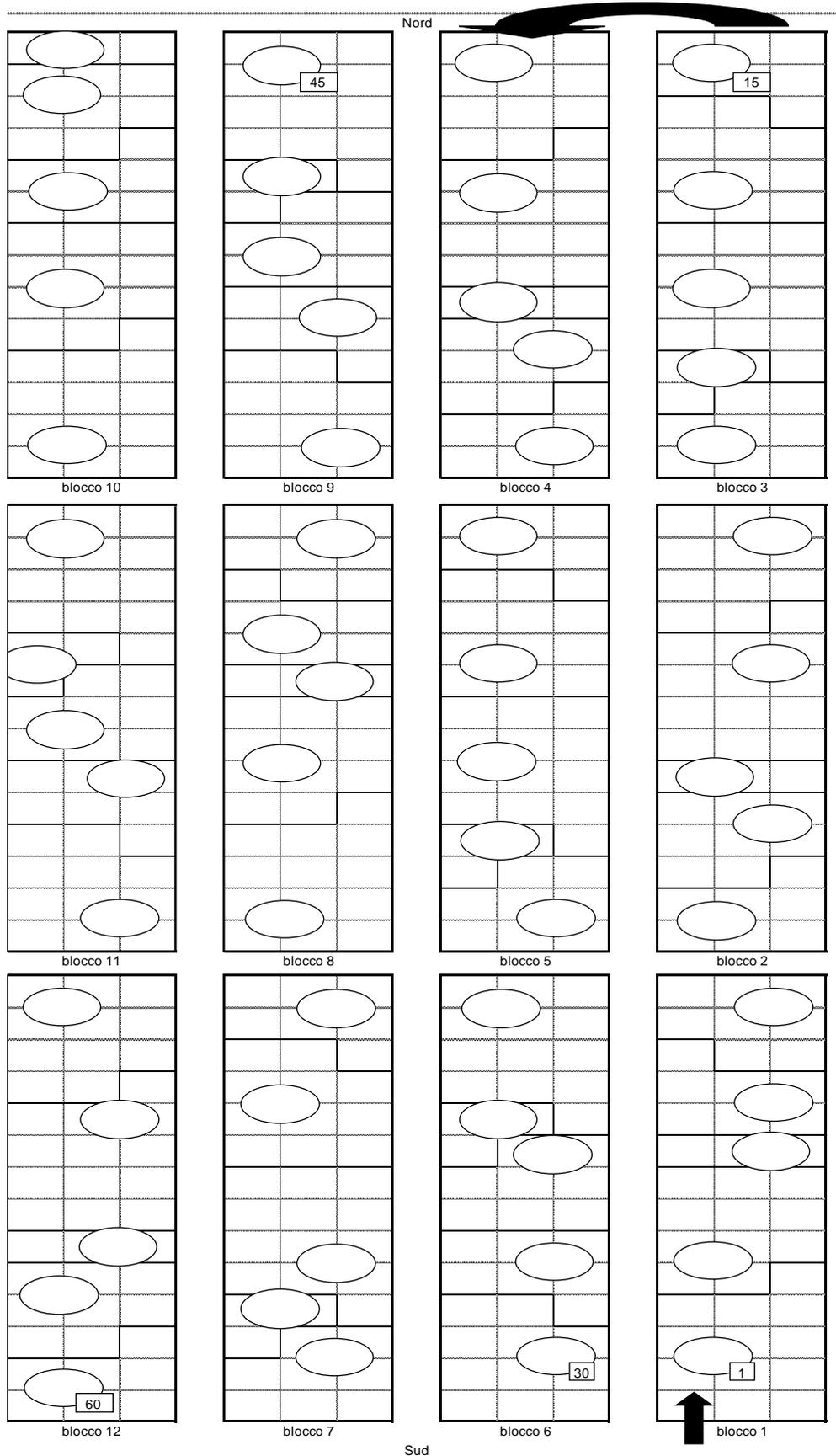


Fig.24. Schema di campo utilizzato per i rilievi eseguiti con il TDR.

4. RISULTATI E DISCUSSIONI

Tutti i dati dei rilievi sono stati elaborati con il programma “Statistica 7” (Stat Soft), attraverso l’analisi della varianza (Analysis of Variance, ANOVA), in particolare grazie all’utilizzo del test di Duncan per la differenziazione delle medie.

Le osservazioni e misurazioni fatte per analizzare le differenze tra specie e cultivar ai vari regimi di restituzione idrica sono: *Volumetric Water Content (%VWC) by TDR*, *turf quality (TQ)*, *number of Days After Starting of Stress (DASS)*, larghezza lamina fogliare, percentuale di *Living Ground Cover (%LGC)*.

La prova è stata installata nell’ottobre del 2011 e l’avvio dello stress idrico con i relativi rilievi è stato avviato il 15/05/2012 e concluso il 28/08/2012. In questo periodo si è notato che le sole parcelle del blocco con restituzione idrica pari a 0% di ETc hanno subito forti stress: è stato necessario reintegrare l’apporto idrico dal 02/07/12 al 20/07/12 per garantire un recupero delle piante; e poter così studiare un secondo ciclo di stress.

Le parcelle sottoposte ad un reintegro di acqua del 33%, e 66% (dal 18/05/12 al 28/08/12), non hanno dimostrato sofferenze alla siccità tali da dover sospendere la prova per un recupero, quindi il ciclo di stress è stato unico. Si è comunque assistito agli inizi di agosto ad un peggioramento generale della qualità del manto erboso anche per queste parcelle.

4.1 CONFRONTO TRA I BLOCCHI CON RESTITUZIONE IDRICA PARI A 0%, 33% E 66% DELL’ETc (PERIODO 18/05-02/07)

L’analisi statistica nella presente trattazione riguarda solo i dati raccolti tra il 18/05/12 e il 02/07/12 (momento nel quale si è concluso il primo ciclo di stress per il blocco con restituzione idrica pari a 0%), mentre per i soli andamenti verrà studiato l’intero periodo di prova (tra il 18/05/12 e il 24/08/12)

Mediando tutte le tesi in prova, tra il 18/05 e il 29/06, si può osservare come, ad ogni rilievo ci siano differenze significative tra i tre blocchi a differente restituzione idrica (0%, 33% e 66%).

4.1.1 RESTITUZIONE X TDR

Affinchè i dati rilevati con il TDR corrispondano al reale contenuto volumetrico d'acqua, il VWC (*Volumetric Water Content*), si è reso necessario calibrare lo strumento per il specifico suolo in esame.

I primi dati analizzati sono quelli relativi alla media di tutti i rilievi (8) effettuati con il TDR per i 3 blocchi di restituzione idrica durante tutto il primo periodo di prova (18/05 – 02/07): vi è una consistente e statisticamente significativa differenza fra i tre blocchi ai diversi regimi idrici: ciò significa che i volumi d'acqua restituiti sono stati corretti durante tutta la prova.

Tabella 9. Risultati dell'analisi della varianza relativa al confronto tra i tre differenti regimi di restituzione idrica basati sull'ETc e rilevati con il TDR nel periodo compreso fra 18/05 e il 29/06.

Restituzione ETc (%)	VWC- Volume di acqua nel suolo (%)	
0	24,2	****
33	28,6	****
66	33,7	****

VWC (Volumetric Water Content)= stima del contenuto volumetrico, a 3 cm di profondità, di acqua presente nel terreno, espresso in percentuale.

****** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.**

Nel grafico 25 si sono poi studiati gli andamenti del contenuto volumetrico di acqua nel suolo; in questo caso si è voluto osservare l'intero periodo di durata della prova (15/05-31/08) e, come si può osservare, gli andamenti risultano essere perfettamente in linea con gli apporti idrici restituiti con il VWC che diminuisce gradualmente nel tempo. Il picco (in corrispondenza della freccia blu) indica il periodo di recupero del blocco del 0% (periodo in cui è stato irrigato giornalmente).

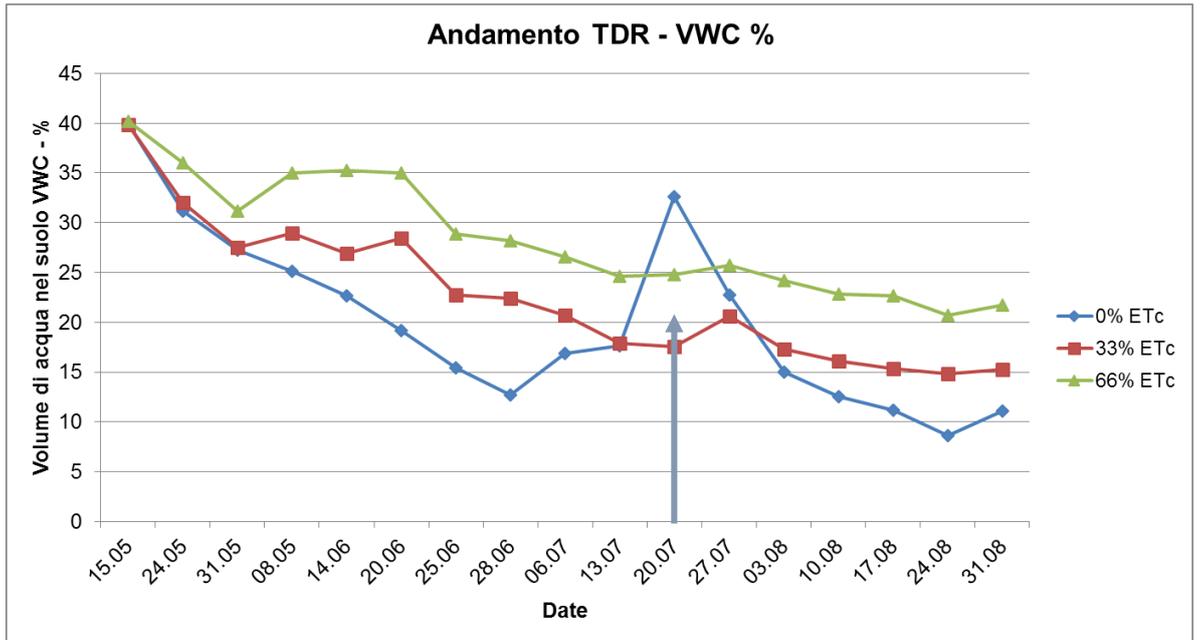


Fig 25. Mostra l'andamento del volume di acqua nel terreno (VWC) durante tutto il periodo di prova (15/05/2012-31/08/2012).

4.1.2 RESTITUZIONE X TQ

Per quanto riguarda lo studio della qualità (media) del tappeto erboso (TQ) durante tutto il primo periodo di prova si possono vedere differenze statistiche fra i tre blocchi di irrigazione: mediando le diverse tesi del blocco dello 0% non si raggiunge una qualità sufficiente (punteggio = 5,5), mentre i blocchi rimanenti hanno mantenuto una qualità sufficiente, di 6,0 (33%) e 6,6 (66%) con differenze statistiche fra i due.

Tabella 10. Risultati dell'analisi della varianza relativa al confronto tra i tre differenti regimi di restituzione idrica basati sull'ETc ed il TQ nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Restituzione ETc (%)	TQ	
0	5,5	****
33	6	****
66	6,6	****

TQ (*Turf Quality*) = Valutazione visiva della qualità del manto erboso in una scala da 1 a 9, dove 1 è un tappeto erboso completamente morto con foglie marroni/gialle e lamine fogliari chiuse; mentre 9 è un tappeto erboso in condizioni qualitative ottimali con foglie di color verde brillante e lamina fogliare completamente aperta. **** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

Molto interessante è risultato essere anche lo studio l'andamento del TQ per l'intero periodo di prova (31/05-24/08). Come si può vedere dal grafico 26 (salvo nella finestra temporale di ripresa del blocco 0% indicato tra le freccia blu), il blocco maggiormente irrigato presenta una qualità superiore rispetto ai blocchi meno irrigati; possiamo inoltre notare come il blocco dello 0% dopo l'irrigazione di soccorso abbia velocemente recuperato in qualità e successivamente con il ripristino dello stress idrico la qualità del prato sia diminuita progressivamente fino alla fine della prova.

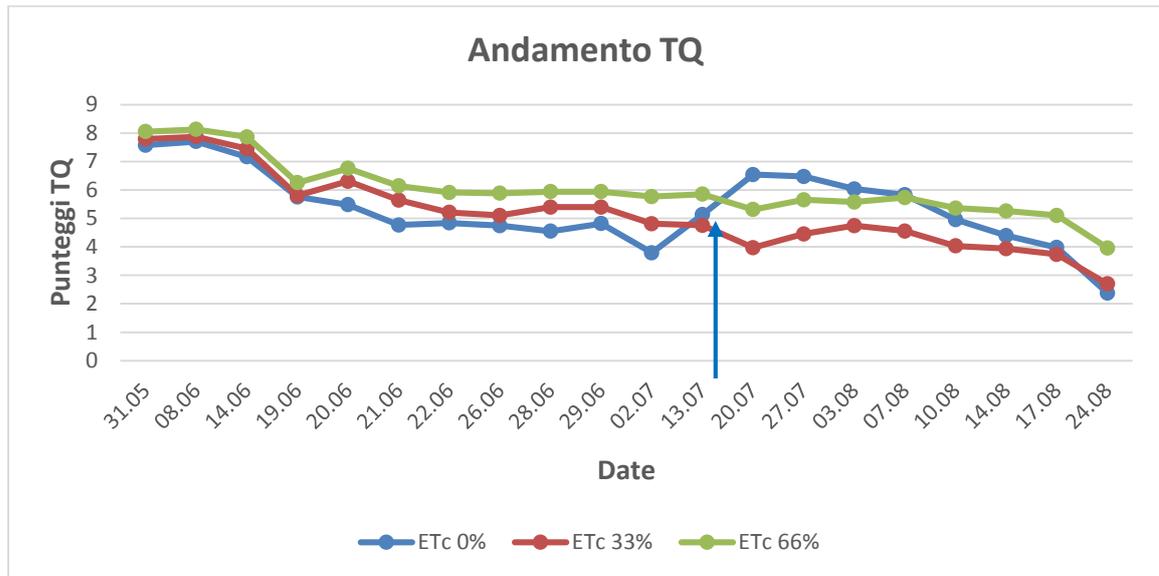


Fig. 26 Mostra l'andamento della qualità del tappeto erboso (TQ) durante tutto il periodo di prova (15/05/2012-24/08/2012).

4.1.3. RESTITUZIONE X LGC

I dati riguardanti la percentuale di copertura (%LGC) relativi alla media delle parcelle, hanno andamenti simili ai risultati di TQ: nuovamente il blocco che ha avuto i dati più bassi è stato quello che non ha ricevuto acqua, mentre quello che presenta una copertura maggiore è quello con il più elevato volume di adacquamento.

Tabella 11. Risultati dell'analisi della varianza relativa al confronto tra i tre differenti regimi di restituzione idrica basati sull'ETc e LGC nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Restituzione ETc (%)	LGC (%)	
0	84,6	****
33	88,7	****
66	91,4	****

LGC (Living ground cover) = ottenuto grazie ad acquisizione di immagine con box chiuso, illuminato a LED e apparecchio fotografico Reflex, ed un software di analisi di immagine (WinCam, Rgent Instruments) in grado di identificare le diverse tonalità di colore rilevate in una foto e di determinare (in base al numero di pixel) la percentuale di copertura del manto erboso nell'intera foto.

**** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

Lo studio dell'andamento delle LGC (figura 27) riguardante il periodo dell'intera prova (15/05/2012-24/08/2012) mette in evidenza come le parcelle del blocco con la restituzione idrica pari a 0% ETC abbiano avuto un importante decremento di copertura già a partire dalla prima metà di Giugno rispetto alle parcelle irrigate. Il dato relativo alla LGC, inoltre, mostra come le parcelle del medesimo blocco, nel periodo in cui sono state irrigate (02/07/2012-27/07/2012), abbiano recuperato velocemente la copertura, arrivando ad una percentuale pari all'87%; una volta iniziato il secondo ciclo di stress (per il blocco del 0% ETC) le parcelle hanno avuto un rapido decremento della copertura fino alla fine della prova, dove le parcelle irrigate al 66% dell' ETC hanno mostrato una copertura più elevata rispetto a tutte le altre.

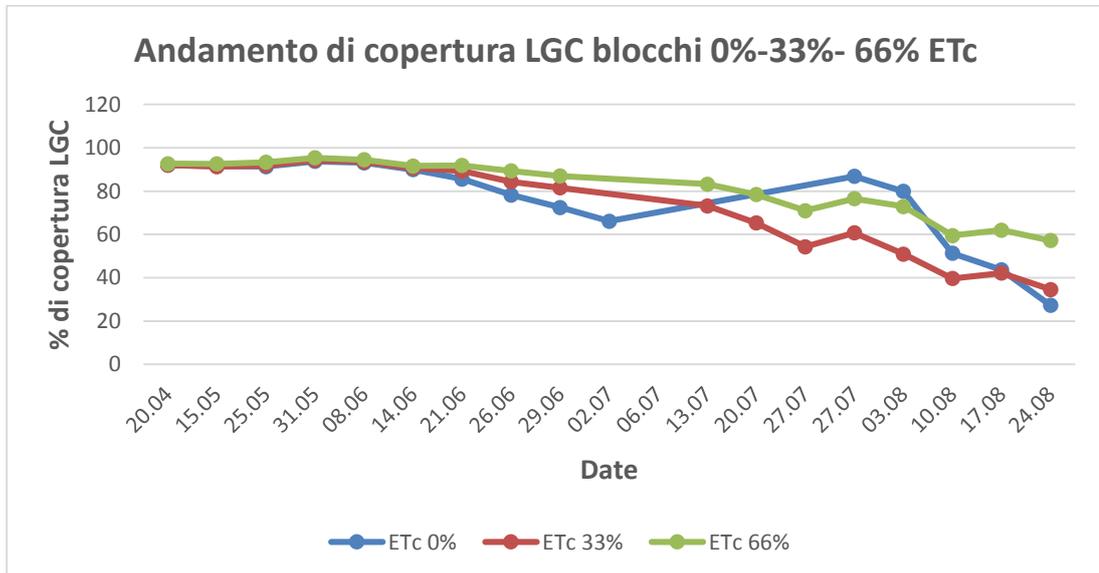


Fig. 27 Mostra l'andamento della copertura (LGC) durante tutto il periodo di prova 15/05/2012-24/08/2012).

