



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

Dottorato Internazionale in Agronomia Ambientale
Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali
AGR02

QUALITÀ E PERFORMANCE DEL TAPPETO ERBOSO SPORTIVO IN DIVERSE CONDIZIONI DI OMBREGGIAMENTO

IL DOTTORE
GIROLAMO MATTINA

IL COORDINATORE
PROFESSORE CARMELO DAZZI

IL TUTOR
PROFESSORE MAURO SARNO

CICLO XXVI°
ANNO CONSEGUIMENTO TITOLO 2016

Cari figli, vi invito a una preghiera più attiva e all'ascolto della Messa. Desidero che ogni vostra Messa sia esperienza di Dio. Voglio dire in particolare ai giovani: siate aperti allo Spirito Santo, poichè vi vuole attirare a sè in questi giorni in cui Satana è all'opera. Grazie per aver risposto alla mia chiamata!

messaggio della Madonna di Medjugorje del 16-maggio-1985

RINGRAZIAMENTI

Ho desiderio di ringraziare il Professore Mauro Sarno per i preziosi insegnamenti impartiti durante il Dottorato di Ricerca e per l'attenzione dedicata al mio lavoro; senza di lui questo lavoro non sarebbe mai esistito. Ringrazio il Professore Mike Richardson della University of Arkansas per il tempo e i validi consigli dati durante la mia attività di ricerca negli Stati Uniti. Un pensiero va alla mia famiglia, Mamma, Papà, Giovanni, Angela e Calogero Pio per il grande aiuto che mi hanno sempre dato e che continueranno a darmi ora che nuove sfide della vita mi attendono. Inoltre esprimo tutta la mia gratitudine a tutte le persone che ho incontrato durante questi anni con i quali ho condiviso questo percorso, un'esperienza che ha avuto modo di arricchirmi a livello formativo e culturale. Ringrazio infine, ma non per ordine di importanza Tiziana, per aver condiviso questi momenti fatti di gioie e sacrifici e per avermi aiutato a non mollare mai.

-
- Introduzione pag. 1
 - Problematica affrontata.....pag. 2
 - La situazione negli stadi da calcio in Italia e nel mondo.....pag. 8
 - Luce e tappeto erbosopag. 9
 - Fotosintesipag. 11
 - Piante C3 e piante C4pag. 12
 - Fabbisogno in luce del tappeto erboso.....pag. 14
 - Comportamento del tappeto erboso in mancanza del soddisfacimento in luce.....pag. 16
 - Daily light integral negli USA.....pag. 19
 - Qualità del tappeto erboso.....pag. 19
 - Test di qualità del tappeto erboso.....pag. 20
 - Torsione e Trazione.....pag. 23
 - Tecniche di misura della Torsione.....pag. 24
 - Caratteristiche influenti sulla torsione.....pag. 28
 - specie
 - altezza di taglio
 - umidità substrato
 - substrato
 - altezza di lancio
 - scarpa

- Test sulle scarpe usate dei calciatori durante i Mondiali in Brasile 2014.....pag. 33

PARTE SPERIMENTALE I

- Scopi della ricerca.....pag. 35
- Clima.....pag. 35
- Suolo.....pag.36
- Specie.....pag. 39
- Gestione agronomica.....pag.39
- Schema sperimentale.....pag. 39
- Simulazione ombra stadio.....pag. 40
- PAR (Radiazione fotosinteticamente attiva.).....pag. 42
- Calendario partite.....pag.44
- Parametri rilevati
 - Torsione
 - Densità

Risultati

- I°anno.....pag. 46
 - Effetto Habitus.....pag. 46
 - Effetto Fasce.....pag. 47
 - Interazione habitus*fascia.....pag. 48
 - Interazione fasce*stagioni.....pag. 49

▪ Densità.....	pag. 50
▪ Andamento resistenza alla torsione.....	pag. 51
• II° anno.....	pag. 52
▪ Effetto Habitus.....	pag. 52
▪ Effetto Fasce.....	pag.53
▪ Interazione habitus*fascia.....	pag. 53
▪ Interazione fasce*stagioni.....	pag. 54
▪ Densità.....	pag. 55
▪ Andamento resistenza alla torsione.....	pag. 56
• Confronto 1° e 2° anno	pag. 57
• Conclusioni I° parte sperimentale.....	pag. 58

PARTE SPERIMENTALE II

• Materiali e metodi.....	pag. 60
▪ Ombreggiamento	
▪ Raccolta dati	
• Risultati	
• PAR (Radiazione fotosinteticamente attiva).....	pag. 69
• Qualità visiva del tappeto erboso (Metodo NTEP).....	pag. 70
• Copertura.....	pag. 74
• Tasso di accrescimento del tappeto erboso.....	pag. 79
• Residuo del taglio.....	pag. 82

- Resistenza alla torsione.....pag. 85
- Tennessee Athletic Field Tester.....pag. 87
- Composizione botanica.....pag. 88
- Apparato radicale.....pag. 89
- Conclusioni parte sperimentale II.....pag. 92
- Conclusioni.....pag. 93
- Bibliografia.....pag. 96

INTRODUZIONE

Il triennio 2013-2015 mi ha visto impegnato nella attività di ricerca come Dottorando del XXVI° Ciclo in "Agronomia Ambientale" presso il Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali dell'Università degli Studi di Palermo. Il settore su cui è stata centrata l'attività di ricerca è quello dei tappeti erbosi. La mia personale attività di studio sui tappeti erbosi nasce durante la Laurea Magistrale in Progettazione e Gestione di Parchi e Giardini dove, affrontando l'insegnamento del corso in Tappeti Erbosi tenuto dal Prof. M. Sarno, intrapresi questo percorso di studi attraverso il Tirocinio Pratico-Applicativo, a seguire una tesi di Laurea e infine un Tirocinio Extracurriculare; i primi due svolti presso il terreno di gioco e di allenamento della Palermo Calcio e il terzo presso il Verdura Golf di Sciacca. Un mondo quello del tappeto erboso che è entrato subito in sintonia con me stesso, per il quale da qualche anno dedico la mia attività di studio e ricerca.

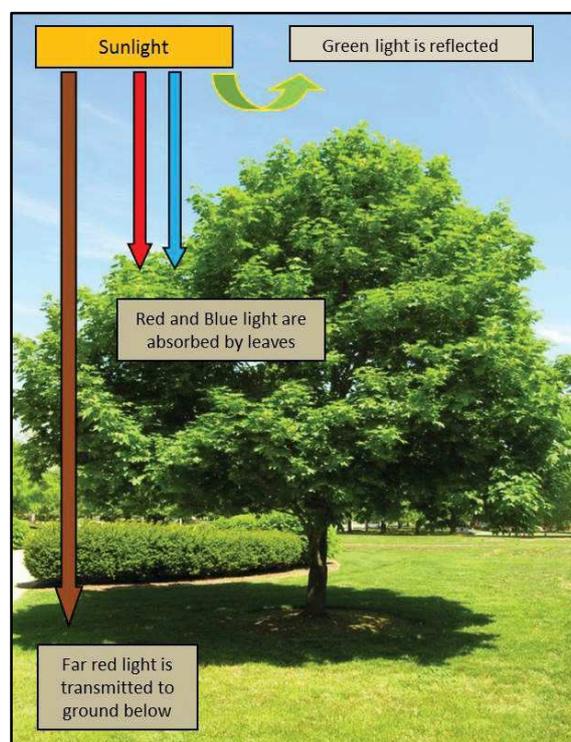
I tappeti erbosi di per se, possono rivestire diverse funzioni, da quello ricreativo, passando a quello funzionale e per finire a quello sportivo. Il tappeto erboso esercita molteplici influenze sull'ambiente urbano e extraurbano riducendo le temperature, svolgendo azione fono-assorbente e controllo dell'erosione idrica. Gli Stati Uniti sono il paese con il primato per l'attività di ricerca e l'impiego delle superfici inerbite [P.Croce, 2006]. "People-plant proximity, a psychological imperative" indica come imperativo psicologico la vicinanza tra l'uomo e i tappeti erbosi, giustificato dagli investimenti economici sia nel pubblico che nel privato. In USA le spese per il verde pubblico con lo scopo di raggiungere la tranquillità psicologica ammonta a miliardi di dollari. Paolo Croce fa riferimento a uno studio fatto su alcuni Stati come il Michigan, Pennsylvania, Texas, Florida e New Jersey ha calcolato il costo per il mantenimento delle superfici inerbite in 800 milioni di dollari, e il costo medio per una città di 170 mila abitanti è di circa 9 milioni di dollari l'anno. Basti pensare che in USA il fatturato dei tappeti erbosi è secondo a cinema e televisione tra i beni e servizi per il tempo libero. In Italia la situazione odierna è molto lontana da quella degli USA, basti

pensare che dei circa 9 mila ettari dei percorsi golf presenti in Italia solo il 4% è soggetto a un'alta intensità di manutenzione con una spesa totale complessiva di 90 milioni di euro, ma è un mercato che potrebbe fatturare molto di più.

PROBLEMATICA AFFRONTATA

Il tappeto erboso differisce, come accennato, in base alla destinazione d'uso; può essere impiegato per l'arredamento del verde urbano come giardini, parchi, ville e in questo caso si tratta di tappeto erboso ornamentale; il tappeto erboso funzionale ricopre compiti come quello di proteggere le scarpate stradali; infine il tappeto erboso sportivo viene impiegato per ricoprire le superfici di campi da gioco come golf, calcio, football americano, tennis etc. La progettazione, cura e manutenzione differisce sia tra i tre tipi di indirizzi di tappeti erbosi, ma anche all'interno della stessa categoria le

differenze sono sostanziali. L'emblema di tutto ciò è rappresentato dal percorso di un campo da golf dove possiamo trovare racchiuse non solo le tre tipologie del tappeto erboso (con predominanza del tappeto erboso sportivo), ma anche differenze nella gestione della superficie in base all'area di gioco (un green ha un iter di manutenzione diverso rispetto a un fairway, per fare un esempio). Un campo da gioco deve essere curato sia esteticamente che dal punto di vista della giocabilità. Per estetica si intende tutto



ciò che lo spettatore vede dagli spalti o in tv; ciò che ci si aspetta è una

Figura n°1. Luce e pianta

superficie verde e di colore uniforme. La giocabilità, invece, è frutto di un insieme di interazioni

percepiti dagli atleti. L'estetica tende ad essere curata soprattutto nelle superfici in cui si disputano le partite; la giocabilità va curata sia negli stadi che nei percorsi da golf, ma soprattutto nei campi di allenamento (dove previsti) dove gli atleti trascorrono la maggior parte del tempo.

Le problematiche cui vanno incontro i manutentori dei campi da gioco sono diverse. Una di queste è l'ombra. È stato stimato che il 25% dei tappeti erbosi in USA sono sotto effetto dell'ombra [Beard, 1973]. La luce è utile alle piante per svolgere attività fotosintetica tramite la quale l'energia luminosa trasforma elementi semplici in composti di cui la pianta stessa è formata. Le piante, dal punto di vista delle esigenze di luce, possono essere distinte come piante C_3 e C_4 , oppure come piante longi-, brevi- o neutro-diurne ed ancora in eliofile e sciafile. La luce è un fattore ambientale importante al fine di prevenire stress al tappeto erboso e per favorire il recupero dopo ogni danneggiamento da fattori biotici e/o abiotici (es. calpestamento). Ma per i tappeti erbosi è uso assai comune distinguerli sulla base delle esigenze in temperatura che sono, comunque, legate anche alla luce: specie Microterme e specie Macroterme. La classificazione delle specie da tappeto erboso viene fatta principalmente in base alle loro esigenze termiche a livello di apparato epigeico ed ipogeico. Le specie microterme hanno un range ottimale compreso fra i 10 e i 18 °C per l'apparato radicale e fra i 15 e i 24 °C per l'apparato vegetativo e sono specie di origine euroasiatiche. Presentano le seguenti caratteristiche:

- habitus di crescita tendenzialmente cespitoso;
- sviluppo superficiale dell'apparato radicale;
- bassa resistenza alle alte temperature;

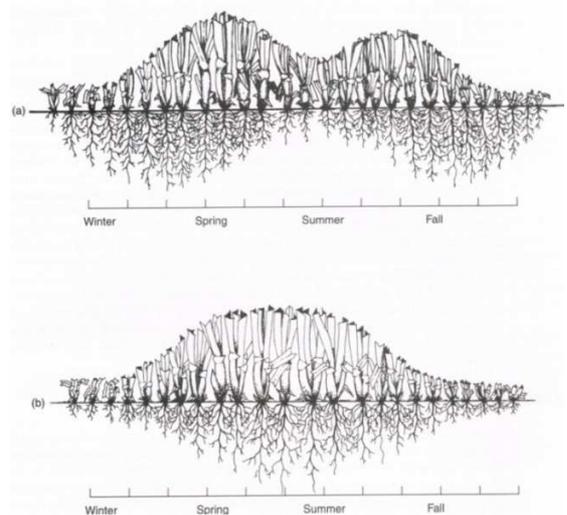


Figura n°2 . Turgeon A. J. Confronto andamento di crescita e sviluppo di specie microterme (in alto) e macroterme (in basso).

- bassa resistenza alla siccità;
- bassa resistenza al logorio;
- bassa resistenza ai funghi;
- buona resistenza agli insetti.

Le specie macroterme hanno esigenze comprese nell'intervallo 24-32 °C per lo sviluppo dell'apparato radicale e tra i 30 e i 37 °C per la parte vegetativa. Le caratteristiche principali sono:

- crescita più lenta rispetto alle microterme;
- minore resistenza alle basse temperature;
- buona tolleranza alle alte temperature;
- maggiore sensibilità agli attacchi di insetti;
- buona resistenza ai funghi patogeni;
- apparato radicale più profondo rispetto alle microterme;
- maggiore resistenza agli stress idrici;
- maggiore resistenza al logorio.

L'esperienza sui tappeti erbosi in Italia è molto limitata (*Panella et al., 2006*), soprattutto se confrontata a Paesi con più antica tradizione nel settore. Pertanto Panella, ad esempio, suggerisce di riferirci a quelle zone statunitensi che si trovano in condizioni geografiche prossime alle nostre. Come detto nel paragrafo precedente, le specie da tappeto erboso possono essere distinte sotto diversi aspetti. Per le specie ad uso sportivo le caratteristiche ricercate devono soddisfare le esigenze dello sport praticato. La *Agrostis stolonifera* è, ad esempio, la specie impiegata per il "green" dove l'altezza di taglio a circa 3 mm e la scorrevolezza della pallina sono fondamentali, quindi è una pianta che tollera il taglio molto basso; passando da un green ad altre aree di un percorso da golf quali un collar o un fairway le esigenze cambiano, così come le specie impiegate e quindi la gestione. In un campo da calcio le specie maggiormente usate sono mix e/o blend di specie

microterme come *Lolium perenne*, *Poa pratensis* e festuche varie. Le specie macroterme invece sono rappresentate maggiormente da ibridi di *Cynodon dactylon* (Bermudagrass); tra le microterme troviamo quelle caldo-resistenti così come tra le macroterme quelle freddo-resistenti.

Le superficie sportive hanno la necessità di essere nelle migliori condizioni estetiche e di giocabilità, quindi è spesso opportuno impiegare per le diverse stagioni dell'anno la o le specie che meglio si adattano al clima ed al microclima. In Sicilia e nelle regioni meridionali d'Italia, già da qualche anno, è impiegata la tecnica della trasemina delle specie microterme su macroterme, ovvero una base di macroterme sulla quale nel periodo autunno-vernino vengono seminate specie microterme. Questa tecnica è stata meno usata nelle regioni settentrionali, dove le latitudini offrono condizioni di temperatura e luce più adatte alla specie microterme durante tutto l'anno, o comunque durante la stagione calcistica. Questa tecnica in Italia ha preso pian piano campo, sia nei campi di calcio che da golf, dove in questi ultimi, viste le grandi superfici, gli investimenti sono stati notevoli (vedi lista, Feder Golf, 2014). Anche Nella fascia di transizione degli Stati Uniti, la tecnica della trasemina è usata per ricoprire le superfici sportive e di altre destinazioni d'uso. Inoltre, mantenere il tappeto erboso ad uso sportivo nelle migliori condizioni significa aiutarlo nel recupero da traffico (l'azione di usura da parte dell'atleta sulle piantine) . Ogni qual volta che il tappeto erboso viene usato, necessita di una fase di recupero; esistono infatti, tra le caratteristiche di classificazione della specie da tappeto erboso, le voci di resistenza al logorio e capacità di recupero. Più resistente sarà una specie, minori saranno i danni da riparare. Inoltre, una specie munita di stoloni e rizomi (fusti metamorfosati posti superiormente e inferiormente rispettivamente al suolo), ha maggiore capacità di recupero rispetto a una specie cespitosa, infatti la stolonifera e/o rizomatosa può accrescersi lateralmente e richiudere una porzione di superficie priva di vegetazione a causa di un fattore biotico o abiotico (es. calpestamento). Un tappeto erboso per stare in salute deve soddisfare le

proprie esigenze tra cui in primis la luce deve essere quella qualitativamente e quantitativamente corretta.

PERCORSI da golf CHE USANO SPECIE MACROTERME (Federgolf, 2014)

Golf Club Brialto – Bari (1997)
18 buche: tees, fairways, semirough, rough, driving range (Bermuda cv.Tifway 419), putting greens (Bermuda cv.Tifdwarf)
Golf Club Is Arenas – Oristano (1998 and 2000)
18 buche: tees, fairways, semirough, driving range (1998 Bermuda cv.SantaAna 1e nove, 2000 2e nove Bermuda cv. Savannah)
Golf Club Sibari - Cosenza (1999)
9 buche: fairways, tees, semirough (Bermuda cv.Sonesta) e driving range (Bermuda cv.Santa Ana)
Golf Club San Domenico - Brindisi (2001)
18 buche: tees, fairways, semirough, driving range (cv.Tifway 419)
Golf Club Le Madonie - Palermo (2001)
18 buche: tees, fairways, semirough, driving range (Bermuda cv.Tifway 419)
Golf Club Feudo Montalto - Catanzaro (2001)
9 buche: tees, fairways, semirough, driving range (Bermuda cv. Savannah)
Golf Club Sà Tanka - Cagliari (2002)
9 buche: fairways, tees e driving range (Bermuda cv. Princess)
Golf Club Villa Airoldi - Palermo (2004)
9 buche: tees, fairways, driving range (Bermuda cv.Tifway 419 e cv.Gobi)
Golf Club Is Molas – Cagliari (2003)
3e nove buche: tees, semirough e fairways (Bermuda cv. Princess)
Golf Club La Filanda - Savona (2004)
9 buche: tees, fairways, semirough, driving range (Bermuda cv.Tifway 419)
Golf Club Volturno - Caserta (2004)
2e nove buche: tees, fairways, semirough (Bermuda cv.Tifway 419)
Golf Club Argentario - Grosseto (2005)
18 buche: tees, fairways, surrounds e semirough (Bermuda cv. Princess)
Golf Club Tanca – Cagliari (2005)
18 buche: tees, fairways, semirough e driving range (Bermuda cv. Riviera)
Golf Club La Badiola – Grosseto (2005) Driving range (Bermuda cv. Princess)
Golf Club I Lauri – Ascoli Piceno (2005)
9 buche: tees, fairways e driving range (Bermuda cv.Princess)
Golf Club Saturnia – Grosseto (2005)
18 buche: tees, fairways, semirough e driving range (Bermuda cv.Tifway 419), bordi dei bunkers (Zoysia japonica cv. Zenith)
Golf Club Torre Coccoaro – Brindisi (2006)
9 buche: tees, fairways e driving range (Bermuda cv.Princess)
Golf Club Parco di Firenze – Firenze (2006)
9 buche: tees, fairways (Bermuda cv.Tifway 419)
Golf Club Donna Fugata – Ragusa (2007)
18 buche: tees, fairways, Semirough e driving range (Bermuda cv. Riviera)
Golf Club Mirabella – Avellino (2008)
9 buche: fairways e tees (Bermuda cv. Princess)
Golf Club Verdura - Sciacca (2008)
45 buche: tees, fairways, surrounds, Semirough, driving range (Bermuda cv. Tifway 419)
Golf Le Costiere - Salerno (2010)
9 buche: fairways e tees (Bermuda cv. Riviera) –
Royal Golf la Bagnaia - Siena (2011)
18 buche: fairways (Bermuda cv. Riviera e Transcontinental) e alcuni tees (cv.Tifway)
Golf La Piana - Caserta (2011)
18 buche: fairways, tees,collars (Bermuda cv.Tifway 419, collar Z.Japonica cv.Zenith)
Golf Club Terre dei Consoli – Viterbo (2011) 18 buche e campo pratica (Bermuda cv. Riviera)
CUS Pisa – Pisa (2011)
Campo pratica (Bermuda cv. Paloma)
Golf Club Siracusa – Siracusa (2011)
18 buche e campo pratica (Bermuda cv. Paloma)

Golf Club San Leonardo – Siracusa (2011)
18 buche e campo pratica (Bermuda cv. Riviera)
Golf Village – Macerata (2011)
campo pratica e 9 buche pitch and putt (Bermuda cv. Tifway)

PERCORSI CON ALCUNE SUPERFICI IN MACROTERME

Golf Club Toscana - Grosseto
Driving range (Bermuda cv.Tifway 419)

Golf Club Montelupo – Firenze
 3 fairways ed alcuni tees (Bermuda cv. Tifway 419)
 Golf Club Versilia – Lucca
 Alcuni tees (Bermuda cv. Tifway 419)
 Golf Club Garlenda – Savona Alcuni tees (Bermuda cv. Tifway 419)
 Golf Club Verona – Verona
 Alcuni bordi dei bunkers (Zoysia matrella cv. Zeon)
 Golf Club Monticello – Milano
 Alcuni bordi dei bunkers (Zoysia matrella cv. Zeon) e alcuni tees (Bermuda cv. Patriot)
 Parma Golf & Country Club – Parma Driving range (Bermuda cv. Paloma)
 Golf Club Reggio Emilia – Reggio Emilia Driving range (Bermuda cv. Transcontinental)
 Conero Golf Club – Ancona
 Alcuni tees (Bermuda cv. Tifway 419)
 Golf Club Cosmopolitan – Pisa
 Alcuni tees (Bermuda cv. Tifway 419 e Patriot)
 Golf Club Vinci – Firenze
 Driving range (Bermuda cv. Princess)
 Golf Club Riolo - Ravenna
 3 fairways ed alcuni tees (Bermuda cv. Riviera e Princess)
 Golf Club Colline del Gavi – Alessandria
 Fairway 3 buche executive - (Bermuda cv. Riviera)
 Golf Club La Pinetina - Como
 Campo pratica ed alcuni tees (Bermuda cv. Patriot)
 Golf Club Carimate - Como Tutti i tees (Bermuda cv. Patriot)
 Golf Club Puntaldia - Nuoro
 Tees (Paspalum vaginatum cv. Sea Spray)
 Golf Club Bologna – Bologna Alcuni tees - (Bermuda cv. Tifway)
 Golf Club Cherasco – Cuneo Alcuni tees - (Bermuda cv. Tifway)
 Golf Club Ugolino – Firenze
 Fairway buca 9 - (Bermuda cv. Patriot)
 Golf Club Tolcinasco - Milano
 Campo pratica e 1 buca execute (Bermuda cv. Riviera)
 Golf Club Milano - Milano
 Campo pratica (Bermuda cv. Patriot)
 Golf Club Lecco - Lecco
 Alcuni tees (Bermuda cv. Tifway)
 Golf Club Casalunga – Castenaso (BO)
 Introduzione bermuda: nel 2012 battitore campo pratica in Patriot, alcuni tees in Riviera
 Golf Club Roma - Roma
 Introduzione bermuda: nel 2010 alcuni tees in Tifway 419
 Golf Club Vigevano - Pavia
 Introduzione bermuda: nel 2005 due fairways in Riviera, un tee in Patriot

PERCORSI DA GOLF CHE HANNO EFFETTUATO LA CONVERSIONE DA MICROTERME A MACROTERME

Golf Club Miglianico – Chieti (2008)
 18 buche – tees e fairways (Bermuda cv Tifway 419)
 Golf Club Cervia – Ravenna (2009)
 27 buche – fairways (Bermuda cv Riviera)
 Golf Club Acaya – Lecce (2008-2009)
 27 buche – tees e fairways (Bermuda cv Transcontinental)
 Golf Club Olgiata – Roma (2010 e 2013)
 27 buche – tees e fairways (Bermuda cv Patriot su fairways, Tifway 419 su tees)
 Golf Club Parco di Roma – Roma (2010) 18 buche – fairways (Bermuda cv Riviera)
 Golf Club della Montecchia – Padova (2010) 27 buche – fairways e tees (Bermuda cv Patriot)
 Golf Nazionale – Viterbo (2012-2013)
 18 buche – fairways e tees (Bermuda cv Patriot su fairways, Tifway su tees)
 Golf Club Le Fonti – Bologna (2013)
 9 buche – fairways e tees (Bermuda cv Patriot)

LA SITUAZIONE DEGLI STADI DA CALCIO IN ITALIA E NEL MONDO

- Dicembre 2011, lo Juventus Stadium a pochi mesi dall'inaugurazione presenta un terreno di gioco da rifare; l'impianto fu realizzato con zolle provenienti dalla Germania;
- Marzo 2012, il Barcellona F.C. espone denuncia contro il Milan A.C. per le pessime condizioni del manto erboso dello stadio "G.Meazza" di San Siro (MI) e per i pericoli corsi dai propri giocatori sul rischio infortuni;
- Settembre 2012, la partita di campionato tra Napoli e Fiorentina si è disputata su un manto erboso devastato da un fungo dall'aspetto simile a un "campo di patate";
- Settembre 2013, l'Italia perde la candidatura come paese ospitante per gli Europei del 2016 a causa dell'inadeguatezza degli stadi a una competizione internazionale;
- Dicembre 2013, la primavera dell'Ajax si rifiuta di giocare il match presso lo stadio stadio Breda di Sesto San Giovanni e valido per la Uefa Youth League (la Champions giovanile). A loro avviso, il campo non era nelle condizioni necessarie per poter garantire la sicurezza e l'incolumità degli atleti.
- Aprile 2015, durante la partita Torino-Juventus allo stadio Olimpico di Torino, i giocatori della Juventus per più volte si sono lamentati del rimbalzo anomalo della palla.

La situazione degli stadi in Italia, dopo la ristrutturazione in onore dei mondiali di calcio Italia '90, ha avuto un decremento tale da perdere il passo con le moderne strutture europee e mondiali; l'unico stadio all'avanguardia in Italia è lo Juventus Stadium che dietro tuttavia presenta problemi per il manto erboso. A mio parere una forte problematica per il tappeto erboso all'interno degli stadi è collegabile al modo in cui viene realizzato il tappeto erboso al suo interno. Ad oggi le tecniche a disposizione sono la semina o la posa delle zolle; nel primo caso i tempi sono più lunghi in quanto per poter ottenere un tappeto erboso maturo al punto da poter essere giocato necessitano alcuni mesi. La posa delle zolle, invece, accorcia di molto i tempi. Ad esempio nel campionato di Serie A

2014-2015 al Marassi di Genova tra la posa, a campionato in corso, e l'utilizzo sono passati pochi giorni. Il lasso di tempo tra semina, o posa, e utilizzo gioca a sfavore della tecnica della semina, di contro i vantaggi possono essere tanti: primo fra tutti che le piantine non necessiteranno di acclimatazione, a differenza delle zolle che solitamente vengono raccolte in un ambiente molto diverso da quello della posa; la raccolta delle zolle, e la successiva posa, comporta uno stress per le piantine che necessitano di un attecchimento, quindi un apparato radicale che garantisca un buon ancoraggio al nuovo substrato, per tutta la durata delle partite. Una delle novità è quella del tappeto erboso rinforzato, ovvero un miscuglio di tappeto erboso naturale e sintetico. La tecnica prevede la cucitura di fili di erba sintetica nel substrato sul quale poi verrà effettuata la semina. La tecnica è stata già impiegata per la stagione 2013-14 e 2014-15 presso lo stadio di Milano e dalla stagione 2015-16 verrà impiegata presso lo stadio Bernabeu di Madrid.



Foto n°1. Tappeto erboso rinforzato, realizzato dalla ditta Desso GrassMaster

LUCE E TAPPETO ERBOSO

Quindi importante se non fondamentale è la quantità e la qualità della luce (radiazione) che raggiunge il tappeto erboso. Il termine luce deriva dal latino lux e quella che arriva sulla terra è di origine solare prendendo il nome di radiazione solare. La radiazione solare è costituita a sua volta dalla componente diffusa, incidente, riflessa e assorbita. La quantità di energia che viene utilizzata per la produzione di biomassa sulla terra è pari solo all'1% della totale. La radiazione diffusa è quella porzione di luce che ha colpito un gas atmosferico (es. una nuvola) cambiando la propria

direzione ma arrivando comunque sulla superficie terrestre; la incidente invece è quella parte di radiazione solare che ha incontrato un ostacolo durante il suo cammino verso la terra e ha perso buona parte della sua energia; la riflessa è quella che viene appunto riflessa dalla superficie terrestre e dipende dal coefficiente di riflessione (albedo) che va da 0 a 1; infine la luce che viene assorbita dalla superficie terrestre prende il nome di radiazione solare assorbita. La luce che le piante utilizzano per la loro attività fotosintetica va sotto il nome di PAR, che sta per Radiazione Fotosinteticamente Attiva (Photosynthetic Active Radiation); oscilla tra i 400 e 700 nm e al suo interno possono essere distinte le seguenti sottobande:

- blu-violetto, (400-490 nm), assorbite dai pigmenti, con azione sulla fioritura, sintesi proteica, effetti fototropici, medio effetto sulla fotosintesi;
- verdi (490-560 nm), sono le meno attive fotosinteticamente;
- gialle (560-590 nm);
- rosso-arancio (590-700 nm), molto attive per la fotosintesi

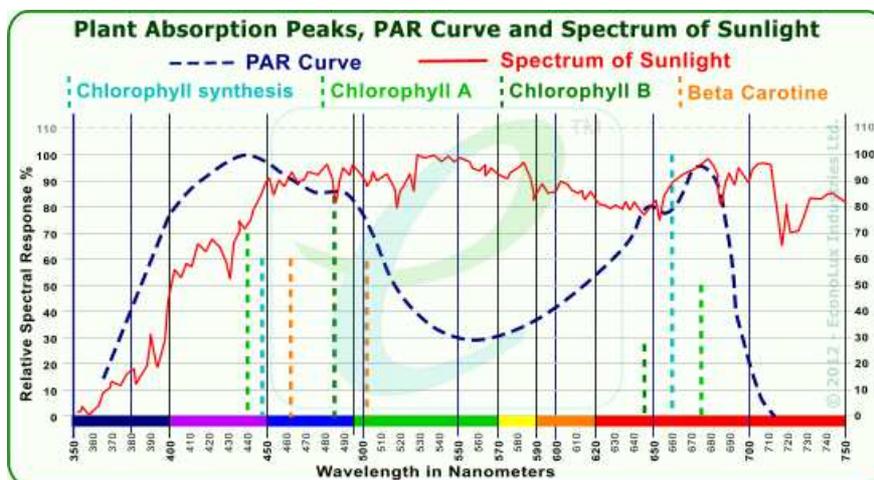


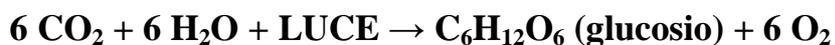
Figura n°3 . Curva del PAR e relativi range di assorbimento

Il tappeto erboso utilizza la luce compresa nella lunghezza d'onda dal blu al verde per l'attività fotosintetica, invece viene assorbita dai fitocromi quella che va dal rosso (red) al rosso lontano (far red) . Il tappeto erboso lo vediamo verde perchè:

- la luce rossa e blu vengono quasi totalmente assorbite dalla clorofilla e solo una piccola quantità viene riflessa;
- assorbe poca luce nella lunghezza d'onda del verde (viene riflessa) e per tale la pianta appare verde;
- la alta concentrazione di clorofilla (verde) maschera la presenza di altri pigmenti (es. xantofille di colore giallo);
- infatti, quando la pianta va in stress e la clorofilla inizia a essere degradata ecco che la pianta assume la colorazione che vira verso il giallo.