4.1.4 RESTITUZIONE X LARGHEZZA FOGLIARE

Infine si è analizzata la larghezza della lamina fogliare e anche questo parametro ha confermato in parte (perché effettuato solamente su alcune varietà essendo un rilievo *high time consuming*), i risultati ottenuti nei rilievi precedenti. Vi sono infatti rilevanti differenze statistiche fra i tre blocchi: la lamina fogliare è risultata mediamente essere più stretta nel blocco 0%ETc e più larga nel blocco al 66%ETc.

Tabella 12. Risultati dell'analisi della varianza relativa al confronto tra i tre differenti regimi di restituzione idrica basati sull'ETc e sulla larghezza fogliare nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Restituzione ETc (%)	Larghezza lamina fogliare (mm)	
0	2	****
33	2,2	****
66	2,4	****

Larghezza lamina fogliare (mm) = misurazione tramite calibro digitale della larghezza delle lamine fogliari, 10 per ogni parcella.

**** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

4.2 CONFRONTO TRA LE SPECIE

Dopo aver studiato le differenze fra i blocchi si sono studiate le specie indipendentemente dalla % di restituzione idrica. Le specie sono: *Lolium perenne*, *Poa pratensis*, *Festuca arundinacea*, Altre (*Festuca ovina* e *Descampsia caespitosa*) e miscugli.

Relativamente all'interazione tra le specie di tutti e tre i blocchi si è notata la presenza di gruppi significativamente diversi a seconda del rilievo analizzato.

4.2.1 SPECIE X TDR

I dati del TDR-VWC (% volume di acqua nel suolo) hanno evidenziato che non vi sono differenze statistiche così marcate tra le diverse specie. Questo significa che ogni specie preleva mediamente ed alla profondità esaminata (prof. di inserimento del TDR = cm. 3,5) la stessa quantità di acqua. La differenza che c'è tra le "Altre" o la *Poa pratensis* rispetto alla *Festuca arundinacea* è dovuta al fatto che il rilievo con il TDR raccoglie i dati entro i primi 3cm del suolo, quindi la maggior presenza di acqua nelle festuche in questo orizzonte è dovuto al motivo che probabilmente questa specie assorbe l'acqua da strati più profondi

rispetto ad altre specie, e non perché la *Festuca arundinacea* traspiri meno. Si nota, comunque, che il gruppo definito “Altre” presenta una percentuale di acqua statisticamente diversa dalla *Festuca arundinacea*, questo potrebbe essere dovuto dal fatto che le specie “Altre” presentano un apparato radicale più superficiale rispetto a *Festuca arundinacea* e quindi nell’orizzonte analizzato dal TDR potrebbe essere il medesimo di assorbimento di acqua da parte delle radici e quindi non essere dovuto unicamente alla quantità di acqua traspirata.

Tabella 13. Risultati dell’analisi della varianza relativa al confronto tra le specie con il regime di restituzione idrica dello 0% ETc e del TDR nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Specie	VWC- Volume di acqua nel suolo (%)	
Altre	25,6	****
<i>Poa pratensis</i>	27,6	**** ****
Miscugli	28,6	**** ****
<i>Lolium perenne</i>	30,3	**** ****
<i>Festuca arundinacea</i>	32	****

VWC (Volumetric Water Content) = stima del contenuto volumetrico, a 3 cm di profondità, di acqua presente nel terreno, espresso in percentuale.

****** = dove gli asterischi si sovrappongono nell’ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.**

4.2.2 SPECIE X TQ e LGC

Sia nel rilievo del TQ che dell’LGC si è avuto un risultato simile: i miscugli e le festuche arundinacee hanno mostrato una copertura maggiore, in percentuale, e una qualità superiore del manto erboso con un punteggio medio superiore a 6, su di una scala da 1 a 9, per tutto il periodo di prova indipendentemente della restituzione idrica. *Poa* e *Lolium*, invece, sono risultate avere una buona percentuale di copertura, comunque significativamente diversa dai miscugli e da *Festuca arundinacea*, ma soprattutto dal gruppo “Altre”. Proprio le specie appartenenti al gruppo “Altre”, composte da *Festuche ovina* e da *Deschampsia caespitosa*, si sono dimostrate (per ogni rilievo) significativamente diverse dalle altre specie con punteggi della TQ e dell’LGC inferiori, evidenziando una media durante il periodo di rilievo della TQ pari a 4,4 su 9, mentre la percentuale di LGC è risultata essere inferiore al 76%.

Tabella 14. Risultati dell'analisi della varianza relativa al confronto tra le specie con il regime di restituzione idrica dello 0% ETc e del TQ nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Specie	TQ (punti)	
Altre	4,4	****
<i>Lolium perenne</i>	5,5	****
<i>Poa pratensis</i>	6	****
Miscugli	6,2	****
<i>Festuca arundinacea</i>	7,2	****

TQ (Turf Quality) = Valutazione visiva della qualità del manto erboso in una scala da 1 a 9, dove 1 è un tappeto erboso completamente morto con foglie marroni/gialle e lamine fogliari chiuse; mentre 9 è un tappeto erboso in condizioni estetiche ottimali con foglie di color verde brillante e lamina fogliare completamente aperta. **** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

Tabella 15. Risultati dell'analisi della varianza relativa al confronto tra le specie con il regime di restituzione idrica dello 0% ETc e dell'LGC nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Specie	LGC (%)	
Altre	75,8	****
<i>Poa pratensis</i>	87,1	****
<i>Lolium perenne</i>	87,5	****
Miscugli	89,4	****
<i>Festuca arundinacea</i>	93	****

LGC (Living ground cover) = ottenuto grazie ad un software in grado di identificare le diverse tonalità di colore rilevate in una foto e di determinare (in base al numero di pixel) la percentuale di copertura del manto erboso nell'intera foto.

**** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

4.2.3 SPECIE X LARGHEZZA FOGLIARE

Per quanto riguarda la larghezza fogliare, per le specie valutate, si può notare una differenza statistica significativa, questo indica che indipendente dal regime idrico la morfologia delle foglie rimane distinta.

Tabella 16. Risultati dell'analisi della varianza relativa al confronto tra le specie con il regime di restituzione idrica dello 0% ETc e della larghezza fogliare per le specie di *Lolium perenne*, *Poa pratensis* e *Festuca arundinacea* nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Specie	Larghezza lamina fogliare (mm)	
<i>Lolium perenne</i>	1,6	****
<i>Poa pratensis</i>	1,9	****
<i>Festuca arundinacea</i>	3,3	****

Larghezza lamina fogliare (mm) = misurazione tramite calibro digitale della larghezza delle lamine fogliari, 10 per ogni parcella.

**** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

In particolare esaminando i dati relativi alla differenza di larghezza fra la data di inizio e fine stress, possiamo vedere come la larghezza fogliare di *Lolium perenne* si sia ridotta del 29,31%, *Poa pratensis* del 33,03%, mentre la larghezza fogliare di *Festuca arundinacea* sia rimasta invariata.

Tabella 17. Confronto dei risultati dell'analisi della varianza tra le specie con il regime di restituzione idrica dello 0% Etc e della larghezza fogliare per le specie di *Lolium perenne*, *Poa pratensis* e *Festuca arundinacea* alla data di inizio (18/05/2012) e fine (29/06/2012) stress idrico.

Specie	Larghezza lamina fogliare (mm)	18.05.2012	Specie	Larghezza lamina fogliare (mm)	29.06.2012
<i>Lolium perenne</i>	1,9	****	<i>Lolium perenne</i>	1,3	****
<i>Poa pratensis</i>	2,2	****	<i>Poa pratensis</i>	1,4	****
<i>Festuca arundinacea</i>	3,1	****	<i>Festuca arundinacea</i>	3,1	****

Larghezza lamina fogliare (mm) = misurazione tramite calibro digitale della larghezza delle lamine fogliari, 10 per ogni parcella.

**** = dove le asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

4.3 ANALISI STATISTICA A DUE VIE

4.3.1 CONFRONTO SPECIE X RESTITUZIONE IDRICA X VWC

Tabella 18. Risultati dell'analisi della varianza relativa al confronto tra le specie e i regimi di restituzione idrica dello 0%, 33% e 66% dell'ETc e del VWC nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Specie	Restituzione ETc (%)	VWC- Volume di acqua nel suolo (%)	
Altre	0	21,8	****
<i>Poa pratensis</i>	0	22,3	****
Altre	33	23,3	**** ****
Miscugli	0	23,9	**** ****
<i>Lolium perenne</i>	0	24,6	**** **** ****
<i>Poa pratensis</i>	33	26,8	**** **** ****
<i>Festuca arundinacea</i>	0	28,2	**** **** ****
Miscugli	33	29,2	**** **** ****
<i>Lolium perenne</i>	33	31,4	**** **** ****
Altre	66	31,6	**** **** **** ****
<i>Festuca arundinacea</i>	33	32,3	**** **** ****
Miscugli	66	32,6	**** **** ****
<i>Poa pratensis</i>	66	33,8	**** ****
<i>Lolium perenne</i>	66	34,8	**** ****
<i>Festuca arundinacea</i>	66	35,6	****

VWC (Volumetric Water Content) = stima del contenuto volumetrico, a 3 cm di profondità, di acqua presente nel terreno, espresso in percentuale.

**** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

Studiando l'analisi statistica del VWC per tutti e tre i blocchi, si è potuto osservare come vi sia una certa distinzione tra i tre blocchi di restituzione idrica; possiamo ipotizzare di dividere la tabella in tre gruppi, il primo gruppo dove troviamo quasi esclusivamente tutte le specie con restituzione 0% ad eccezione della *Festuca arundinacea* 0% la quale ha un contenuto volumetrico paragonabile al secondo gruppo di restituzione idrica, ovvero 33%, e alle "Altre" nel quale, contrariamente, abbiamo anche il tappeto erboso irrigato al 33%. Interessante risulta essere il terzo "gruppo", ovvero quello che possiamo definire come 66%, all'interno di esso troviamo tutte le specie studiate, ma anche la *Festuca arundinacea* irrigata con il 33%, da questo dato possiamo capire come questa specie sia in grado di

assumere l'acqua in modo molto diverso rispetto alle altre specie studiate. Analizzando meglio possiamo notare che la differenza idrica del contenuto volumetrico tra le "Altre" 66% e *Festuca arundinacea* 66% è di circa l'11%, mentre la differenza tra le stesse specie con restituzione idrica nulla è esattamente il doppio (22%).

Molto più interessante, in questo caso, risulta essere la differenza statistica tra le specie alla data finale dello stress (tabella 19); come si vede vi è una significativa differenza fra i blocchi del 0, 33 e 66%, dove i blocchi della *Festuca arundinacea* risultano avere una percentuale volumetrica di acqua più elevata; mentre il gruppo "Altre" risulta avere in tutti e tre i blocchi una quantità (in termini assoluti) di acqua nel terreno inferiore alle altre specie.

Tabella 19. Confronto dei risultati dell'analisi della varianza tra le specie con il regime di restituzione idrica dello 0%, 33% e 66% ETc e del VWC alla data fine (02/07/2012) stress idrico.

Specie	Restituzion e ETc (%)	VWC- Volume di acqua nel suolo (%)	02.07
Altre	0	11,0	****
<i>Lolium perenne</i>	0	12,5	**** ****
<i>Poa pratensis</i>	0	12,7	**** ****
Miscugli	0	12,8	**** ****
<i>Festuca arundinacea</i>	0	14,5	**** ****
Altre	33	18,7	**** ****
<i>Poa pratensis</i>	33	20,0	**** ****
Miscugli	33	22,6	**** ****
<i>Lolium perenne</i>	33	24,3	**** **** ****
<i>Poa pratensis</i>	66	25,7	**** **** **** ****
Altre	66	26,1	**** **** **** ****
<i>Festuca arundinacea</i>	33	26,4	**** **** ****
Miscugli	66	27,4	**** **** ****
<i>Lolium perenne</i>	66	30,4	**** ****
<i>Festuca arundinacea</i>	66	31,1	****

VWC (Volumetric Water Content) = stima del contenuto volumetrico, a 3 cm di profondità, di acqua presente nel terreno, espresso in percentuale.

**** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

4.3.2 CONFRONTO SPECIE X RESTITUZIONE X TQ e LGC

Sia lo studio del TQ che quello dell'LGC sono concordi nel dimostrare che le festuche fini e la *Deschampsia caespitosa* (gruppo "Altre") hanno sofferto indipendentemente dal regime irriguo, dimostrandosi particolarmente suscettibili nei blocco dello 0% e del 33%. Per quanto riguarda il TQ non vi sono differenze statistiche (nel medesimo gruppo statistico) tra la *Poa pratensis* e il *Lolium perenne* al più basso regime idrico. Ottimi risultati hanno dato, invece, tutte le altre specie con il regime idrico del 66% ETc. In particolar modo la *Festuca arundinacea*, nel blocco del 33% ha avuto performance migliori rispetto alle Festuche fini e della *Deschampsia* con la più alta restituzione idrica (66%).

Tabella 20. Confronto dei risultati dell'analisi della varianza tra le specie con il regime di restituzione idrica dello 0% 33% e 66% ETc e del TQ nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Specie	Restituzione ETc (%)	TQ (punti)	
Altre	0	3,6	****
Altre	33	4,3	****
<i>Poa pratensis</i>	0	4,9	****
<i>Lolium perenne</i>	0	5,1	**** ****
Altre	66	5,3	**** ****
<i>Lolium perenne</i>	33	5,5	**** ****
Miscugli	0	5,6	****
<i>Lolium perenne</i>	66	5,9	****
Miscugli	33	6,2	****
<i>Poa pratensis</i>	33	6,3	****
Miscugli	66	6,6	****
<i>Festuca arundinacea</i>	33	6,9	****
<i>Poa pratensis</i>	66	7	**** ****
<i>Festuca arundinacea</i>	0	7,2	****
<i>Festuca arundinacea</i>	66	7,5	****

TQ (Turf Quality) = Valutazione visiva della qualità del manto erboso in una scala da 1 a 9, dove 1 è un tappeto erboso completamente morto con foglie marroni/gialle e lamine fogliari chiuse; mentre 9 è un tappeto erboso in condizioni estetiche ottimali con foglie di color verde brillante e lamina fogliare completamente aperta. **** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

Tabella 21. Confronto dei risultati dell'analisi della varianza tra le specie con il regime di restituzione idrica dello 0% 33% e 66% ETc e dell'LGC nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Specie	Restituzione ETc (%)	LGC (%)	
Altre	0	70,6	****
Altre	33	74,4	****
<i>Poa pratensis</i>	0	79,7	****
Altre	66	82,3	****
<i>Lolium perenne</i>	0	84,7	****
Miscugli	0	85,7	****
<i>Lolium perenne</i>	33	88,4	****
<i>Poa pratensis</i>	33	88,9	**** ****
<i>Lolium perenne</i>	66	89,4	**** ****
Miscugli	33	90,5	**** ****
<i>Festuca arundinacea</i>	33	91,3	**** ****
Miscugli	66	92	**** ****
<i>Festuca arundinacea</i>	0	92,5	****
<i>Poa pratensis</i>	66	92,7	****
<i>Festuca arundinacea</i>	66	95,3	****

LGC (Living ground cover) = ottenuto grazie ad un software in grado di identificare le diverse tonalità di colore rilevate in una foto e di determinare (in base al numero di pixel) la percentuale di copertura del manto erboso nell'intera foto.

**** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

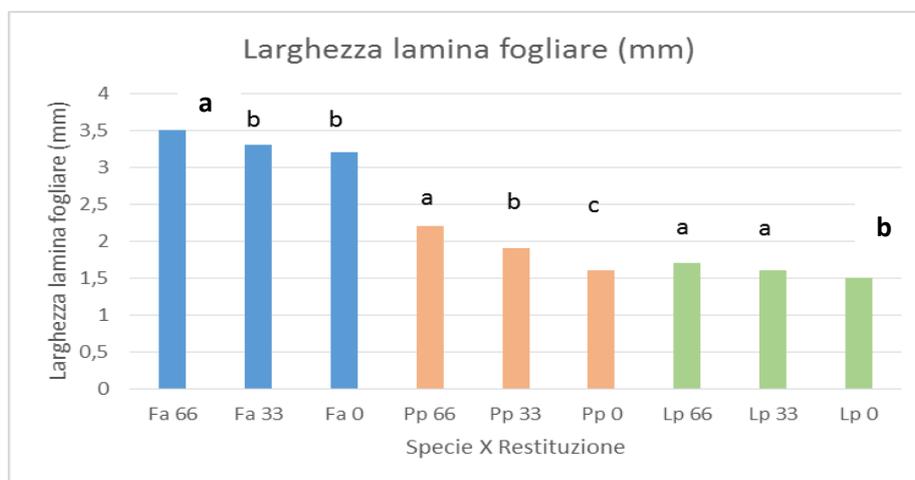
4.3.3 CONFRONTO SPECIE X RESTITUZIONE X LARGHEZZA FOGLIARE

Lo studio della larghezza fogliare ha permesso di evidenziare come nel *Lolium perenne*, a qualsiasi regime idrico (in particolar modo analizzando l'ultima data dello stress), questa abbia valori più bassi, mentre la *Festuca arundinacea* a tutti e tre i regimi di stress presenta una larghezza maggiore rispetto alle altre specie, anche con regimi idrici elevati, ciò è particolarmente visibile con il grafico. Ma questo è un dato noto e dovuto alle caratteristiche della specie, indipendentemente dalle varietà e dal livello di restituzione idrica.

Per questa ragione si sono quindi studiate anche le variazioni all'interno della stessa specie ai tre diversi regimi idrici; dal grafico sottostante si evince che tutte le specie hanno avuto una diminuzione della larghezza fogliare al diminuire del volume di irrigazione, ciò è

particolarmente visibile nel caso della *Poa pratensis*, la quale ha avuto un decremento maggiore della larghezza fogliare alla mancanza di acqua rispetto alle altre due specie.

Grafico 28 dell'analisi della varianza relativa al confronto tra le specie con il regime di restituzione idrica dello 0%, 33% e 66% dell'ETc e della larghezza fogliare per le specie di *Lolium perenne*, *Poa pratensis* e *Festuca arundinacea* nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.



Larghezza lamina fogliare (mm) = misurazione tramite calibro digitale della larghezza delle lamine fogliari, 10 per ogni parcella.

In questo caso si è voluto approfondire l'argomento e si sono messe a confronto la data iniziale e finale dello stress. Come si evince anche nella data di fine prova, le parcelle di *Festuca arundinacea* hanno mantenuto una larghezza significativamente maggiore rispetto a tutte le altre specie, in particolare in confronto al *Lolium perenne* e *Poa pratensis* del blocco non irriguo; infatti la *Festuca* (0% ETc) alla data finale dello stress presenta larghezze fogliari statisticamente maggiori e diverse rispetto ai blocchi con irrigazioni maggiori. Molto interessante risulta essere anche il dato riguardante la *Poa pratensis* al 0% di irrigazione, infatti questa specie nel corso dello stress idrico ha registrato un ampio decremento della larghezza fogliare, circa il 52% (vedi andamento delle larghezze fogliari), indice che questa specie per rispondere a questo stress abiotico ripiega le foglie verticalmente, in modo maggiore alle altre specie (riduzione del 42% nel caso del *Lolium perenne* 0% ETc), in modo da diminuire la superficie traspirante.

Si riscontra una riduzione della larghezza fogliare anche nella *Festuca arundinacea* non irrigata rispetto alle parcelle irrigate.

Tabella 22. Confronto dei risultati dell'analisi della varianza tra le specie con il regime di restituzione idrica dello 0%, 33% e 66% dell'ETc e della larghezza fogliare per le specie di *Lolium perenne*, *Poa pratensis* e *Festuca arundinacea* alla data di inizio (18/05/2012) e fine (02/07/2012) stress idrico.

Specie	Restituzione e ETc (%)	Larghezza lamina fogliare (mm)	15.05	Specie	Restituzione e ETc (%)	Larghezza lamina fogliare (mm)	02.07
<i>Lolium perenne</i>	33	1,8	****	<i>Poa pratensis</i>	0	1	****
<i>Lolium perenne</i>	0	1,9	****	<i>Lolium perenne</i>	0	1,1	****
<i>Lolium perenne</i>	66	1,9	**** ****	<i>Lolium perenne</i>	66	1,4	****
<i>Poa pratensis</i>	33	2,1	**** ****	<i>Lolium perenne</i>	33	1,4	****
<i>Poa pratensis</i>	0	2,1	**** ****	<i>Poa pratensis</i>	33	1,5	****
<i>Poa pratensis</i>	66	2,3	****	<i>Poa pratensis</i>	66	1,8	****
<i>Festuca arundinacea</i>	33	3	****	<i>Festuca arundinacea</i>	0	2,7	****
<i>Festuca arundinacea</i>	66	3,1	****	<i>Festuca arundinacea</i>	33	3,1	****
<i>Festuca arundinacea</i>	0	3,2	****	<i>Festuca arundinacea</i>	66	3,5	****

Larghezza lamina fogliare (mm) = misurazione tramite calibro digitale della larghezza delle lamine fogliari, 10 per ogni parcella.

**** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

Il grafico (n°29) dell'andamento delle larghezze fogliari fa meglio comprendere la riduzione di superficie fogliare e le differenze tra le specie ai diversi livelli di restituzione idrica, in verde troviamo il gruppo della *Festuca arundinacea*, in rosso del *Lolium perenne* e blu della *Poa pratensis*.

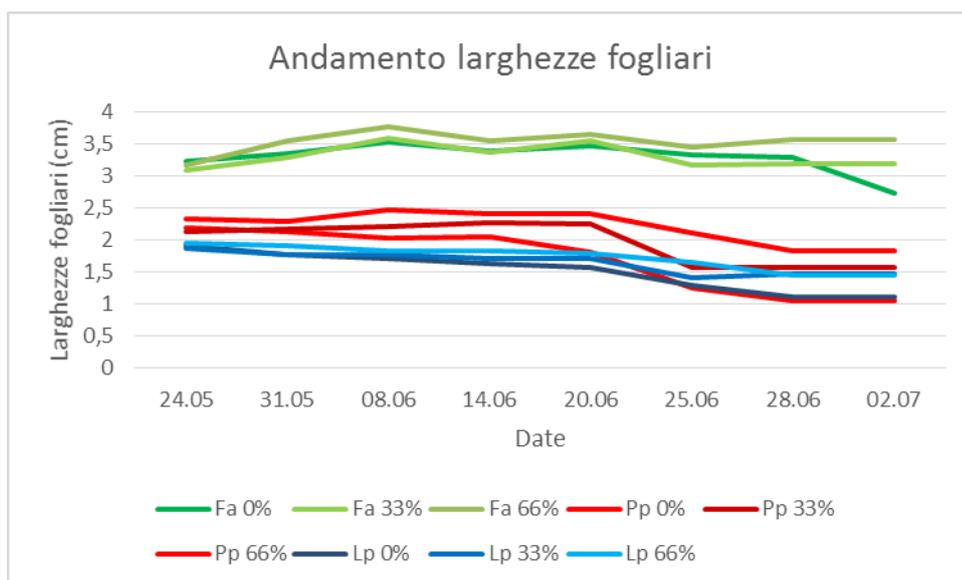


Figura 29. Andamento della larghezza fogliare delle specie *Lolium perenne*, *Poa pratensis* e *Festuca arundinacea* restituzione idrica del 0%, 33% e 66% dell'ETc a confronto durante il periodo compreso fra il 20.04.2012 e 02.07.2012.

4.4 RISULTATI DELL'ANALISI DELLA VARIANZA RELATIVA AI GRUPPI DI SPECIE PER IL BLOCCO 0% ETc.

In questa fase del lavoro si è deciso di analizzare il blocco a restituzione idrica pari a 0%, in quanto, come già detto precedentemente, è stato l'unico blocco che ha mostrato reali segni di stress delle piante; a differenza dei blocchi al 33 e 66, il periodo considerato comprende lo studio e l'interpretazione dei dati riguardanti il primo ciclo di stress, ovvero fra il 18/05 e il 29/06.

Lo studio è stato affrontato per tipo di rilievo fatto, partendo quindi dal VWC (Volumetric Water Content), TQ, DIA, larghezza fogliare e DASS (*Days after start of the stress*).

4.4.1 ANALISI STATISTICA SPECIE X LGC

I dati analizzati dal rilievo LGC hanno dimostrato in maniera molto chiara che vi sono differenze di copertura fra le specie all'interno del blocco non irrigato: la percentuale di densità più bassa risulta essere per il gruppo denominato "Altre", seguita dalla *Poa pratensis*. Non vi è alcuna differenza statistica fra il *Lolium* e i miscugli, mentre la densità più elevata si è riscontrata per *Festuca arundinacea*, capace cioè di mantenere un manto erboso denso e verde brillante per tutto il ciclo studiato.

Tabella 23. Risultati dell'analisi della varianza relativa al confronto tra le specie con il regime di restituzione idrica dello 0% ETc e dell'LGC nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Specie	LGC (%)	
Altre	70,6	*** *
<i>Poa pratensis</i>	79,7	*** *
<i>Lolium perenne</i>	84,7	*** *
Miscugli	85,7	*** *
<i>Festuca arundinacea</i>	92,5	*** *

LGC (Living ground cover) = ottenuto grazie ad un software in grado di identificare le diverse tonalità di colore rilevate in una foto e di determinare (in base al numero di pixel) la percentuale di copertura del manto erboso nell'intera foto.

**** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

Se si analizza la variazione statistica alla data iniziale e finale dello stress, si può notare che il gruppo “Altre” è rimasto per tutto il periodo della prova il meno performante (perdita del 41% di copertura tra la data di inizio e la data di fine prova), mentre un dato molto significativo è come la *Festuca arundinacea* abbia, durante tutto il periodo di prova (in termini assoluti), ridotto del solo 6% la propria copertura; mentre il *Lolium perenne*, la *Poa pratensis* e i miscugli hanno avuto una riduzione rispettiva del 31, 42 e 29%.

Tabella 24. Confronto dei risultati dell’analisi della varianza tra le specie con il regime di restituzione idrica dello 0% ETc e dell’LGC alla data di inizio (18/05/2012) e fine (02/07/2012) stress idrico.

Specie	LGC (%)	18.05.2012	Specie	LGC (%)	02.07.2012
Altre	87,6	****	Altre	51,9	****
<i>Festuca arundinacea</i>	89,3	****	<i>Poa pratensis</i>	52,2	****
<i>Poa pratensis</i>	92,8	****	<i>Lolium perenne</i>	64,8	****
Miscugli	92,9	****	Miscugli	65,7	****
<i>Lolium perenne</i>	94,3	****	<i>Festuca arundinacea</i>	85,9	****

LGC (Living ground cover) = ottenuto grazie ad un software in grado di identificare le diverse tonalità di colore rilevate in una foto e di determinare (in base al numero di pixel) la percentuale di copertura del manto erboso nell'intera foto.

**** = dove gli asterischi si sovrappongono nell’ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

Lo stesso dato è meglio comprensibile osservando il grafico sottostante:

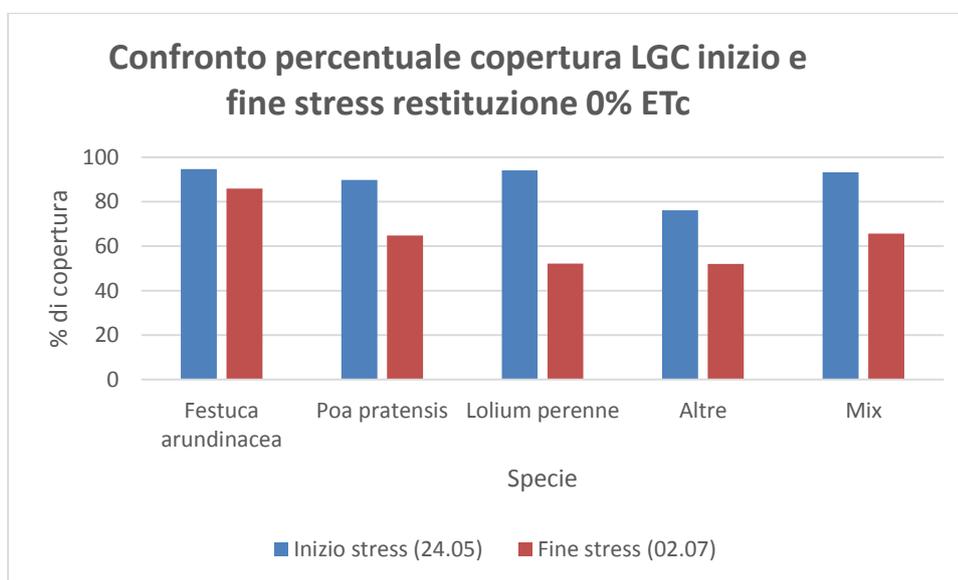


Figura 30. Percentuale di copertura (LGC) a confronto delle specie *Festuca arundinacea*, *Poa pratensis*, *Lolium perenne*, Altre e Miscugli all’inizio della prova (24.05.2012) e a fine della prova (02.07.2015) nel blocco con restituzione idrica del 0% dell’ETc.

4.5 CONFRONTO TRA LE VARIETA'

Il lavoro ora si concentra nel commentare i dati relativi alle varietà.

4.5.1 CONFRONTO VARIETALE DELLE SPECIE "ALTRE" X LGC

Entrando nello specifico di ogni specie, nel gruppo "Altre" è molto evidente come le piante abbiano risentito molto della mancanza di acqua: in particolare le due varietà di *Festuca ovina*, soprattutto la varietà *Barpresa* durante la prova la media non ha superato il 60% di copertura; la *Deschampsia caespitosa* ha invece mantenuto una media copertura durante la prova molto buona, superando l'80%.

Tabella 25. Risultati dell'analisi della varianza relativa al confronto tra le specie "Altre" con il regime di restituzione idrica dello 0% ETc e dell'LGC nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Varietà "Altre"	LGC (%)	
<i>Festuca ovina</i> Barpresa	60,5	****
<i>Festuca ovina</i> Hardtop	69,4	****
<i>Deschampsia caespitosa</i> Barxera	81,8	****

LGC (Living ground cover) = ottenuto grazie ad un software in grado di identificare le diverse tonalità di colore rilevate in una foto e di determinare (in base al numero di pixel) la percentuale di copertura del manto erboso nell'intera foto.

**** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

Nel grafico 31 viene mostrato l'andamento della copertura delle varietà durante il primo periodo di stress; la massima densità di copertura viene raggiunta nel periodo compreso fra fine Maggio ed inizio di Giugno, mentre già a partire dalla seconda decade di Giugno tutte le varietà a confronto iniziano un costante decremento della percentuale di copertura, fino a raggiungere poco più del 40% alla data di fine stress.

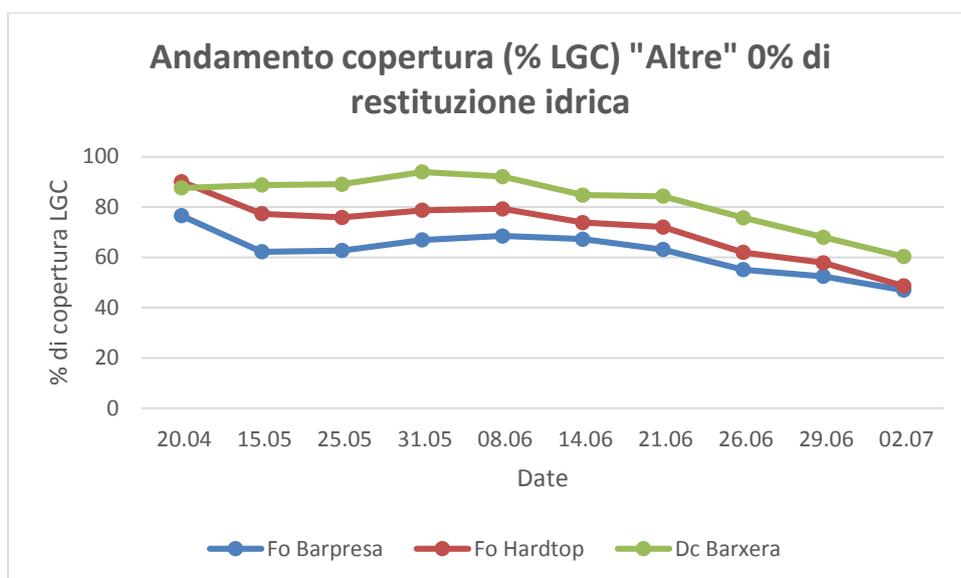


Figura 31. Andamento della percentuale di copertura (LGC) delle varietà di *Festuca ovina* e *Deschampsia cespitosa* nel blocco con restituzione idrica del 0% dell'ETc durante il periodo compreso fra il 20.04.2012 e 02.07.2012.

4.5.2 CONFRONTO VARIETALE LOLIUM PERENNE X LGC

Per quanto riguarda il gruppo dei *Lolium perenne* con restituzione idrica pari a 0% ETC, come possiamo vedere sia dalla tabella che dal grafico degli andamenti, non vi sono sostanziali differenze tra le varietà nella media della periodo di prova, tutte superano l'80% di copertura, raggiungendo quasi l'89% di copertura nel caso di *Lolium perenne* Barclay II. La differenza di copertura durante l'intero periodo di stress idrico tra la varietà con il più alto tasso di copertura (Barclay II) e il più basso (Sublime) è di quasi il 9%.

Tabella 26. Risultati dell'analisi della varianza relativa al confronto tra le varietà di *Lolium perenne* con il regime di restituzione idrica dello 0% ETC e dell'LGC nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Varietà <i>Lolium perenne</i>	LGC (%)	
Sublime	81	****
Anouk	81,4	****
Barclaudia	81,5	****
ER 2703	82,8	**** ****
Barlennium	83,9	**** ****
Bardorado	85,8	**** ****
Adeline	85,9	**** ****
Barblack	86,5	**** ****
Romance	86,7	**** ****
8 RA 236	87	**** ****
Barclay II	88,7	****

LGC (Living ground cover) = ottenuto grazie ad un software in grado di identificare le diverse tonalità di colore rilevate in una foto e di determinare (in base al numero di pixel) la percentuale di copertura del manto erboso nell'intera foto.

**** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

Nel grafico 32, per motivi di visualizzazione, si sono inserite solamente tre varietà rappresentative di *Lolium perenne* (la migliore, la media e la peggiore), *Barclay II*, *Bardorado* e *Sublime*; come si può vedere gli andamenti sono simili fino alla seconda decade di Giugno, mentre a partire da questo periodo fino alla fine dello stress idrico si possono notare grandi differenze fra la cultivar *Barclay II* e *Sublime*.