FOTOSINTESI

La fotosintesi clorofilliana dal greco *foto* (luce) e *synthesis* (costruzione) è un processo chimico attraverso il quale le piante, partendo da sostanze semplici come l'anidride carbonica, acqua, energia solare e elementi minerali presente nel suolo, produce composti quali carboidrati, proteine e grassi. Il processo fotosintetico, attraverso l'energia solare, permette di convertire 6 molecole di anidride carbonica e 6 di acqua in una molecola di glucosio e come sottoprodotto si producono 6 molecole di ossigeno che verranno rilasciate nell'aria attraverso gli stomi:



E' un processo di fondamentale importanza sulla terra in quanto sta alla base di molte catene alimentari producendo composti organici da sostanze inorganiche. Basti pensare ad esempio che l'uomo non è in grado di sintetizzare composti organici di cui esso stesso è formato e pertanto necessita di introdurli tali e quali. Il processo della fotosintesi clorofilliana avviene tramite due tappe:

- la fase luminosa che dipende dalla luce (detta anche fase luce-dipendente);

- la fase oscura in cui si ha la fissazione del carbonio, in cui rientra il Ciclo di Calvin (fase indipendente dalla luce). La luce viene percepita dalle piante mediante specifici recettori, i fotorecettori: per la luce rossa la pianta usa il fitocromo, per la luce blu il crittocromo.

PIANTE C₃ E PIANTE C₄

Bell (*Bell, 2011*) descrive molto bene il comportamento delle piante microterme e macroterme in funzione del processo fotosintetico. L'autore, riportando studi di altri autori, spiega queste importanti differenze utili a capire il perchè del comportamento dei due processi fotosintetici nei confronti di diversi livelli di radiazione. Le piante che chiamiamo micro-terme (cool-season), e le piante macro-terme (warm-season), seguono due processi fotosintetici differenti. Il ciclo delle piante macro-terme non è molto diffuso, in generale, tra le piante, ma è comune nelle specie da tappeto erboso (*Matsuoka et al., 2001*). Le microterme seguono il ciclo foto-sintetico C₃ (ciclo di Calvin) , e sono specie che si adattano alle nostre temperature autunno-vernine, le macroterme, invece, seguono il ciclo fotosintetico C₄ e si adattano alle nostre temperature a primaverili-estive. Ad ogni modo, tra le C₄ troveremo quelle più freddo resistenti (Buffalograss); e per le C₃ (festuche). Una differenza sostanziale è che le piante macroterme, a differenza delle microterme, non sono soggette alla fotorespirazione durante periodi con elevata radiazione luminosa unita, specie in estate, a temperature molto elevate. Il processo di fotorespirazione consuma energia; infatti le piante invece di fissare anidride carbonica fissano ossigeno (produce anidride carbonica anzichè ossigeno). Le differenze vanno ricercate proprio in questa capacità a non fotorespirare. In primavera e in estate le temperature aumentano e le giornate sono più lunghe con abbassamento della concentrazione di anidride carbonica nell'aria, e sono condizioni in cui solo le macroterme riescono a continuare l'attività fotosintetica assimilando carbonio dal bicarbonato trasformandolo in anidride carbonica. L'enzima responsabile della fotorespirazione è il Rubisco; l'enzima interviene nella fase al buio

della fotosintesi (ciclo di Calvin) dove si ha l'organico della CO_2 . Il Rubisco può fissare l'anidride carbonica ma anche l'ossigeno; in questo secondo caso ha intervienuto il processo di fotorespirazione. La concentrazione di ossigeno nell'aria è del 21% contro lo 0,035% dell'anidride carbonica; questa differenza potrebbe far pensare che il Rubisco fissi più facilmente il primo che non il secondo, ma la alta affinità che ha il Rubisco con la CO_2 supera qualsiasi ostacolo. Può succedere però che per condizioni ambientali, come alte temperature e lunghe giornate (alta intensità luminosa), venga favorita la fissazione dell'ossigeno. Perché? Quando la luce è più intensa la fotosintesi risulta essere più veloce, questo comporta una rapida cessione di ossigeno. Di conseguenza si avrà attorno alle piante una maggiore concentrazione, quindi disponibilità di ossigeno e una minore di anidride carbonica; il risultato è una condizione ideale per la fotorespirazione. Le macroterme rispetto alle microterme riescono a fissare l'anidride carbonica anche quando questa è in concentrazioni molto basse (*Krenzen et al., 1969*).

L'altro parametro ambientale è la temperatura; quando si ha un innalzamento delle temperature, le molecole dentro un liquido acquisiscono energia (calore) e sono in maggiore movimento. A una maggiore attività corrisponde una maggiore facilità per queste molecole di uscire fuori dal liquido. Tra queste molecole rientrano pure l'ossigeno e l'anidride carbonica; tra le due molecole la CO_2 è quella che presenta una maggiore facilità ad uscire dal liquido. Ciò che ne risulta all'aumentare della temperatura e delle ore di luce è per il Rubisco una maggiore possibilità/affinità a fissare la molecola che comporterà un consumo di energia, l'ossigeno. Ad esempio, passando da una temperatura di 10°C a 35°C , la fotorespirazione nelle piante microterme aumenta più del doppio circa (*Hall et al., 1983*), quindi è chiaro che le C_3 soffrono le temperature estive del bacino del Mediterraneo. Come spiegato prima, l'attività fotosintetica conta di una fase luminosa e una fase oscura. Nelle piante a ciclo C_3 entrambi le fasi avvengono all'interno del mesofillo rispetto alle C_4 dove si ha la compartimentazione dell'attività fotosintetica, ciò significa che avviene in due

tipologie di cellule diverse così come la fissazione del carbonio. La fissazione del carbonio nelle piante C₃ avviene nel mesofillo collocato nella parte più superficiale della foglia; questa ubicazione è ovvia visto che queste cellule devono dapprima catturare la luce (devono essere esposte il più vicino possibile alla luce) e poi svolgere il resto delle funzioni. Le piante a ciclo C₄ svolgono la fase luminosa nel mesofillo, per poi fissare il carbonio nelle cellule della guaina del fascio che hanno una posizione più interna nella foglia. Il mesofillo essendo più sensibile alla luce e alle temperature, presenta una maggiore suscettibilità per la fissazione dell'ossigeno al posto dell'anidride carbonica, quindi la fotorespirazione nelle microterme avviene per questa loro anatomia associata alla quantità di luce e temperatura favorevoli al processo fotorespirativo. L'anatomia della piante C₄ va sotto il nome di Kranz anatomy. Anche se la fase luminosa in entrambi i casi avviene nel mesofillo dove giunge la maggiore intensità luminosa, i due cicli rimangono comunque diversi: nelle C₄ il primo composto stabile è composto da quattro atomi di carbonio, l'ossalacetico; nelle piante C₃ invece ha solo tre atomi di carbonio, il PGA (acido 3-fosfoglicerico). Le macroterme di contro non si adattano bene alle temperature autunno-vernine del nostro clima, perchè nella fase fotosintetica necessitano di maggiore energia (*Black et al, 1973*), 5 molecole di ATP rispetto alle 3 richieste dalle microterme per fissare l'anidride carbonica.

FABBISOGNO IN LUCE DEL TAPPETO ERBOSO

Le piante da tappeto erboso derivano da specie che un tempo popolavano il sotto-bosco ed erano quindi soggette ad una bassa illuminazione. Con l'evoluzione biologica, queste piante sono passate dal sotto-bosco alle praterie e savane. Le piante hanno dovuto modificare la loro fisiologia e morfologia facendo fronte a una maggiore attività traspirativa. Come detto in precedenza, il 25% della superficie investita a tappeto erboso negli Stati Uniti si trova sotto effetto dell'ombra, ma le specie oggi impiegate non sono molto adatte all'ombra perchè si sono sviluppate in pieno sole per

milioni di anni. Le piante da tappeto erboso hanno un loro fabbisogno in luce, ovvero quella quantità minima di luce per poter garantire una determinata performance. Le domande potrebbero essere tante, ad esempio: di quante ore di luce necessita quella determinata specie? ovvero, quante moli di luce al giorno (DLI)? in presenza di ambienti ombreggiati come bisognerebbe intervenire? luce artificiale? quali sono le bande di luce tra il blu, rosso e verde che hanno una maggiore influenza sulla crescita del tappeto erboso? Il Daily Light Integral (DLI) indica la quantità di luce, espressa in moli metro quadrato al giorno, e rappresenta la sommatoria delle micromoli metro quadrato al secondo del PAR registrate nelle 24 ore. Il DLI varia in funzione della stagione, latitudine e per le condizioni meteo. Jones (*Jones, 1985*) riporta che il "PAR disponibile per la crescita del tappeto erboso varia mese per mese, giorno per giorno, minuto per minuto in funzione del periodo dell'anno, dell'angolo del sole, lunghezza del giorno e dalla presenza o meno delle nuvole". In estate, avendo una durata del giorno più lunga, la quantità di moli accumulate sarà superiore rispetto a una giornata di pieno inverno, che risenterà anche della latitudine. In condizioni di nuvolosità la luce che arriva sulla superficie terrestre è minore, pertanto il DLI sarà anch'esso più basso. A parità di tutte le condizioni, un fattore che incide notevolmente è l'ombra. È chiaro che le esigenze di luce tra le due classi è differente, ma recenti studi dimostrano che c'è notevole differenza addirittura tra le varietà appartenenti alla stessa specie. Per esempio, la "TifEagle" bermuda necessita di $32.6 \text{ moli m}^2 \text{ d}^{-1}$ per avere un putting green con una qualità accettabile (≥ 7) (*Bunnel et al., 2005a*), mentre la "Floraward" e "Tifdwars" bermude richiedono $38.6 \text{ moli m}^2 \text{ d}^{-1}$ per una buona copertura (*Miller et al., 2005*). Uno studio condotto dalla Clemson University (*Baldwin et al., 2008*), ha messo a confronto 42 cultivar di bermudagrass poste a due livelli di luce: pieno sole e 64% di ombreggiamento; la qualità del tappeto erboso in ombra è variata da 6.5 a 4.2 dopo 4 settimane, e da 4.5 a 3 dopo 8 settimane. Questo studio ha messo in risalto anche le differenze per contenuto in clorofilla, sviluppo apparato radicale (lunghezza e biomassa).

COMPORAMENTO DEL TAPPETO ERBOSO IN MANCANZA DEL SODDISFACIMENTO IN LUCE

Le piante che si trovano sotto l'effetto dell'ombra hanno una propria risposta morfo-fisiologica e questo lavoro, come vedremo più avanti, ne è la prova. Innanzitutto le piante possono essere distinte in eofile e sciafile; le prime prediligono ambienti di pieno sole contrariamente alle seconde che esprimono le migliori performance in condizioni di ombra. Per quanto riguarda l'assorbimento di CO₂, le eofile raggiungono valori di saturazione a intensità di luce pari a 2000-3000 foot-candle (1 foot-candle è pari a 10,76 Lux) a differenza delle sciafile che nelle stesse condizioni non vanno oltre i 300-1000 fc. Stesso discorso vale per il tasso di saturazione della luce (16-20 mg CO₂ dm⁻² hr⁻¹ delle eofile rispetto a 2-5 mg CO₂ dm⁻² hr⁻¹ delle sciafile) e per il punto di compensazione della CO₂ (livello in cui la concentrazione tra la CO₂ assorbita e rilasciata è uguale) dove per le eofile è due-tre volte superiore a quello delle sciafile (*Boardman, 1977*). Come dimostrato da Baldwin (*Baldwin, 2009*), durante la ripresa vegetativa sei bermude poste in pieno sole nell'arco di 8 settimane hanno presentato un contenuto in clorofilla inferiore a quelle poste in pieno sole. Bunnell (*Bunnell et al., 2005*) trova che la TifEagle quando sottoposta a un maggior numero di ore di luce, diminuisce il contenuto in clorofilla. Van Huylenbroeck (*Huylenbroeck et al., 2001*) hanno trovato che il contenuto in clorofilla, sotto diversi livelli di illuminazione cambia in funzione della specie in esame; quando posti a un livello di ombra del 65%, i loietti hanno registrato un contenuto superiore di clorofilla, il contrario per la poa; le festuche, invece, non hanno mostrato differenze. Wilkinson (*Wilkinson, 1973*) ha trovato che la sintesi della clorofilla richiede una bassa intensità di luce (tipico delle zone in ombra), mentre un incremento della distruzione della clorofilla si ha con alte intensità di luce (tipico del pieno sole). Le foglie delle piante di pieno sole sono più sottili, con cloroplasti

di superfici maggiori e ricche di clorofilla, rispetto alle piante da ombra [Wilkinson, 1973 (Kirk et al. 1967)] , e tra le due clorofille la *b* è in concentrazione maggiore rispetto alla *a* nelle piante da ombra [Wilkinson, 1973 (Egle K., 1960)]. L'aumento di clorofilla, con la predominanza della *b* rispetto alla *a*, è dovuta alla morfologia dei cloroplasti che diminuendo in numero in condizioni di ombra, vanno ad aumentare la loro superficie. Per quanto riguarda l'influenza che l'ombra ha sul tappeto erboso, si distinguono modifiche e/o adattamenti di tipo fisiologico e morfologico; come riportato da Beard (Beard, 1997) alcuni autori (Almores 1980; Beard 1973; Karnok et al., 1981; Peacock et al., 1993; Schmidt 1965; Schmidt et al., 1967; Wilkinson et al., 1974; Wilkinson et al., 1975; Winstead et al., 1974) hanno dimostrato le seguenti modifiche fisiologiche:

- alto contenuto in clorofilla
- colore verde più scuro
- basso tasso di fotosintesi netta
- basso tasso di respirazione compresa anche la fase oscura
- basso contenuto di carboidrati che vanno a costituire riserve
- basso punto di compensazione della luce
- basso livello di saturazione della luce
- differenze nella partizione dei fotosintetati nei culmi
- aumento nel contenuto di azoto nei tessuti
- un maggiore contenuto di umidità nei tessuti

Alcuni dei precedenti ricercatori e altri [Beard, 1997 (Gary 1967, Peacock et al. 1981)] hanno dimostrato le seguenti modifiche morfologiche:

- riduzione della densità
- internodi più lunghi con riduzione del loro diametro
- aumento della lunghezza delle foglie

- diminuzione della larghezza delle foglie
- incremento dell'area fogliare
- foglie più sottili
- foglie orientate maggiormente in verticale
- riduzione del numero delle radici

Altre modifiche di tipo anatomiche riportate da alcuni ricercatori [*Beard, 1997 (Wilkinson and Beard 1975)*] includono:

- sviluppo ridotto del parenchima e tessuti vascolari
- diminuzione del numero dei cloroplasti
- diminuzione dello spessore della cuticola
- diminuzione densità stomatica

Per le specie microterme, la riduzione di radiazione comporta una maggiore suscettibilità alle malattie come dimostrato da Beard (*Beard, 1997*). Per le specie macroterme, un mancato apporto della quantità richiesta di luce comporta delle limitazioni morfologiche; McBee (*McBee et al., 1966*) e Almodares (*Almodares, 1980*) trovano rispettivamente che le bermude e lo *Stenotaphrum* riducono la crescita laterale, allungano gli internodi, crescono maggiormente in altezza ma riducono la densità.

DAILY LIGHT INTEGRAL NEGLI USA

Dalla collaborazione tra due università statunitensi, University of Tennessee e la Clemson University, è nata la mappa della distribuzione del DLI. I dati sono stati raccolti da database di stazioni meteo e di studio per l'energia (Renewable Resource Data Center, National Renewable Energy Lab) da cui è stata ricavata, da un trentennio di dati, la media per ogni singolo mese del DLI sulla superficie statunitense. (Korczynski et al., 2002)

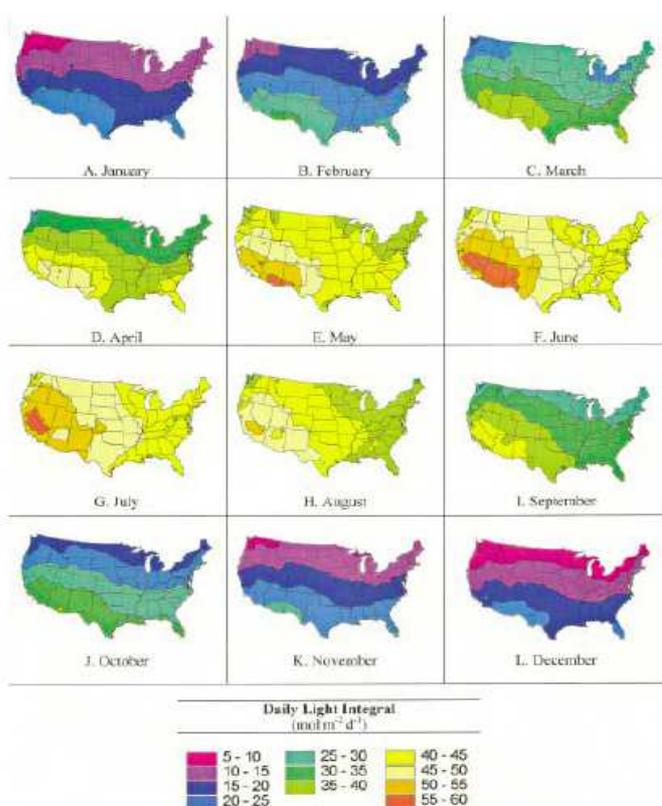


Figura n°4 . Mappa della distribuzione del Dayli Light Integral negli Stati Uniti. (Korczynski, 2002)

QUALITÀ DEL TAPPETO ERBOSO

La qualità del tappeto erboso in ambito sportivo assume notevole importanza, sia a livello estetico che di giocabilità. Se da un lato il tappeto erboso deve presentarsi di colore verde uniforme, denso, fitto e privo di spazi vuoti, dall'altro deve assicurare all'atleta la giocabilità e la sicurezza in termini

di infortuni. L'estetica ci indicherà lo stato di salute del tappeto erboso, infatti il colore, la percentuale di copertura e la presenza di specie infestanti e/o attacchi fungini, sono tutti parametri che incidono sull'apprezzamento del tappeto erboso agli occhi di chi lo guarda dagli spalti e in tv. Il colore dipende dalla specie e dalla varietà impiegata, infatti in commercio esistono cultivar dal verde chiaro al verde scuro, ma anche dallo stato di salute del tappeto erboso. Piantine stressate tendono a diminuire il livello di clorofilla, virando il colore dal verde al giallo. La percentuale di copertura dipenderà invece dalle dosi di semina e dall'habitus vegetativo della pianta; le piante cespitose necessitano di accestire, ovvero formare un numero di culmi superiori a uno partendo da un solo seme; le piante stolonifere e/o rizomatose di sviluppare fusti metamorfosati, da cui si svilupperanno altri culmi. L'estetica del tappeto erboso può essere valutata tramite delle constatazioni visive su una scala di punteggio, metodo National Turfgrass Evaluation Program (Morris, 1992); un esempio potrebbe essere quello della "qualità visiva" su una scala da 1 a 9, dove 1 è un tappeto erboso con colore giallo/marrone e 9 per un verde intenso. Negli USA presso la University of Arkansas è stato messo a punto un sistema per la valutazione dell'estetica del tappeto erboso, il Light Box. La giocabilità del tappeto erboso, invece, riguarda tutto ciò che nasce per interazione tra la superficie e la palla, e tra la superficie e l'atleta.

TEST DI QUALITÀ DEL TAPPETO ERBOSO

La FIFA per garantire la sicurezza di giocabilità sui campi ha deciso di valutarne le caratteristiche tramite dei test di omologazione; infatti i tappeti erbosi per uso sportivo devono possedere delle caratteristiche che vanno misurate con specifiche attrezzature. Questi strumenti vengono impiegati soprattutto per rilasciare l'omologazione dei campi in erba sintetica, ma vengono altresì utilizzati sulle superfici naturali al fine di valutarne le caratteristiche e per fare dei confronti tra le due tipologie. Oltre al rilascio della omologazione questi test servono alla FIFA per classificare il

terreno di gioco con un valore che va sotto il nome di “campo a 1 stella o 2 stelle”. Un campo a 2 stelle sarà idoneo ad ospitare una finale di Coppa del Mondo o di Champions League, invece un campo a 1 stella potrà ospitarne solo le fasi preliminari delle suddette competizioni. I test esaminano le seguenti caratteristiche nate per:

- interazione tra palla e superficie;
- interazione tra atleta e superficie.

L'interazione tra la palla e la superficie **BALL / SURFACE INTERACTION**

interessa la misurazione di caratteristiche quali:

- rimbalzo verticale della palla;
- rimbalzo laterale della palla;
- rotolamento della palla.



Characteristics	Test Method	Test Conditions	FIFA RECOMMENDED **	FIFA RECOMMENDED *
Vertical Ball Rebound	FIFA 01/05-01	...	60 cm – 85 cm	60 cm – 100 cm
Angled Ball Behaviour	FIFA 02/05-01	Dry	45 % – 60 %	45 % – 70 %
		Wet	45 % – 80 %	45 % – 80 %
Ball Roll	FIFA 03/05-01	Initial assessment	4 m – 8 m	4 m – 10 m
		After 12 months	4 m – 10 m	

Figura n°5 . FIFA, interazione palla/superficie

L'interazione tra l'atleta e la superficie riguarda la misurazione di:

- assorbimento degli urti (Clegg);
- deformazione verticale (compattazione suolo);
- resistenza alla torsione del piede;
- resistenza allo scivolamento (test di decelerazione e accelerazione);
- abrasione/frizione verso la pelle del giocatore

PLAYER / SURFACE INTERACTION



FIELD TESTS – TEST SCHEDULE AND REQUIREMENTS

Characteristics	Test Method	Test Conditions	FIFA RECOMMENDED **	FIFA RECOMMENDED *
Shock Absorption	FIFA 04/05-01	Flat foot – mean 2° / 3° Impact	60 % – 70 %	55 % – 70 %
Vertical Deformation	FIFA 05/05-01	Flat foot – mean 2° / 3° Impact	4 mm – 8 mm	4 mm – 9 mm
Rotational Resistance	FIFA 06/05-01	...	30 Nm – 45 Nm	25 Nm – 50 Nm
Linear Friction – Stair Deceleration Value	FIFA 07/05-01	...	3.0g – 5.5g	3.0g – 6.0g
Linear Friction – Stair Slide Value	FIFA 08/05-01	...	130 – 210	120 – 220

Figura n°6 . FIFA, interazione atleta/superficie

I tecnici FIFA, per ognuna di queste

caratteristiche attraverso l'impiego delle attrezzature specifiche in determinate condizioni (umidità, T° etc), effettuano i rilievi; i valori rilevati devono rientrare nel range stabilito dalla FIFA (ad esempio, il valore di resistenza alla torsione, per un tappeto erboso sintetico deve oscillare tra 30 Nm e 45 Nm per campi a due stelle e tra 25 Nm e 50 Nm per quelli a una stella) al fine di dare l'omologazione del tappeto erboso. Per il test della resistenza alla trazione, il principio si basa sulla misura della forza richiesta per far ruotare un piede testatore caricato a contatto con la superficie e ciò che viene calcolato è la resistenza alla torsione. Lo strumento è provvisto di:

- un piede testatore fornito di un disco in acciaio del diametro di 145 ± 1 mm con sei tacchetti da calcio posti a 46 ± 1 mm dal centro ed equidistanti tra loro;
- un'impugnatura per sollevare lo strumento;
- una chiave dinamometrica meccanica con una capacità compresa tra 0 e 80 Nm;
- una serie di dischi posti su quello dotato di tacchetti per un peso complessivo totale dello strumento di 46 ± 1 kg;
- lo strumento va rilasciato da un'altezza non inferiore a 60 mm.

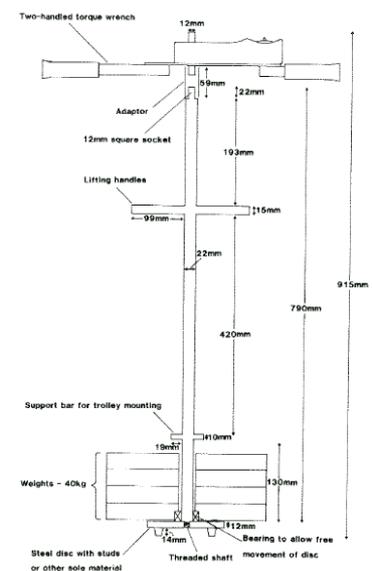


Figura n°7 . Schema del Torsiometro di Canaway-Bell

Prima di eseguire il test bisogna ripulire il piede testatore da eventuali detriti e assicurarsi che lo stesso sia libero di muoversi. La chiave dinamometrica va azzerata e si lascia cadere lo strumento dall'altezza su indicata senza imprimere nessuna forza verticale. La chiave dinamometrica va fatta girare di 180° minimo alla velocità di 12 giri/minuto. La resistenza alla trazione è stato il tester di questa attività di ricerca svolta per comprendere meglio le differenze tra le specie impiegate nei

campi da calcio e football americano, sottoponendole allo studio del comportamento e delle risposte (trazione compresa) sotto diversi livelli di ombra (naturale e artificiale).

APPARATUS FOR MEASURING TRACTION AND FRICTION



FIGURE 3.

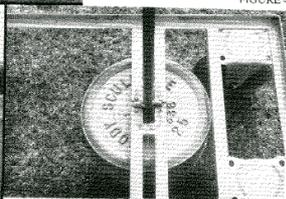


FIGURE 4.



FIGURE 5.

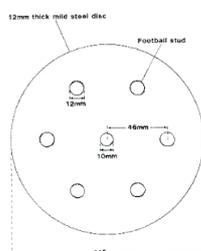


Figura n°8 . Primi esempi di torsimetri

TORSIONE E TRAZIONE

In base allo sport praticato su una determina superficie, la trazione assume una maggiore o minore importanza. Nel calcio o nel football americano il giocatore è soggetto a maggiori sforzi di trazione, scivolate e cadute (*Serensits, 2014*), quindi la trazione richiesta sarà superiore rispetto a quella richiesta in un campo da golf, dove invece assume maggiore importanza la caratteristica di rotolamento della palla (a riguardo esiste uno strumento, lo Stimpmeter, *USGA*). Quindi, nel primo caso una scarsa trazione comporterebbe una maggiore probabilità di perdita di trazione del piede di appoggio del giocatore con conseguente scivolata o, viceversa, una eccessiva trazione con il rischio di infortuni.

Qui è necessaria una distinzione tra:

- Trazione: termine usato per le scarpe provviste di tacchetti (es. calcio, rugby, golf)
- Frizione : impiegato per scarpe con suola liscia o con battistrada (es. tennis). La frizione va intesa come attrito offerto dalla superficie al giocatore, tramite ovviamente la suola della scarpa.

Secondo McNitt (*McNitt et al., 1997*) l'atleta interagisce con la superficie in due modi:

- attraverso l'impatto
- attraverso le scarpe

Riguardo l'interazione atleta-scarpe-superficie, molti termini sono stati impiegati per descrivere l'azione e includono il *grip*, *shear strength*, *frizione*, *abrasione* e *trazione*. Secondo Bell (*Bell et al., 1985*) il termine trazione può essere usato solo quando le scarpe da gioco, provviste di tacchetti venivano in contatto con il tappeto erboso. La frizione invece descrive il fenomeno che comporta, o meno, lo scivolamento di un corpo su un altro; la forza tangente alla superficie di contatto che fa resistenza al movimento di un corpo su un altro è definita frizione. Il coefficiente di frizione è definito come il rapporto tra la massima forza di frizione e la normale forza di frizione tra le due superfici.

La trazione può essere distinta in "lineare" e "rotazionale". McNitt (*McNitt 1997*) fa chiarezza su questa differenza;

- trazione lineare: Gramckow (*Gramckow et al., 1968*), definisce la trazione lineare come la forza necessaria per spingere una lastra chiodata su una superficie; Milner (*Milner, 1972*) in maniera molto simile a Gramckow ha valutato la trazione lineare con un "Instron tensile test machine" per misurare la forza necessaria per iniziare e mantenere un corpo in movimento. Infine la ASTM (American society for testing and Materials) ha stabilito uno *Standard Test Method for Static Coefficient* provvisto di scarpe posizionate su una tavola con differenti superfici;
- trazione rotazionale: questo tipo di trazione ha avuto una maggiore attenzione rispetto alla precedente; il principio si basa sulla misura della forza necessaria per far ruotare un corpo su se stesso posto su una superficie. In questo caso, quindi, parliamo di **Torsione**.