La perdita di copertura di *Barclay II* tra l'inizio e la fine del periodo di stress idrico è del 16%, mentre quello di *Sublime* del 30%. La differenza tra le due varietà, alla data finale, risulta essere del 22%.

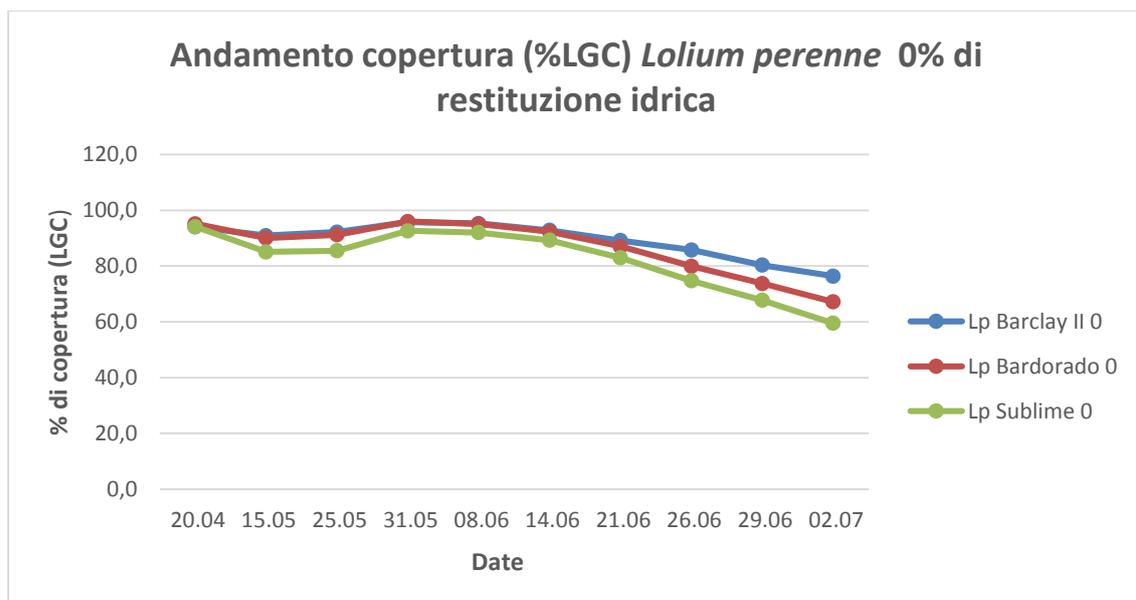


Figura 32. Andamento della percentuale di copertura (LGC) delle varietà di *Lolium perenne* *Barclay II*, *Bardorado* e *Sublime* e nel blocco con restituzione idrica del 0% dell'ETc durante il periodo compreso fra il 20.04.2012 e 02.07.2012.

Lo studio della qualità del tappeto erboso per il gruppo *Lolium perenne* (nella media della prova) ha rilevato che nessuna delle varietà ha raggiunto un punteggio pari a 6, la varietà con la *performance* più bassa risulta essere *Anouk* (4,5), mentre le varietà con i punteggi più alti sono state *Barclay II* e *Romance* (5,8 e 5,9 rispettivamente); ovvero presentano una qualità del manto erboso più elevata di quasi il 24% rispetto ad *Anouk* alle medesime condizioni ambientali.

Tabella 27. Risultati dell'analisi della varianza relativa al confronto tra le varietà di *Lolium perenne* con il regime di restituzione idrica dello 0% ETc e del TQ nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Varietà <i>Lolium perenne</i>	TQ (1-9)	
Anouk	4,5	****
Barlennium	4,6	**** ****
Sublime	4,7	**** ****
Barclaudia	4,8	**** **** ****
Barblack	4,8	**** **** ****
Adeline	5,1	**** **** ****
Bardorado	5,2	**** ****
8 RA 236	5,4	**** ****
ER 2703	5,4	**** ****
Barclay II	5,8	****
Romance	5,9	****

TQ (Turf Quality) = Valutazione visiva della qualità del manto erboso in una scala da 1 a 9, dove 1 è un tappeto erboso completamente morto con foglie marroni/gialle e lamine fogliari chiuse; mentre 9 è un tappeto erboso in condizioni estetiche ottimali con foglie di color verde brillante e lamina fogliare completamente aperta. ** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.**

Se si analizza la varianza statistica della data iniziale e finale dello stress, possiamo vedere che alla data iniziale non vi sono particolari differenze statistiche fra le varietà, mentre alla data finale il punteggio delle due varietà peggiori (*Anouk* 2,3 e *Sublime* 2,5) è circa la metà (49%) rispetto alle due varietà migliori (*Romance* ed *ER 2703* entrambe con un punteggio di 4,5). Altro dato interessante è la perdita percentuale di qualità della medesima varietà alle due date di confronto; *Anouk* e *Sublime* (le varietà che alla data finale presentano il più basso valore di TQ) hanno avuto una diminuzione di circa il 69%; mentre *ER2703* e *Romance* che alla data finale risultano essere le varietà con il punteggio più alto di TQ, hanno avuto una riduzione di qualità del 25%.

Tabella 28. Confronto dei risultati dell'analisi della varianza tra le varietà di *Lolium perenne* con il regime di restituzione idrica dello 0% ETC e del TQ alla data di inizio (15/05/2012) e fine (02/07/2012) stress idrico.

Varietà <i>Lolium perenne</i>	TQ (1-9)	15/05	Varietà <i>Lolium perenne</i>	TQ (1-9)	02/07
ER 2703	6,0	****	Anouk	2,3	****
Barblack	6,0	****	Sublime	2,5	****
Sublime	6,0	****	Barblack	2,8	**** ****
Barclay II	6,3	****	Barclaudia	2,8	**** ****
Romance	6,5	**** ****	Barlennium	2,8	**** ****
Bardorado	6,5	**** ****	Adeline	3,0	**** **** ****
Adeline	6,5	**** ****	8 RA 236	3,5	**** **** ****
Anouk	6,8	**** ****	Bardorado	3,8	**** **** ****
Barclaudia	6,8	**** ****	Barclay II	4,3	**** ****
8 RA 236	7,3	****	Romance	4,5	****
Barlennium	7,3	****	ER 2703	4,5	****

TQ (Turf Quality) = Valutazione visiva della qualità del manto erboso in una scala da 1 a 9, dove 1 è un tappeto erboso completamente morto con foglie marroni/gialle e lamine fogliari chiuse; mentre 9 è un tappeto erboso in condizioni estetiche ottimali con foglie di color verde brillante e lamina fogliare completamente aperta. ** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.**

Nel grafico 33, per motivi di visualizzazione si sono inserite solamente tre varietà rappresentative, *Barclaudia*, *Bardorado* e *Romance*; come possiamo vedere gli andamenti sono omogenei fra le varietà, a partire dalla fine di Giugno tutte e tre le varietà abbiano un importante decremento della qualità, seppur con punteggi significativamente diversi, infatti *Lp Romance* ha un punteggio di qualità doppio rispetto a *Lp Bardorado*.

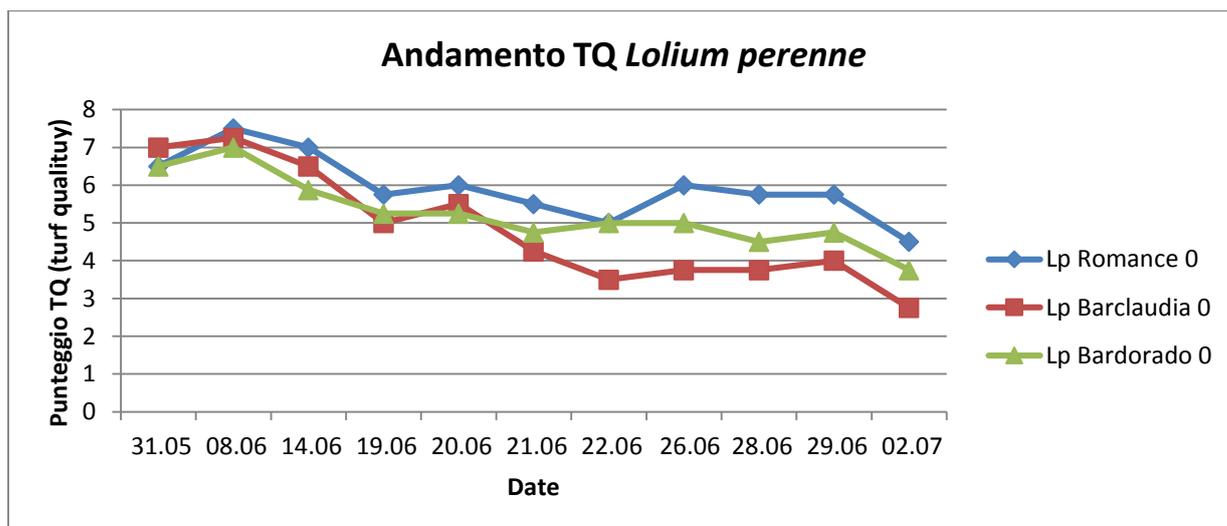


Figura 33. Andamento dei punteggi del TQ (*Turf Quality*) delle varietà di *Lolium perenne* *Romance*, *Barclaudia* e *Bardorado* nel blocco con restituzione idrica del 0% dell'ETC nel periodo compreso fra il 31.05.2012 al 02.07.2012.

Nella figura 34 vengono presentati i dati relativi al TQ alla data di inizio e fine stress idrico in modo da rendere più chiara la perdita di qualità estetica durante lo stress abiotico di tutte le varietà di *Lolium perenne*. Grazie a questo grafico è possibile capire che sebbene la varietà ER2703 ad inizio prova fosse qualitativamente la meno performante essa risulta invece avere il TQ più alto (insieme a Romance) alla fine prova con un decremento del 25%, mentre risulta molto più elevata la perdita di qualità delle parcelle di Anouk, circa il 66%.

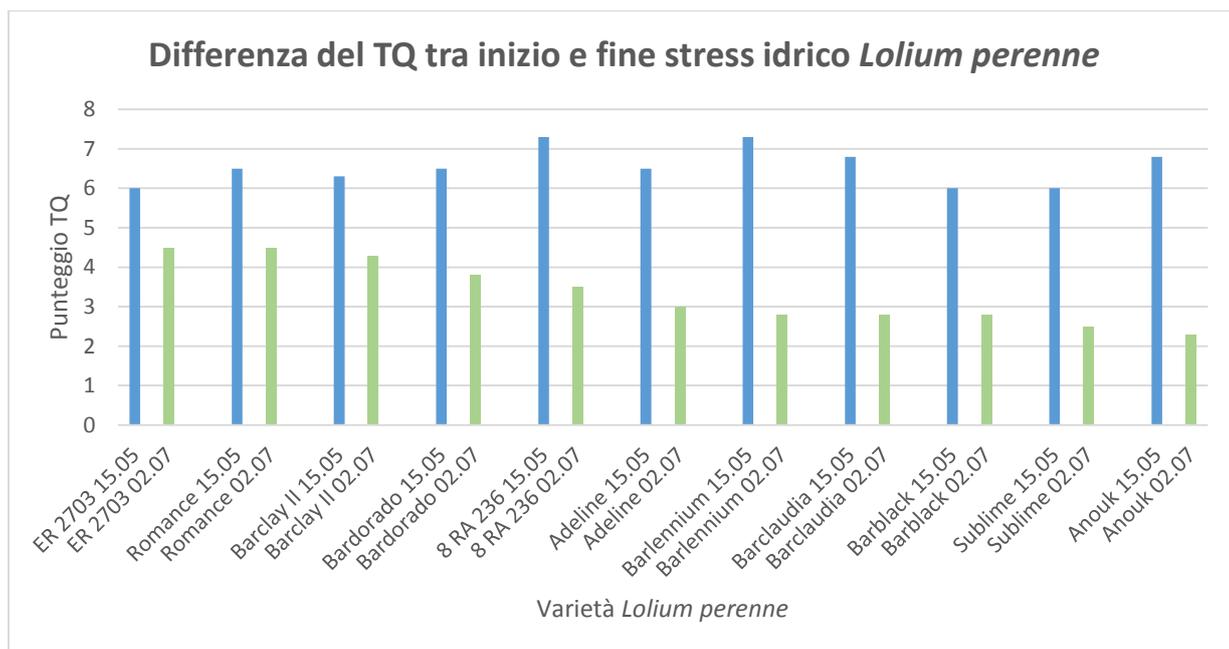


Figura 34. Mostra la differenza nei punteggi del TQ (Turf Quality) delle varietà di *Lolium perenne* tra la data di inizio (15.05.2012) in blu e fine (02.07.2012) in verde del periodo di stress idrico.

4.5.3 CONFRONTO VARIETALE POA PRATENSIS X TQ E LGC

Per quanto riguarda i dati di copertura delle varietà di *Poa pratensis*, esse hanno dimostrato di avere sempre (nella media della prova) un grado copertura maggiore del 70%, arrivando quasi al 90% con la varietà *Impact*. Risultano esserci differenze statisticamente significative tra la varietà “peggiore” (*Barduke*) e la “migliore” (*Impact*), *Impact* risulta avere una copertura maggiore del 17% rispetto a *Barduke*; mentre tra le altre varietà non vi sono marcate differenze statistiche.

Tabella 29. Risultati dell’analisi della varianza relativa al confronto tra le varietà di *Poa pratensis* con il regime di restituzione idrica dello 0% ETC e dell’LGC nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Varietà <i>Poa pratensis</i>	LGC (%)	
Barduke	73,7	****
Barimpala	75,6	**** ****
8Pp504	76,9	**** ****
10Pp703	77,7	**** ****
Barhelene	82,4	**** ****
Bariris	82,8	**** ****
Impact	88,6	****

LGC (Living ground cover) = ottenuto grazie ad un software in grado di identificare le diverse tonalità di colore rilevate in una foto e di determinare (in base al numero di pixel) la percentuale di copertura del manto erboso nell'intera foto.

**** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

Nel grafico dell'andamento della copertura (%LGC) (n°35), per motivi di visualizzazione, si sono inserite solamente tre varietà rappresentative di *Poa pratensis* (la migliore, la media e la peggiore), *Barduke*, *10Pp703* e *Impact*. Per quanto riguarda l'andamento della LGC come possiamo vedere gli andamenti sono molto simili fra le varietà *Barduke* e *10Pp703*, mentre *Impact*, soprattutto nella fase di maggiore stress idrico, presenta una copertura molto maggiore rispetto alle altre due varietà; similare risulta essere anche l'andamento del TQ, ove la varietà *Impact* risulta essere la migliore.

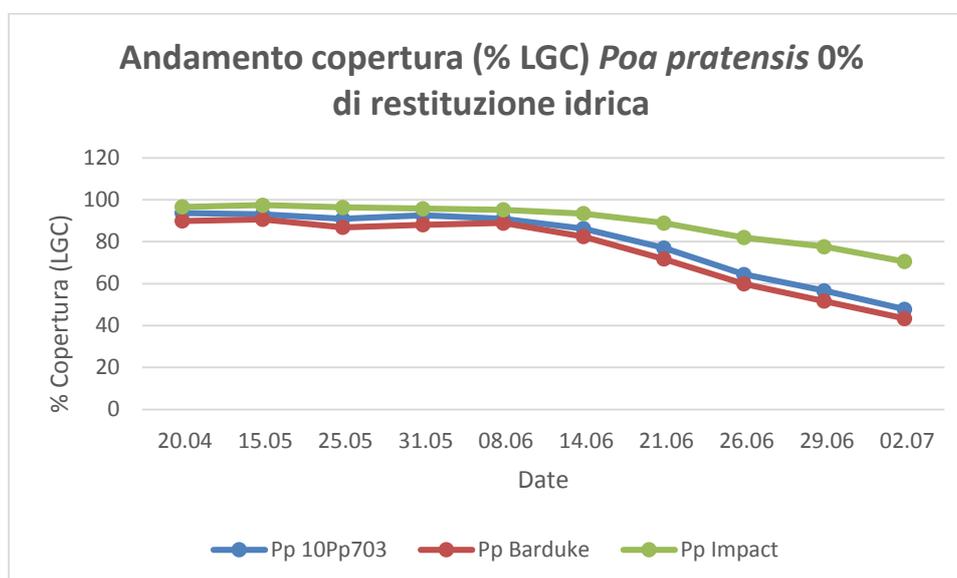


Figura 35. Andamento della percentuale di copertura (LGC) delle varietà di *Poa pratensis* 10Pp703, *Barduke* e *Impact* nel blocco con restituzione idrica del 0% dell'ETc durante il periodo compreso fra il 20.04.2012 e 02.07.2012.

Anche per quanto riguarda la TQ, nella media di tutta la prova, i risultati sono simili all'LGC, ovvero la varietà migliore risulta essere *Impact* e la peggiore *Barduke*.

Tabella 30. Risultati dell'analisi della varianza relativa al confronto tra le varietà di *Poa pratensis* con il regime di restituzione idrica dello 0% ETC e del TQ nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Varietà <i>Poa pratensis</i>	TQ (1-9)	
Barduke	4,2	****
Barimpala	4,5	**** ****
8Pp504	4,6	**** **** ****
10Pp703	4,7	**** **** **** ****
Bariris	5,3	**** **** ****
Barhelene	5,4	**** ****
Impact	5,5	****

TQ (Turf Quality) = Valutazione visiva della qualità del manto erboso in una scala da 1 a 9, dove 1 è un tappeto erboso completamente morto con foglie marroni/gialle e lamine fogliari chiuse; mentre 9 è un tappeto erboso in condizioni estetiche ottimali con foglie di color verde brillante e lamina fogliare completamente aperta. ** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.**

Si è studiato anche il TQ alla data di inizio e fine stress; alla data di inizio non vi è alcuna differenza significativa fra tutte le varietà studiate, mentre alla data finale risultano essere quattro le varietà "peggiori" dal punto di vista estetico, ovvero 8Pp504, Barduke, Barimpala e 10Pp703 (2,3), e una la "migliore" l'Impact (3,8). Al di là delle differenze viste, i punteggi indicano che nessuna varietà di *Poa pratensis* ha però mantenuto una qualità accettabile in fase di stress idrico. Alla data finale la differenza di qualità estetica fra le varietà Impact e 8Pp504 è di circa il 38%.