TECNICHE DI MISURA DELLA TORSIONE

Come riassunto da Bell (*Bell 1985*) il primo studio sulla resistenza allo strappo è datato 1968 (*Stuurman et al., 1968, Stuurman 1969*). Lo strumento che impiegarono era provvisto di un braccio a pendolo oscillante alla cui base vi era una piastra con dei tacchetti. Il pendolo veniva lasciato cadere da una posizione orizzontale e la resistenza allo strappo era data dalla misura in termini di perdita di energia del pendolo, una volta venuto a contatto con la superficie del tappeto erboso. Anche Torg (*Torg et al., 1973*) fece prove di misura della trazione; misurò la quantità di momento necessario per far ruotare varie scarpe su tappeto erboso naturale e artificiale; la misura si serviva appunto di scarpe e una chiave dinamometrica. Nel 1975 Canaway (*Canaway, 1975*) diede avvio a quello che è ormai, se pur con notevoli modifiche, lo strumento impiegato per la misura della resistenza allo strappo. I tacchetti vennero fissati a un disco a formare angoli di 60° e distanti dal centro a raggi diversi. Nel 1985 Bell (*Bell 1985*), modificò lo strumento di Canaway disponendo sei tacchetti sul disco, distanti 46 mm dal centro dello stesso. Canaway effettuò dei confronti tra il suo e lo strumento di Bell avvalendosi di un “coefficiente di paragone”, ovvero 1 Nm di Bell è pari a 0,826 Nm di “Canaway 1975” (cioè 1 Nm di “Canaway 1985” è uguale a 0,826 Nm di “Canaway 1975”) (*Canaway, 1985*). La Sport Council/Football Association attraverso delle prove di trazione è giunta al risultato che:

- con valori bassi di trazione l'atleta perde equilibrio sul piede di appoggio;
- viceversa, valori massimi di trazione assicurano un'ottima presa, ma con il rischio di aumentare lesioni muscolo- scheletriche.

Nel 1966 presso lo stadio di Astrodome in Texas venne realizzato per la prima volta a livello professionistico, una struttura interamente coperta dove si ebbe la necessità di installare un tappeto erboso sintetico. Tuttavia sin da subito, si capì che il tappeto erboso sintetico differiva dal naturale, infatti si registrò un incremento di lesioni tra i giocatori dell'American Football [*Bell 1985*

(*Bramwell et al. 1972*)] e tutto ciò spinse i ricercatori ad approfondire gli studi sull'influenza della superficie sulle lesioni muscolo-scheletriche degli atleti. Nel 1975 Canaway (*Canaway 1975, Canaway et Bell 1985, Canaway 1985*) realizzò uno strumento che gli permise di misurare la resistenza alla torsione. L'apparecchio era formato da:

- un disco in acciaio di 15 cm di diametro;
- tacchetti inseriti sul disco;
- disco forato al centro su cui veniva inserita un'asta lunga 32 cm;
- un manico orizzontale;
- il peso complessivo di 47,8 kg

Lo strumento veniva lasciato cadere da un'altezza di pochi cm, garantendo la penetrazione dei tacchetti nel tappeto erboso.

- chiave di torsione per misurare la torsione;
- presenza di dischi privi di tacchetti per la misura della frizione (in questo caso l'apparecchio non veniva lasciato cadere, ma necessitava del solo contatto disco/tappeto erboso).

Lo strumento realizzato da Canaway mise subito in chiaro alcuni svantaggi che andavano migliorati:

- nacque inizialmente per misurare la compattazione del suolo e solo successivamente venne adattato per misurare la trazione;
- i tacchetti inseriti sul disco non erano equidistanti tra loro e dal centro;
- 32 cm di asta non erano sufficienti per rendere agevole l'operazione di spostamento;
- la chiave di torsione, avendo un solo manico, rendeva difficoltoso tenere l'apparecchio perpendicolare alla superficie durante le misure;
- lasciando cadere l'apparecchio da altezze diverse, si pensava che la profondità di penetrazione dei tacchetti cambiava, per cui la lettura dei dati risultava falsata.

Nel 1985 Winterbotton progettò un nuovo strumento in cui la forza fornita dal peso dei dischi venne sostituita da una molla (a lunghezza standard) compressa dal peso dell'operatore. Essendo la molla sensibile al peso dell'operatore, era ovvio che al cambiare del peso dell'operatore cambiava la misura e questo era uno svantaggio molto penalizzante.

Nel 1985 Bell (Canaway e *Bell*, 1985), sulla base dell'apparecchio di Canaway, realizzò un nuovo strumento che tutt'oggi viene impiegato per la misura della torsione del tappeto erboso. Le caratteristiche di questo strumento sono le seguenti:

- chiave dinamometrica con 2 manici posta a circa 90 cm da terra in modo da avere una maggiore maneggevolezza durante le misure;
- presa per il sollevamento per facilitare il trasporto;
- tacchetti inseriti nel disco equidistanti tra loro e dal centro;
- impiego di diversi tacchetti con la possibilità di confrontarli e di applicarlo su diverse tipologie di tappeti erbosi;
- dischi per tappeti erbosi sintetici (dischi a superficie liscia);
- presenza di un carrello trasportatore e se provvisto di sbarra di supporto si ha pure la standardizzazione dell'altezza di caduta;
- altezza di caduta 6 cm;
- chiave dinamometrica con scala da 0 a 90 Nm;
- altezza tacchetti 14 mm;
- diametro tacchetti 10 mm;
- distanza tacchetti-centro del disco è di 46 mm;
- diametro disco è 145 mm;
- altezza disco 12 mm;
- peso che grava sul disco è di 40 Kg (4 pesi da 10 kg cadauno) escluso altre parti.

- PENNFOOT: alla PennState University (*McNitt et al., 1997*) è stato realizzato una versione più avanzata e tecnologica del Torsiometro. Il Pennfoot è costituito da due telai, uno interno e l'altro esterno. Il telaio interno porta il sistema gamba-scarpa, quello esterno invece è provvisto di ruote per lo spostamento. Nella parte terminale della gamba la scarpa è intercambiabile in modo tale da poterne testare diverse. Lo strumento misura sia lo sforzo di trazione orizzontale che rotazionale, entrambi tramite sistemi a pressione (ad aria o idraulico). Con Pennfoot si può simulare lo sforzo di trazione sotto diversi pesi, infatti il carico può essere modificato tramite il sistema a pressione.



Foto n°2 . PennFoot, PennState University

- TAFT, Tennessee Athletic Field Tester (*Sorochan et al., 2003*): presso la University of Tennessee è stato realizzato questo strumento grazie alla collaborazione con una ditta di tappeti erbosi artificiali, la AstroTurf. La collaborazione è nata per migliorare i tappeti erbosi sintetici, con lo scopo di renderli più vicini a quelli naturali. Il TAFT è



Foto n°3 . Tennessee Athletic Field Tester

forze orizzontali e verticali. Gli atleti esercitano molti movimenti con interazione di forze da e verso la superficie, comprese, appunto, forze orizzontali e verticali (*Kuhlman et al. 2010*). TAFT ha un sistema pneumatico tramite il quale si possono regolare le pressioni con cui la scarpa andrà a impattare la superficie e quindi simulare pesi differenti di atleti (75 kg, 85 kg, e 95 kg, tre velocità orizzontali 500 mm s^{-1} , 750 mm s^{-1} , and 1000 mm s^{-1}). La forza verticale è data dalla resistenza che il tappeto erboso offre alla scarpa quando questa lo impatta; la forza orizzontale invece è la resistenza che la superficie oppone alla scarpa durante la sua corsa lungo la superficie. Il TAFT prevede un secondo organo tramite il quale si misura la resistenza alla trazione. E' uno strumento

più avanzato e completo rispetto ai precedenti, visto che le misure sono tre: forza verticale, orizzontale e sforzo da torsione.

CARATTERISTICHE INFLUENTI SULLA RESISTENZA ALLA TORSIONE

I fattori che influenzano lo sforzo di torsione sono:

- specie
- altezza di taglio
- umidità substrato
- substrato
- feltro
- altezza di lancio
- tacchetti/scarpa

Specie

La scelta delle specie da tappeto erboso ad uso sportivo viene principalmente effettuata sulla base della loro resistenza al logorio ed alla capacità di recupero. Queste sono caratteristiche che non tutte le specie da tappeto erboso presentano in maniera tale da assicurare il mantenimento della qualità della superficie, partita dopo partita, e pertanto il numero di specie a disposizione del gestore (groundman) diminuiscono. In Italia, fino a qualche decennio addietro venivano impiegate specie microterme (C₃) assicurandosi una buona qualità del tappeto erboso durante il periodo autunno-vernino. I periodi critici erano la tarda estate e la tarda primavera che coincidevano, rispettivamente, con l'inizio e fine stagione sportiva. Nel 1997 presso lo stadio Olimpico di Roma venne usata la tecnica della trasemina di specie microterme su macroterme. La ditta che realizzò il lavoro fu la Bindi la quale impiantò delle zolle che di 0,6 m circa di larghezza per 16 m di lunghezza di bermudagrass (specie macroterma), cultivar Tifway 419, un ibrido ottenuto dall'incrocio tra due

specie di Cynodon: il Cynodon dactylon x il Cynodon transvalensis. La trasemina (overseeding) veniva eseguita nel periodo autunnale con il Lolium perenne (microterma) su una specie macroterma già presente. Da quel momento in poi altri campi di calcio hanno seguito questa novità. Infatti questa tecnica oramai si è diffusa molto in Italia, vedi ad esempio il “Marassi” di Genova e il “Renzo Barbera” di Palermo. Il risultato ottenuto mostra un chiaro miglioramento del tappeto erboso durante l'inizio e fine stagione calcistica, dato che il loietto in purezza non assicurerebbe una superficie da gioco. Sul fronte della resistenza alla torsione, è chiaro che cambia in base alla specie, al miscuglio ed al blend. Le differenze sostanzialmente sono date dall'habitus di crescita il quale nelle specie da tappeto erboso può essere a portamento cespitoso, rizomatoso e/o stolonifero. La presenza di rizomi e/o stoloni è determinante per conferire una maggiore resistenza alla torsione; ad esempio la bermudagrass con portamento stolonifero e rizomatoso avrà una maggiore resistenza alla torsione rispetto al loietto (cespitoso).

Altezza di taglio

“Il taglio è la più importante pratica culturale che viene applicata al tappeto erboso” (*Panella et al., 2006*). L'altezza e la frequenza di taglio nell'erba di un campo da calcio dipende dal tipo di specie impiegata, ovvero dalla capacità della specie di crescere nell'unità di tempo; l'altezza varia tra i 20 e 35 mm con una frequenza da 1 a 3 volte per settimana. Il taglio risulta essere uno stress per la pianta e ne influenza molti aspetti morfo-fisiologici, ma come dimostrato da McNitt (*McNitt et al., 2004*) anche la resistenza alla torsione è influenzata dall'altezza di taglio. McNitt, mise a confronto diverse specie con altezze di taglio differenti (da 23 mm a 76 mm) e ne misurò la resistenza alla torsione. I risultati diedero dei valori di resistenza alla torsione decrescenti man mano che l'altezza di taglio aumentava: quindi a una maggiore altezza di taglio corrispondeva una minore resistenza alla torsione. Le differenze sono state minime e quasi trascurabili, ad esempio il valore di resistenza a 3,8 cm era di 23,8 Nm contro i 22,6 Nm a 6,1 cm (dati ottenuti con il metodo Canaway/Bell).

Quindi se la trazione aumenta al diminuire dell'altezza di taglio (come riportato dallo stesso McNitt) ciò può essere giustificato dalla frequenza di taglio (maggiore per altezze di taglio minori) che influenza, a sua volta, la densità dei culmi, aumentandola; una maggiore densità comporta una maggiore resistenza alla torsione.

Umidità del substrato

La penetrazione del torsiometro, o dei tacchetti, della scarpa dell'atleta dipende molto dal grado di umidità del suolo; ad un maggiore affondamento della scarpa nel suolo corrisponde uno sforzo di trazione maggiore. Questo caso si verifica spesso durante le partite sotto la pioggia con il "terreno pesante"; in queste condizioni il dispendio di energie sarà superiore, appunto per un affondamento maggiore della scarpa. Ovvio che a sua volta il tutto dipenderà dal peso del giocatore. Un terreno umido può essere anche causa di perdita di trazione in quanto la presenza di acqua facilita lo scivolamento.

Substrato

Il profilo di un tappeto erboso segue dei principi ben precisi in base alla sua destinazione d'uso. Particolare attenzione deve essere prestata alla capacità di drenaggio del suolo; infatti il ristagno idrico, oltre a comportare asfissia radicale, va ad alterare la giocabilità del tappeto erboso. Man mano che un tappeto erboso viene giocato perde le sue migliori capacità di drenaggio, in quanto il continuo calpestamento comporta la compattazione del suolo; un suolo compattato non permette la giusta infiltrazione dell'acqua, quindi alla compattazione corrisponde una maggiore umidità del suolo che sfavorisce a sua volta l'approfondimento dell'apparato radicale e quindi una minore resistenza alla torsione. Il tipo di influenza che ha il substrato sulla trazione è di tipo indiretta visto che influenzando l'umidità del suolo rallenta lo sviluppo dell'apparato radicale.

Altezza di lancio

La forza peso secondo Newton è uguale al prodotto della massa del corpo per l'accelerazione di gravità. Aumentando la massa aumenta la forza peso. L'altezza da cui doveva essere lasciato cadere il torsionometro fu centro di dibattito; Bell (*Bell et al., 1985*) modificò lo strumento di Canaway sotto molti aspetti tra cui anche l'altezza di lancio. Bell scelse come altezza di lancio quella di 6 cm, in quanto secondo lui aveva influenza sul dato letto. Essendo l'altezza da cui può essere lanciato lo strumento, senza perderne maneggevolezza da parte dell'operatore, molto bassa, Bell decide di standardizzarla, così da evitare differenze attribuibili a questo parametro. Durante i miei studi sulla tesi di laurea ho avuto modo di provare diverse altezze di lancio sul sintetico, quindi la scelta è stata fatta su una superficie il più uniforme possibile. Misurando la resistenza alla torsione su altezze di 6, 12 e 20 cm i valori hanno oscillato in un range variabile da 50 a 80 Nm, indipendentemente dall'altezza di lancio, quindi ciò conferma che la scelta di Bell fu per standardizzare la prova.

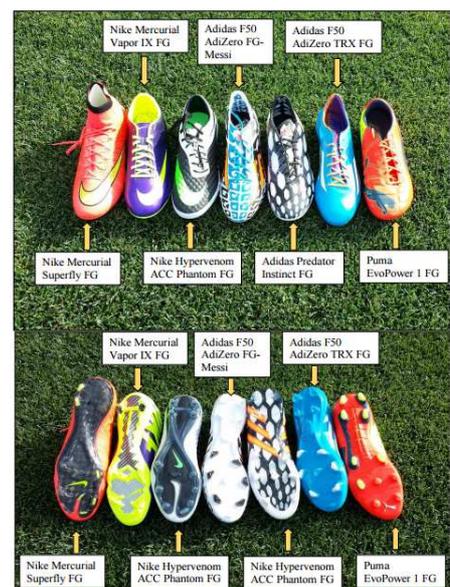
Scarpa

Lo studio della torsione si è basata spesso sul confronto tra le superfici che interagiscono (torsionometro vs tappeto erboso), ovvero come cambiavano i dati di torsione al variare delle caratteristiche di una delle superfici. Modificando i tacchetti nella scarpa del giocatore, si potrebbe abbassare l'influenza del rischio di infortuni (*Smeets et al., 2012*). Serensits (*Serensits, 2014*) ha testato 8 paia di scarpe differenti su 4 superfici con 3 pesi di atleti diversi. Le scarpe impiegate per il test sono state: Nike Zoom Vapor Carbon Fly TD, Nike Air Zoom Blade Pro TD, Nike Air Zoom Apocalypse IV, Nike Air ZOOM Blade D, Nike Vapor Jet TD, Nike Air Destroyer 5/8, Nike Air Zoom Turf, Adidas Scorch Thrill FieldTurf; le superfici usate sono state: 3 sintetici AstroTurf GameDay Grass 3D, FieldTurf Revolution, Sportex Omnigrass 51 e un naturale di *Poa pratensis*. I risultati hanno dato valori di maggiore trazione all'aumentare del peso; le 4 superfici hanno dato valori che tra il più basso e il più alto si sono differenziati di 3.8 Nm e la *Poa* ha dato il secondo

valore più alto dietro al FieldTurf Revolution; la scarpa che ha dato il valore più alto, come media su tutte e quattro le superfici, è stata la Nike Air Zoom Apocalypse IV. Statisticamente la differenza delle medie di ciascuna scarpa su tutte e quattro le superfici è stata significativa, invece i valori più alti dell'interazione scarpa superficie non lo sono stati. Il risultato ha dimostrato come la scarpa ha una maggiore influenza sulla trazione rispetto alla superficie e al peso dell'atleta, addirittura 4 volte più grande rispetto all'influenza della superficie.

Test sulle scarpe usate dei calciatori durante i Mondiali in Brasile 2014

"Quando un atleta accelera, si ferma e cambia direzione, ci sono numerose forze trasmesse agli arti inferiori e il punto di contatto tra le scarpe dell'atleta e la superficie è stata indicata come il fattore che contribuisce maggiormente agli infortuni del sistema muscolo-scheletrico degli arti inferiori. Sono soprattutto le alte forze di torsione a favorire gli infortuni" (*Torg et al., 1974*). Nel 2014 McNitt (*McNitt, 2014*) ha voluto testare sette paia di scarpe usate durante il Mondiale in Brasile servendosi del PennFoot (*McNitt et al., 1997*), su due superfici diverse, una naturale e un sintetico. Lo scopo dello studio è stato quello di capire le differenze tra le varie tipologie di scarpe e con le



superfici. McNitt precisa che ad oggi non è chiaro quale sia il livello

Figura n°9 . Scarpe impiegate nel test

di sicurezza e non sicurezza per i valori di trazione, ma che alti valori di trazione sono correlati a infortuni (*Lamson et al., 1996*), viceversa i bassi valori di trazione comportano perdita di stabilità e quindi scivolamento. Hirsh (*Hirsh et al., 1965*), usando gli arti inferiori di un cadavere, hanno dimostrato che il valore massimo di torsione che un ginocchio può sopportare è di 75 Nm sotto un

peso normale di 1000 Netwon. Le scarpe testate sono state: Nike Mercurial Vapor IX FG, Adidas F50 AdiZero FG-Messi, Adidas F50 AdiZero TRX FG, Nike Mercurial Superfly FG, Nike Hypervenom ACC Phantom FG, Adidas Predator Instinct FG, Puma EvoPower 1 FG; le due superfici: uno naturale in *Poa Pratensis* e uno artificiale Field Turf Revolution. Il range sulla superficie sintetica è stato da 56.6 a 63.5 Nm, mentre sulla *Poa* da 55.9 a 61 Nm. Alla Pennstate University hanno realizzato un database sulla trazione consultabile al seguente link <http://plantscience.psu.edu/research/centers/ssrc/traction-database> (Pennstate University).

PARTE SPERIMENTALE I

Scopi della ricerca

Lo scopo di questa prima parte di attività sperimentale è stato quello di analizzare, nello spazio e nel tempo, la resistenza alla torsione su un tappeto erboso sportivo. Lo studio è stato condotto presso il campo da calcio dello stadio "Renzo Barbera" di Palermo durante la stagione calcistica 2012-2013 e 2013-2014, dove disputa le partite la U.S. Città di Palermo. Chiaramente non si tratta di parcelle sperimentali gestite dal gruppo di ricerca, ma di una attività svolta in pieno campo che non garantisce la uniformità tra le aree di saggio (parcelle) dove tutti gli interventi colturali vengono effettuati secondo la volontà e le esigenze del manutentore. La torsione, come dimostrato da Otago (*Otago L. et al., 2007*) varia all'interno del campo, rendendo il campionamento più complicato. La resistenza alla torsione, come visto in precedenza, è influenzata da diversi fattori tra cui l'ombra la quale induce delle modifiche morfo-fisiologiche alla pianta che vanno a loro volta a influenzare parametri come la resistenza alla torsione.

Clima. In base alle medie climatiche del trentennio 1971-2000 (stazione meteo di Boccadifalco), la temperatura media del mese più freddo, febbraio, è di +11,5 °C, mentre quella del mese più caldo, agosto, è di +26,6 °C; mediamente si contano zero giorni di gelo all'anno e 46 giorni con temperatura massima uguale o superiore ai +30 °C. I valori estremi di temperatura registrati nel medesimo trentennio sono gli 0,0 °C di gennaio 1999 e i +45,2 °C di agosto 1999. Le precipitazioni medie annue si attestano a 817 mm, mediamente distribuite in 81 giorni di pioggia. L'umidità relativa media annua fa registrare il valore di 62,3 % con minimo di 57 % a luglio e massimi di 67 % a dicembre e a gennaio; mediamente si contano zero giorni di nebbia all'anno. Di seguito è riportato l'andamento climatico dei due anni di studio, tale per rendersi conto dell'ambiente climatico in cui abbiamo lavorato.

ANDAMENTO CLIMATICO PALERMO 2012-2013

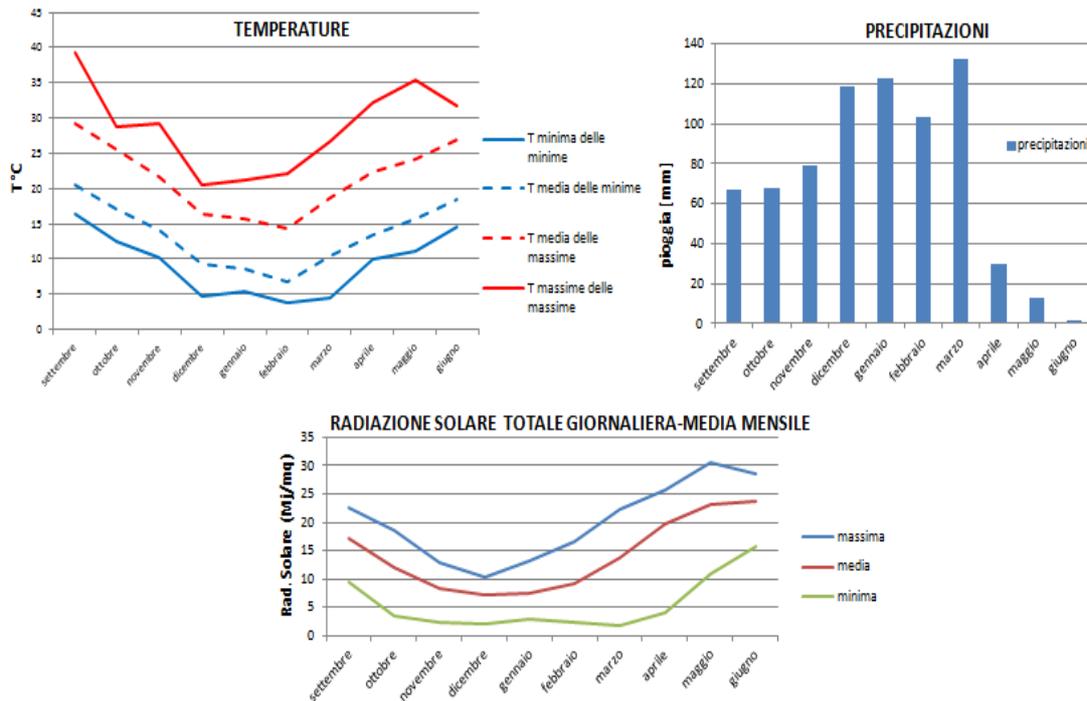


Grafico n°1 . Andamento climatico, Palermo, 2012-2013. Dati elaborati da Fonte SIAS

ANDAMENTO CLIMATICO PALERMO 2013-2014

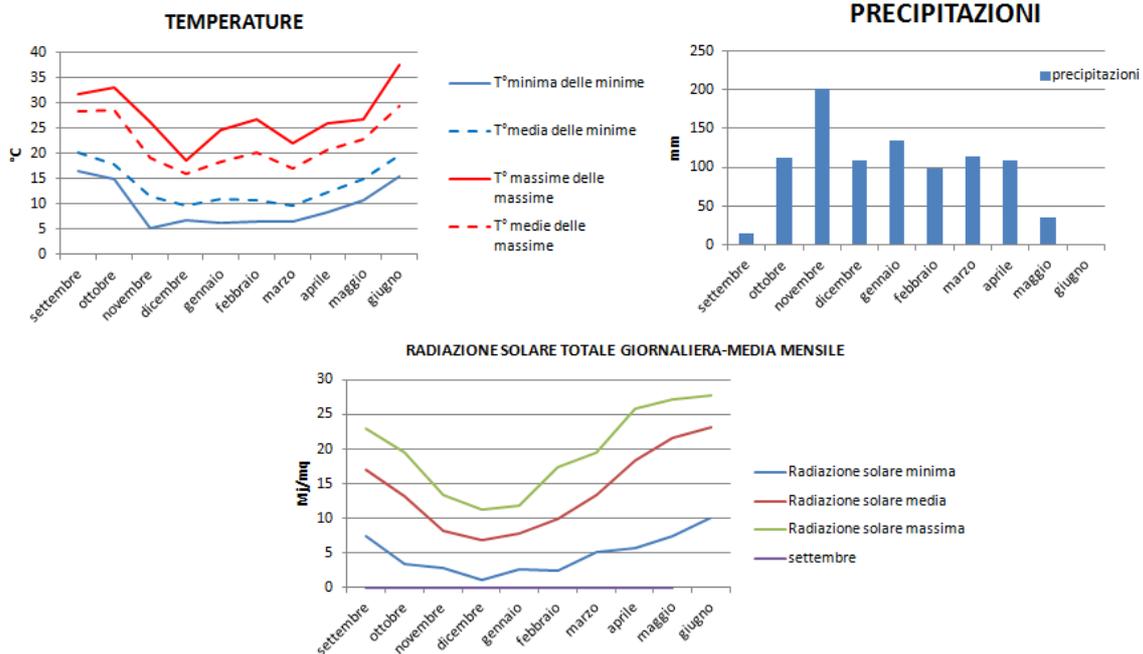


Grafico n°2 . Andamento climatico, Palermo, 2013-2014. Dati elaborati da Fonte SIAS

Suolo. Dalle analisi chimico-fisiche del suolo effettuando il prelievo di 9 campioni e caratterizzando ognuno di questi per lo strato 0-5 cm, 5-10 cm e 10-15 cm, è risultato che più del 90% è rappresentato da sabbia (vedi tabella n°1). Il pH risulta essere neutro, nello specifico si sono

avuti i seguenti valori (valori medi): per lo strato 0-5 cm pH 6,9 , per lo strato 5-10 cm pH 7, per quello 10-15 cm pH 7,2.

0-5 cm classificazione USDA	Argilla	0,8
	Limo	3,6
	Sabbia	95,7
5-10 cm classificazione USDA	Argilla	0,8
	Limo	5,6
	Sabbia	93,7
10-15 cm classificazione USDA	Argilla	0,8
	Limo	6,3
	Sabbia	92,9

Tabella n°1 . Granulometria secondo la classificazione USDA- strato 0-5 cm; 5-10 cm; 10-15 cm. Valori espressi in %. Argilla (< 0.002 mm); Limo (0.002-0.05 mm); Sabbia (0.05-2 mm)

diametro (mm)	media strato 0-5 cm	media strato 5-10 cm	media strato 10-15 cm
2	0,0	0,0	0,0
0,85	17,9	6,0	1,9
0,425	24,5	11,1	6,6
0,25	27,0	27,7	23,7
0,106	27,9	47,8	56,5
0,074	2,5	6,8	10,5
fondo	0,3	0,7	0,7

Tabella n°2 . Media granulometria secondo lo strato 0-5 cm; 5-10 cm; 10-15 cm. Valori espressi in %

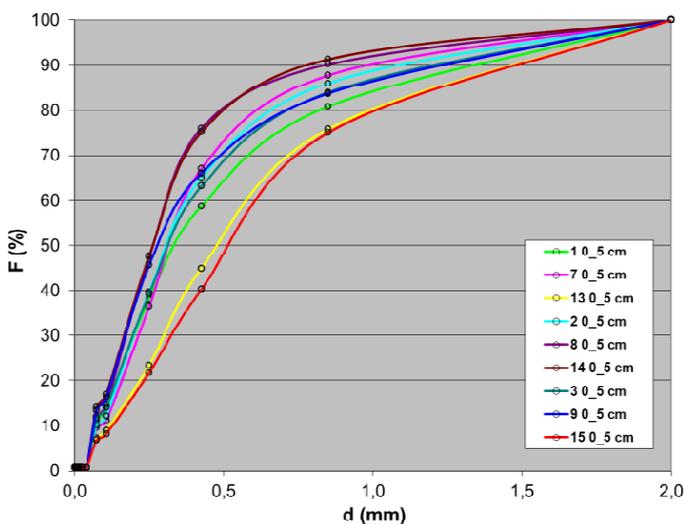


Grafico n°2. Campioni strato 0-5 cm, frequenza dei diversi diametri granulometrici

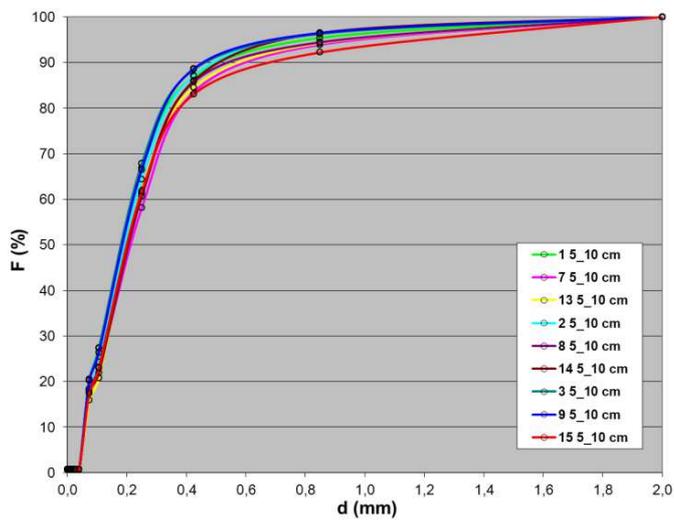


Grafico n°3. Campioni strato 5-10 cm, frequenza dei diversi diametri granulometrici

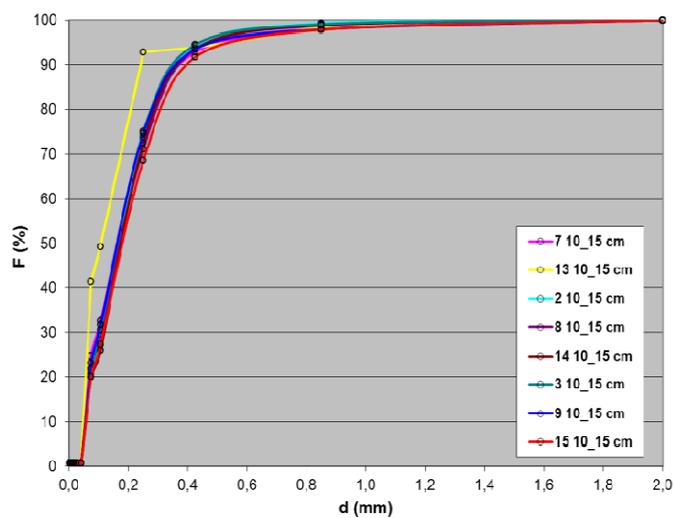


Grafico n°4. Campioni strato 10-15 cm, frequenza dei diversi diametri granulometrici

Le specie. Le specie impiegate nel settore sportivo debbono soddisfare specifiche esigenze. Il tipo di sport e il clima sono gli aspetti fondamentali sulla scelta. Per il clima la scelta ricade tra le specie micro- e/o macroterme. In Italia alcuni stadi da calcio ricorrono alle prime per tutto l'anno; in altri si procede con la trasemina di microterme su una base di macroterma. Le specie devono, comunque, offrire una elevata resistenza al calpestamento e notevole capacità di recupero. Nel nostro caso specifico il tappeto erboso era così formato:

- una base di macroterma, *Cynodon dactylon* var. Riviera; la Riviera è una varietà con alta capacità di resistenza al calpestamento, alle alte temperature, alla siccità e con ottima velocità di insediamento e di recupero; la chiameremo per comodità Habitus 1;

- ogni autunno veniva effettuata la trasemina (overseeding) di microterma costituito da un miscuglio di varietà loietto e poa (75% Lolium perenne e 25 % Poa pratensis, in peso); la chiameremo Habitus 2; in particolare:

- 25% Lolium perenne var. Fiesta 4
- 25% Lolium perenne var. Top Gun
- 25% Lolium perenne var. Accent
- 15% Poa pratensis var. Nuglade
- 10% Poa pratensis var. Impact



Foto n°4. Miscuglio di microterme traseminate allo stadio di Palermo e seminatrice

Il loietto, grazie alla sua elevata velocità di germinazione, garantisce una copertura veloce (3-4 giorni per la germinazione), e la poa per merito dei rizomi dona robustezza e resistenza alla zolla.

Gestione agronomica. . Il taglio effettuato a 2.8 cm, con una frequenza dettata dal ritmo di crescita e dal calendario delle partite. La concimazione prevedeva un intervento a cadenza di 30-40 giorni; le quantità distribuite ad ogni intervento sono state di circa 80 kg/ha di N, 55 kg/ha di P₂O₅ e 40 kg di K₂O. Le trasemine con il miscuglio di microterme venivano effettuate a partire dal mese di ottobre in numero di tre con cadenza mensile; le dosi di semina hanno previsto ad ottobre e novembre 80g/m² di miscuglio, a dicembre 50g/m². La semina del Cynodon Dactylon, effettuata nei mesi di giugno o luglio ha previsto una dose di semina di 3g/m².

Nel mese di ottobre è stata effettuata una trasemina di microterme, la quale trasemina richiede una preparazione del tappeto erboso per garantire la riuscita della stessa. Si procede con un taglio con altezza inferiore ai 2.8 cm in modo tale da stressare la macroterma, successivamente si esegue un verticut che da una parte va a tagliare gli stoloni e dall'altra ad eliminare parte del feltro accumulatosi durante il periodo primaverile-estivo.

Schema sperimentale. Le misure del terreno di gioco sono di 105m*68m, diviso in tre fasce longitudinali di larghezza pari a 22.5 m: fascia prospiciente la tribuna (T) (alto ombreggiamento),

fascia di centrocampo (C) (medio ombreggiamento) e fascia prospiciente la gradinata (G) (basso ombreggiamento). Questa divisione spaziale è stata necessaria per rilevare le differenze, termini nella misura della torsione dovute all'atteso diverso grado di ombreggiamento. Ogni fascia, a sua volta, è stata suddivisa in 5 parcelle di 472.5 m^2 , per un totale di 3 livelli di ombra e 15 punti di rilievo. I 5 punti scelti per ogni fascia coincidono anche con aree del terreno di gioco ove generalmente si svolge una maggiore intensità di calpestamento, ovvero centrocampo, fondo campo laterale in cui avvengono i cross con forti battute di arresto e centro area di rigore. I dati, replicati tre volte, venivano registrati la mattina, dopo che la notte era stato irrigato il campo da gioco e, preferibilmente, anche il giorno dopo la partita

Simulazione ombra Stadio. Tramite l'uso del software SketchUp[®], è stata realizzata una simulazione della distribuzione del grado di ombreggiamento prodotto dalla copertura sovrastante la zona di tribuna sul tappeto erboso dello stadio. Prendendo in considerazione una data superficie sulla terra, l'ombra su di essa dipenderà dalla localizzazione, esposizione, giorno dell'anno e ora del giorno; quindi in base al periodo dell'anno e dell'ora avremo una proiezione dell'ombra diversa. Infatti, prendendo come esempio i due solstizi, ci rendiamo conto della differente proiezione dell'ombra sul tappeto erboso. La figura seguente mette in relazione il periodo dell'anno con le ore di ombra. La procedura seguita è stata la seguente:

- utilizzo del software SketchUp[®]
- divisione area di studio in tre fasce longitudinali e cinque trasversali per un totale di 15 parcelle
- ombra il primo e 16esimo giorno del mese per ogni ora si rilevava la presenza o meno di ombra; se la parcella era per metà ombreggiata si assumeva che per quell'ora fosse tutta all'ombra (cioè 1 ora di ombra). Le ore di ombra sono state calcolate a partire dall'alba per quel periodo sino al tramonto
- dai valori ricavati si otteneva la media mensile delle ore di ombra per ciascuna parcella- media della fascia.

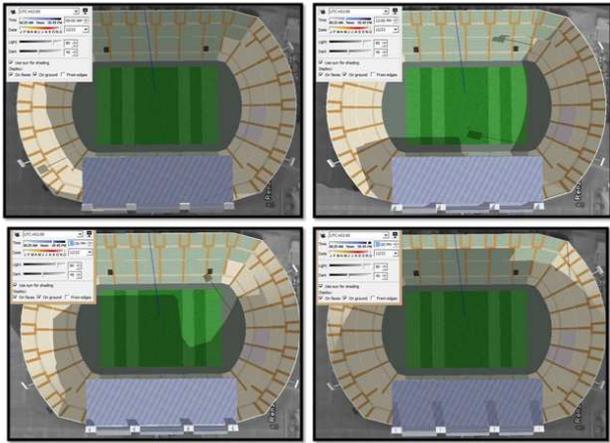


Figura n°10. Da sinistra in alto verso destra, livello di ombreggiamento al 22 di dicembre alle ore 9:00, 12:00, 15:00, 17:00 allo stadio Renzo Barbera di Palermo.

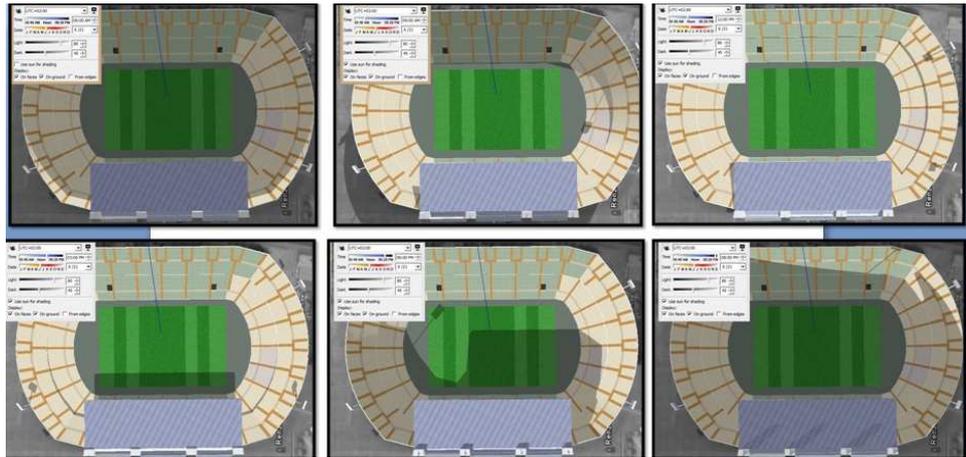


Figura n°11 . Da sinistra in alto verso destra, livello di ombreggiamento il 21 di Giugno per le ore 6:00, 9:00, 12:00, 15:00, 18:00 e 20:00 allo stadio Renzo Barbera di Palermo

Le ore di ombra calcolate sono state riportate nel grafico sottostante. Come si nota nel grafico n°5 è la fascia prospiciente la tribuna (T) ad accumulare più ore di ombra (meno ore di luce) rispetto al centrocampo (C) e l'area prospiciente la gradinata (G). Man mano che dall'inverno si passa alla primavera e all'estate le ore di ombra iniziano a diminuire grazie alla maggiore perpendicolarità del sole alla superficie terrestre nel nostro emisfero durante questo periodo.

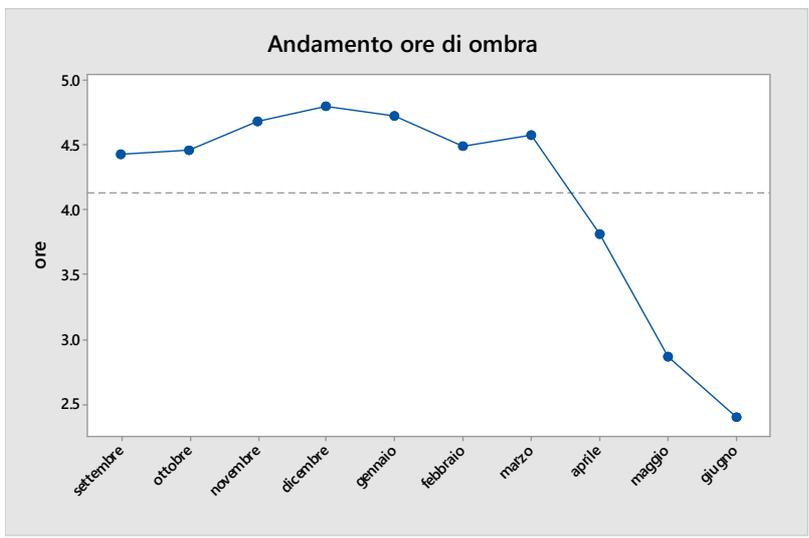


Grafico n°5 . Andamento delle ore di ombra durante la stagione di studio (Stadio Renzo Barbera)

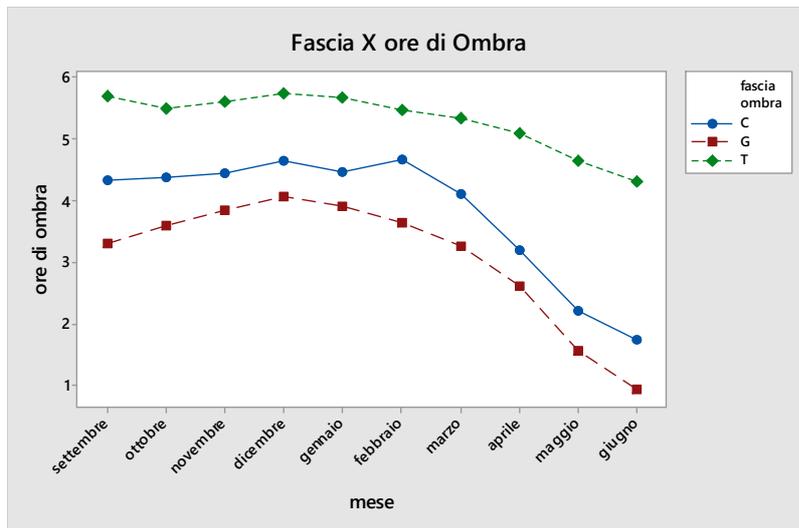


Grafico n°6 . Andamento delle ore di ombra durante la stagione di studio (Stadio Renzo Barbera) lungo le tre fasce

PAR (PHOTOSYNTHETICALLY ACTIVE RADIATION)

L'uso del radiometro (Licor Quantum LI-190SZ) ha permesso di conoscere i dati del PAR nelle diverse fasce, ovvero i livelli di ombreggiamento. Ogni inizio di stagione (in ordine autunno-inverno-primavera), il radiometro veniva fatto girare a cadenza oraria in nove punti del terreno di gioco. In ogni punto il radiometro stazionava per circa 5 minuti e il dato espresso in milli moli/m² s veniva mediato per lo stesso intervallo di tempo per poi essere



Foto n°5. Gennaio 2013, proiezione dell'ombra

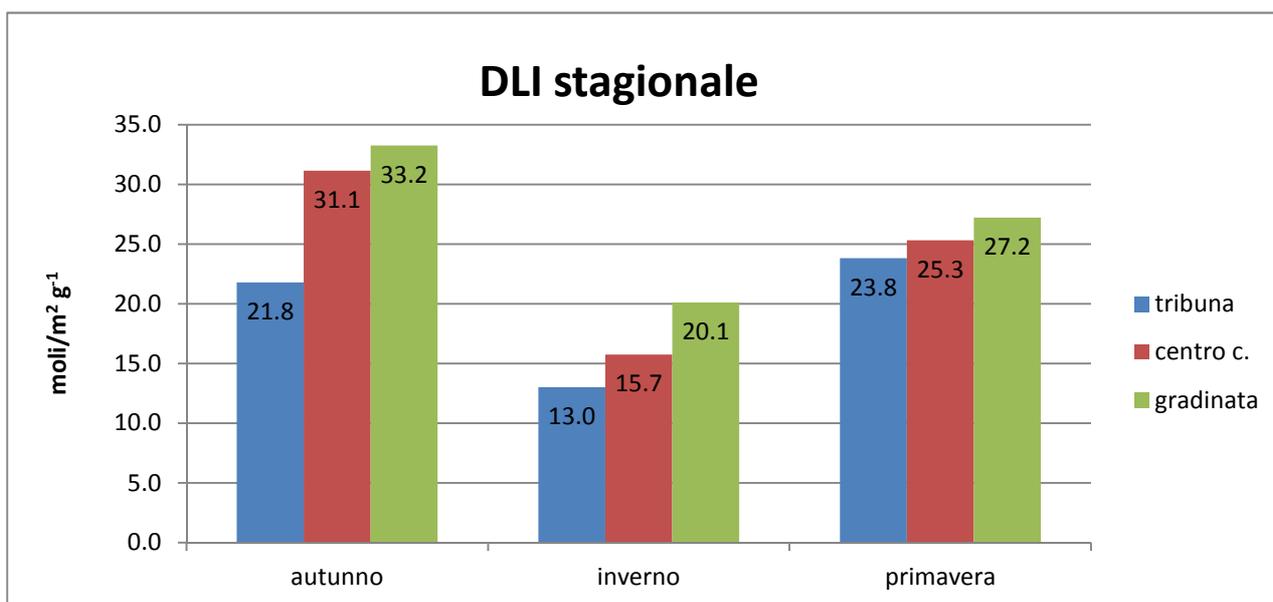


Grafico n°6 . Distribuzione del PAR nel tempo e nello spazio, presso lo Stadio Renzo Barbera, Palermo

espresso in $\text{moli/m}^2 \text{ s}$. Infine per ottenere il DLI (PAR giornaliero), si moltiplicava il PAR per 3600 (PAR orario), e successivamente si eseguiva la somma dei PAR orari. Come detto in precedenza, lo spettro di luce che le piante usano per la propria attività fotosintetica è il PAR. Le piante da tappeto erboso necessitano di una quantità di luce durante l'arco della giornata che equivale al DLI, ovvero la somma del PAR giornaliero. Come mostra il grafico, il PAR giornaliero a disposizione del tappeto erboso lungo le tre fasce per le tre stagioni è differente. Il picco massimo lo abbiamo avuto per la stagione autunnale e il picco minimo per quella invernale (non sono stati effettuati rilievi in estate). In tutti e tre le stagioni abbiamo registrato un PAR maggiore nella fascia prospiciente la gradinata, seguito dal centrocampo e tribuna. In autunno, il PAR medio della stagione nella fascia di gradinata è di 33.2 moli metro quadrato per giorno, e passando alla fascia sotto tribuna si registra un calo di ben il 35% di luce; in inverno si passa da 20.1 moli metro quadrato per giorno (giornate più corte quindi meno ore di luce) in gradinata a 13 moli metro quadrato per giorno sotto tribuna, un calo pari sempre al 35%. In primavera la differenza tra la gradinata e la tribuna è di circa il 13% in meno di disponibilità di luce per la fascia prospiciente la tribuna.

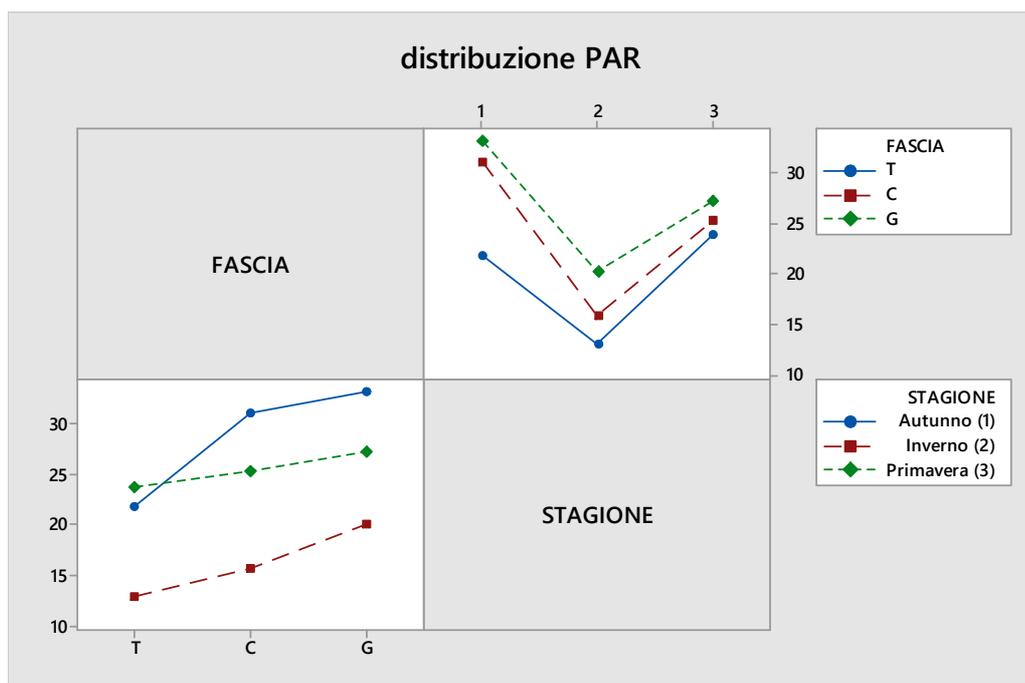


Grafico n°7. Distribuzione della radiazione fotosinteticamente attiva lungo le tre fasce. In questo caso, facendo riferimento alla disponibilità di luce, risulta la Gradinata con maggiore PAR rispetto al Centrocampo e Tribuna

Calendario partite. Un altro dato a cui si è fatto riferimento è stato il calendario delle partite sia per il 1° che 2° anno di studio. Nel primo anno il l'U.S. Città di Palermo militava in serie A mentre nel secondo in serie B. Mediamente il grado di calpestamento è stato di due partite al mese.

mese	stagione	
	2012/13	2013/14
Agosto	1	1
Settembre	2	2
Ottobre	2	2
Novembre	2	3
Dicembre	2	2
Gennaio	2	1
Febbraio	3	2
Marzo	2	3
Aprile	2	2
Maggio	2	3

Tabella n°3. Calendario partite
Palermo, stagione 2012-13, 2013-14

Parametri rilevati

Torsione. La resistenza alla torsione è stata misurata tramite il torsionometro di Canaway-Bell, strumento impiegato anche dalla FIFA, e adoperato secondo quelle che sono le linee guida trovate in bibliografia (FIFA, 2012); la prova consiste nel lasciare cadere il torsionometro da una altezza di 6 cm, idonei a far penetrare i tacchetti superficie sul tappeto erboso, quindi, l'operatore



Foto n°6. Replica del torsionometro fedele a quello Canaway_bell, durante i rilievi allo stadio Renzo

impugnando la chiave dinamometrica da entrambi i lati, effettua un

movimento rotatorio di 90°orizzontale al piano di campagna. Sul display della chiave dinamometrica viene registrata la resistenza alla torsione offerta dalla superficie in Newton per metro (Nm).

Densità. Contemporaneamente al rilievo della torsione, veniva rilevata la densità delle piante nelle singole parcelle attraverso una analisi visiva secondo il metodo del NTEP (National Turfgrass Evaluation Programm). La valutazione prevede una scala da 1(minima densità) a 9 (massima densità), e sono stati rilevati tre valori per parcella per ogni sessione di rilievo con il torsionometro. Si è scelto questo metodo perchè non invasivo e distruttivo e quindi adatto all'applicazione su una superficie regolarmente e continuamente fruita. Inoltre, come dichiarato dalla stessa NTEP, la

valutazione per numero di culmi/superficie risulta molto laboriosa e meno affidabile della valutazione visiva con metodo NTEP.

I dati sono stati elaborati utilizzando il software Minitab®, sono stati sottoposti all'analisi della varianza (ANOVA) ed è stato applicato il test di Fisher per le minime differenze significative (m.d.s.).

RISULTATI

I° ANNO

(STAGIONE 2012-2013)

EFFETTO HABITUS

Partendo dall'esaminare l'effetto che hanno avuto le piante utilizzate sulla resistenza alla torsione, possiamo notare come l'habitus 1, rappresentato dalla macroterma, abbia offerto la maggiore resistenza alla torsione durante tutta la stagione. Il valore statisticamente medio è stato di 51.9 Nm contro i 39.7 Nm per l'habitus 2. Il primo rilievo effettuato in piena attività della macroterma ha mostrato un valore medio di 51.3 Nm, che successivamente al verticut di metà ottobre si è abbassato del 16%, aggirandosi su un valore medio di 43.2 Nm. Questa differenza è da attribuire principalmente alla presenza degli stoloni e rizomi dell'habitus 1, i quali, richiedendo una maggiore forza per essere strappati, fanno aumentare il valore di resistenza alla torsione. Occorre precisare che il risultato dell'habitus 2 dipende dalla presenza della macroterma se pur in dormienza e decimata dal verticutting. Quindi è chiaro che nel valore di resistenza alla torsione dell'habitus 2 rientra l'influenza degli stoloni e rizomi della macroterma, anche se in dormienza vegetativa. L'analisi della varianza ed il test di Fisher (m.d.s.) con $p=0.05$ ha mostrato differenze significative tra i due habitus a dimostrazione del fatto che il comportamento in risposta alla resistenza alla torsione è statisticamente differente.

HABITUS	1	51.9a
	2	39.7b

Tabella n°4 . Test di Fisher sulla torsione per effetto dell'Habitus per $p \leq 0.005$

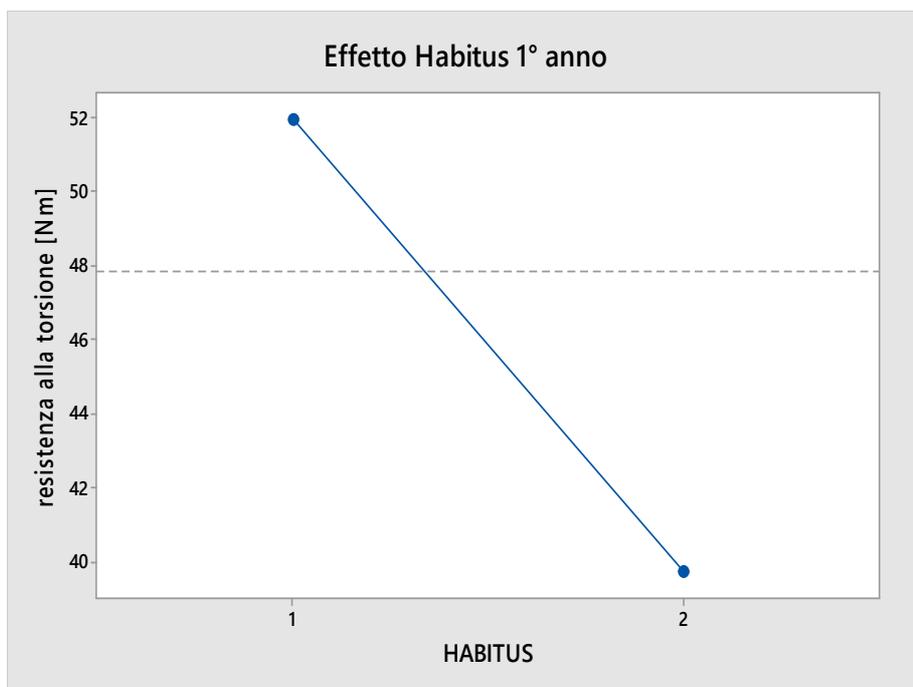


Grafico n°8. Effetto Habitus sulla torsione

EFFETTO FASCE

La fascia di gradinata ha mostrato un andamento statisticamente medio durante la stagione di 51.6 Nm, rispetto alla fascia di centrocampo con 46.8 Nm e la fascia di tribuna con 45.1 Nm. L'analisi della varianza e test di Fisher hanno mostrato minime differenze significative tra la fascia di gradinata rispetto a quella di centrocampo e tribuna, ma non risultano minime differenze significative tra le fasce di tribuna e centrocampo.

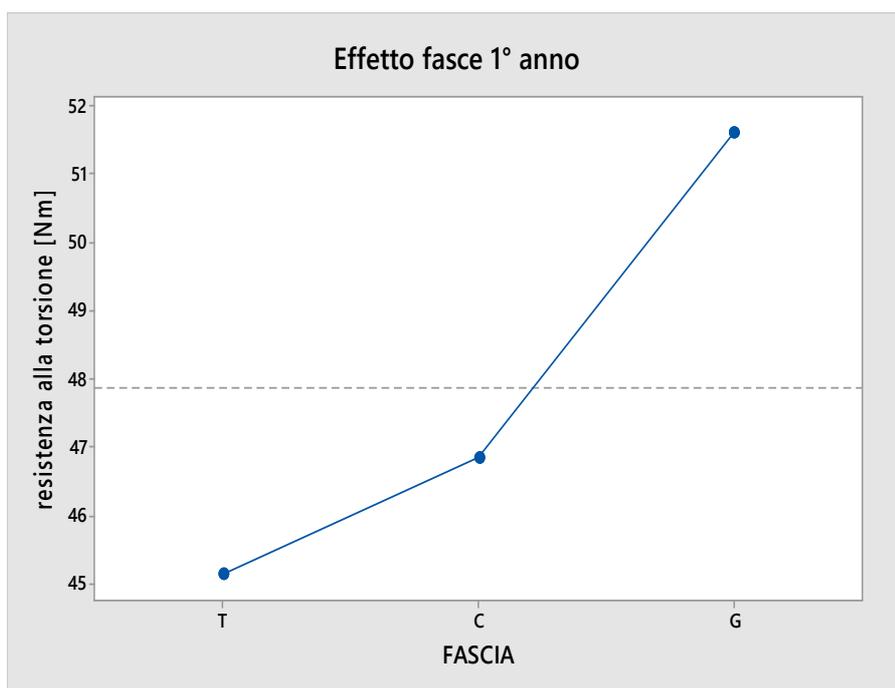
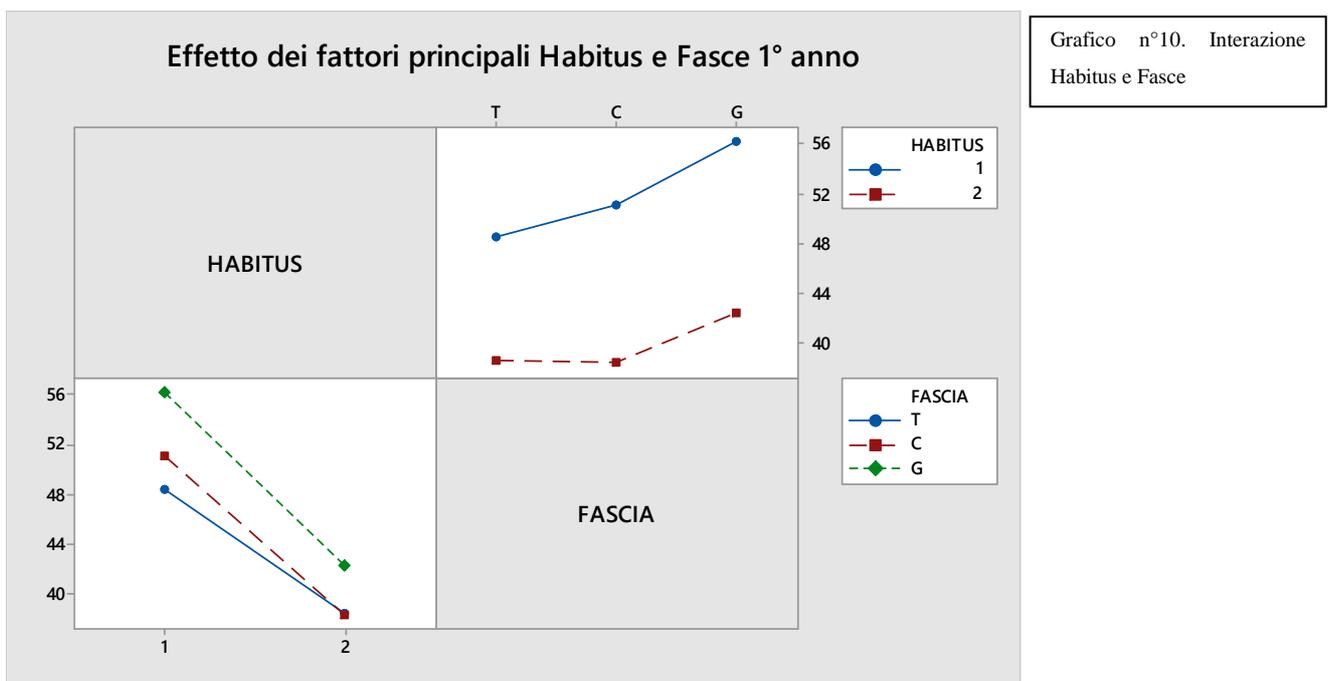


Grafico n°9. Effetto fascia sulla torsione

FASCIA	G	51.6a
	C	46.8b
	T	45.1b

Tabella n°5 . Test di Fisher sull'effetto fasce sulla torsione con $p \leq 0.05$

Interazione Habitus*Fascia. Si è valutata l'interazione tra l'habitus e fasce, ovvero come si comportavano l'habitus 1 e 2 in relazione alle fasce. L'interazione Habitus 1*G ha mostrato il valore più alto con 56.2 Nm che scende a 42.3 con l'habitus 2 (2*G); l'Habitus 1*C ha fatto registrare un valore di 51.1 Nm, rispetto alla stessa fascia con l'Habitus 2 che mostra un valore di 38.3; la fascia di tribuna è passata da 48.4 (Habitus1) a 38.5 con la microterma (Habitus 2). Il test di Fisher ha mostrato che sono risultate minime differenze significative tra le tre fasce con l'habitus 1 mentre, con l'habitus 2 non sono risultate minime differenze significative tra la fascia di centrocampo e tribuna. Strana è la risposta di C e T per l' Habitus 2, infatti pur avendo una condizione di luce migliore nel centrocampo, l'Habitus 2 non mostra una maggiore resistenza alla torsione, segni di stress rispetto alle parcelle nella fascia T.