Altro dato interessante è la differenza di perdita della qualità estetica delle due varietà appena citate, alla data iniziale e finale dello stress idrico: 8Pp504 ha perso circa il 68%, mentre Impact circa il 52%.

Tabella 31. Confronto dei risultati dell'analisi della varianza tra le varietà di *Poa pratensis* con il regime di restituzione idrica dello 0% ETC e del TQ alla data di inizio (15/05/2012) e fine (02/07/2012) stress idrico.

Varietà <i>Poa pratensis</i>	TQ (1-9)	15/05	Varietà <i>Poa pratensis</i>	TQ (1-9)	02/07
Barduke	7,0	****	8Pp504	2,3	****
8Pp504	7,3	****	Barduke	2,3	****
Barhelene	7,3	****	Barimpala	2,3	****
10Pp703	7,3	****	10Pp703	2,3	****
Bariris	7,5	****	Bariris	2,8	**** ****
Barimpala	7,5	****	Barhelene	3,3	**** ****
Impact	8,0	****	Impact	3,8	****

TQ (Turf Quality) = Valutazione visiva della qualità del manto erboso in una scala da 1 a 9, dove 1 è un tappeto erboso completamente morto con foglie marroni/gialle e lamine fogliari chiuse; mentre

9 è un tappeto erboso in condizioni estetiche ottimali con foglie di color verde brillante e lamina fogliare completamente aperta. **** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

Nella figura 36 viene presentato l'andamento della TQ, per motivi di visualizzazione, si sono inserite solamente tre varietà rappresentative (la migliore, la media e la peggiore), Barduke, 10Pp703 e Impact. Per quanto riguarda l'andamento della qualità estetica del manto, gli andamenti sono molto simili fra le tre varietà, ma Impact, soprattutto nella fase di maggiore stress idrico, presenta una qualità estetica maggiore rispetto alle altre due varietà, anche se non sufficiente.

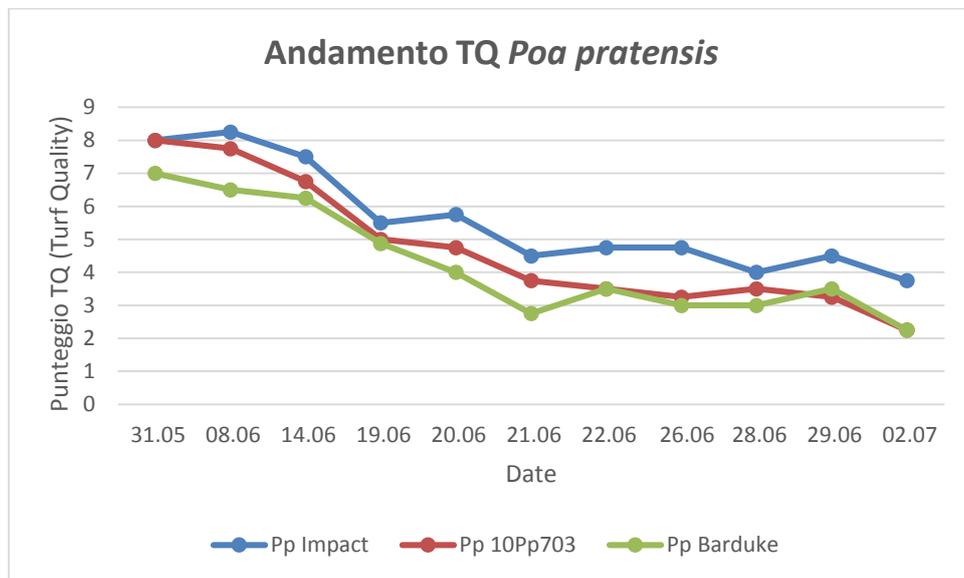


Figura 36. Andamento dei punteggi del TQ (*Turf Quality*) delle varietà di *Poa pratensis* Impact, 10Pp703 e Barduke nel blocco con restituzione idrica del 0% dell'ETc nel periodo compreso fra il 31.05.2012 al 02.07.2012.

Nel grafico 37 vengono presentati i dati relativi al TQ alla data di inizio e fine stress idrico in modo da rendere più chiara la perdita di qualità estetica durante lo stress abiotico di tutte le varietà di *Poa pratensis*. La varietà 8Pp504 è quella che ha avuto un decremento maggiore della qualità del manto -71%, mentre Impact risulta essere quella che ha maggiormente mantenuto la qualità estetica grazie ad una differenza del TQ, tra inizio e fine della prova, del 52%

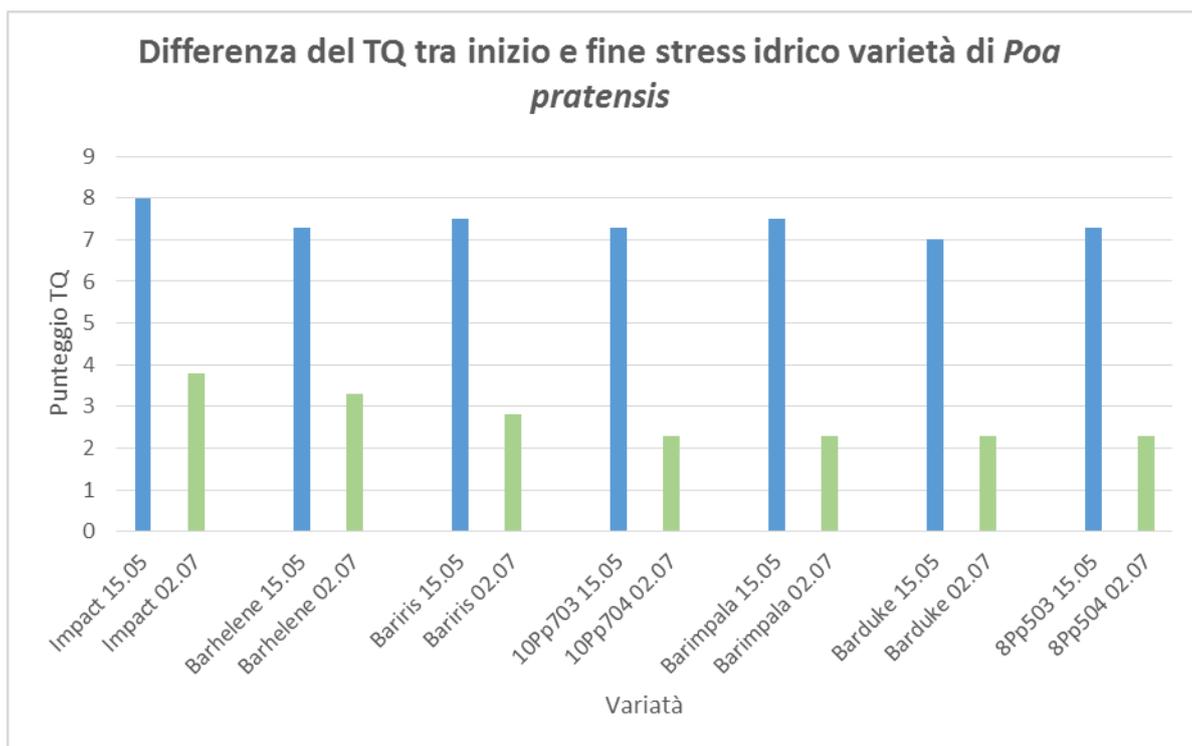


Figura 37 mostra la differenza nei punteggi del TQ (*Turf Quality*) delle varietà di *Poa pratensis* tra la data di inizio (15.05.2012) in blu e fine (02.07.2012) in verde del periodo di stress idrico.

4.5.4 CONFRONTO VARIETALE DI FESTUCA ARUNDINACEA X TQ E LGC

Festuca arundinacea è risultata essere la specie con i migliori risultati, sia in termini di copertura che di qualità del tappeto erboso. Le maggiori differenze statistiche si sono avute solamente fra la varietà “peggiore” (Barleduc), la quale ha mantenuto comunque una copertura superiore al 90%, e la varietà “migliore” (Palladio) con una percentuale di copertura media superiore al 94% (differenziandosi solamente per il 3% circa); le restanti varietà non hanno mostrato differenze statistiche.

Tabella 32. Risultati dell’analisi della varianza relativa al confronto tra le varietà di *Festuca arundinacea* con il regime di restituzione idrica dello 0% ETc e dell’LGC nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Varietà <i>Festuca arundinacea</i>	LGC (%)	
Barleduc	91,1	****
Bardavinci	91,5	**** ****
Barcesar	91,7	**** ****
Starlet	92,1	**** **** ****
Barleroy	92,8	**** **** ****
Barlexas II	93,1	**** **** ****
9FEMAS	93,7	**** ****
Palladio	94,1	****

LGC (Living ground cover) = ottenuto grazie ad un software in grado di identificare le diverse tonalità di colore rilevate in una foto e di determinare (in base al numero di pixel) la percentuale di copertura del manto erboso nell'intera foto.

**** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

Nel grafico 38 si riporta l'andamento della copertura di sole tre varietà testate: la migliore, una media e la peggiore (Palladio, Starlet e Barleduc). Si può notare che l'andamento risulta essere omogeneo per gran parte della prova, anche se a partire da fine Giugno la varietà Barleduc mostra un decremento di copertura maggiore rispetto alle altre due varietà.

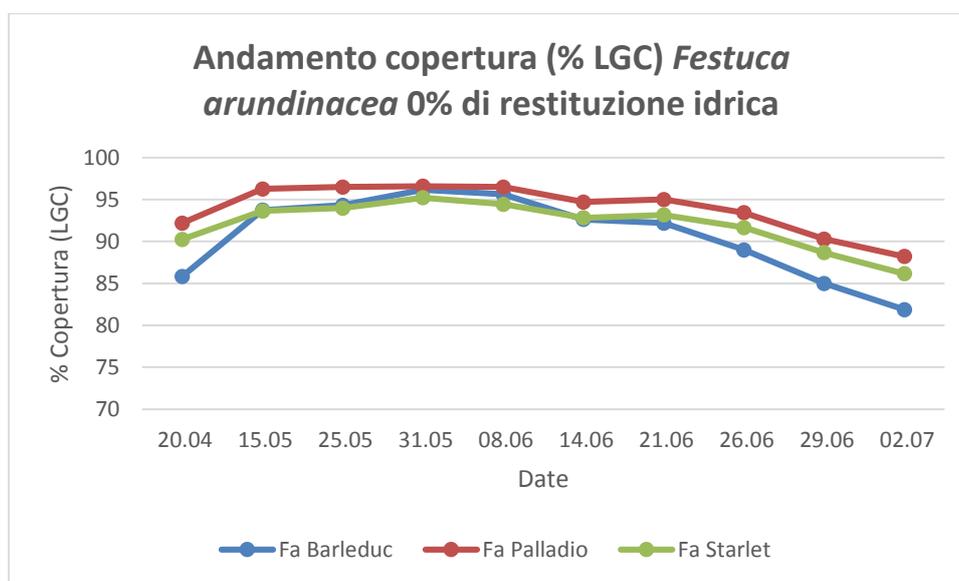


Figura 38. Andamento della percentuale di copertura (LGC) delle varietà di *Festuca arundinacea* Barleduc, Palladio e Starlet nel blocco con restituzione idrica del 0% dell'ETc durante il periodo compreso fra il 20.04.2012 e 02.07.2012.

L'analisi statistica del TQ, nella media del periodo studiato, non viene riportata in quanto tutte le varietà di *Festuca arundinacea* non sono mai entrate in stress durante la prova, e quindi non vi è differenza statistica.

Vengono invece riportate, sebbene non vi siano differenze statistiche fra le varietà, la data di inizio e di fine prova. La varietà con il più basso punteggio a fine prova (Barleduc, 5,3) risulta aver avuto una diminuzione della qualità del 29%; mentre la varietà con il punteggio più alto a fine test (Barleroy, 6,3) ha avuto una riduzione della qualità estetica di circa il 12%; infine la differenza, alla data finale, tra queste due varietà è del 16% circa.

Tabella 33. Confronto dei risultati dell'analisi della varianza tra le varietà di *Festuca arundinacea* con il regime di restituzione idrica dello 0% ETc e del TQ alla data di inizio (15/05/2012) e fine (02/07/2012) stress idrico.

Varietà <i>Festuca arundinacea</i>	TQ (1-9)	15.05	Varietà <i>Festuca arundinacea</i>	TQ (1-9)	02.07
Barleroy	7,2	****	Barleduc	5,3	****
Barleduc	7,5	****	Bardavinci	5,5	****
Bardavinci	7,8	****	Barcesar	5,5	****
Barcesar	7,8	****	Starlet	5,8	****
Barlexas II	7,8	****	Palladio	5,8	****
Starlet	7,8	****	9FEMAS	6,0	****
9FEMAS	7,8	****	Barlexas II	6,3	****
Palladio	8,0	****	Barleroy	6,3	****

TQ (Turf Quality) = Valutazione visiva della qualità del manto erboso in una scala da 1 a 9, dove 1 è un tappeto erboso completamente morto con foglie marroni/gialle e lamine fogliari chiuse; mentre 9 è un tappeto erboso in condizioni estetiche ottimali con foglie di color verde brillante e lamina fogliare completamente aperta. **** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

Sebbene non ci siano differenze statistiche fra le varietà tra la data di inizio e di fine stress idrico, risulta interessante studiare la perdita di qualità estetica del tappeto erboso durante questo periodo, la varietà che ha avuto la maggior perdita di qualità è stata Barleduc (-29,3%), mentre la varietà che ha dimostrato di perdere meno qualità estetica è Barleroy (-14%).

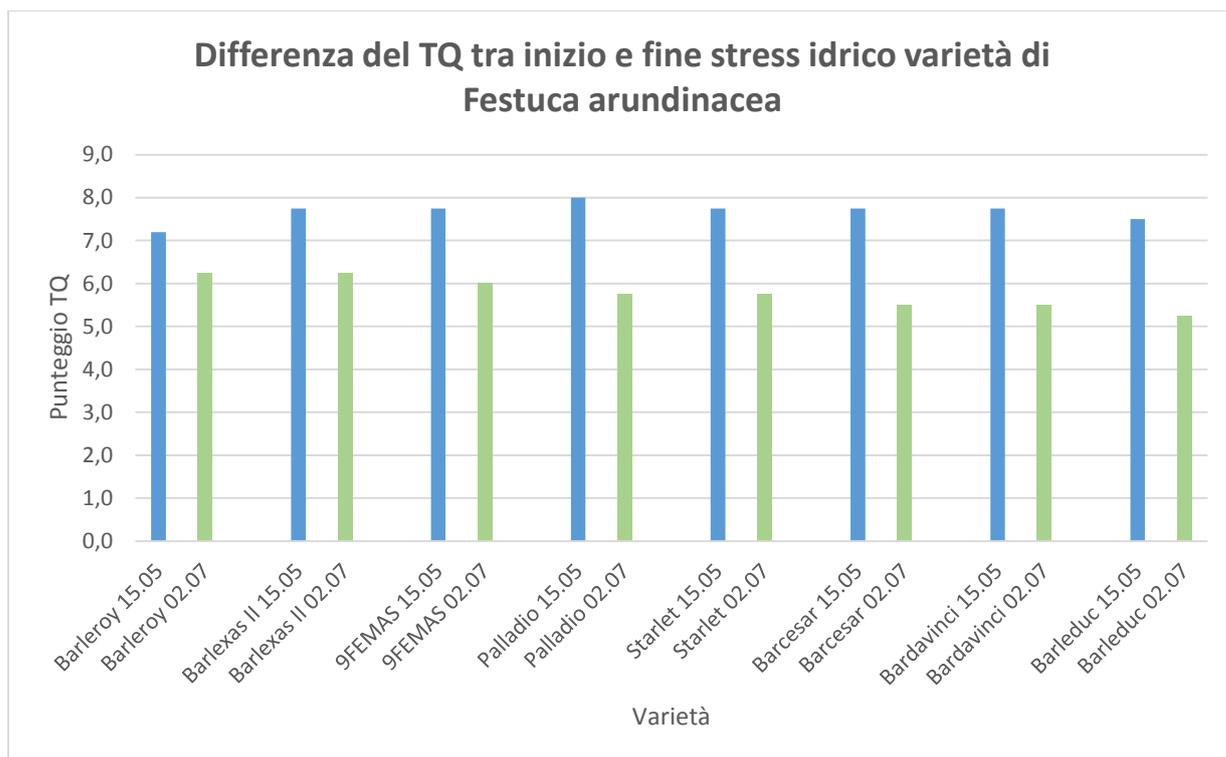


Figura 39. Mostra la differenza nei punteggi del TQ (*Turf Quality*) delle varietà di *Festuca arundinacea* tra la data di inizio (15.05.2012) in blu e fine (02.07.2012) in verde del periodo di stress idrico.

Per quanto riguarda l'andamento del TQ delle tre varietà già analizzate, possiamo vedere che questo è omogeneo (come nel caso dell'LGC), anche se Barleduc ha presentato decrementi della qualità estetica prima delle altre varietà.