HABITUS*FASCIA	1G	56.2a
	1C	51.1b
	1T	48.4c
	2G	42.3d
	2T	38.5e
	2C	38.3e

Tabella n°6 . Test di Fisher con $p \leq 0.005$ sull'interazione habitus*fascia

Interazione Fasce*Stagioni. La resistenza alla torsione ha mostrato una tendenza ad abbassarsi passando dalla stagione 1 (autunno) alla stagione 2 (inverno), per poi aumentare nelle due stagioni successive, stabilizzandosi. La stagione primaverile ed estiva hanno mostrato, per tutte e tre le fasce, i valori più alti rispetto all'inverno. Analizzando il grafico, la fascia C durante l'inverno, come visto anche nei grafici precedenti, non ha mostrato per la resistenza alla torsione m.d.s. con la fascia T e addirittura durante l'inverno risulta essere leggermente inferiore in rispetto a T. Andando a rivedere il DLI, questo, dall'autunno all'inverno, passa da 33.1 moli a 15.5 moli medi per giorno, quindi si ha un dimezzamento della disponibilità di luce (PAR). Questo comporta uno stress per le piante che era adattata a condizioni di luce superiori. Questa differenza in termini di DLI non si verifica per le altre due fasce. Questa differente disponibilità di luce sul tappeto erboso fa sì che analizzando la torsione nelle tre diverse fasce, i valori sono risultati differenti tra loro.

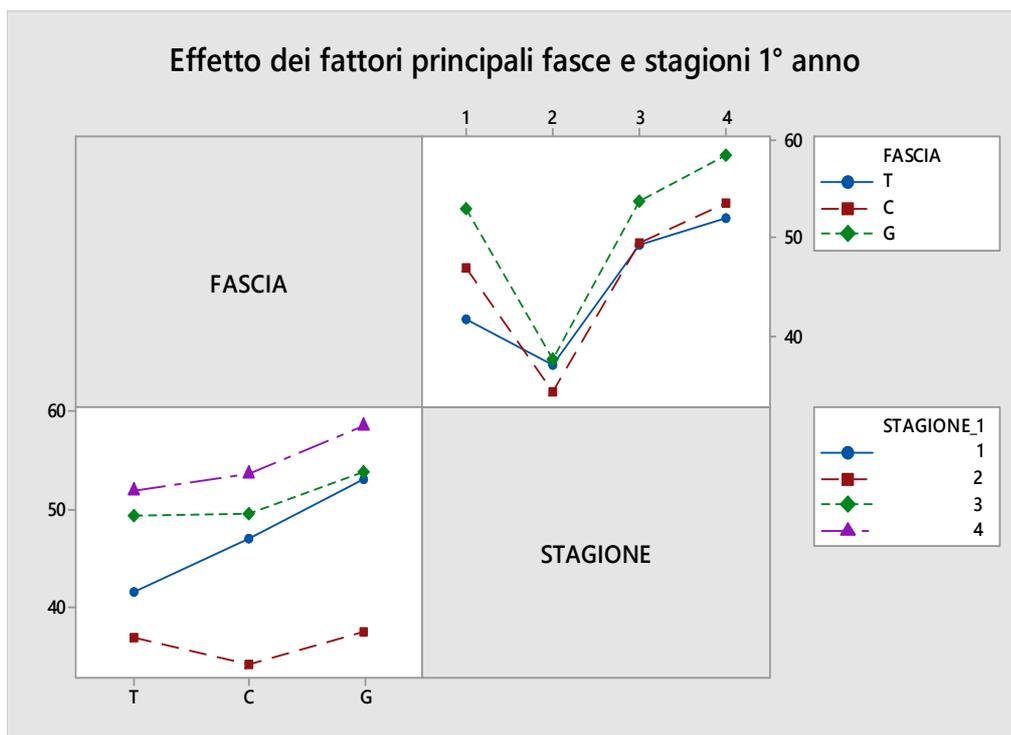


Grafico n°10. Interazione Fasce e Stagioni

stagione*fascia	4G	58.5a
	3G	53.7b
	4C	53.5b
	1G	53b
	4T	51.9bc
	3C	49.5cd
	3T	49.3cd
	1C	47d
	1T	41.6e
	2G	37.7f
	2T	36.9f
	2C	34.2f

Tabella n°7. Test di Fisher per ≤ 0.005 sull'interazione stagione*fascia

Densità

La densità del tappeto erboso, ovvero il numero di culmi per una data superficie, influenza la resistenza alla torsione. Infatti all'aumentare della densità aumenta la resistenza che il tappeto erboso oppone al torsionometro, pur non essendo questa l'unica variabile influente. Infatti pur il test di Fisher indicarci che la densità in gradinata ha m.d.s. rispetto al centrocampo e alla tribuna, così come il centrocampo rispetto alla tribuna, non risultano esserci differenze in termini di torsione tra la fascia di centrocampo e tribuna. Passando dall'habitus 1 all'habitus 2 si ha una minore densità dovuto al portamento delle piante, prostrato della macroterma (habitus 1) ed eretto per le microterme traseminate (habitus 2)

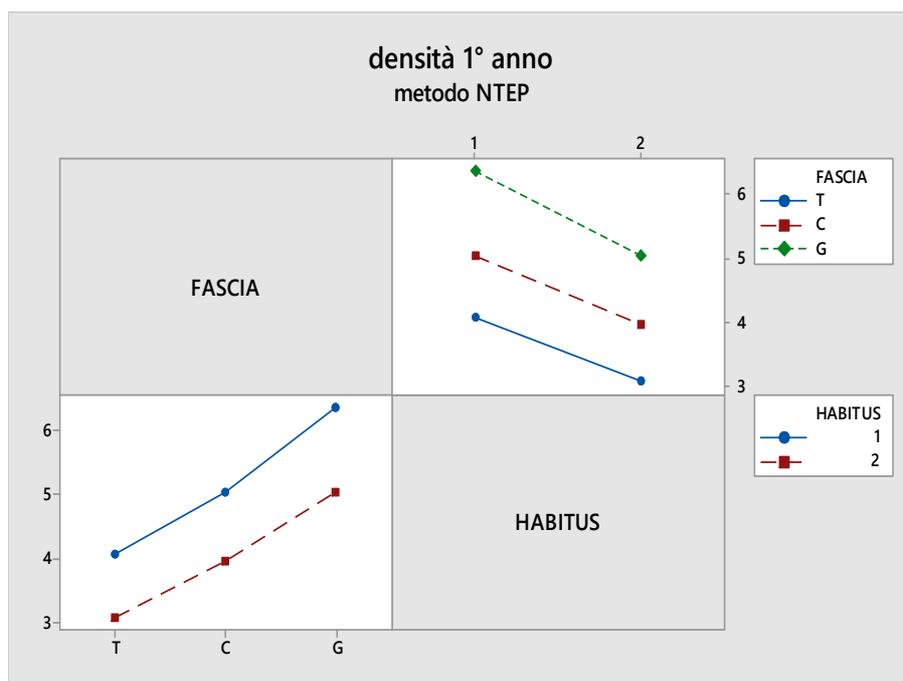


Grafico n°11. Andamento densità lungo le fasce e per l'Habitus,

densità*fascia	G	5.9a
	C	4.6b
	T	3.7c
densità*habitus	1	5.1a
	2	4b
densità*stagione	4	5.3a
	3	5ab
	1	4.7b
	2	3.6c

Tabella n°8. Test di Fisher sulla densità per i fattori fascia, habitus e stagione per ≤ 0.005

Andamento resistenza alla torsione I° Anno

Analizzando il grafico seguente (numero 12) possiamo notare come, partendo da ottobre con la macroterma in piena attività e procedendo verso il periodo invernale, la resistenza alla torsione è diminuita per poi ricominciare ad aumentare nel periodo primaverile. Questa operazione di verticut indebolisce la bermuda che a sua volta risponderà con minore forza alla torsione. Durante il periodo invernale, le abbondanti piogge unite, probabilmente, alla maggiore intensità di calpestamento della stagione calcistica, hanno fatto sì che i valori di torsione si mantenessero inferiori a quelli dei mesi precedenti. In primavera, al risveglio della macroterma e l'allungamento degli stoloni, i valori sono tornati pian piano ai livelli della precedente (tarda) stagione con valori, a volte, anche più alti; questo è stato possibile grazie a una macroterma più matura e con una maggiore densità.

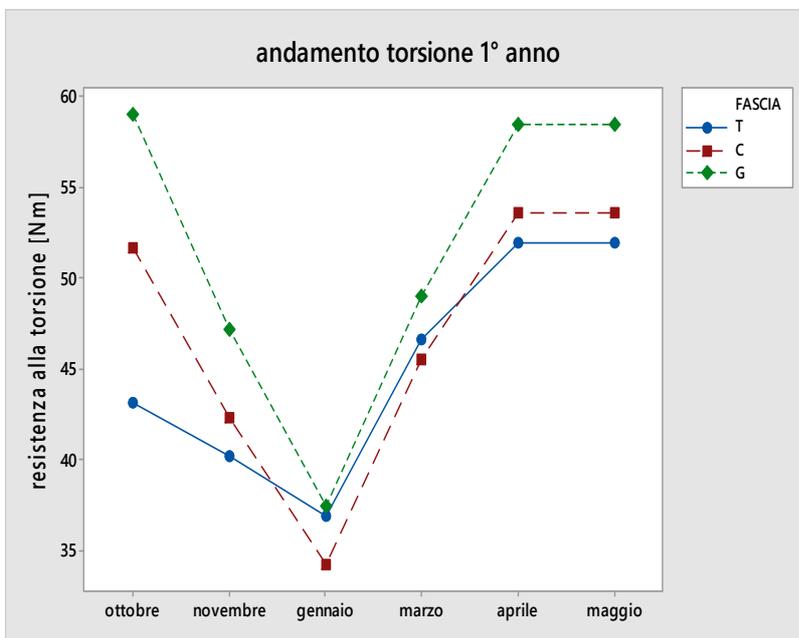


Grafico n°13 . Andamento Torsione 1° anno

II° ANNO

(STAGIONE 2013-2014)

EFFETTO HABITUS

Partendo dall'influenza dell'habitus sulla resistenza alla torsione, il valore più alto è stato fatto registrare dall'habitus 1 (maggiore a 70 Nm il valore max registrato in tarda estate prima del verticut) con un valore medio durante tutta la stagione di 56,7, rispetto all'habitus 2 che ha fatto registrare un valore medio di torsione pari a 54,2 Nm (valore massimo raramente oltre i 60 Nm). Il valore medio durante tutta la stagione è stato di 55 Nm. Anche il secondo anno conferma la forza del Habitus 1 che conferisce al tappeto erboso una resistenza alla torsione maggiore quando si trova in piena attività vegetativa (habitus 1) rispetto al suo stato di dormienza rappresentato dall'habitus 2.

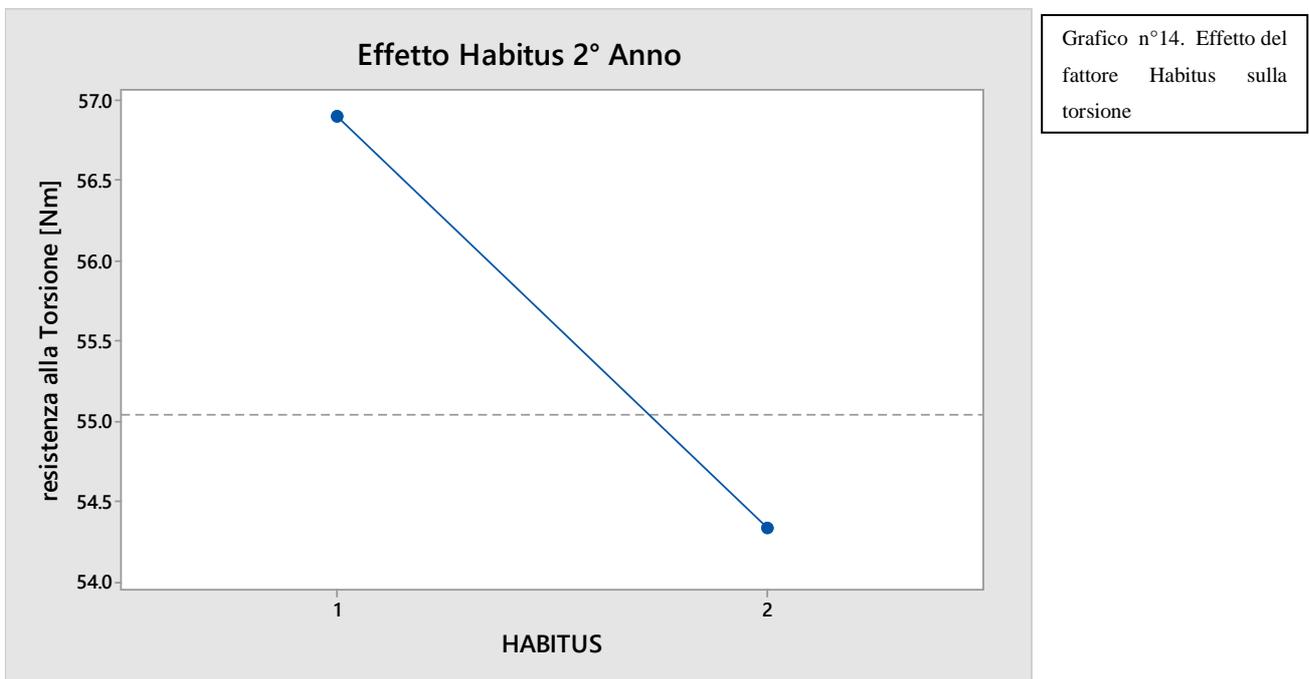


Grafico n°14. Effetto del fattore Habitus sulla torsione

HABITUS	1	56.9a
HABITUS	2	54.3b

Tabella n°9 . Effetto del fattore Habitus sulla torsione, test di Fisher sull'effetto habitus sulla torsione con $p \leq 0.005$

L'analisi della varianza ha mostrato differenze significative tra i due habitus a conferma di quanto detto in precedenza.

EFFETTO FASCE

La fascia di gradinata che riceve la quantità di luce maggiore rispetto alle altre due, fa registrare un valore medio di 57.5 Nm, rispetto a 54.2 Nm e 53.3 Nm rispettivamente per la fascia di centrocampo e tribuna, a testimonianza che man mano che ci si allontana da sotto tribuna le piante trovano una condizione di sviluppo migliore. Anche in questo caso l'analisi della varianza ha mostrato differenze significative per la fascia G e nessuna differenza statisticamente significativa tra la fascia C e T.

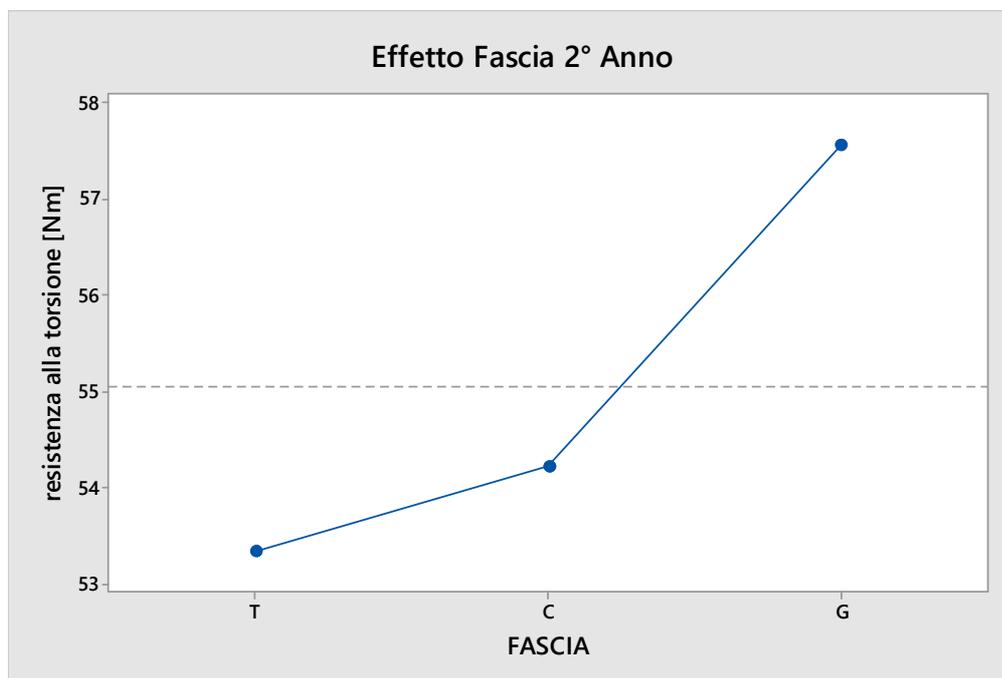


Grafico n°15. Effetto del fattore Fascia sulla torsione

FASCIA	G	57.6a
	C	54.2b
	T	53.3b

Tabella n°10 . Test di Fisher. con $p \leq 0.05$

Interazione Habitus*Fascia. L'habitus 1 ha mostrato i valori più alti per la fascia di gradinata, seguita dalla fascia di centrocampo e tribuna; per l'habitus 2 i valori medi più alti, durante tutta la stagione, sono stati registrati nella fascia di gradinata, mentre la fascia di tribuna risulta leggermente superiore alla fascia di centrocampo.

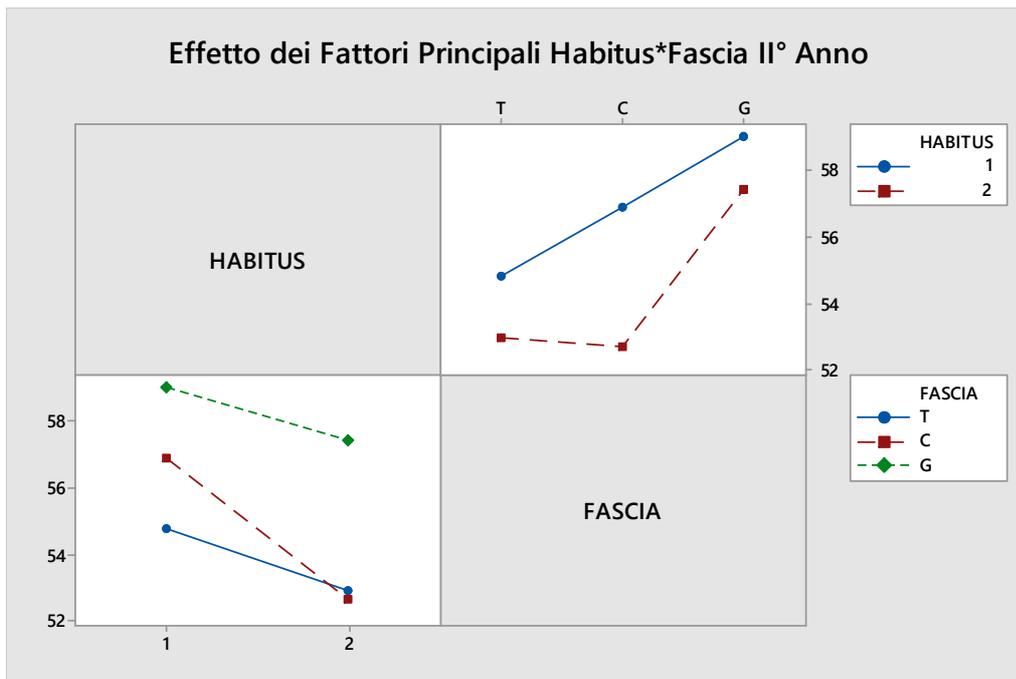


Grafico n°15. Interazione Habitus*Fascia e relativo test di Fisher con $p \leq 0.005$

HABITUS*FASCIA	1G	59a
	1C	56.9b
	1T	54.8c
	2G	57.4b
	2C	52.6d
	2T	52.9cd

L'analisi della varianza con il test di Fisher ci indica che nell'interazione Habitus per Fascia ci sono minime differenze significative tra l'habitus 1 e 2 in gradinata, centrocampo e tribuna mentre non ci sono m.d.s. tra l'habitus 2 sotto tribuna e centrocampo. Così come già registrato al primo anno.

Tabella n°11 . Test di Fisher. con $p \leq 0.05$

Interazione Fascia*Stagione

Anche in questo 2° anno, passando dalla stagione autunnale a quella invernale si registra un calo dei valori di torsione, anche se gli stessi si mantengono leggermente superiori rispetto all'anno precedente. Quando giunge la stagione primaverile, i valori si riprendono, sia grazie a temperature più idonee alle microterme (habitus2) ma anche al risveglio della macroterma (habitus1) dopo la fase di dormienza invernale.

Effetto dei fattori principali Fascia*Stagione II° anno

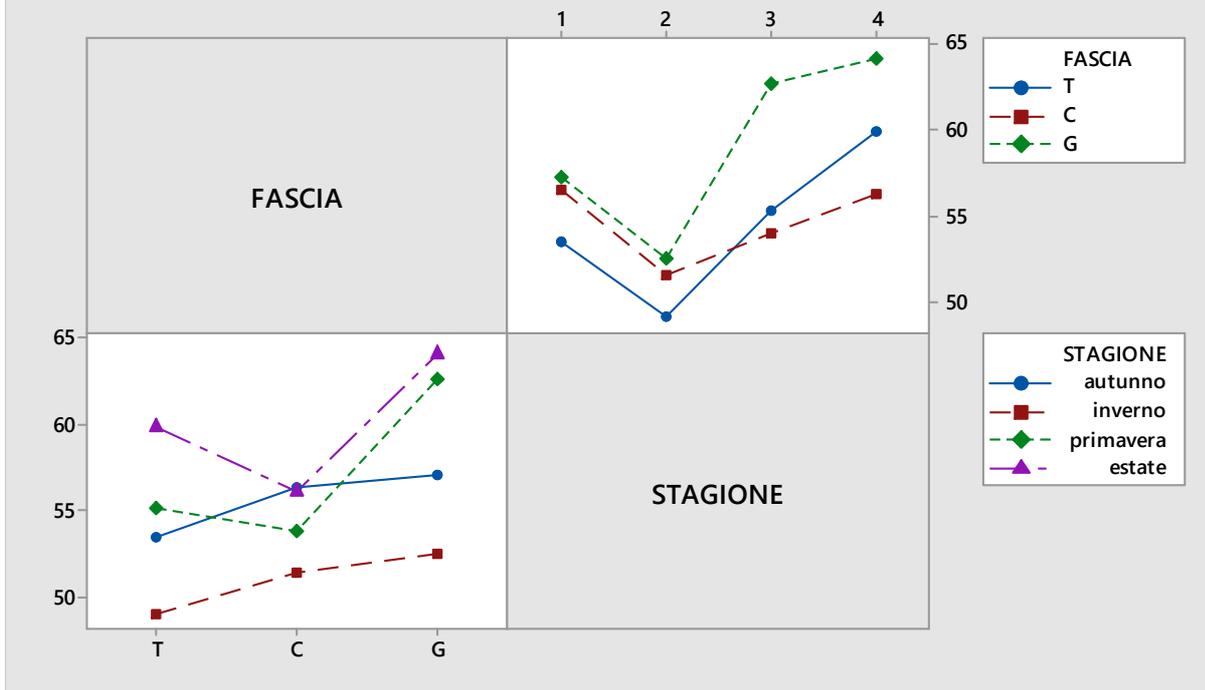


Grafico n°16. Effetto dei fattori Fascia*Stagione

G 4	64.0767 a
G 3	62.6733 ab
T 4	59.8867 bc
G 1	57.1633 cd
C 1	56.4300 de
C 4	56.2033 def
T 3	55.2367 defg
C 3	53.9267 efgh
T 1	53.4867 fgh
G 2	52.5200 gh
C 2	51.4711 hi
T 2	49.1222 i

Tabella n°12 . Test di Fisher con $p \leq 0.05$ su Effetto dei fattori Fascia*Stagione

Densità

La densità ha mostrato minime differenze significative tra i due habitus così come per le tre fasce. Quindi si riconferma l'andamento del primo anno, fermo restando che in questa stagione calcistica la densità è risultata superiore a quella precedente, grazie soprattutto alle microterme (habitus 2) che hanno trovato un terreno più drenato che non ha costituito un problema soprattutto durante le partite.

densità*fascia	G	6.2a
	C	5.4b
	T	5.2c
densità*habitus	1	6a
	2	5.3b
densità*stagione	1	6.4b
	2	6c
	3	6.6b
	4	7a

Tabella n°13. Test di Fisher con $p \leq 0.05$ per la densità nei confronti della fascia, habitus e stagione

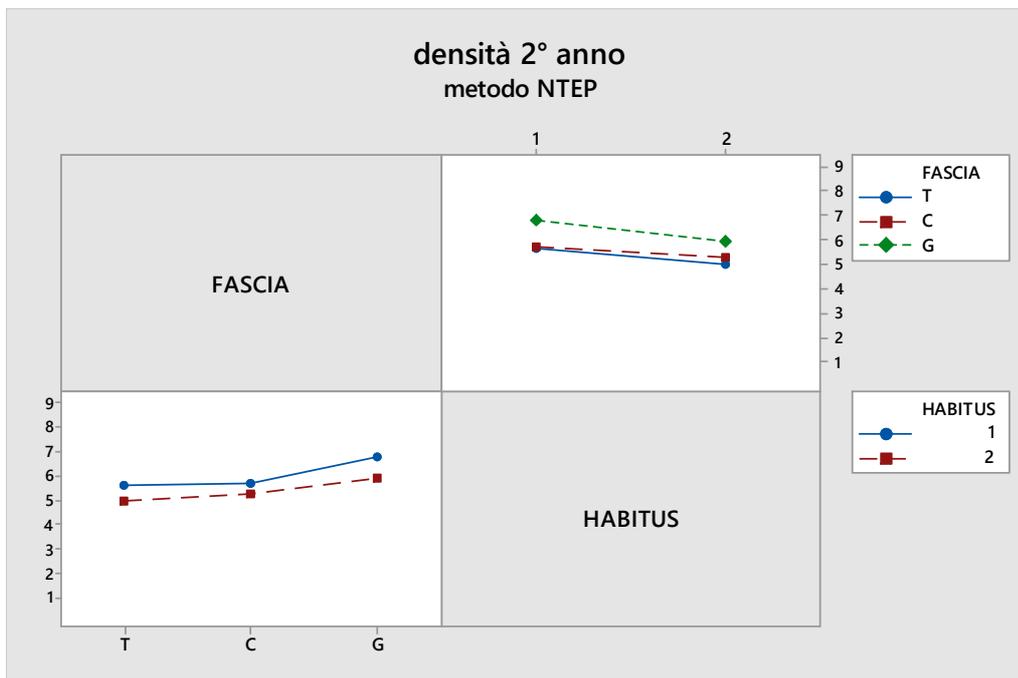


Grafico n°16. Andamento densità lungo le fasce e per l'Habitus

Andamento resistenza alla Torsione II° Anno

Dopo la semina effettuata in estate in seguito ai lavori straordinari di fine stagione sportiva, la bermuda offre una resistenza alla torsione che va aumentando passando da settembre a metà ottobre (in questo periodo l'operazione di trasemina è stata preceduta da una operazione di verticutting che ha provocato il taglio di molti stoloni. Quindi questa operazione ha comportato un repentina diminuzione di resistenza alla torsione che prima era tenuta alta per l'alta presenza di stoloni).. In gennaio e febbraio si ha un aumento di torsione dovuto alle ripetute trasemine delle microterme aiutate nel loro sviluppo da temperature favorevoli. Tale miscuglio (habitus 2) ha fatto aumentare la

densità di piante del tappeto erboso che rende il tappeto erboso più resistente allo strappo. In primavera la specie macroterma (*habitus1*) esce dal periodo di dormienza conferendo una maggiore resistenza alla torsione che poi diminuisce a causa di interventi straordinari di fine stagione sportiva sul tappeto erboso.

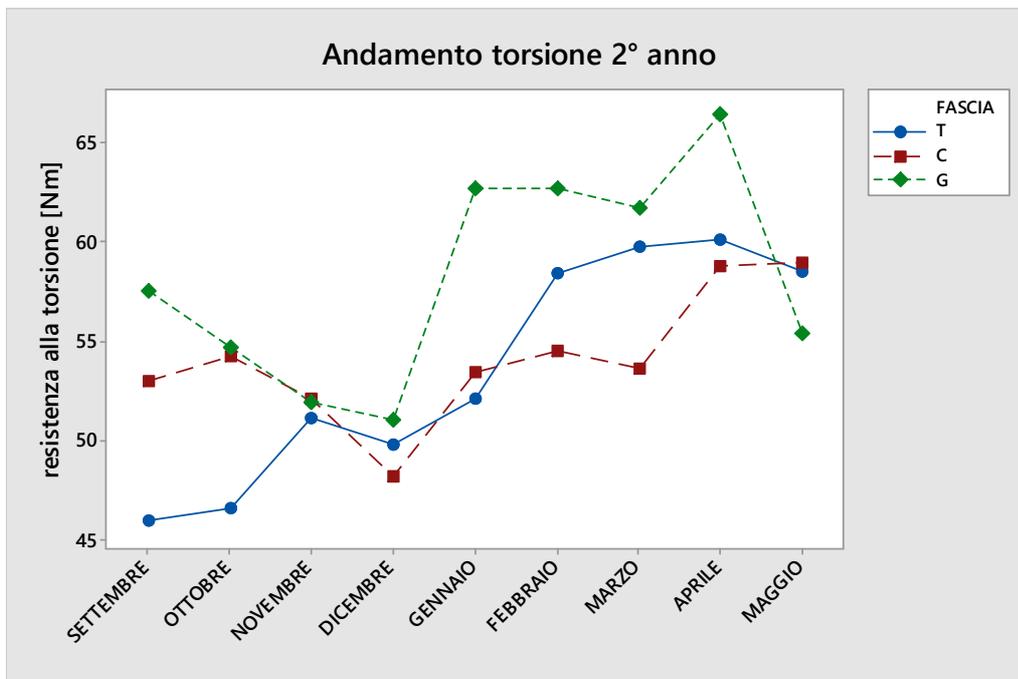


Grafico n°17 . Andamento torsione durante il II° anno di studio

Confronto tra I° e II° anno

Volendo fare un confronto tra i due anni occorre, innanzitutto, analizzare l'andamento climatico e le operazioni colturali. La stagione 2013-2014 è risultata essere più piovosa con 931 mm, rispetto alla stagione 2012-2013 735mm, ed un inverno più mite. Inoltre la radiazione solare media dei due anni è risultata molto vicina.

Il secondo anno pur essendo più piovoso non ha fatto registrare i problemi del primo anno nel corso dei quali si erano manifestati problemi del ristagno idrico nella fascia prospiciente la tribuna. Il valore medio di resistenza alla torsione durante il primo anno è stato di 47 Nm, mentre al secondo anno si è registrato il valore medio di 55 Nm. Questa differenza è da attribuire soprattutto alla maturità dell'*habitus1* (seminata nell'estate del 2011); questo si è tradotto per la macroterma in un

maggior sviluppo dell'apparato radicale, e stoloni e rizomi ancorati più profondamente al suolo, anche se ogni ottobre veniva effettuata la sfeltratura. Al secondo anno, rispetto al primo, si è registrato nel periodo invernale una maggior resistenza alla torsione, con valori più alti mediamente del 30% per le tre fasce. Ciò, probabilmente, è stato possibile anche grazie al miglioramento del sistema di drenaggio, che ha, quindi, consentito alle piante di soffrire meno per asfissia radicale, potendo così sviluppare meglio sia la parte epigeica, con relativo aumento di densità come già evidenziato, sia, presumibilmente, anche la parte ipogeica, che ha contribuito ad una maggior resistenza del tappeto erboso nel suo complesso. Questi valori indicano che l'effetto della tettoia della tribuna influenza la risposta alla torsione del tappeto erboso. La presenza della copertura sopra l'area di tribuna, sul lato sud dello stadio, crea ombreggiamento andando a influenzare la quantità e qualità di luce disponibile per il tappeto erboso con intensità differente nelle varie fasce. La maggior disponibilità di radiazione nella fascia lato gradinata, a parità di specie impiegata, favorisce uno sviluppo migliore delle piante e quindi garantisce maggior velocità di recupero durante la stagione calcistica. Il recupero è di fondamentale importanza, visto che partendo da una situazione di tappeto erboso in condizioni ottimali a inizio stagione, questa può decadere se non accompagnata da una accurata gestione.

Conclusioni I° Parte Sperimentale

La sperimentazione condotta sul tappeto erboso dello stadio "Renzo Barbera" US Città di Palermo, ha permesso di valutare, sotto il profilo della densità e della resistenza alla torsione, il comportamento delle specie oggetto di studio nei confronti dell'ombreggiamento. La conclusione di questa parte sperimentale ci indica come le piante studiate vengano influenzate man mano che ci si sposta da una zona meno ombreggiata, la gradinata, a quella maggiormente ombreggiata, la tribuna, passando per il centrocampo. Tra i due habitus è stata la macroterma (*Cynodon dactylon* (L.) Pers., 1805, var. Riviera) a mostrare maggiori differenze man mano che la quantità di radiazione veniva meno. L'habitus 2 (mix di microterme tra seminate) ha mostrato minori differenze tra le fasce,

avendo una minore esigenza di luce. Tra i due habitus l'Habitus 1 (macroterma) in piena attività vegetativa ha dato valori di resistenza alla torsione più alti rispetto all'habitus 2 dove, pur essendo presente una macroterma dormiente (*Cynodon dactylon* (L.) Pers., 1805, var. Riviera), i valori sono risultati inferiori. La fascia di centrocampo, ha mostrato un andamento molto variabile con valori, alle volte, al di sotto delle aspettative, rispetto alle fasce di gradinata e di tribuna che hanno, invece, mostrato sempre differenze significative. I risultati ottenuti nella fascia di centrocampo è dovuto alla sua posizione rispetto alla proiezione dell'ombra, la quale in periodi dell'anno, come quello invernale, risulta essere molto vicino, in termini quantitativi, a quella della fascia prospiciente la tribuna. Inoltre, dalla simulazione con sketchUp®, si è voluto evidenziare come il grado di ombreggiamento all'interno della stessa fascia e, addirittura, delle aree di saggio, variava nel corso della stagione e del giorno.

PARTE SPERIMENTALE II

L'attività sperimentale a Fayetteville (Arkansas, U.S.A.) ha avuto come obiettivo quello di trovare risposte ad interrogativi che sono emersi durante il primo periodo di sperimentazione. L'area oggetto di studio si trova nella "transition zone" degli Stati Uniti d'America alla quale molti studiosi di tappeti erbosi del nostro paese si riferiscono e per la quale sembrerebbe esserci una, se pur minima, somiglianza climatica.

Materiali e Metodi

La sperimentazione, condotta sotto la guida del Prof. Mike Richardson, è iniziata ad Aprile 2014



Figura n° 11. Mappa tappeti erbosi USA

presso l'Arkansas Agricultural Research and Extension Center, Fayetteville, AR (36°06' N, 94°10' W, 385 m s.l.m.) è finita ad Ottobre 2014. Il tappeto erboso su cui è stata realizzata la prova di campo era costituito da una macroterma (*Cynodon dactylon* (L.) Pers., 1805, var. Riviera) e nel Settembre del 2013 venne in parte traseminato con un blend di microterme (*Lolium perenne* (L)), nello specifico con la varietà Royal Flush e Pennington Seed con una dose di semina di 50 g/m² (10 lb. per 1000 ft²).



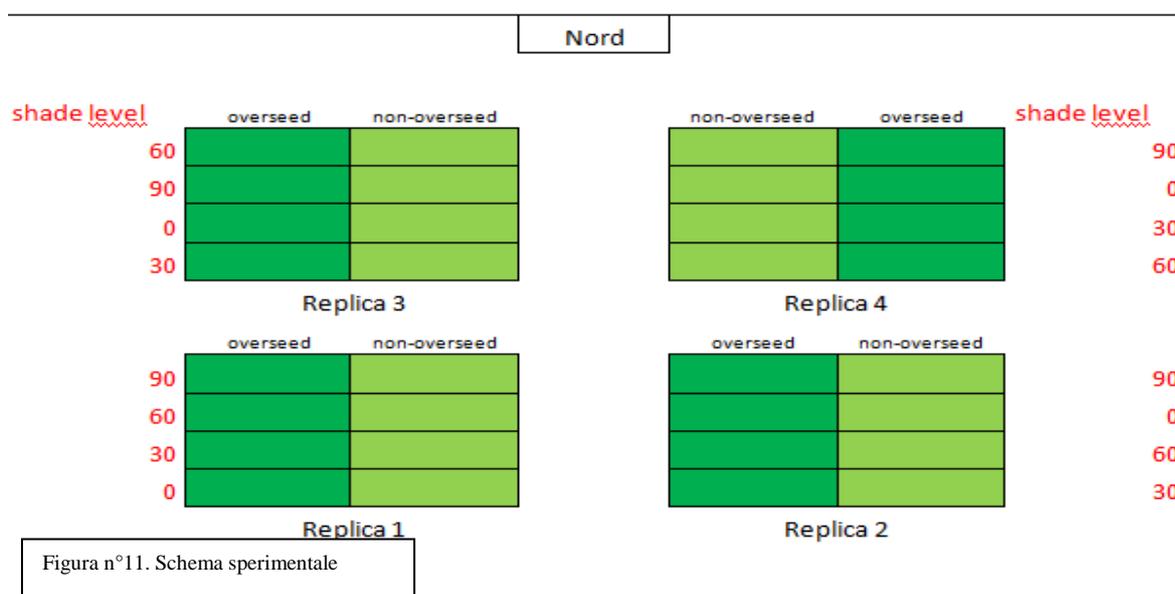
Foto n°8. Tosaerba Toro GreensMaster® 1600

Così facendo sono state ottenute parcelle di sola macroterma (Habitus 1, non-overseed plots) e parcelle traseminate (Habitus 2, overseed plots). La tecnica della trasemina, come visto in precedenza, è comunemente usata nell'area del bacino del Mediterraneo e nell'area di transizione degli Stati Uniti. Pertanto lo schema era il seguente: 4 parcelle sperimentali, ognuna delle quali splittata in overseed e non-overseed; a sua volta ogni sub parcella è stata splittata ulteriormente per i 4 livelli di ombreggiamento: controllo (0% ombra), 30% ombra (passa il 70% di luce), 60% ombra (passa il 40% di luce), 90% ombra (passa il 10% di luce) (fig. 15). Il tappeto erboso è stato mantenuto sotto le condizioni di un campo da calcio; il taglio è stato effettuato con una frequenza di tre volte a settimana (lunedì-mercoledì-venerdì) a 2.5 cm di altezza e tagliato con un tosaerba a lama monoelicoidale (Toro GreensMaster® 1600); la direzione veniva cambiata ogni taglio. Una volta al mese, di solito il primo giorno del mese, veniva effettuata la concimazione con azoto solubile (Urea, 46-0-0 N-P-K) a 50 kg ha⁻¹ sia per le parcelle traseminate che non. In Luglio e Agosto, il tasso di azoto veniva ridotto a 25 kg ha⁻¹. In Agosto, per combattere un attacco di Dollar Spot, è stato effettuato un trattamento fungicida.

Ombreggiamento

Sono state predisposte 4 parcelle sperimentali, ognuna delle quali splittata in overseed e non-overseed plot;. L'8 di Aprile 2014, prima della ripresa vegetativa della macroterma (Liu, Mccarty, Luo, & Toler, 2009), e sino alla fine della prova, sono state installate le strutture ombreggianti. Le reti ombreggianti usate sono quelle comunemente impiegate nelle serre per creare ombra; di seguito i modelli: KS30 black (30% ombra), KS60 black (60% ombra) and KS90 black (90% ombra), con larghezza standard di sei metri (Dewitt Co, Sikeston, MO). Le misure di ogni singola replica sono state: 9.40 m di lunghezza e 6.10 di larghezza, mentre la struttura ombreggiante misurava 9.40 metri di lunghezza e 6.65 di larghezza. La struttura è stata realizzata con tubi in metallo di 6.4 cm di

diametro, poggiata su ruote di 31 cm di diametro ponendo la struttura a 40 cm di altezza (Trappe et al 2011); le ruote facilitavano lo spostamento durante le operazioni di manutenzione e raccolta dati; infine, per evitare movimenti delle strutture a causa del vento, sono stati fissati con dei paletti in metallo. Le strutture sono rimaste permanentemente in campo, e mosse solo durante le operazioni di manutenzione e raccolta dati.



Raccolta dati

Per capire come la presenza dell'ombra potesse influenzare il tappeto erboso, sono stati raccolti dati a cadenza giornaliera, settimanale, mensile, una e due volte l'anno. La stazione meteo installata nella zona sperimentale ha iniziato a raccogliere dati dal 10 di Aprile. I dati venivano raccolti preferibilmente nella parte



centrale di ogni singola parcella.

❖ dati giornalieri:

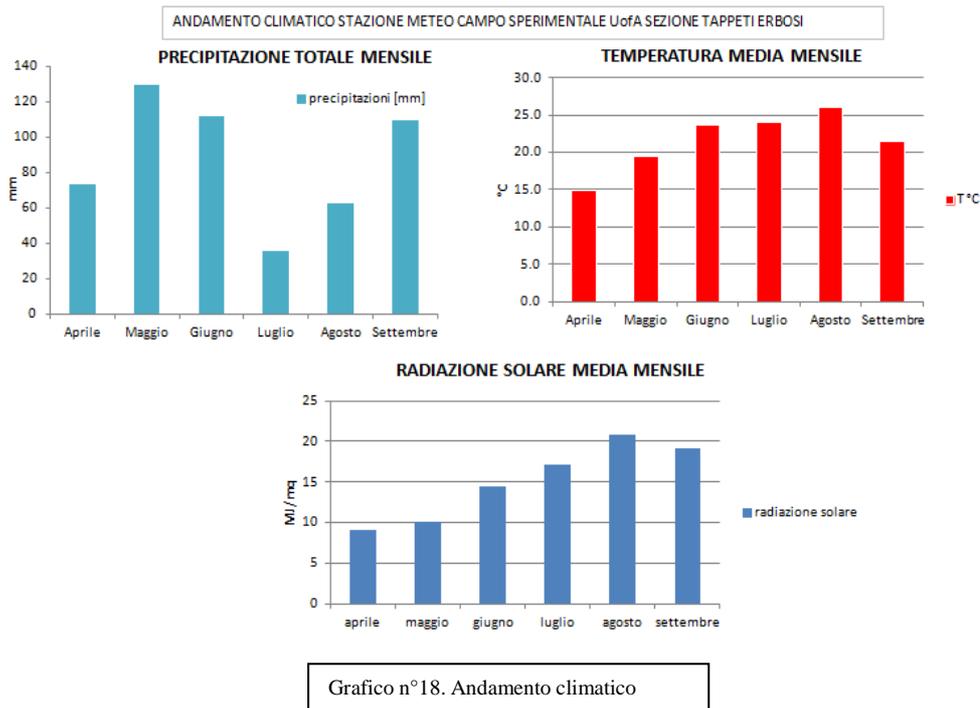
- **Day Light Integral (mol PAR/giorno)** è stato determinato tramite dei sensori per il PAR installati a partire dal 15 di Aprile 2014 sino alla fine dell'esperimento. I sensori PAR sono stati collocati su due delle quattro repliche, e per ogni replica su tutti e quattro i livelli di ombreggiamento. Il sensore rileva il dato di luce ogni 15 minuti e lo registra tramite una



centralina in ($\mu\text{M}/\text{m}^2\text{s}$), dalla quale somma giornaliera viene tirato fuori il DLI (espresso in mol/giorno). Il DLI è un valore di notevole importanza in quanto ci indica la quantità di luce richiesta giornalmente dalla piante microterme

(ciclo C_3) e macroterme (ciclo C_4); infatti ad esempio le piante microterme richiedono un DLI tra 21 e 41 mol/giorno (Fry e Huang, 2004). Per le C_4 il DLI risulta essere più alto rispetto alle piante C_3 , infatti quando le temperature sono alte ($> 27^\circ\text{C}$) e la luce è intensa (giornate di tarda primavera-estate) le piante C_3 vanno in fotorespirazione (Bell, 2011). La fotorespirazione è un processo controproducente per le piante, inoltre le C_3 sono più adatte a situazioni di ombra o nuvolosità rispetto alle macroterme.

- **dati meteo** grazie a una capannina meteo installata accanto all'area sperimentale sono stati raccolti dati di: temperatura e umidità dell'aria, radiazione solare, PAR.



❖ dati settimanali:

- **tasso di accrescimento verticale**, ogni lunedì dopo l'ultimo taglio effettuato il venerdì a 2.5 cm; si eseguivano, 5 misure per parcella. Tramite un righello in gomma, posto sul tappeto erboso in posizione perpendicolare al piano di campagna, affondandolo sino al suolo. Si utilizzava la seguente formula: $[(\text{altezza rilevata} - \text{altezza di taglio}) / 3 \text{ giorni}]$. In questo modo si otteneva l'accrescimento giornaliero;
- **qualità del tappeto erboso (visual quality)**, attraverso il metodo NTEP con un range da 0 (marrone) a 9 (verde); 6 è il valore minimo accettabile. Veniva eseguita una misura per parcella e annotata su una scheda di rilievo;
- **tagliato (clipping yield)**: raccolto ogni lunedì, una misura per plot. Tramite falciatrice elicoidale munito di box, si effettuava il taglio di ogni singola parcella; l'erba tagliata veniva posta all'interno di sacchetti di carta tramite un grosso imbuto. Immediatamente dopo la raccolta di tutte le parcelle, il tagliato umido veniva prima pesato e poi posto all'interno di una stufa a una temperatura superiore ai 100 °C per 48-72 ore; quindi veniva pesato il peso secco per ciascuna parcella;

- **percentuale di copertura (% cover):** ogni lunedì venivano registrate due misure per parcella. Lo strumento utilizzato è stato il Light Box Light Box (Karcher & Richardson, 2005). Questo

strumento è costituito da una scatola chiusa in alluminio di lunghezza 60 cm per una larghezza di 56 cm e al suo interno sono collocate 4 lampade a luce bianca alimentate da



Foto n°11 . Light Box usato durante l'attività di campo a Fayetteville.

una batteria esterna; lo strumento è provvisto di un carrello per facilitare lo spostamento e una fotocamera. Lo scopo della scatola è quello di isolare il tappeto erboso dalla luce solare, rendendo appunto quel dato volume buio e illuminato in maniera uniforme con le lampade inserite all'interno della scatola. Tramite un

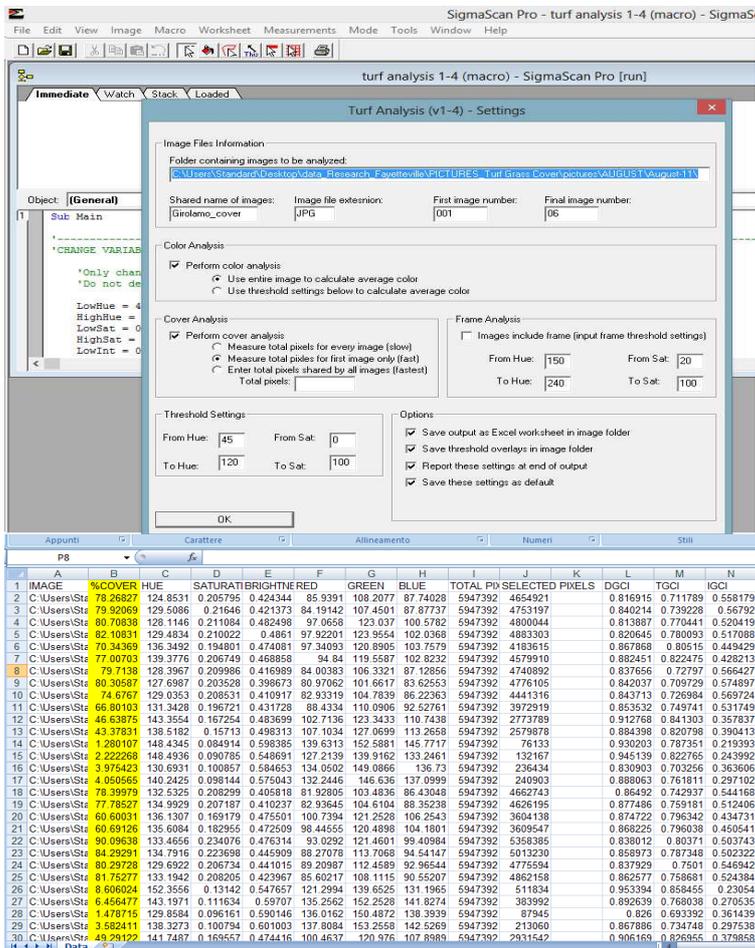


Figure n°10-11 . Software di analisi delle immagine digitali (SigmaProScan5) per il calcolo della percentuale di copertura

pulsante, posto sulla barra su cui l'operatore poggia le mani per spostare in avanti la scatola, si scattano le foto. Un software di analisi di immagini, SigmaScan Pro 5 (SPSS, 1998), permette di ricavare informazioni come il colore (Karcher & Richardson, 2003) e la percentuale di copertura (Richardson, Karcher, & Purcell, 2001). . Venivano scattate due fotografie per rilievo tramite una fotocamera controllata da un interruttore; per valutare la percentuale di copertura si è fatto ricorso all'analisi dell'immagine digitale tramite il software SigmaScan Pro5 (Systat Software Inc., Richmond, CA), con un setup di "low Hue 30" and "high Hue 160", "low Saturation 0" and "high Saturation 100";

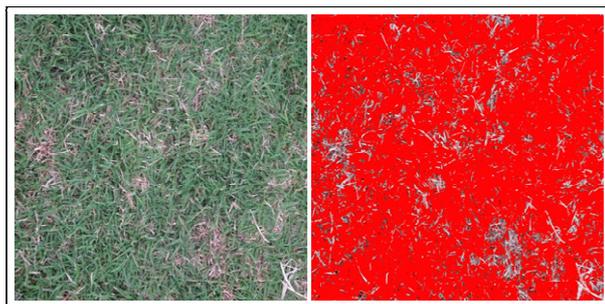


Foto n°12 . Esempio di analisi di immagine digitale: valore di copertura dell'82%

dati mensili:

- ogni mese, a partire da Giugno, sono stati rilevati i dati di **resistenza alla torsione** tramite un torsionometro fedele alla replica di Canaway (Canaway, 1985). Ogni volta venivano rilevati due misurazioni per parcella in punti diversi così da favorire il recupero della parte danneggiata dallo strumento. Sul tappeto erboso tagliato a 2.5cm, il torsionometro veniva lanciato da



Foton°11 .
Torsionometro

un'altezza di 2.5 cm ruotando la chiave dinamometrica tra i 45 e 90°.

Oltre al movimento che implica la sforzo di rotazione, gli atleti esercitano sul tappeto erboso anche forze verticali e forze orizzontali (ground reaction forces, GRF) (Nigg et al., 1984). Il **TAFT, Tennessee Athletic Field Tester**, è uno strumento che produce forze verticali e orizzontali che, generalmente, si verificano per interazione tra l'atleta e la superficie, utili a comprendere meglio le reazioni del tappeto erboso naturale e artificiale in termini di sicurezza (Adam et al., 2013). Questo strumento nasce dalla collaborazione tra la University of Tennessee, settore Turf, e la Astroturf ovvero una ditta che si occupa di tappeti erbosi



Figura n°12-13 . Tennessee Athletic Field Tester (TAFT) e scarpa Nike Vapor Talon Hyperfuse impiegate per il test

artificiali. Con il TAFT, oltre alla misura della resistenza alla torsione è stato quindi possibile misurare la trazione verticale e orizzontale; per ogni parcella sono state effettuate due misurazioni per tre repliche; la scarpa impiegata è stata una NIKE VAPOR TALON ELITE LOW TD MEN'S FOOTBALL.

- la **composizione botanica** è stata misurata sulle parcella traseminate, per individuare la percentuale di presenza tra le due essenze (Cynodon dactylon e



Foto n°14 . Griglia e contatore per rilievo Composizione Botanica

Lolium perenne) e come queste cambiavano nel tempo. I dati sono stati rilevati a cadenza mensile da giugno a settembre tramite un semplice strumento costituito da una griglia e un contatore; si contavano quante intersecazione dei fili avevano la presenza del loietto e alla fine espressi in percentuale.

- ❖ nel mese di giugno e settembre è stata misurata l'**architettura della canopy**, prelevando due campioni di suolo per parcella. Un carotatore (volume al netto dal feltro di di 0.00098 m^3) è stato usato per estrarre i campioni di suolo da cui è stato eliminato il feltro; da ciascun campione sono stati presi dati per stoloni/rizomi e apparato radicale. Gli stoloni e i rizomi sono stati ottenuti prelevando 4 cm (partendo dall'apice del campione) di suolo e lavati con acqua sotto rubinetto; stoloni e rizomi sono stati separati, messi in buste di carta e fatti essiccare in stufa a più di 100° e poi pesati. La parte restante è stata usata per misurare l'apparato radicale tramite analisi di immagine digitale con WinRhizo® (Regent Instruments Inc., Quebec, Canada), il quale permette di valutare la morfologia dell'apparato radicale (immagine, lunghezza, area, volume).



Foto n°15. Operazione di pulitura apparato radicale. In alto a dx e sx carotatore, in basso a sx stoloni e rizomi dopo lavaggio carota di suolo, in basso a destra griglia per pulizia radici

RISULTATI

PAR (RADIAZIONE FOTOSINTETICAMENTE ATTIVA)

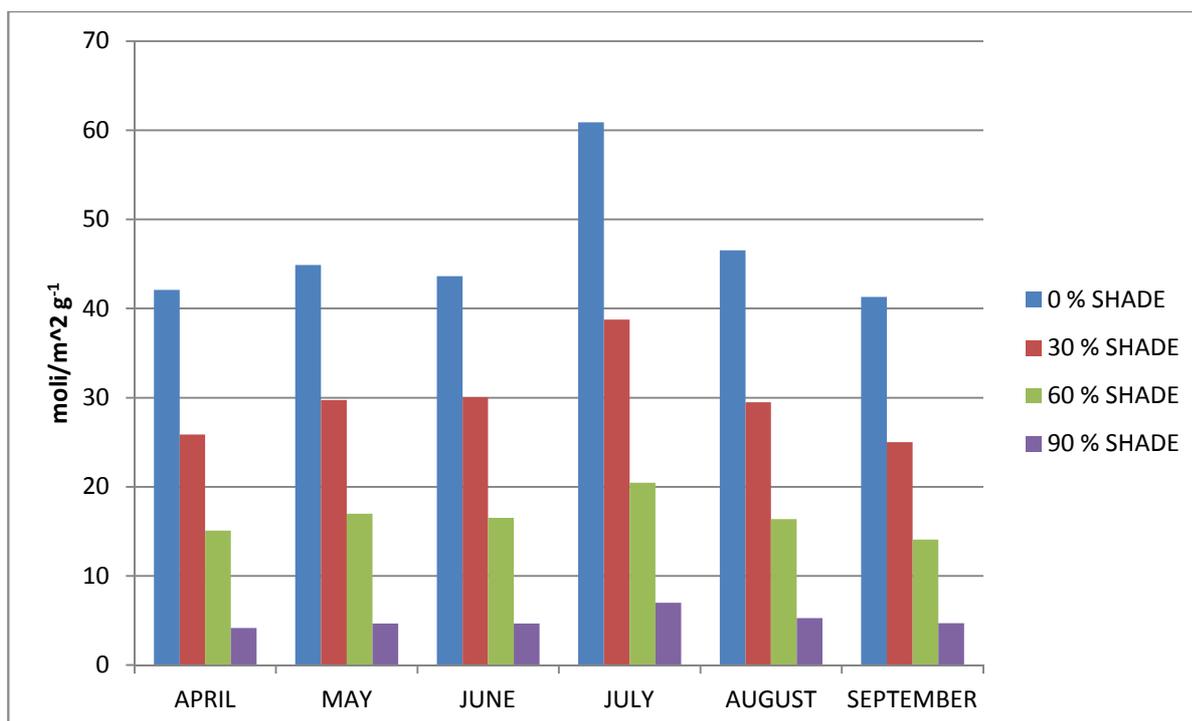


Grafico n°19 . Andamento DLI sotto i diversi livelli di ombra

	0	30	60	90
APRILE	42.1	25.9	15.1	4.2
MAGGIO	44.9	29.7	17.0	4.7
GIUGNO	43.6	30.1	16.5	4.7
LUGLIO	60.9	38.8	20.5	7.0
AGOSTO	46.5	29.5	16.4	5.3
SETTEMBRE	41.3	25.0	14.1	4.7

Tabella n°13 . Valori di DLI con minimi e massimi stagionali

Nel mese di Aprile le parcelle in pieno sole hanno ricevuto una quantità di luce espressa in PAR di 42 micromol/m² g⁻¹, contro i 25.9, 15.1 e 4.2 rispettivamente per le parcelle poste al 30%, 60% e 90% di ombra; le parcelle in pieno sole rispetto a quelle in ombra hanno ricevuto un +40% (parcelle

in 30% di ombra), +64% (parcelle in 60% di ombra) e +90% (parcelle in 90% di ombra) di PAR. I mesi di Maggio e Giugno hanno avuto valori pressochè simili; nel mese di Luglio le parcelle in pieno sole hanno ricevuto mediamente nell'arco della giornata $61 \text{ micromol/m}^2 \text{ g}^{-1}$ contro i 39, 21 e $7 \text{ micromol/m}^2 \text{ g}^{-1}$ rispettivamente per le parcelle poste al 30%, 60% e 90% di ombra. In termini di percentuale le parcelle in pieno sole ricevevano durante le 24 ore un +37%, +64% e +89% di PAR rispettivamente per le parcelle poste al 30%, 60% e 90% di ombra. Tra il mese di Agosto e Settembre si è tornati gradualmente a valori simili registrati in Aprile.

QUALITÀ VISIVA DEL TAPPETO ERBOSO (visual quality)

Metodo NTEP

La qualità del tappeto erboso per le parcelle con habitus 2 (che ricordo sono quelle tra seminate) non ha mostrato grosse differenze tra le parcelle sotto ombreggiamento con livello 0%-30%-60%, invece le parcelle sotto il 90% di ombreggiamento già a partire dal secondo mese (Maggio) inizia a decrescere raggiungendo un picco minimo in estate quando il Cynodon (macroterma) ripresa dal periodo di dormienza invernale, entra in competizione con il Lolim (microterma). A differenza delle parcelle con il solo Cynodon l'andamento della qualità visiva durante l'anno nelle parcelle traseminate è stato più regolare, infatti essendo la macroterma sofferente all'ombreggiamento, nelle parcelle in purezza la qualità visiva ha mostrato un andamento molto irregolare.