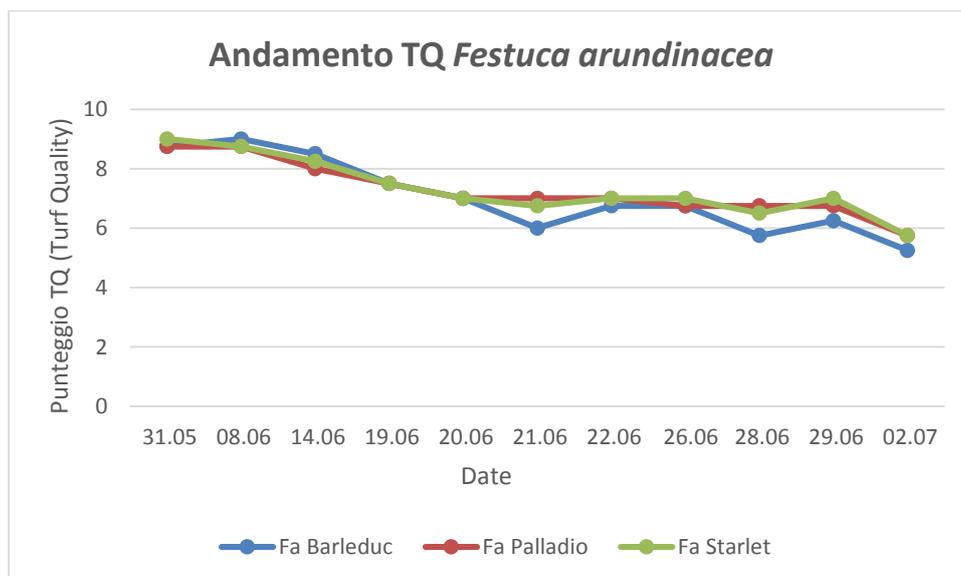


Figura 40. Andamento dei punteggi del TQ (*Turf Quality*) delle varietà di *Festuca arundinacea* Barleduc, Palladio e Starlet nel blocco con restituzione idrica del 0% dell'ETc nel periodo compreso fra il 31.05.2012 al 02.07.2012.

4.5.5 CONFRONTO VARIETALE DEI MISCUGLI X TQ E LGC

Per quanto riguarda i miscugli l'unico ad avere un'elevata vulnerabilità allo stress idrico è il mix composto da *Festuca ovina*, *Festuca rubra commutata* e *Deschampsia caespitosa* (Hardtop-Barswing-Barcampsia); esso si è dimostrato significativamente diverso dagli altri miscugli, con una percentuale media durante tutta la prova di superficie coperta dal cotico erboso non superiore al 75%. Per gli altri miscugli si è notato una differenza fra quelli costituiti dalle varietà di *Lolium perenne* e *Poa pratensis*, i quali presentano una minor copertura, inferiore all'84%, ed i miscugli costituiti dalle varietà di *Poa pratensis* e *Festuca arundinacea*, che hanno raggiunto una copertura fino al 91%. Tra i mix, all'interno di questi due gruppi, non vi è differenza statistica significativa.

Risulta interessante notare la differenza della copertura all'interno delle stesse famiglie di miscugli: nel caso del *Lolium-Poa* la differenza tra il miscuglio con il più alto tasso di copertura (Barblack-8Pp504) e il più basso (Barclaudia –Barimpala) è di circa il 6%; mentre la differenza dei miscugli costituiti dalle varietà di *Festuca-Poa* la differenza fra il più alto (Palladio-Barimpala) e il più basso (Barleroy-8pp504) è di circa il 4%.

Tabella 34. Risultati dell'analisi della varianza relativa al confronto i Miscugli con il regime di restituzione idrica dello 0% ETc e dell'LGC nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Miscugli	LGC (%)	
Hardtop-Barswing-Barcampsia	75	****
Barclaudia-Barimpala	78,6	**** ****
Barclaudia-8Pp504	82,2	**** ****
Barblack-Barhelene	83,4	**** ****
Barblack-Barimpala	83,4	**** ****
Barclaudia-Barhelene	83,8	**** ****
Barblack-8Pp504	83,9	**** ****
Barleroy-8Pp504	88,2	**** ****
Barleroy-Barhelene	90	****
Palladio-8Pp504	90,5	****
Palladio-Barhelene	91,2	****
Barleroy-Barimpala	91,8	****
Palladio-Barimpala	91,9	****

LGC (Living ground cover) = ottenuto grazie ad un software in grado di identificare le diverse tonalità di colore rilevate in una foto e di determinare (in base al numero di pixel) la percentuale di copertura del manto erboso nell'intera foto.

**** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

Nel grafico dell'andamento della copertura (n°41), per motivi di visualizzazione sono stati riportati solamente tre miscugli, ovvero quello costituito da *Festuca ovina*, *Festuca rubra commutata* e *Deschampsia caespitosa*, il migliore del gruppo *Lolium perenne-Poa pratensis* e il migliore del gruppo *Poa pratensis-Festuca arundinacea*; come si può vedere fino a fine Giugno la copertura di questi tre miscugli è molto simile ed omogenea, successivamente invece si vede come il miscuglio delle festuche fini ha avuto un decremento molto veloce della copertura; mentre tutti i miscugli costituito da *Poa pratensis* e *Festuca arundinacea* hanno mantenuto una percentuale di copertura molto elevata, superiore all'88% anche a fine stress idrico con modeste differenze tra i miscugli.

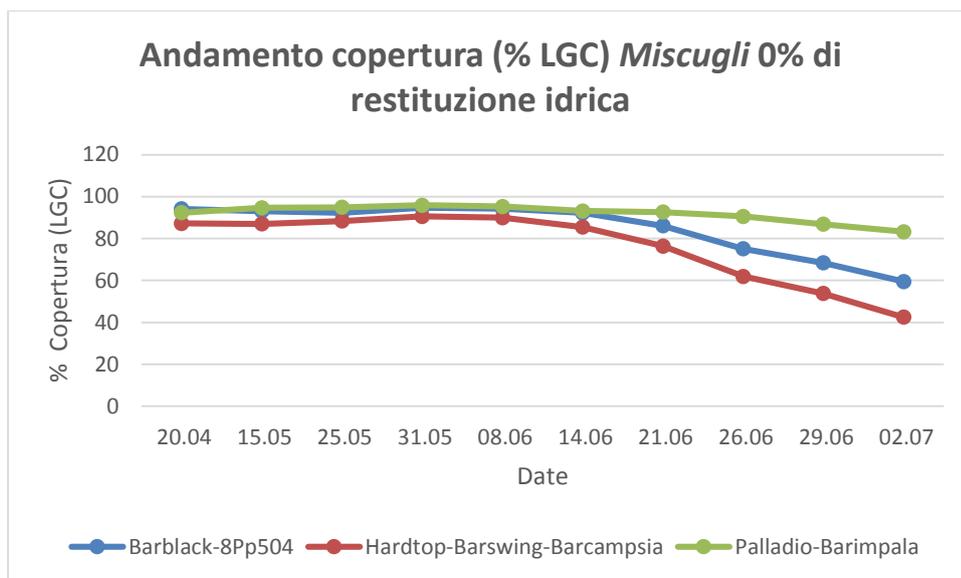


Figura 41. Andamento della percentuale di copertura (LGC) dei miscugli *Barblack-8Pp504* (Lp-Pp), *Hardtop-Barswing-Barcampsia* (Fo-Frc-Dc) e *Palladio-Barimpala* (Fa-Pp) nel blocco con restituzione idrica del 0% dell'ETC durante il periodo compreso fra il 20.04.2012 e 02.07.2012.

L'analisi statistica del TQ non risulta essere molto differente da quella dell'LGC, infatti il miscuglio con la più bassa percentuale di copertura rimane quello composto dalle festuche fini e dalla *Deschampsia*, seguito dai miscugli della varietà di *Lolium perenne* – *Poa pratensis* ed in ultima i miscugli di *Festuca arundinacea* e *Poa pratensis*.

Studiando la differenza fra le varietà all'interno della stessa famiglia di miscugli, si vede che la differenza tra il punteggio più alto e basso di TQ tra il gruppo *Lolium-Poa* (Barblack-8Pp504 e Barclaudia-Barimpala) è del 10% circa, mentre solamente del 4% tra Barleroy-Barimpala e Barleroy-Barhelene (*Festuca-Poa*).

Tabella 35. Risultati dell'analisi della varianza relativa al confronto i Miscugli con il regime di restituzione idrica dello 0% ETc e del TQ nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Miscugli	TQ (1-9)	
Hardtop-Barswing-Barcampisia	4,2	****
Barclaudia-Barimpala	4,5	**** ****
Barblack-Barimpala	4,7	**** ****
Barclaudia-8Pp504	4,7	**** ****
Barblack-Barhelene	4,8	**** ****
Barclaudia-Barhelene	5	****
Barblack-8Pp504	5	****
Barleroy-Barhelene	6,5	****
Barleroy-8Pp504	6,6	****
Palladio-Barimpala	6,7	****
Palladio-Barhelene	6,8	****
Palladio-8Pp504	6,8	****
Barleroy-Barimpala	6,8	****

TQ (Turf Quality) = Valutazione visiva della qualità del manto erboso in una scala da 1 a 9, dove 1 è un tappeto erboso completamente morto con foglie marroni/gialle e lamine fogliari chiuse; mentre 9 è un tappeto erboso in condizioni estetiche ottimali con foglie di color verde brillante e lamina fogliare completamente aperta. **** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

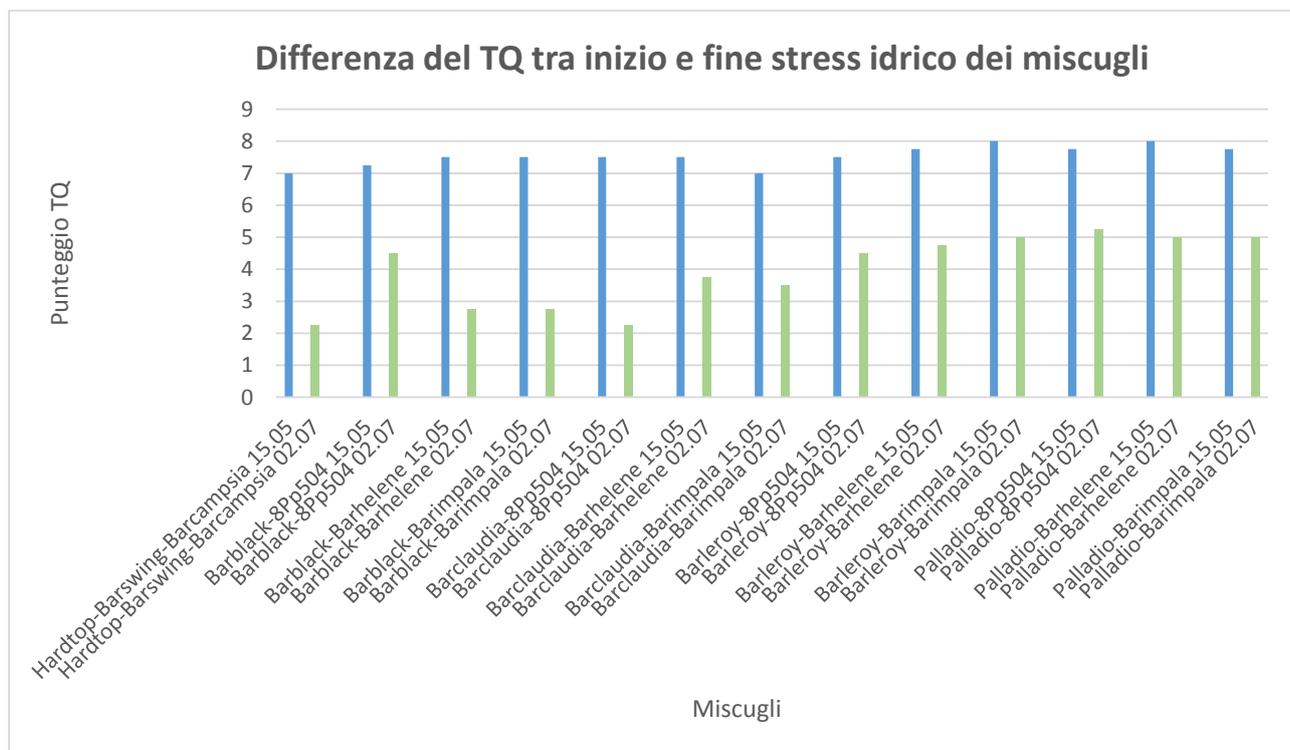


Figura 42. Mostra la differenza nei punteggi del TQ (Turf Quality) dei miscugli tra la data di inizio (15.05.2012) in blu e fine (02.07.2012) in verde del periodo di stress idrico.

Come possiamo vedere dall'andamento del TQ (figura43), esso non si discosta molto dall'andamento dell'LGC, la qualità del manto erboso del miscuglio di festuche fini presenta un rapido e crescente decremento, andamento similare presentano anche i miscugli del gruppo *Lolium perenne-Poa pratensis*, anche se questi a differenza degli altri presentano un incremento di qualità, seppur basso, a partire dagli ultimi giorni di giugno. Per quanto riguarda il miscuglio *Festuca arundinacea-Poa pratensis* seppur diminuendo la propria qualità, risulta essere sufficiente per quasi tutta la durata della prova.

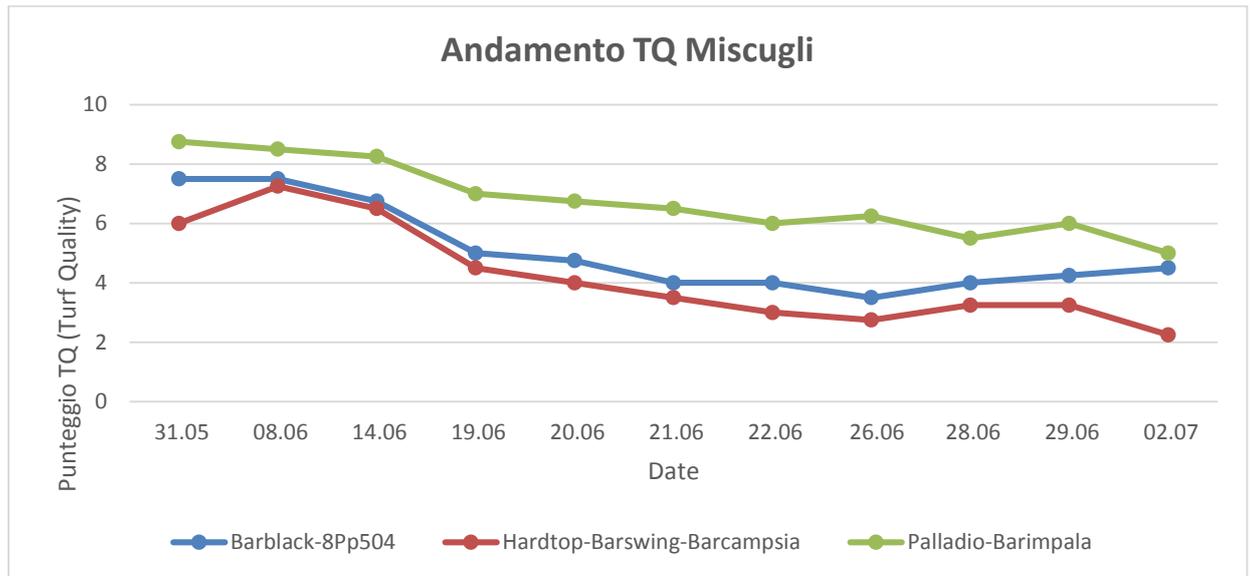


Figura 43. Andamento dei punteggi del TQ (*Turf Quality*) dei miscugli *Barblack-8Pp504* (Lp-Pp), *Hardtop-Barswing-Barcampisia* (Fo-Frc-Dc) e *Palladio-Barimpala* (Fa-Pp) nel blocco con restituzione idrica del 0% dell'ETc nel periodo compreso fra il 31.05.2012 al 02.02.2012.

4.6 DASS *Days after start of stress*

4.6.1 CONFRONTO VARIETALE "ALTRE" X DASS

Lo studio del DASS (*Days after start of stress*) (giorni, a partire dall'inizio dello stress, che impiega una parcella ad entrare in stress ovvero a raggiungere un valore predeterminato di TQ pari a 4,0) ha confermato in gran parte i risultati già visti per LGC e del TQ.

Nella tabella 36 si può osservare la variabilità all'interno del gruppo "Altre": in particolare la varietà *Barpresa* ha raggiunto la soglia critica di qualità in soli 24 giorni; maggiore resistenza allo stress abiotico invece ha la *Deschampsia cespitosa* la quale è entrata in stress dopo oltre 40 giorni.

Tabella 36. Risultati dell'analisi della varianza relativa al confronto fra le specie "Altre" al regime di restituzione idrica dello 0% ETc e del DASS nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Varietà "Altre"	DASS	
<i>Festuca ovina</i> Barpresa	24	****
<i>Festuca ovina</i> Hardtop	31	****
<i>Deschampsia cespitosa</i> Barxera	42	****

DASS (Days after star of stress) = giorni necessari alle varietà di *Festuca ovina* e *Deschampsia cespitosa* per entrare in stress nel blocco 0% di restituzione idrica dell'ETc (a partire dal 15.05.2012).

**** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

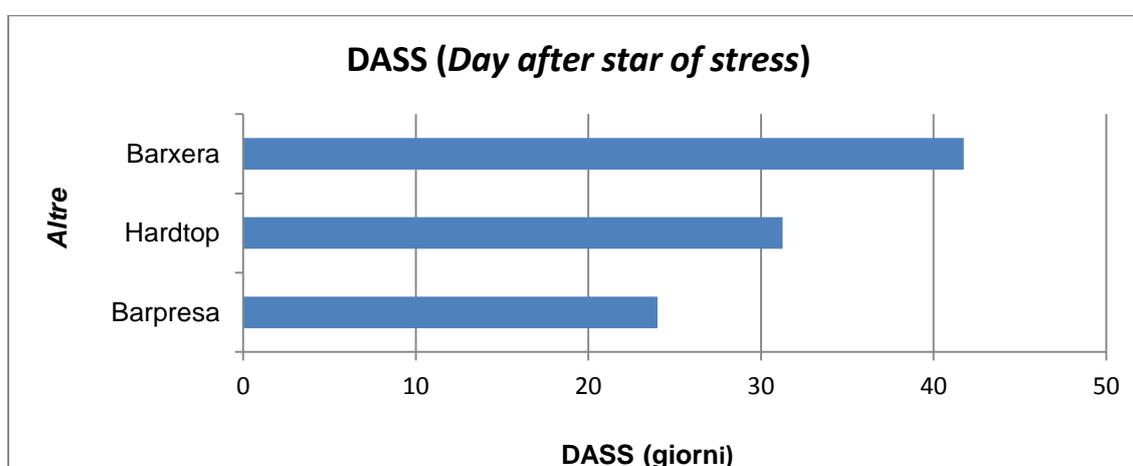


Figura 44. Giorni necessari alle varietà di *Festuca ovina* e *Deschampsia cespitosa* per entrare in stress (DASS) nel blocco 0% di restituzione idrica dell'ETc (a partire dal 15.05.2012).

4.6.2 CONFRONTO VARIETALE *LOLIUM PERENNE* X DASS

Tra le varietà dei loietti non vi è una grande differenziazione statistica, infatti la maggior parte sono entrati in fase di stress prima dei 41 giorni, due invece sono state le varietà che si sono distinte, Barclay II e Romance le quali sono entrate in stress dopo 48 giorni dall'inizio della prova.

Tabella 37. Risultati dell'analisi della varianza relativa al confronto fra varietà di *Lolium perenne* al regime di restituzione idrica dello 0% ETc e del DASS nel periodo compreso fra 15/05 e il 02/07.

Varietà <i>Lolium perenne</i>	DASS	
Barlennium	36	****
Anouk	36	****
Barblack	36	****
Barclaudia	38	****
Sublime	38	****
ER 2703	39	****
Adeline	39	****
Bardorado	41	****
8 RA 236	41	****
Barclay II	45	****
Romance	45	****

DASS (Days after star of stress) = giorni necessari alle varietà di *Lolium perenne* per entrare in stress nel blocco 0% di restituzione idrica dell'ETc (a partire dal 15.05.2012).

****** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.**

Il grafico 45 ci fa capire meglio la differenza fra i due gruppi statistici.

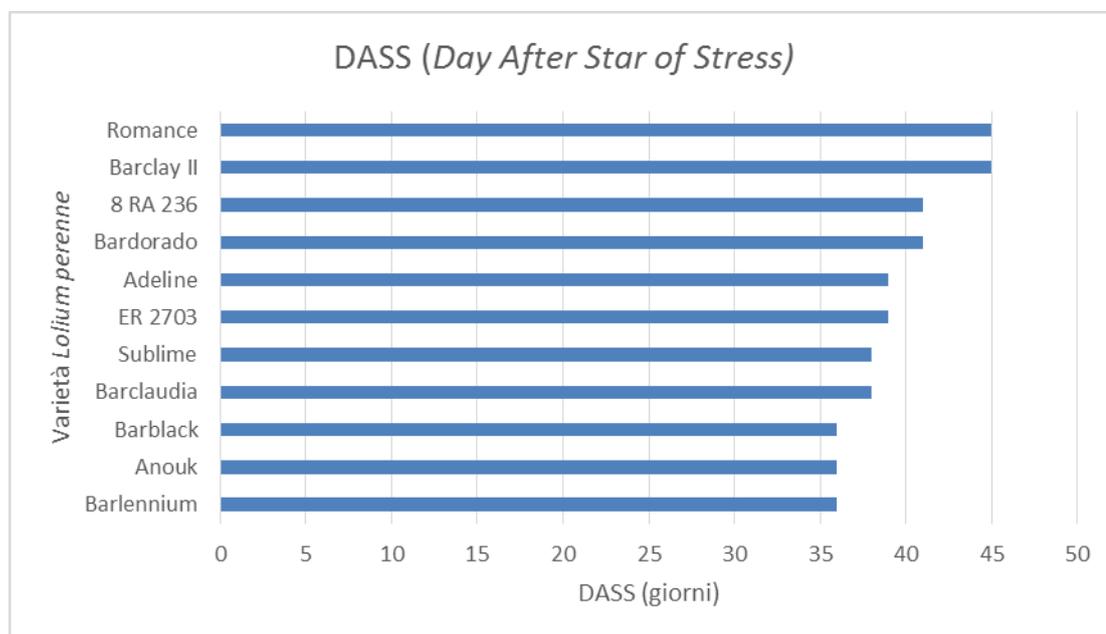


Figura 45. Giorni necessari alle varietà di *Lolium perenne* per entrare in stress (DASS) nel blocco 0% di restituzione idrica dell'ETc (a partire dal 15.05.2012).

4.6.3 CONFRONTO VARIETALE *POA PRATENSIS* X DASS

Le varietà di *Poa* non hanno mostrato differenze statistiche importanti, l'unica differenza è tra la varietà "peggiore" Barduke, entrata in stress dopo 35 giorni; e la varietà "migliore", Bariris, entrata in stress dopo oltre 40 giorni dall'inizio.

Tabella 38. Risultati dell'analisi della varianza relativa al confronto fra varietà di *Poa pratensis* al regime di restituzione idrica dello 0% ETC e del DASS nel periodo compreso fra 18/05 e il 02/07.

Varietà <i>Poa pratensis</i>	DASS	
Barduke	35	****
Barimpala	36	**** ****
10Pp703	38	**** ****
8Pp504	39	**** ****
Impact	40	**** ****
Barhelene	40	**** ****
Bariris	42	****

DASS (Days after star of stress) = giorni necessari alle varietà di *Poa pratensis* per entrare in stress nel blocco 0% di restituzione idrica dell'ETC (a partire dal 15.05.2012).

**** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

Il grafico 46 ci aiuta a comprendere come la differenza fra le varietà (ad eccezione di Barduke e Bariris) sia poca.

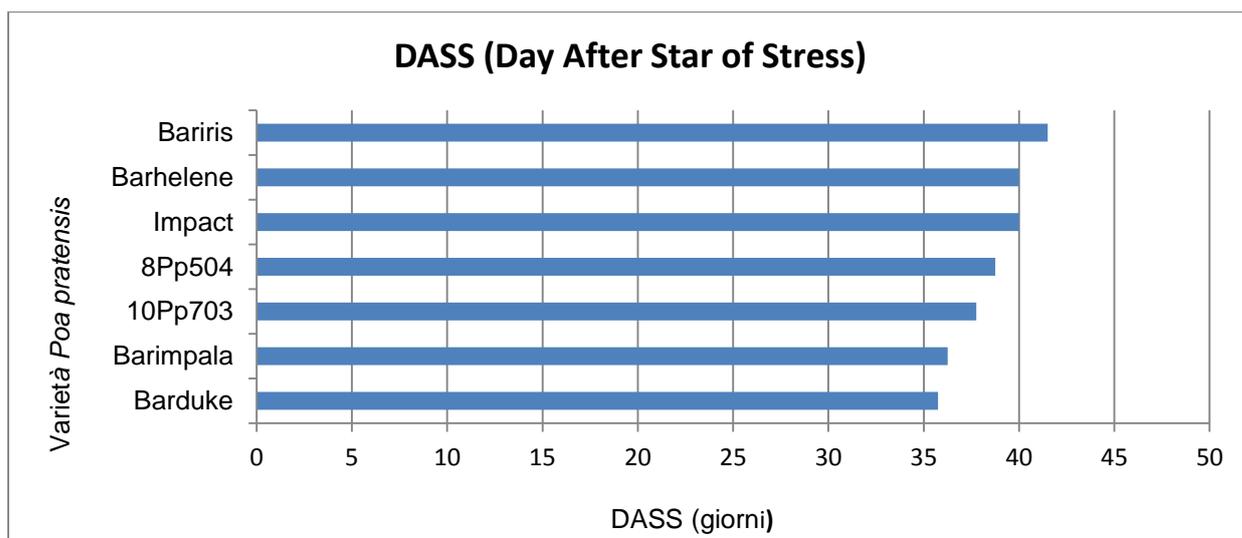


Figura 46. Giorni necessari alle varietà di *Poa pratensis* per entrare in stress (DASS) nel blocco 0% di restituzione idrica dell'ETC (a partire dal 15.05.2012).

4.6.4 CONFRONTO VARIETALE *FESTUCA ARUNDINACEA* X DASS

Per quanto riguarda le varietà di *Festuca arundinacea*, esse non sono mai entrate in stress, quindi non vi è alcuna differenza statistica fra di loro.

4.6.5 CONFRONTO VARIETALE MISCUGLI X DASS

La differenza statistica fra i miscugli si è avuta fra quelli costituiti dalle festuche fini, *Lolium perenne*- *Poa pratensis* e quelli costituiti da *Festuca arundinacea* e *Poa pratensis*. In termini assoluti il miscuglio che è entrato in stress per primo è quello costituito Barclaudia (*Lolium perenne*) e Barimpala (*Poa pratensis*) entrando in stress dopo 35 giorni, anticipando anche il miscuglio costituito dalle festuche fini e dalla *Deschampsia*; mentre i miscugli (*Festuca arundinacea*-*Poa pratensis*) Palladio-Barhelene, Palladio-Barimpala, Palladio-8Pp504 e Barleroy-Barimpala non sono mai entrati in stress. Interessante notare come il decadimento qualitativo, in questo caso, sia addirittura più rapido di quello della varietà singola. Il fenomeno andrebbe ulteriormente indagato.

Tabella 39. Risultati dell'analisi della varianza relativa al confronto fra i miscugli al regime di restituzione idrica dello 0% ETc e del DASS nel periodo compreso fra 15/05 e il 02/07.

Miscugli	DASS		
Barclaudia-Barimpala	16	****	
Hardtop-Barswing-Barcampsia	16	****	
Barclaudia-Barhelene	16	****	
Barclaudia-8Pp504	16	****	
Barblack-8Pp504	16	****	
Barblack-Barhelene	17	****	
Barblack-Barimpala	17	****	
Barleroy-Barhelene	38		****
Barleroy-8Pp504	38		****
Palladio-Barhelene	45		****
Palladio-Barimpala	45		****
Palladio-8Pp504	45		****
Barleroy-Barimpala	45		****

DASS (Days after star of stress) = giorni necessari ai miscugli per entrare in stress nel blocco 0% di restituzione idrica dell'ETc (a partire dal 15.05.2012).

**** = dove gli asterischi si sovrappongono nell'ambito della stessa colonna, i dati sono significativamente uguali tra di loro ($p \leq 0.05$) secondo il test di Duncan.

Il grafico 47 mostra quali siano le differenze fra i miscugli costituiti dai loietti- poe e festuche-poe.

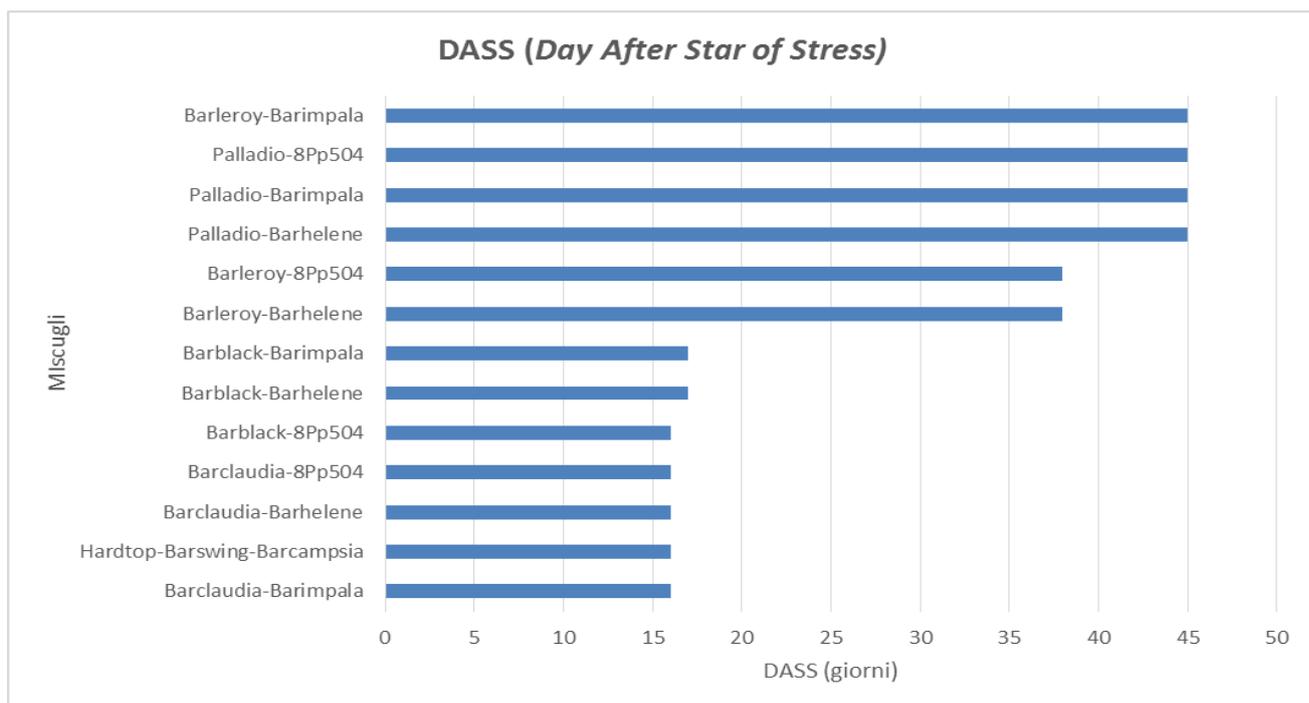


Figura 47. Giorni necessari ai miscugli per entrare in stress (DASS) nel blocco 0% di restituzione idrica dell'ETc (a partire dal 15.05.2012).

Un dato molto evidente è che l'impiego di una specie, all'interno di un miscuglio, può determinare l'aumento significativo della risposta allo stress idrico: vediamo infatti che tutti i miscugli costituiti da *Poa-Lolium* entrano in stress il 65% (e presumibilmente anche più) di giorni prima rispetto ai miscugli costituiti da *Festuca-Poa*; ciò significa che indipendentemente dalle varietà di *Festuca arundinacea* impiegate, essa migliora la resilienza del tappeto erboso.

Risulta infine interessante notare come anche l'impiego di una varietà vada a migliorare significativamente la qualità e la resilienza del tappeto erboso allo stress idrico; per quanto concerne il gruppo dei miscugli costituito dalle specie *Poa-Lolium* si nota come l'impiego della varietà di *Lolium perenne* Barblack aumenti, anche se sensibilmente (circa 6%), i giorni di resistenza per entrare in stress; per i miscugli costituiti dalla *Festuca-Poa*, sembra che ad aumentare la resilienza allo stress idrico sia la varietà di *Poa pratensis* Barimpala, che a rispetto di altre varietà impiegate determina un aumento di resilienza alla siccità fino al 16%.

5. CONCLUSIONI

Sulla base dei risultati ottenuti possiamo affermare che i tre diversi regimi di restituzione idrica

(0%, 33% e 66% di ETc), basati sul reintegro parziale dell'acqua persa per evapotraspirazione, hanno influenzato fortemente la crescita delle piante. In particolare si è notato che le specie-varietà con restituzione pari allo 0% dell'ETc non sono riuscite a vegetare per più di 40 giorni dall'inizio dell'imposizione del deficit idrico, ad esclusione di alcune varietà di *Festuca arundinacea* e di alcuni miscugli di *Festuca arundinacea* e *Poa pratensis*.

Le stesse specie, sottoposte a reintegri idrici del 33% e del 66% (dati non inseriti in questo studio) non hanno mai manifestato condizioni di forte stress durante il periodo più caldo, mantenendo performance in alcuni casi ottimali/sub-ottimali (*Festuca arundinacea*, *Poa pratensis* e miscugli) ed in altri perlomeno sufficienti (*Lolium perenne*).

In molti casi non sono state rilevate differenze significative relativamente alla qualità del manto erboso tra le parcelle trattate con restituzione idrica del 33% e quelle trattate con restituzione del 66%. Le uniche specie che si sono dimostrate sofferenti alla siccità, anche quando trattate con restituzione del 33% e del 66%, sono state *Festuca ovina* e *Deschampsia caespitosa*.

Confrontando le singole specie si può certamente affermare che la performance migliore (TQ, VWC, LGC, DASS) la si è ottenuta con la *Festuca arundinacea*, questa specie infatti, indipendentemente dalla varietà non risulta essere entrata in stress idrico. Contrariamente il gruppo con la peggior performance risulta essere il gruppo rinominato "Altre"; infatti nella media del periodo di stress idrico, per tutti i rilievi eseguiti, queste specie non hanno mai raggiunto la sufficienza. Emblematico è il risultato dell'LGC (*Living Ground Cover*) dove queste specie al 66% di restituzione idrica hanno avuto risultati inferiori del *Lolium perenne*, ai Miscugli ed a *Festuca arundinacea* posti allo 0% di restituzione idrica.

Nella media della prova, a tutti e tre i regimi idrici, *Lolium perenne* ha presentato un punteggio nella qualità del tappeto erboso inferiore a 6, ma con una percentuale di copertura media del periodo maggiore dell'80% anche con restituzione nulla.