Foto n°16 . Campo sperimentale, Marzo 2014, Fayetteville. Bermudagrass dormiente

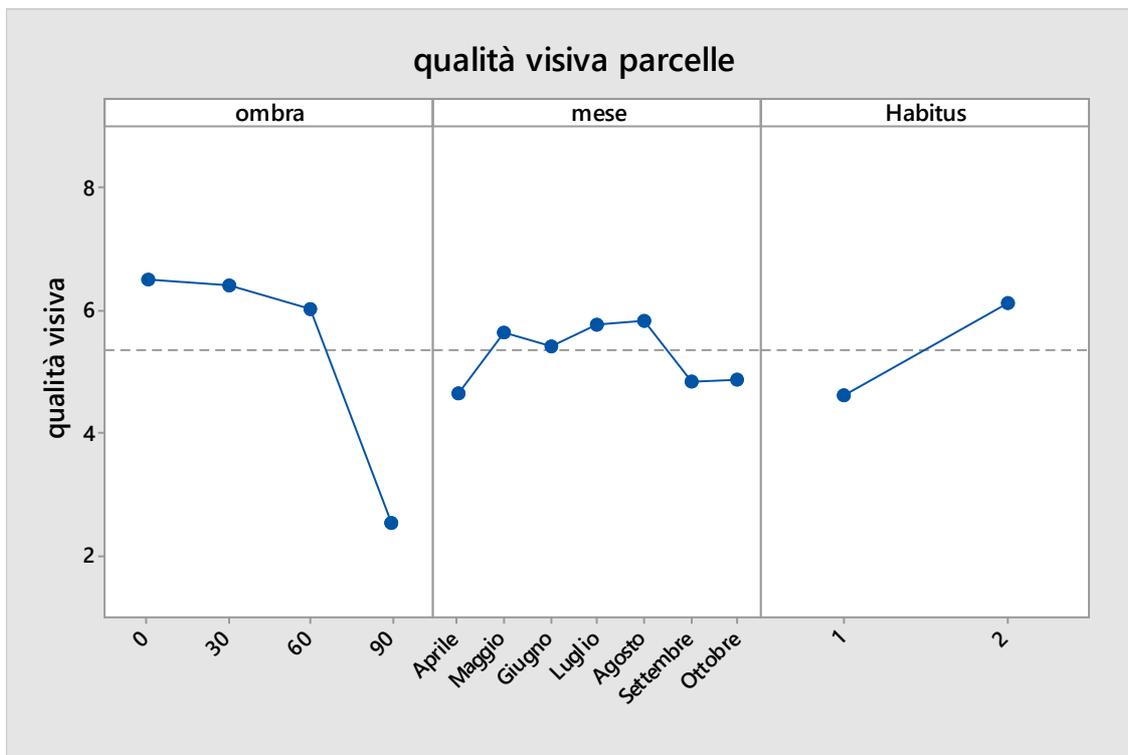


Grafico n°20 . Effetto Ombra,Mese e Habitus sulla qualità visiva ottenuto da Analisi della Varianza

Vediamolo nel dettaglio:

- **Parcelle tra seminate (overseeded plots)**: ad Aprile venendo da un periodo in cui il campo si trovava nelle condizioni naturali di luce e la copertura era garantita dal loietto, la qualità visiva del tappeto erboso si presentava molto buona con valori per tutti i livelli di ombreggiamento superiore a 7 (meno il 15% rispetto all'optimum); questa similarità tra i livelli di ombreggiamento è dovuta, quindi, al fatto che, essendo iniziata ad Aprile la prova, il periodo è stato troppo breve perché l'effetto dell'ombreggiamento inducesse modificazioni fisiologiche e morfologiche alle piante; fatta 100 la qualità del tappeto erboso con valore 9, nel mese di maggio, invece, si è avuto un calo del 10% per le parcelle sotto lo 0% di ombra, del 14% sotto il 30% di ombra, del 16% sotto il 60% di ombra e del quasi 50% per le



Figura n°13. Bermudagrass in ripresa vegetativa, 2 Aprile 2014

parcelle sotto il 90% di ombra. Questa diminuzione, per il mese di maggio, se pur lieve in qualità visiva sotto lo 0% di ombra è dovuta in parte alla competizione che si è venuta a creare tra la microterma e la macroterma (risveglio dalla dormienza della macroterma), infatti passando al mese di giugno, quando la macroterma ha raggiunto un buon sviluppo, la situazione è migliorata; ecco quindi che a giugno si ha una qualità visiva di circa il 10% in meno per i livelli di ombra 0-30-60%, mentre le parcelle sotto il 90% di ombra presentano una qualità visiva di circa il 60% in meno rispetto alla situazione di partenza. I mesi estivi presentano una qualità visiva intorno al valore 7 per le parcelle sotto lo 0-30-60% di ombra, mentre quello sotto il 90% non riesce a superare il valore di 2. In tarda estate e inizio autunno si ha un calo tale da non andare mai oltre il valore 7; infatti questo è il periodo in cui la bermudagrass inizia a perdere in qualità visiva dovuto all'abbassamento delle temperature con conseguente entrata in dormienza che comporta un peggioramento complessivo dell'intera superficie per questo carattere (visual quality). Le parcelle sotto lo 0% di ombra perdono circa il 7% in qualità visiva, quelle al 30% di ombra il 15%, quelle al 60% di ombra il 20%, mentre le parcelle al 90% di ombra perdono il 60% in qualità visiva rispetto alla situazione di partenza.

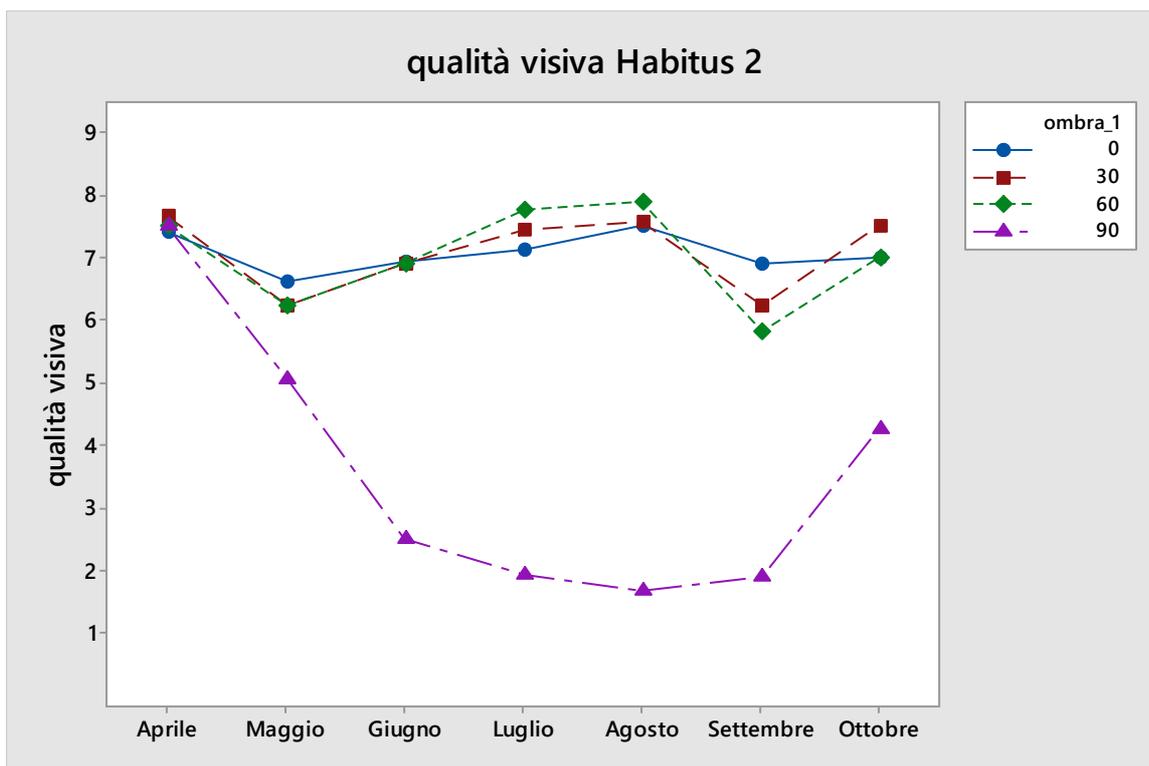


Grafico n°21 . Andamento qualità visiva per le parcelle traseminate, ricavato da Analisi della Varianza

- Parcelle non traseminate (non-overseeded plots): ad aprile la macroterma si trova nel periodo del risveglio e quindi la qualità visiva del tappeto erboso mostra valori molto bassi mai oltre il 2 per tutti i livelli di ombra. Passando al mese di Maggio, la qualità visiva mostra valori più alti per tutti i livelli di ombra con un incremento tra il 30% (0% ombra), 40% (30 e 60% ombra) e 25% (90% ombra). Nei mesi estivi la situazione tende a stabilizzarsi, avendo una maggiore qualità visiva per le parcelle in pieno sole e con una tendenza inversamente proporzionale all'aumento dell'ombreggiamento; ad esempio a giugno abbiamo una qualità visiva superiore pari al 50% in più rispetto ad aprile per le parcelle in pieno sole, un 40% in più per quelle in ombra tranne le parcelle sotto il 90% di ombra che ritornano alla situazione iniziale a causa dell'influenza della rete ombreggiante. Il picco lo si raggiunge ad agosto quando sotto il pieno sole si supera abbondantemente il valore 7. A fine estate inizio autunno, tranne che per le parcelle in pieno sole che mantengono un valore tra 6 e 7, le parcelle sotto ombreggiamento (30 e 60% ombra) perdono di qualità visiva del 15% rispetto a giugno, e del 7% quella sotto il 90% di ombra sempre rispetto a giugno dovuto al processo fisiologico di entrata in dormienza della macroterma.

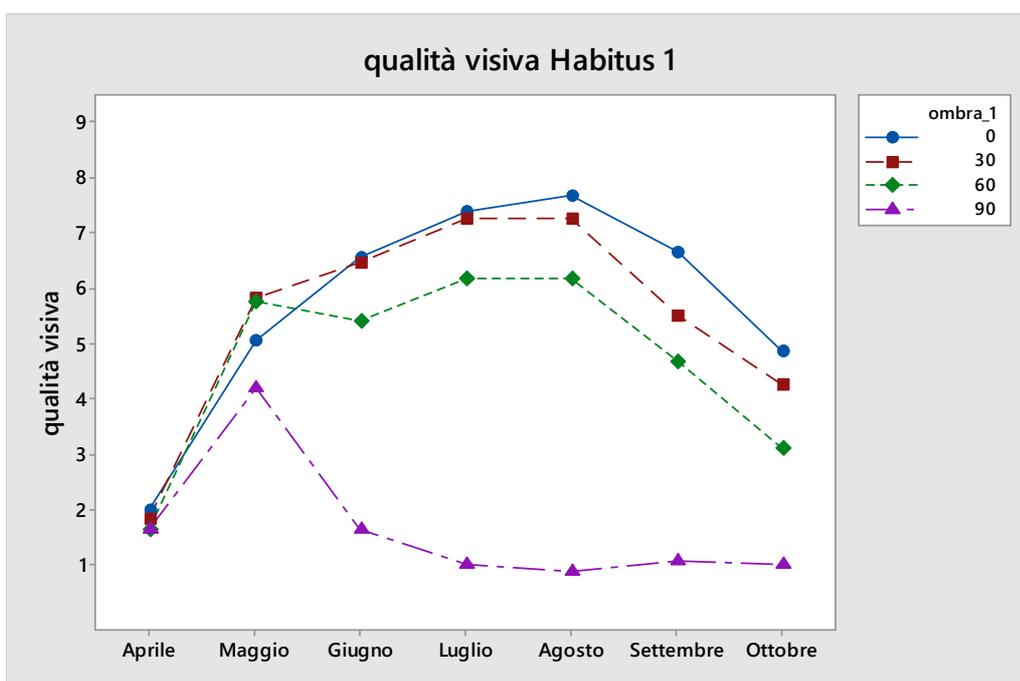


Grafico n°22 . Andamento qualità visiva per l'habitus 1, ricavato da Analisi della Varianza

L'analisi della varianza ed il test di Fisher per le m.d.s. ci indicano che l'interazione Ombra*Habitus non mostra nessuna differenza statisticamente significativa tra i livelli di ombra 0-30-60% per le parcelle traseminate, così come per i livelli 0 e 30% per le parcelle di solo Cynodon. Questo ci suggerisce che a livello visivo le parcelle traseminate non hanno avuto differenze in qualità grazie al loietto che tollerando l'ombra va a mascherare la condizione di stress del Cynodon. Per quanto concerne i livelli 0 e 30% di ombra con sola macroterma, le parcelle risultano statisticamente non differenti in quanto in piena estate il PAR a disposizione supera, come vedremo più avanti, il range di esigenza della pianta.

OMBRA	0	6.5a
	30	6.4ab
	60	6b
	90	2.5c
HABITUS	2	6.1a
	1	4.6b
OMBRA*HABITUS	0*2	7a
	30*2	7a
	60*2	7a
	0*1	6b
	30*1	5.8b
	60*1	5c
	90*2	3.4d
	90*1	1.7e

Tabella n°14 . Analisi della Varianza per $p \leq 0,05$ e Test di Fisher (L.S.D.) per la qualità visiva

COPERTURA (% coverage)

La copertura del tappeto erboso è rappresentata nei grafici seguenti.

- **Parcelle traseminate (overseeded plots):** a inizio stagione, Aprile, la percentuale di copertura si presentava con valori intorno al 90-95% per tutte i livelli di ombreggiamento, questo è sempre dovuto al fatto che provenendo da una situazione di piena luce prima dell'installazione delle reti ombreggianti, il tappeto erboso versava in condizioni ottimali sull'intera superficie. Nel mese di maggio, tutte le parcelle tranne quella sotto il 90% di ombra rimangono con un grado di copertura

intorno al 90%; le parcelle sotto il 90% di ombra perdono una % di copertura del 16%, passando da una copertura del 95% di aprile ad una copertura del 79% di maggio.

A giugno solo le parcelle in piena luce hanno mantenuto il grado di copertura del 90%. Infatti, le parcelle sotto il 30% e 60% hanno perso il 7% di copertura rispetto a maggio, mentre quelle sotto il 90% di ombra hanno avuto una ulteriore diminuzione della copertura del 43% rispetto al mese precedente. Questo andamento del grado di copertura per le parcelle traseminate ha indicato:

- - la copertura per il periodo che va sino a tutto agosto si mantiene oltre l'80% per i primi tre livelli di ombra (0-30-60%), mentre le parcelle sotto il 90% di ombra hanno fatto registrare valori molto bassi (20% circa). A partire dalla tarda estate la copertura inizia a decrescere (maggiore è il livello di ombra maggiore sarà la perdita di copertura) quando sia le temperature che il PAR risultano eccessivo e stressanti le prime (temperature) per la microterma e il secondo (PAR) per la macroterma che quindi, regrediscono perdendo facendo perdere grado di copertura a tutta la superficie nel suo complesso;

- con l'arrivo dell'estate e quindi con temperature sfavorevoli alla microterma, quest'ultima inizia a soffrire e la macroterma, pur resistendo a temperature elevate ma, essendo sensibile all'ombra, inizia anch'essa una fase di regressione; oltre alla temperatura, un altro fattore importante è il PAR il quale, a parità di livello di ombreggiamento, cresce durante il periodo estivo per la maggiore durata del giorno che comporta un maggiore accumulo di moli di fotoni (DLI); ecco che nei mesi estivi le parcelle sotto il 90% di ombra raggiungono un grado di copertura inferiore anche al 20% (composizione botanica di solo loietto); le parcelle in pieno sole rimangono le uniche a mostrare un grado di copertura buono compreso tra l'80 e il 90%, mentre il 30% di ombra riduce la copertura al 70%, e quella del 60% di ombra provoca una riduzione del 57%.

- la copertura nelle parcelle traseminate ed in pieno sole è garantita prevalentemente dalla macroterma poichè la microterma subisce il processo di fotorespirazione a causa delle alte

temperature e dell'ato grado di PAR così come evidenziato anche dalla parametro rilevato “composizione botanica”. Ad ogni modo, man mano che ci spostiamo verso le parcelle con maggiore grado di ombreggiamento e verso la tarda estate la macroterma accusa l'influenza dell'ombra (perdita di PAR), e pertanto rallenta l'attività vegetativa. Il Lolium, a causa delle alte temperature e del PAR, va in stress vegetativo e quindi si ha un decremento della copertura.

- sino ad agosto le due specie sembrerebbero essere complementari, mantenendo valori ottimali (circa l'80%) di copertura; a settembre invece si ha un decremento e lo potremmo definire come un mese di transizione visto che si procede anche con la fase della trasemina che poi riporterà il livello di copertura ai valori pre-settembre.

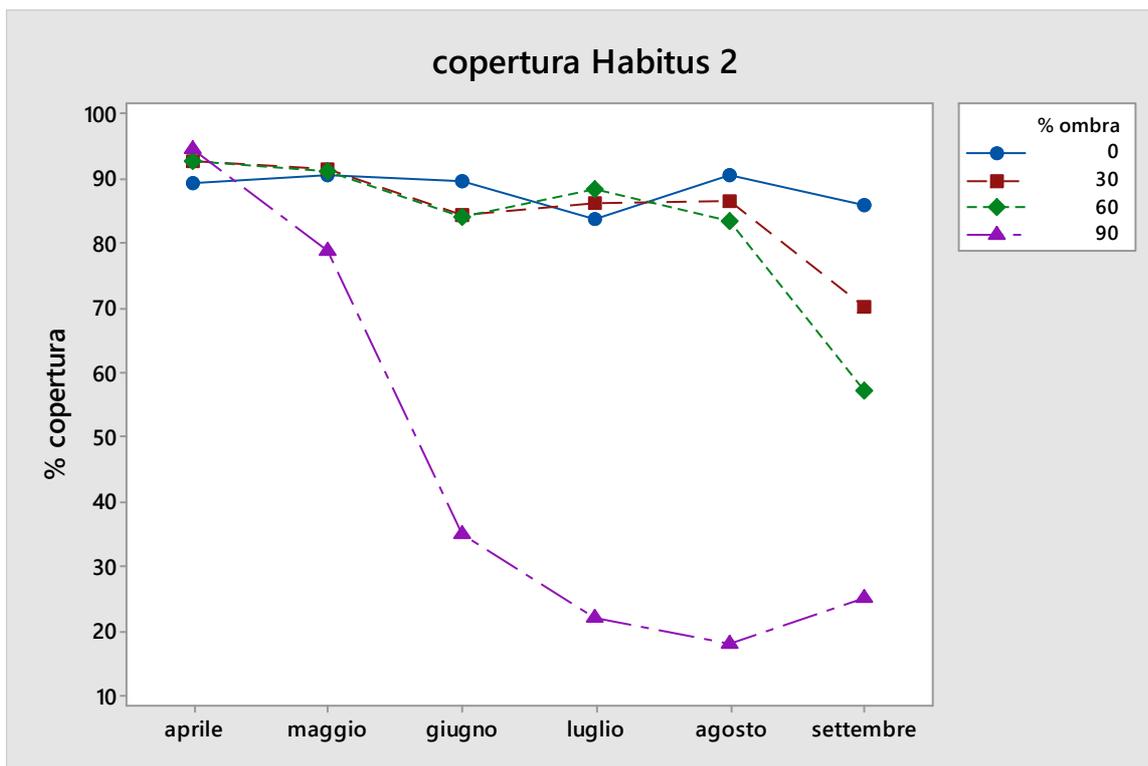


Grafico n°22. Andamento % copertura per le parcelle traseminate, ricavato dall'Analisi della Varianza



Foto n°17 . Effetto dell'ombra sulle parcelle, Luglio 2014, Fayetteville

- Parcelle non tra seminate (non-overseed plots): ad aprile la macroterma è nel periodo della ripresa vegetativa dopo la dormienza autunno-vernina ed ecco che il grado di copertura è molto basso; nello specifico le parcelle in piena luce hanno un 25% di copertura mentre le altre non vanno oltre il 15%. A maggio il livello di copertura raggiunge il valore di 82% per il pieno sole, 78% per quelle poste al 30% di ombra, 70% sotto il 60% di ombra e 46% al 90% di ombra. Giugno, luglio e agosto mostrano la miglior performance della bermudagrass, con un 95% di copertura per le parcelle in pieno sole, 85% per quelle sotto una rete con il 30% di ombra e un 60% di copertura per quelle sotto il 60% di ombra; mentre il 90% di ombra risulta essere eccessivo per la bermudagrass avendo un grado di copertura del 5%. A settembre si ha un lieve calo dovuto all'abbassamento delle temperature durante la notte, infatti abbiamo rilevato una copertura dell'80% per il pieno sole, 45% quando poste al 30% di ombra, 30% sotto il 60% di ombra. Addirittura tra i rilievi delle prime settimane di settembre rispetto a quelle di fine settembre si sono avute differenze notevoli:

- dal 90% di copertura si passa al 72% (pieno sole)
- dal 60% al 40% (30% ombra)
- dal 44% al 20% (60% ombra).

Quando il Cynodon viene sottoposto ad ombreggiamento abbiamo visto come la sua performance diminuisce quando il DLI richiesto non viene soddisfatto. A differenza delle parcelle traseminate

dove anche con il 60% di ombra i valori di copertura sono rimasti attorno all'80%, quando il Cynodon è in purezza mostra la sua debolezza nei confronti dell'ombra già oltre il 30% di ombreggiamento; infatti con il 60% di ombra la copertura è scesa a valori non accettabili (60% circa di copertura).

L'analisi della varianza ed il test di Fisher per le m.d.s. ci indicano che:

- il comportamento dei due habitus mostra differenze statisticamente significative;
- l'interazione habitus*ombra è significativamente diverso per tutti e 4 i livelli di ombra per le parcelle con solo Cynodon, invece non ci sarebbero differenze tra le parcelle traseminate sotto lo

HABITUS	2	75.4a
	1	54.5b
OMBRA*Habitus 1	0	81a
	30	69.4b
	60	53c
	90	14d
OMBRA*Habitus 2	0	88.6a
	30	85.7ab
	60	83.7b
	90	43.9c

0% e 30% di ombreggiamento, e tra le parcelle poste sotto

Tabella n°15 . Analisi della Varianza con Test di Fisher per la % di copertura per ≤ 0.005

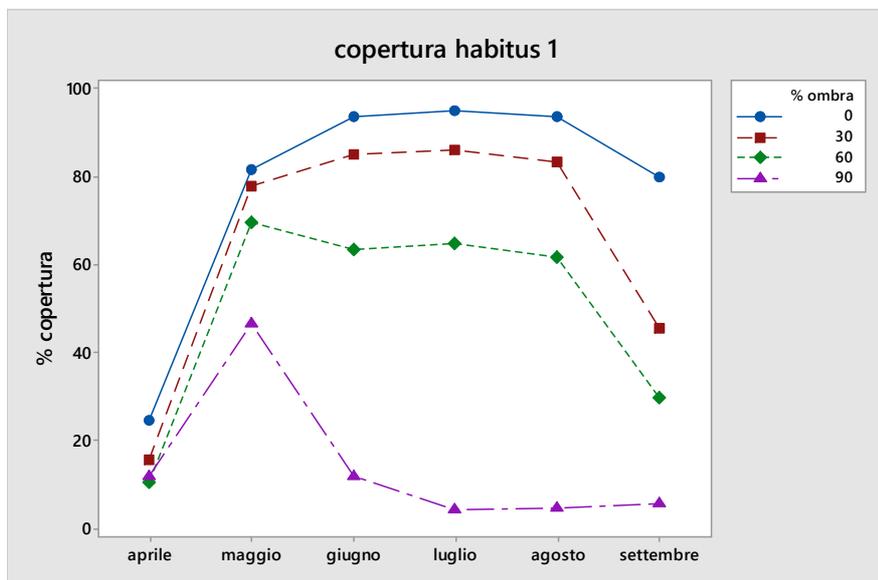


Grafico n°23 . Andamento % copertura per le parcelle non traseminate

TASSO DI ACCRESCIMENTO DEL TAPPETO ERBOSO (leaf extension rate)

Quando una pianta viene messa in condizioni di scarsa luminosità, una delle prime modificazioni morfologiche che mette in atto è quella di allungarsi verso l'alto alla ricerca della luce; questa è una delle risposte fisiologiche che vanno sotto il nome di eziolamento. Di seguito vengono riportati i grafici del tasso di accrescimento della pianta espressa in millimetri per giorno.(graf.30 e graf. 31)

- **Parcelle non tra seminate (overseeded plots):** ad aprile l'accrescimento del tappeto erboso era compreso per tutti e quattro i livelli di ombreggiamento tra i 7 e i 9 mm. A maggio che, come abbiamo visto anche per altri parametri rilevati, risulta il primo vero mese in cui l'influenza dell'ombra inizia a manifestarsi, anche in questo caso, all'aumentare del livello di ombra, aumenta il tasso di accrescimento del tappeto erboso; nello specifico nelle parcelle sotto il 90% di ombra il tappeto erboso cresce ad una altezza di 9mm, sotto il 60% di ombra ha un tasso di accrescimento di 8 mm al giorno, 6 mm sotto il 30% di ombra e 4 mm in pieno sole. La situazione rimane invariata per il mese di giugno mentre a luglio l'accrescimento sotto il massimo livello di ombra supera il centimetro (>10 mm) al giorno, 6 mm al 60% di ombra, 4 mm al 30% di ombra e 2 mm in pieno sole. Queste differenze sono dovute anche alla composizione botanica, infatti, come già detto all'aumentare del grado di ombra aumenta la percentuale di Lolium e diminuisce quella della bermudagrass (Cynodon), ecco infatti che il loietto (habitus cespitoso) sfilava più abilmente della bermuda (habitus stolonifero/rizomatoso) facendo quindi aumentare il tasso di accrescimento. Ad agosto il tasso di accrescimento sotto il 90% di ombra decade perchè il tappeto erboso si presenta quasi completamente diradato, mentre i restanti tre livelli di ombra mantengono l'andamento dei mesi precedenti se pur con un tasso minore. Discorso quasi invariato a settembre, quando con il ritorno di temperature più fresche il loietto ritorna a crescere facendo lievitare il tasso di accrescimento. Il mese di ottobre non viene riportato perchè falsato dalla nuova trasemina.

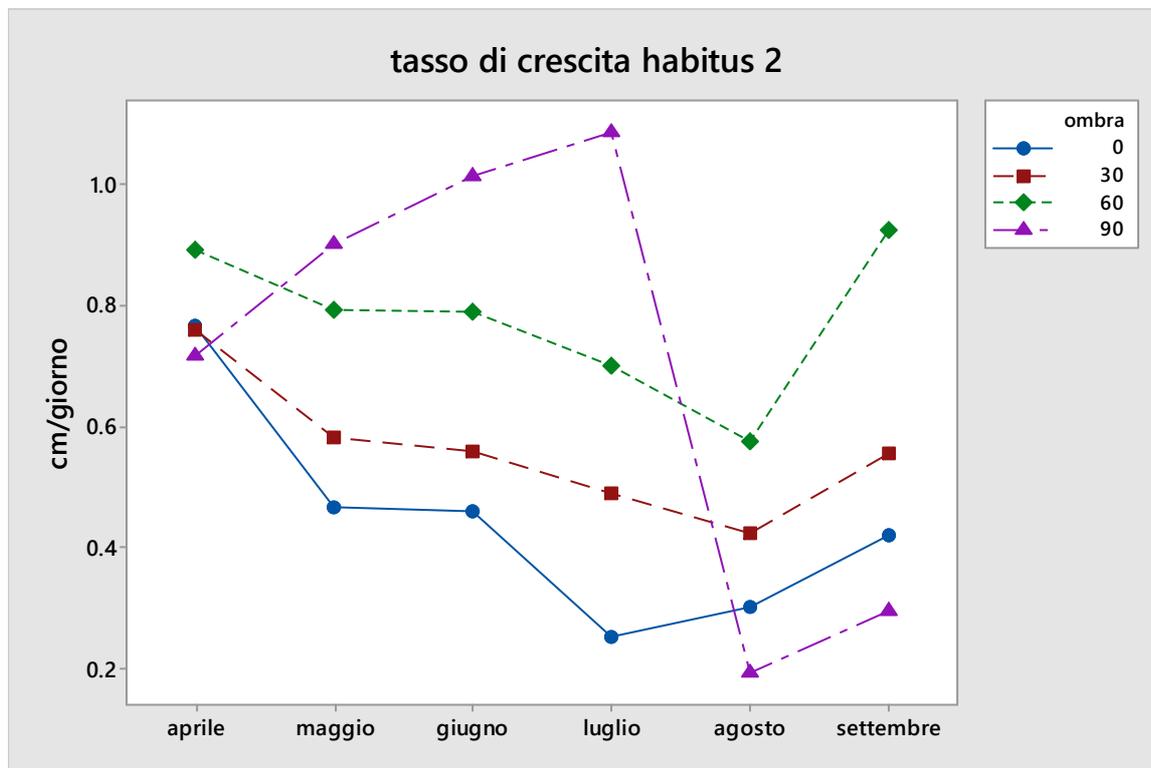


Grafico n°24 . Andamento del tasso di accrescimento per le parcelle traseminate

- **Parcelle non tra seminate (non-overseeded plots):** per le parcelle non traseminate, i rilievi per il tasso di accrescimento sono iniziati nel mese di maggio, visto che ad aprile la bermudagrass si trovava nelle prime fasi della ripresa vegetativa post dormienza. Nel mese di maggio abbiamo anche in questo caso un tasso di crescita che aumenta all'aumentare del livello di ombra; le parcelle sotto il 90% di ombra raggiungono il centimetro di sviluppo in altezza al giorno, 5 mm per la parcella poste al 60% di ombra, 3 mm per il 30% e 2mm per quelle in piena luce. A giugno la situazione rimane molto simile per i primi tre livelli di ombra, mentre non va oltre gli 8 mm per le parcelle sotto il 90% di ombra. Ad agosto il tasso di accrescimento sotto le reti al 90% di ombra è stato pari a zero in quanto non si avevano sufficienti culmi per poter rilevare il dato, ciò dimostrato dalla percentuale di copertura del periodo, mentre le altre tre rimangono in linea con il mese precedente. A settembre si ha una minima involuzione di marcia, sono le parcelle in piena luce a svilupparsi maggiormente con 4mm/g contro i 3 mm/g delle parcelle sotto il 60 e 30% di

ombra; essendo settembre un mese in cui la bermuda si accinge a entrare in dormienza, ecco spiegato forse il perchè di questa involuzione fermo restando che i primi tre livelli di ombra rimangono racchiusi in 1.1 mm.

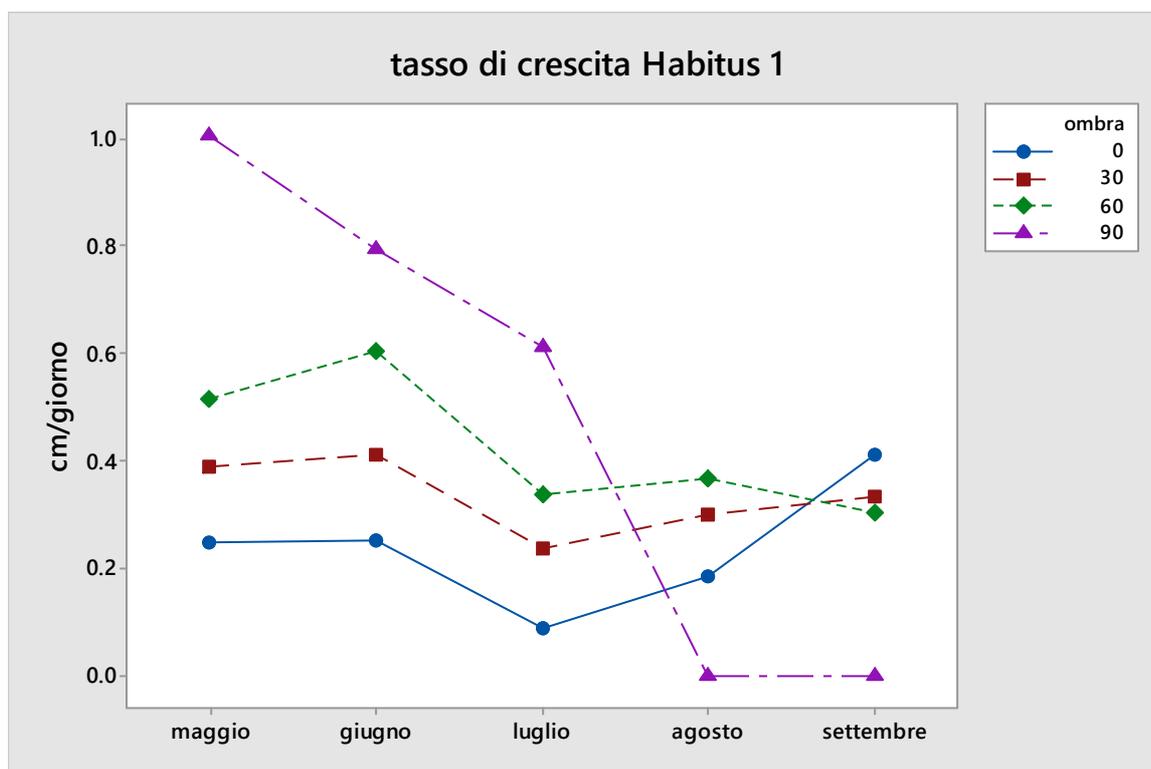


Grafico n°25. Andamento del tasso di accrescimento per le parcelle non traseminate

Facendo riferimento all'altezza di un campo da calcio che generalmente è di 2.5 cm, capiamo benissimo come all'aumentare dell'ombra aumenterà la frequenza di taglio. Oltre il 30% di ombra ed entro il 60%, si ha un tasso di accrescimento di 0.8 mm per le parcelle traseminate e di 0.4 mm per quelle non traseminate. Ciò significa che tagliando a 2.5 cm, in 48h le parcelle traseminate andranno oltre i 4 cm e quindi la frequenza di taglio oscilla da tre a quattro volte a settimana, mentre le parcelle traseminate si svilupperanno mediamente 4 mm al giorno sotto il 60% di ombra, quindi un taglio ogni 3-4 giorni. Oltre al calo di performance (minore copertura), all'aumentare del livello di ombra aumenta la frequenza di taglio con tutte le conseguenze di stress che comporta.