Poa pratensis, nella media della prova, risulta essere particolarmente sensibile alla totale mancanza d'acqua, infatti con la restituzione idrica nulla non raggiunge un TQ pari a 6 (4,9/9), così come non raggiunge una copertura dell'80% (79,7%) (LGC), mentre con

restituzioni idriche maggiori, in particolare 66% ha prestazioni paragonabili alla *Festuca arundinacea* con il medesimo apporto idrico (sia in termini di qualità del manto che di copertura).

I miscugli, nella media della prova, hanno avuto un punteggio di TQ inferiore al 6 (5,6/9) con il regime idrico nullo (6,2 al 33% e 6,6 al 66%) e una percentuale di copertura maggiore dell'85% con restituzione idrica nulla, fino al 92% con restituzione pari al 66%.

Sulla base di tali risultati possiamo quindi affermare che nel clima sub-continentale della Pianura Padana e in caso di forti stress idrici alcune specie, e al loro interno alcune varietà, come ad esempio *Poa pratensis* Bariris e Barhelene, *Festuca arundinacea* Barleduc, Starlet, Barleroy, 9FEMAS, Barcesar, *Palladio* e alcuni miscugli (*Festuca arundinacea* *Palladio* e *Poa pratensis* Barimpala; *Festuca arundinacea* *Palladio* e *Poa pratensis* Barhelene; *Festuca arundinacea* Barleroy e *Poa pratensis* Barimpala) di graminacee microterme da tappeto erboso, hanno reagito molto bene alle basse restituzioni idriche di acqua, dimostrandosi idonee ad un loro impiego in questi ambienti.

Questo studio ci ha permesso di capire come, in presenza di deficit idrico continuo e prolungato, restituendo il 33% dell'acqua evapotraspirata, ovvero con un modesto apporto idrico, distribuito in due eventi settimanali, sia possibile nel nostro clima, ed utilizzando specifiche specie e varietà garantire una qualità ottimale del tappeto erboso, determinando così un forte risparmio della risorsa acqua.

BIBLIOGRAFIA

- Alderson J. and W.C. Sharp, Eds. 1994. Grass Varieties of the United States. Agric. Handbook No. 170. Soil Conservation Service, USDA, Washington, DC.
- Aldous D., 2000. Advances in turfgrass science and management in Australasia. *Diversity*, 16:51–52.
- Aronson, L.J., A.J., Colf, and R.J. Hull. 1987. Cool-season turfgrass responses to drought stress. *Crop Sci.* 27:1261-1266, doi:10.2135/cropsci1987.0011183x002700060035x.
- Balogh, A., Dougherty M.K., Forsyth R.J., Southwood D.J., Smith E.J., Tsurutani B.T., Murphy N., Burton M.E., 1992. Magnetic field observations during the Ulysses flyby of Jupiter. *Science* 257:1515–1518.
- Barnard, C. and O.H. Frankel. 1964. Grass, grazing animals, and man in historic perspective. (In *Grasses & Grasslands*, ed. C. Barnard). Macmillan & Company Ltd., London, UK. p. 1-12.
- Beard J.B. 2012 Origin, biogeographical migrations and diversifications of turfgrasses. Reserch Report SR132.
- Beard J.B., 1973. Turfgrass: Science and Culture. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, Usa. 658p.
- Bouchenak-Khelladi, Y., G.A. Verboom, V. Savalainen, and T.R. Hodkinson. 2010. Biogeography of the grasses (Poaceae): a phylogenetic approach to reveal evolutionary history in geographical space and geological time. *Botanical Journal of the Linnean Society.* 162:543-557.
- Bowman, D.C., and L. Macaulay. 1991. Comparative evapotranspiration rates of tall fescue cultivars. *HortScience* 26:122-123.
- Bradley S. Bushman, Blair L. Waldronb, Joseph G. Robinsc and Kevin B. Jensend. 2007. Color and Shoot Regrowth of Turf-type Crested Wheatgrass Managed Under Deficit Irrigation. doi:10.1094/ATS-2007-0418-01-RS.
- Brown A., e Thompson D.B.A. (1992). Biodiversity in montane Britain: habitat variation, vegetation diversity and some objectives for conservation. *Biodiversity and Conservation*1, 179-208 (1992).
- Brown C.A., D.A. Devitt e R.L. Morris. 2004. Water use and physiological response of tall fescue turf to water deficit irrigation in an arid environment. *HortSci* 39(2): 338-393.

- Brown JS, Kotler BP, Smith RJ, Wirtz WO II (1988) The effects of owl predation on the foraging behavior of heteromyid rodents. *Oecologia* 76: 408-415.
- Carrow, R.N. 1996. Drought avoidance of diverse tall fescue cultivars. *Crop Sci.* 36:377-377.
Doi:10.2135/cropsci1996.0011183x003600020026x.
- Cereti C.F., 2001. Tappeti erbosi e inerbimenti. In: Giardini L., R. Baldoni. *Coltivazioni erbacee, foraggiere e tappeti erbosi*, Patron Editore. p.336–339.
- Clayton, W.D. 1981. Evolution and distribution of grasses. *Annals of the Missouri Botanical Garden.* 68:5-14.
- Coulaud, J.; McNeilly, T., 1992: Zinc tolerance in populations of *Deschampsia cespitosa* (Gramineae) beneath electricity pylons. *Plant Syst. Evol.* 179: 175–185.
- Crepet, W.L. and G. D. Feldman. 1991. The earliest remains of grasses in the fossil record. *American Journal of Botany.* 8:1010-1014.
- DaCosta, M., and B. Huang. 2006a. deficit irrigation effects on water use characteristics of bentgrass species. *Crop Sci.* 46:1779-1786. Doi:10.2135/cropsci2006.01-0043.
- Ervin, E.H., and A.J. Koski. 1998. Drought avoidance aspects and crop coefficients ok Kentucky bluegrass and tall fescue turfs in the semiarid West. *Crop Sci.* 38:788-795.
Doi:10.2135/cropsci1998.0011183x003800030028x.
- Fry, J.D., and B. Huang. 2004. *Applied turfgrass science and physiology*. John Wiley & Sons, Hoboken, NL.
- Fu, J., J Fry., and B. Huang. 2004. Minimum water requirements of four turfgrasses in the transition zone. *HortScience* 39:1740-1744.
- Gould, F.W. and R.B. Shaw. 1983. *Grass systematics*. 2nd ed. Texas A&M Univ. Press, College Station, Tx.
- Grass Phylogeny Working Group. 2000. A phylogeny of the grass family (Poaceae) as inferred from eight character sets. (In *Grasses: systematics and evolution*. S.W.L. Jacobs and J.E. Everett). CSIRO, Melbourne, Australia. p. 3-7.
- Grass Phylogeny Working Group. 2001. Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden.* 88(3):373-457.
- Green, R.L., J.B. Beard, and D.M. Casnoff. 1990a. Leaf blade stomatal characterizations and evapotranspiration rates of 12 cool-season perennial grasses. *HortScience* 25:760-761.

- Gullino, M.L., Leroux, P., and Smith, C.M. (2000). Uses and challenges of novel compounds for plant disease control. *Crop Protection* 19,1-11.
- Hays, K.L., and J.F., Barber, M.P. Kenna, and T.G. McCollum. 1991. Drought avoidance mechanism of selected bermudgrass genotypes. *HortScience* 26:180-182.
- Hook, J.E., and W.W. Hanna. 1994. Drought resistance in centipedegrass cultivars. *HortScience* 29:1528-1531.
- Horst G.L., M.C. Engelke e W. Meyers. 1984. Assessment of visual evaluation techniques. *Agron. J.* 76:619-622.
- Huang B. (1999). Turfgrass water requirements and factors affecting water usage. 193-203.
- Huang B. e J.D. Fry. 1999. Turfgrass evapotranspiration. In *Water Use in Crop production*, ed. M.B. Kirkham, pp 317-334. Food Products Press, Binghamton, New York.
- Huang B., and J.D. Fry. 1999. Turfgrass evapotranspiration. In: M.B. Kirkham, editor, *Water use in crop production*. Food Products Press, New York. P.317-334.
- Huang, B. and H Gao. 1999. Physiological responses of diverse tall fescue cultivars to drought stress. *HortScience* 34:897-901.
- Huang, B. and H Gao. 2000. Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. *Crop Sci.* 40:196-203. Doi:10.2135/cropsci2000.411196v.
- Huang, B., J.D., Fry, and B. Wang. 1998. Water relations and canopy characteristics of tall fescue cultivars during and after drought stress. *HortScience* 35:837-841.
- Huang, B., J.D., Fry. 1999. Turfgrass evapotraspiration. In: M.B. Kirkham, editor, *Water use in crop production*. Food products Press, New York. P.317-334.
- Inda, L.A., J.G. Segarra-Moragues, J. Müller, P. M. Peterson, and P. Catalán. 2008. Dated historical biogeography of the temperate Loliinae (Poaceae, Pooideae) grasses in the northern and southern hemispheres. *Molecular Phylogenetics and Evolution.* 46:932-957.
- Jordan, J.E., R.H. White, D.M. Vietor, T.C. Hale, J.C. Thomas, and M.C. Engelke. 2003. Effect of irrigation frequency on turf quality, shoot density and root length of five Bentgrass cultivars. *Crop Sci.* 43:282-287. doi:10.2135/cropsci2003.0282.

- Karcher, D.E., M.D. Richardson, K. Hignight, and D. Rush. 2008. Drought tolerance of tall fescue populations selected for high root/shoot ratios and summer survival. *Crop Sci* 48:771-777 doi:10.2135/cropsci2007.05.0272.
- Kellogg, E. A. 2000. The grasses: A case study in macroevolution. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 31:217-238.
- Leinauer, B., H. Schulz, D. Bar, and A. Huber. 1997. *Poa supine* Schrad.: A new species for turf. *Int. Turfgrass Soc. Res:J.* 8:345-351.
- Linder, H.P. 1987. The evolutionary history of the Poales/Restionales — a hypothesis. *Kew Bulletin*. 42(2):297-318.
- Lorenzi R., Volterrani M., Magni S., Pozzoli M., Mazzei G., Bernardini V., Pecchidi S., Bindi M., Alberton S. 2007. TAPPETI ERBOSI aspetti tecnici, ambientali e paesaggistici. Felci editore.
- Macolino S., C. Cametti, A. Zenti. 2009. Coltivare senza problemi il tappeto erboso. Verona, l'Informatore Agrario Editore. pp 96.
- Marchione V. (2003). Influenza di due regimi irrigui, sull'accrescimento e su alcune caratteristiche estetiche di differenti graminacee micro- e macro-terme da tappeto erboso. *Italus Hortus-Vol10*, n.1, gennaio-febbraio 2003, pp.35-42.
- Marcum, K.B., M.C. Engelke, S.J. Morton, and R.H. White. 1995. Rooting characteristics and associated drought resistance of zoysiagrasses. *Agron* 1 87:534-538 doi:10.2134/agronj199500021962008700030023x.
- Matthes, C.A. and S.K. Davis. 2001. Molecular insights into the evolution of the Family Bovidae: A nuclear DNA perspective. *Molecular Biology and Evolution*. 18(7):1220-1230.
- Miller, G.L., and R. Dickens. 1997. Water relations of two *Cynodon* turf cultivars as influenced by potassium. *Int. turfgrass Soc. Res. J.* 8:1208-1306.
- Morris, K.N. 2002. A Guide to NTEP Turfgrass Ratings. The National Turfgrass Evaluation Program (NTEP). Available at: <http://www.ntep.org/reports/ratings.htm>.
- Muller, J. 1981. Fossil pollen records of extant angiosperms. *The Botanical Review*. 47:1-140.
- Murphy, J. A., M.G. Hendricks, P.E. Rieke, A.J.M. Smucker, and B.E. Branham. 1994. Turfgrass root systems evaluated using the minirhizotron and video recording methods. *Agron* 86:247-250. Doi:10.2134/agronj1994.00021962008600020007x.

- Pannella A., P. croce, A. De Luca, M. Falcinelli, F.S. Modestini e F. Veronesi. 2006. Tappeti Erbosi. Bologna, Edagricole. pp 342.
- Park D.M., J.L. Cisar, D.K. McDermitt, K.E. Williams, J.J. Haydu, W.P. Miller. 2005. Using red and infrared reflatace and visual observation to monitor turf quality and water stress in surfactanttreated bermudagrass under reduced irrigation, *Int. Turfgrass Soc. Res. J.* Vol. 10:115-120.
- Perdomo, P., J.A. Murphy, and G.A. Berkowitz. 1996. Physiology changes associated with performance of Kentucky bluegrass cultivars during summer stress. *HortScience* 31(7):1182-1186.
- Pollan M., 2000. A brief history of the American lawn. *Diversity*, 16,1-2, 60.
- Purcell, L.C. 2000. Soybean canopy coverage and light interception measurement using digital imagery. *Crop Sci.* 40:834–837.
- Qian Y.L., Fry J.D., Uphan W.S., 1997. Rooting and drought avoidance of warm-season turfgrasses and Tall festucue in Kansas. *Crop Science* 37:905-910.
- Richardson, M.D., D.E. Karcher, K. Hignight, and D. Rush. 2008. Drought tolerance and rooting capacity of Kentucky bluegrass cultivars. *Crop Sci.* 48.2426-2436
doi:10.2135/cropsci2008.01.0035.
- Richardson, M.D., D.E. Karcher, K. Hignight, and D. Rush. 2009. Drought tolerance of Kentucky bluegrass and hybrid bluegrass cultivars. *Appl. Turfgrass Sci.* doi:10.1094/ATS-2009-0112-01-RS.
- Salaiz, T.A., R.C. Shearman, T.P. Riordan, and E.J. Kinbacher. 1991. Creeping bentgrass cultivar water use and rooting response. *Crop Sci.* 31:1331-1334.
- Soreng, R.J. and J.I. Davis. 1998. Phylogenetics and character evolution in the grass family (Poaceae): simultaneous analysis of morphological and chloroplast DNA restriction site character sets. *The Botanical Review.* 64:1-85.
- Stebbins, G.L. 1981. Coevolution of grasses and herbivores. *Annals of the Missouri Botanical Garden.* 68:75-86.
- Steinke, K., D. R. Chalmers, J.C. Thomas, and R.H. White, and C. Fipps. 2010. Drought response and recovery characteristics of St. augustinegrass. *Crop Sci.* 50.2076-2083,
doi:10.2135/cropsci2009.10.0635.

- Steinke, K., D.R. Chalmers, J.C. Thomas, and R.H. White. 2009. Summer drought effects on warm-season turfgrass canopy temperatures, *appl. Turfgrass Sci*, doi:10.1094/ATS-2099-0303-01RS.
- Su, K., D.J. Bremer, S.J. Keeley, and J.D. Fry. 2007. Effects of high temperature and drought on a hybrid blegrass compared with Kentucky bluegrass and tall fescue. *Crop Sci.* 47:2152-2161.
- Suplick-Ploens, M.R. and Y. Qian. 2005. Evapotranspiration, rooting characteristics, and dehydration avoidance: Comparisons between hybrid bluegrass and Kentucky blegrass. *Int. Turfgrass Soc. Res. J.* 10:891-898.
- Tanriverdi C. 2005. Using TDR in the agricultural water management. *Sci. Eng. J. Kahramanmaras Sutcu Imam Univ.*, 8(2): 108-115.
- Topp G.C. e W.D. Reynolds. 1998. Time domain reflectometry: A seminal technique for measuring mass and energy in soil. *Soil Tillage. Res.* 47:125–132.
- Turgeon A.J., 1980. *Turfgrass Management*. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs. New Jersey, USA. 400p.
- Vislobokova, I.A. 2008. The major stages in the evolution of Artiodactyl communities from the Pliocene-early middle Pleistocene of northern Eurasia: Part 1. *Paleontological Journal.* 42(3):297-312.
- Volterrani M. 2008. *Acqua e paesaggi Cultura, gestione e tecniche nell'uso di una risorsa*. Comune di Firenze. Consiglio di Quartire 4.
- White, R.H., M.C., Engelke, S.J. Anderson, B.A. ruemmele, K.B. Marcum, and G.R. Taylor, N. 2001. Zoysiagrass water relations. *Crop Sci.* 41:133-138 doi:10.2135/cropsci2001.411188x.
- Youngner, V.B. 1985. Physiology of water use and water stress. In: V.A. gibeault and S.T. cockerham, editors, *Turfgrass water conservation*. Univ of California Coop. Ext., Division of Agric. Nat. resources. Oakland, CA. p. 37-44.
- Zhukovsky, P.M. 1968. New centres of the origin and new gene centres of cultivated plants including specifically endemic micro-centres of species closely allied to cultivated species. *Botanicheskii Zhurnal.* 53:430-460.

RINGRAZIAMENTI

Per quanto riguarda lo studio e la stesura di questo lavoro desidero innanzitutto ringraziare il Dott. Macolino per avermi fatto amare questa materia, per la propria disponibilità e per la persona quale è; altresì ringrazio LandLab srl nelle persone di Valentina, Rossella, Nicola sia per il lavoro svolto insieme (e che mi hanno insegnato) sia in campo prove sia nell'elaborazione dei dati presenti in questo lavoro, il dott. Altissimo e la Dott.ssa Peserico per la fiducia datami durante questa prova e per le svariate collaborazioni successive.

Un ringraziamento speciale a tutta la mia famiglia per il supporto, non solo economico, durante questi lunghi anni di studio, in particolare a mamma e papà, ma senza dimenticare sorelle e cognati (questi ultimi soprattutto per la disponibilità di aperitivo)!

Infine volevo ringraziare i soliti vecchi amici sempre presenti, nei momenti più e meno (soprattutto) belli, e per il supporto (a modo loro) durante il cammino universitario!