L'analisi della varianza con test di Fisher ci suggerisce che tra i due habitus ci sono minime differenze significative; l'interazione habitus*livello di ombra non mostra differenze (m.d.s.) tra i livelli 60 e 90% di ombra.

HABITUS	2	6a	Tabella n°16. Test di Fisher con $p \leq 0.005$
	1	0.4b	
OMBRA*Habitus 1	0	0.2a	
	30	0.3b	
	60	0.4c	
	90	0.5c	
OMBRA*Habitus 2	0	0.4a	
	30	0.5b	
	60	0.7c	
	90	0.7c	

RESIDUO DEL TAGLIO (CLIPPING YIELD)

La biomassa prodotta, espressa in grammi di peso secco per ogni 3 giorni (dal venerdì al lunedì di ogni settimana) è rappresentata nei seguenti grafici.

- **Parcelle traseminate (overseeded plots):** partendo dal mese di aprile, la maggiore biomassa prodotta è stata per le parcelle che si trovano sotto il 60% di ombra con una differenza di 30g rispetto alle parcelle in pieno sole; le parcelle invece sotto il 90% di ombra hanno fatto registrare la quantità di biomassa più bassa. Anche nei mesi successivi di maggio e giugno l'andamento è rimasto tale e quale. Questo si verifica perchè, pur essendo le parcelle soggette ha un maggiore tasso di accrescimento, sono nello stesso tempo quelle con il minor grado di copertura quindi meno dense. A luglio si assiste a un brusco calo della quantità di biomassa raccolta, infatti

tagliando a 2.5 cm con un loietto che rallenta la sua crescita e con lo sviluppo laterale della bermudagrass la quantità di tagliato diminuisce di conseguenza. Questo andamento si protrae sino ad agosto per poi assistere al solito mese di settembre in cui avendo il passaggio della bermudagrass alla dormienza i dati risultano essere leggermenti differenti dalla media.

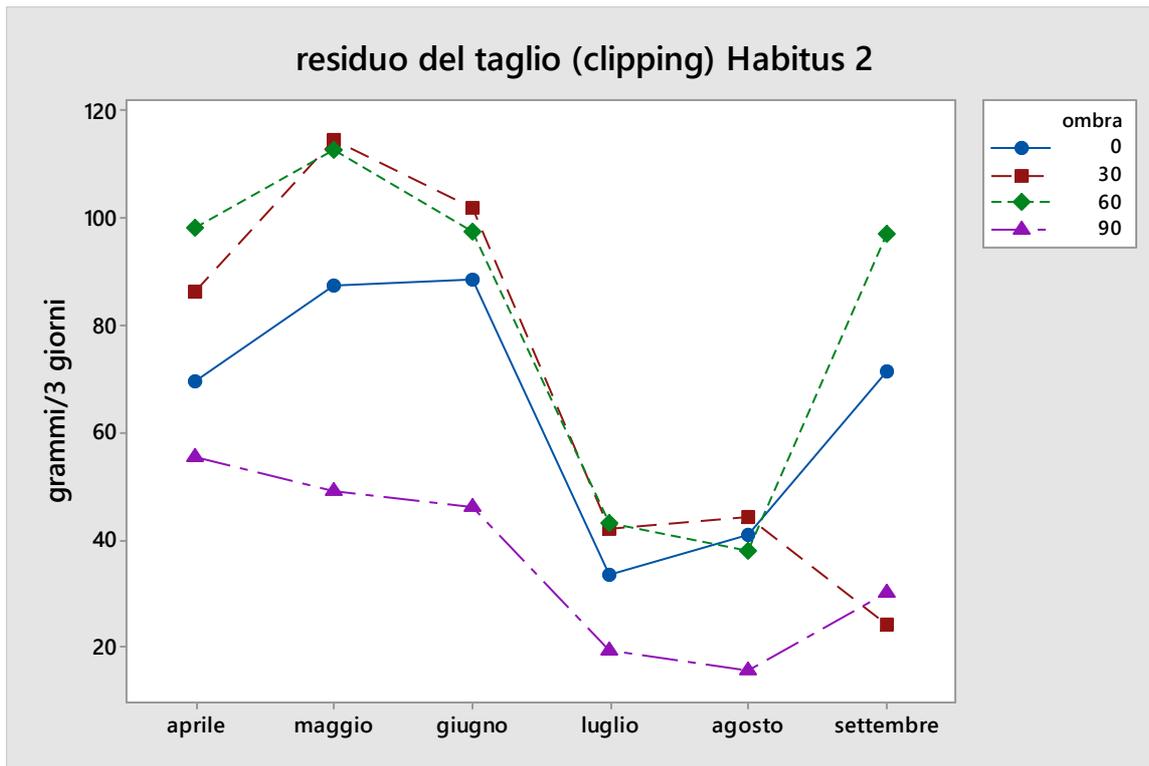


Grafico n°26 . Andamento del residuo del taglio per le parcelle traseminate

- **Parcelle non traseminate (non-overseeded plots):** per la parcelle non traseminate, la raccolta della biomassa è cominciata a maggio quando la bermudagrass ha raggiunto un buon sviluppo dopo la ripresa dalla dormienza. Ecco quindi che a giugno abbiamo il picco massimo di biomassa raccolta con le sole parcelle sotto il 90% di ombra che producono la minore quantità di biomassa prodotta con una differenza di quasi 50g rispetto alle altre. In piena estate la biomassa prodotta diminuisce nuovamente e lo scarto tra i vari livelli di ombra, tranne quello al 90%, risulta essere tra i 10-15 grammi.

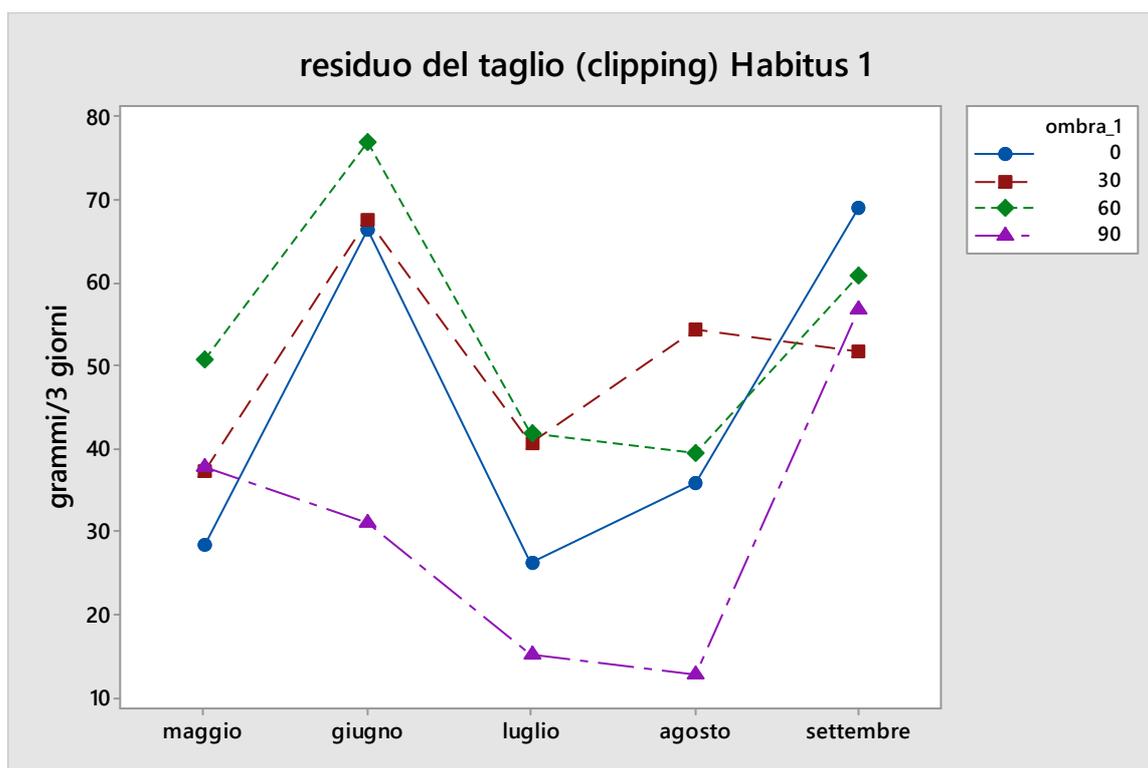


Grafico n°27 . Andamento del residuo del taglio per le parcelle non traseminate

L'analisi della varianza ed il test di Fisher per m.d.s. ci indica che i due habitus hanno avuto tra di loro un comportamento statisticamente differente; Nelle interazioni non ci sono state, per entrambi gli habitus, differenze statisticamente significative tra le parcelle sotto lo 0% e 30% di ombra così come tra quelle sotto il 30% e 60%, invece quelle sotto il 90% hanno mostrato minime differenze significative dagli altri livelli di ombra indipendentemente dall'habitus

HABITUS	2	62.3a
	1	45.7b
OMBRA*Habitus 1	60	55.9a
	30	52.6ab
	0	46.3b
	90	27.8c
OMBRA*Habitus 2	60	67.6a
	30	65.6ab
	0	56.3b
	90	31.3c

Tabella n°17. Analisi della Varianza e Test di Fisher del residuo del taglio per $p \leq 0.005$

RESISTENZA ALLA TORSIONE

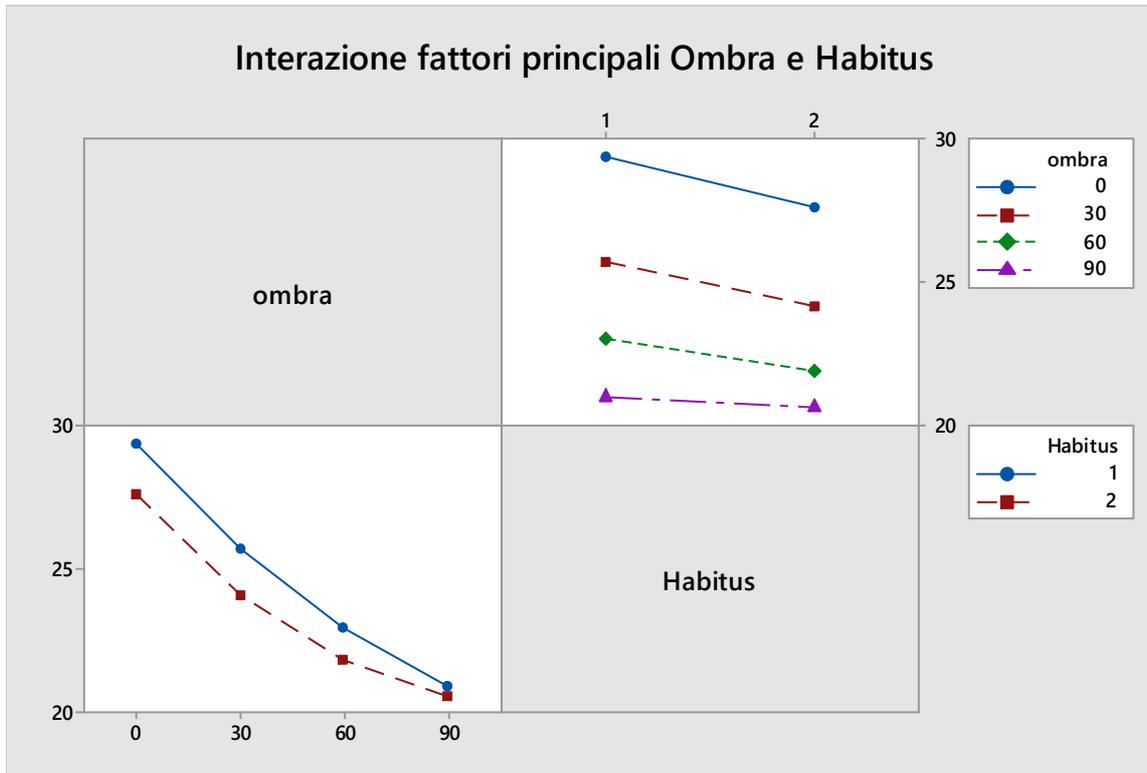


Grafico n°28 . Interazione Ombra e Habitus sulla Torsione

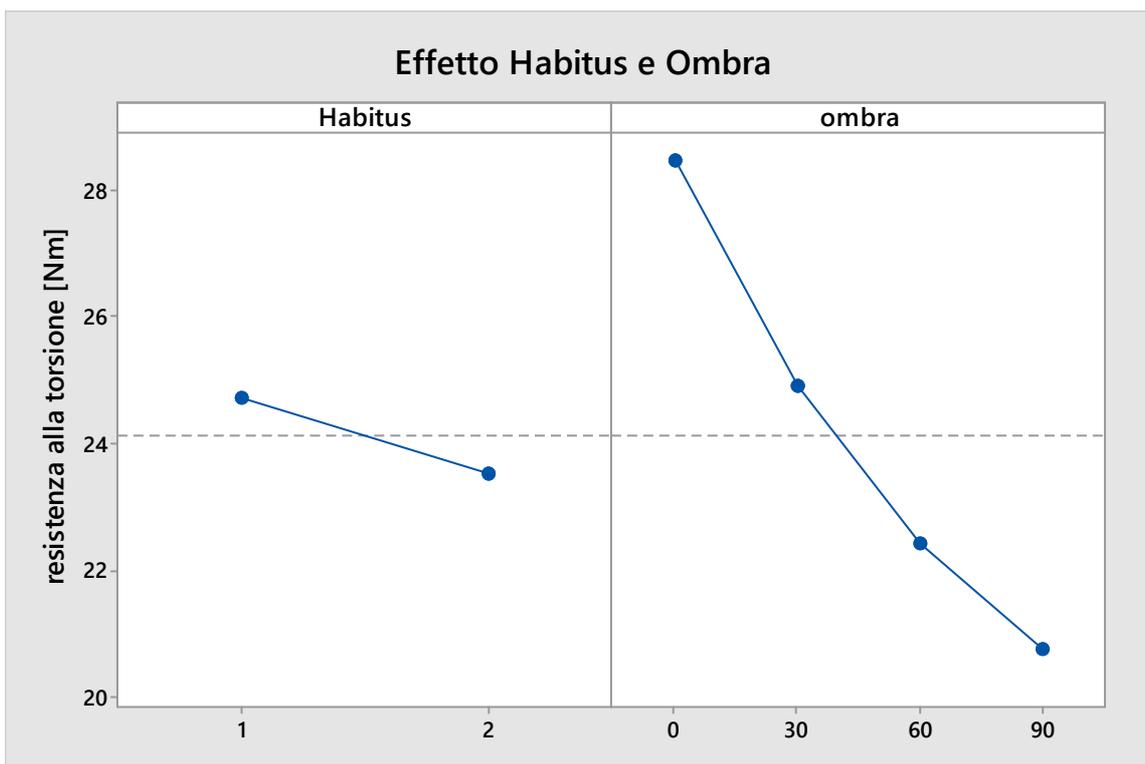


Grafico n°29. Effetti dei fattori principali Habitus e Ombra sulla torsione

- **Parcelle non traseminate (overseeded plots):** la resistenza alla torsione per la parcelle traseminate ha mostrato un andamento, sin dal primo rilievo, inversamente proporzionale al livello di ombreggiamento. A giugno si avuti sono registrai i valori più alti rispetto agli altri mesi, questo dovuto alla presenza di bermudagrass lignificata reduce dal periodo di dormienza vegetativa invernale. Dal mese di luglio, e così via per gli altri mesi, la resistenza alla torsione mantiene dei valori quasi costanti dove, a primeggiare sono le parcelle in cui la bermudagrass trova le migliori condizioni per lo sviluppo laterale.

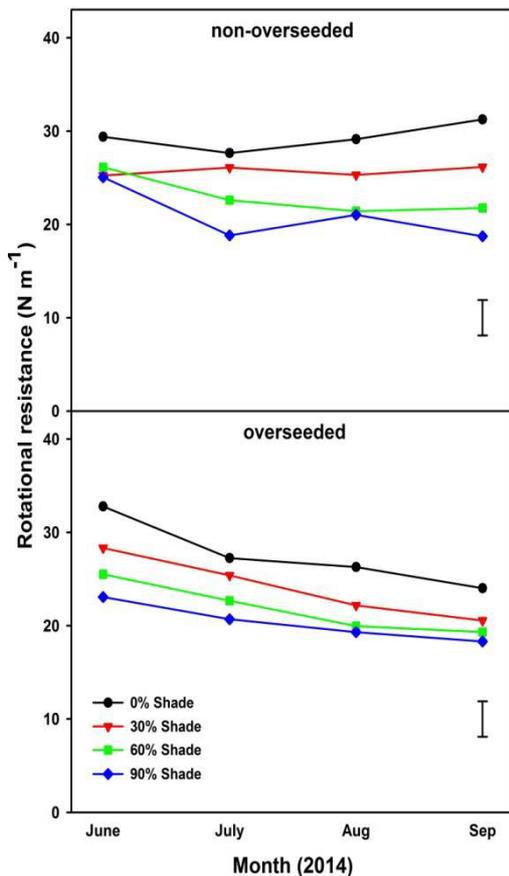


Grafico n°30 . Torsione

RESISTENZA ALLA TORSIONE		
habitus 1		24.7a
habitus 2		23.5a
ombra	0	28.4a
	30	28.4b
	60	28.4c
	90	28.4c
habitus1*ombra	0	28.4a
	30	28.4bc
	60	28.4de
	90	28.4e
habitus2*ombra	0	28.4ab
	30	28.4cd
	60	28.4de
	90	28.4e
mese	Agosto	28.4bc
	Luglio	28.4b
	Giugno	28.4a
	Settembre	28.4c

Tabella n°18 .Test di Fisher sull'interazione dei fattori principali con la Torsione per p≤0.005

- **Parcelle non traseminate (non-overseed plots):** nelle parcelle in pieno sole la resistenza alla torsione si è mantenuta più o meno costante per tutto il periodo studiato; nelle parcelle traseminate solo il mese di giugno aveva fatto registrare valori più alti dovuto alla bermudagrass

lignificata in precedenza dalla dormienza invernale ma, in questo caso, mancando la competizione con il loietto, la bermudagrass esce più velocemente dalla dormienza eliminando la biomassa secca con tempi più celeri; questa fase consiste nel ricacciare biomassa fresca che spinge la secca che a sua volta viene eliminata con il taglio.

La differenza sostanziale tra i due casi, che mostrano valori più alti delle parcelle in purezza rispetto alle traseminate a parità di livello di ombra, è dovuto a una percentuale maggiore di bermudagrass nelle prime (parcelle in purezza) che con gli stoloni e rizomi conferisce una maggiore robustezza alle zolle.

TENNESSEE ATHLETIC FIELD TESTER

Quando il tappeto erboso è stato posto allo sforzo di trazione orizzontale e verticale ha dato i seguenti risultati mostrati in figura.

- **forza orizzontale:** come nel caso della torsione anche qui all'aumentare del livello di ombra diminuisce la resistenza alla trazione offerta dal tappeto erboso contro la scarpa, sia per le parcelle traseminate che in purezza. Inoltre, osservando la bermudagrass non traseminata, vediamo come i valori sono più alti rispetto alle parcelle traseminate. Questo dovuto al fatto che cambia la composizione botanica comportando una diminuzione in % della bermudagrass.

- **forza verticale:** riguardo la forza verticale, ossia il primo sforzo di trazione che avviene dal momento in cui la scarpa impatta il suo, possiamo vedere come le parcelle non traseminate offrono valori più alti per i livelli di ombra 0, 30 e 60%. Escludendo le parcelle con il 90% di ombra dove a fine luglio (giorno della prova) di tappeto erboso ne rimaneva poco e nulla, rimane curioso l'andamento delle parcelle in pieno sole. Qui sono le parcelle traseminate ad avere valori più alti e questo si verifica perchè la bermudagrass trovandosi nelle migliori condizioni di luce produce

quello che è l'effetto cuscino grazie alla presenza del feltro. Andando avanti con il grado di ombra, la bermuda rallenta la propria crescita, meno produzione di stoloni e rizomi quindi meno produzione di feltro.

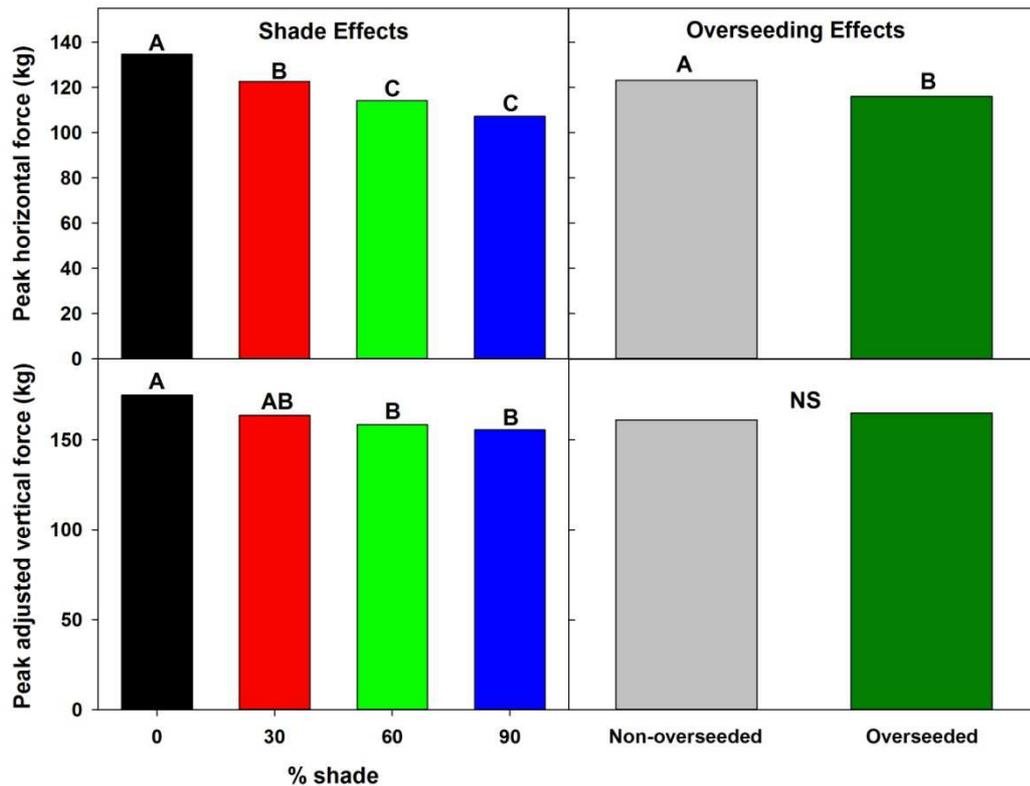


Grafico n°31 . Risultati della trazione orizzontale e verticale con il TAFT

trazione orizzontale	habitus	1	123.2a
		2	116.056b
	ombra	0	134.6a
		30	122.6b
		60	114c
90	107c		
trazione verticale	habitus	2	165a
		1	161a
	ombra	0	174.9a
		30	163.5ab
		60	158.4b
90	155.5b		

Tabella n°19. Test di Fisher per $p \leq 0.005$

COMPOSIZIONE BOTANICA

La composizione botanica è stata monitorata nel periodo in cui la bermudagrass era completamente uscita dalla dormienza e prima della trasemina autunnale.

- **livello 0% ombra:** è la condizione ideale di luce e temperatura per la bermudagrass in estate, ed essendo una specie che per sua natura è molto competitiva ecco che lascia poco spazio al loietto. A luglio la percentuale di loietto è di appena il 24.5%, che scende al 22.3% in agosto e 16% in settembre;

- **livello 30% ombra:** quando la disponibilità di luce inizia a diminuire di una quantità pari al 30%, la percentuale di loietto aumenta in risposta allo stress che la bermudagrass si trova ad affrontare ed a causa della quale perde forza competitiva. Ecco che a luglio il loietto occupa il 30% della parcella per giungere a un picco massimo in agosto di 42.8%; a settembre cala nuovamente a 32.5%.

- **livello 60% ombra:** la percentuale di loietto per i mesi di luglio e agosto supera il 50% di composizione botanica, a testimonianza della non capacità della bermudagrass a tollerare questo deficit di luce. A settembre invece si ripete quanto detto per i precedenti livelli di ombra, ovvero un calo di % del loietto che raggiunge qui il valore di 43.5%.

APPARATO RADICALE

L'habitus 1 ha fatto registrare i valori più alti di lunghezza dell'apparato radicale nel mese di giugno ed in pieno sole (585 cm). La lunghezza minore si è avuta con la condizione di ombreggiamento al 90% nel mese di settembre (68.2cm). L'analisi della varianza ed il test di Fisher ha mostrato m.d.s. tra questa condizione (0%) e gli altri livelli di ombreggiamento (30-60 e 90%). Questi livelli tra loro non hanno mostrato minime differenze significative.

Differenze significative si sono manifestate tra i valori di giugno e quelli di settembre facendo registrare per questi ultimi un significativo decremento della presenza di radici.

Andamento analogo si è registrato per il volume dell'apparato radicale.

A giugno l'apparato presente, e rilevato, era costituito essenzialmente dalle piante dell'Habitus 2 che in quel periodo si trovava in piena attività di sviluppo. I risultati per questo habitus riportano valori di 1024 cm di lunghezza e 1.1 cm³ di volume. A settembre si è registrato una significativa diminuzione della presenza di radici facendo registrare 163 cm per la lunghezza e 0.17 cm³ per il volume.

Analizzando l'andamento in relazione al tipo di rete ombreggiante, l'andamento da 0% di ombreggiamento verso il 90% di ombreggiamento è stato più regolare rispetto all'habitus 1 sia per la lunghezza che per il volume dell'apparato radicale. Si sono comunque manifestate differenze significative specialmente tra la tesi di pieno sole e l'ombreggiamento al 60 e 90% per la lunghezza. Nel caso del volume dell'apparato radicale le differenze statistiche si sono evidenziate soltanto tra la tesi di pieno sole ed il 90% di ombreggiamento. Differenze significative sono sempre presenti tra i due habitus sia per la lunghezza che per il volume dell'apparato radicale. Un'altra differenza sostanziale ma non misurabile è stata la difficoltà, soprattutto per il rilievo di giugno, nel pulire l'apparato radicale; la microterma aveva formato attorno ai rizomi della macroterma molte radici le quali trattenevano con forza le particelle di suolo facendo risultare difficoltoso la pulizia e la separazione delle radici stata la difficoltà, soprattutto per il rilievo di giugno, nel pulire l'apparato radicale; il loietto aveva formato attorno ai rizomi della bermuda molte radici le quali trattenevano con forza le particelle di suolo facendo risultare difficoltoso la pulizia e la separazione delle radici

LUNGHEZZA [cm] APP.RADICALE HABITUS 2			
ombra	0	950	a
	30	857	ab
	60	507	bc
	90	422	c
mese	giugno	1024	a
	settembre	163	b
LUNGHEZZA APP.RADICALE HABITUS 1			
ombra	0	510	a
	30	313	b
	60	229	bc
	90	176	c
mese	giugno	376	a
	settembre	238	b

VOLUME [cm3] APP.RADICALE HABITUS 2			
ombra	0	0.807	a
	30	0.734	ab
	60	0.460	ab
	90	0.361	b
mese	giugno	1.1	a
	settembre	0.17	b
VOLUME APP.RADICALE HABITUS 1			
ombra	0	0.385	a
	30	0.191	b
	60	0.184	b
	90	0.139	b
mese	giugno	0.269	a
	settembre	0.181	b

Tabella n°20.
Test di Fisher su
lunghezza e
volume apparato
radicale per
 $p \leq 0.005$

HABITUS*LUNGHEZZA	2	684	a
	1	307	b

HABITUS*VOLUME	2	0.590	a
	1	0.225	b

Conclusioni parte sperimentale 2

L'attività svolta presso i campi sperimentali della Sezione di tappeti erbosi della University of Arkansas, ha voluto mettere a confronto la risposta del tappeto erboso sotto diversi livelli di ombreggiamento, usando una macroterma, sia in purezza che traseminata con un blend di *Lolium perenne L.*. La risposta che abbiamo ottenuto ci indica come la specie a ciclo C₄ (habitus 1) diminuisca la sua performance man mano che aumenta la percentuale di ombreggiamento. Per questo habitus la sempre maggiore percentuale di ombreggiamento ha fatto registrare una peggiore qualità visiva, una riduzione della resistenza alla torsione, una minore percentuale di copertura, un superiore accrescimento verticale (fino a luglio) e, quindi, una maggiore produzione di residuo del taglio (commisurato alla densità), nonché un decremento dell'apparato radicale. Il valore limite di ombreggiamento sembrerebbe, da questa prova, il 30% di ombra (29.9 moli al giorno di DLI). Entro questo livello di ombra l'habitus 1 ha mostrato un grado di copertura intorno all'80% ed anche i risultati sulla qualità visiva sono risultati sufficienti (valore 6). Le parcelle traseminate o habitus 2 (microterma su macroterma), hanno fatto registrare un andamento quasi sinergico tra la macroterma e la microterma che componevano la consociazione. Infatti, le parcelle sotto le reti con ombreggiamento di 30 e 60%, così come in pieno sole, hanno mantenuto una copertura compresa tra l'80 e il 95%, come se i vuoti lasciati dalla macroterma venissero colmati dalla microterma. L'habitus 2 rispetto all'habitus1, anche grazie ad un portamento eretto, tende a crescere più

facilmente in altezza, comportando un maggiore quantitativo di residuo del taglio. Nelle parcelle traseminate solo il livello 90% di ombra è risultato essere negativo per la vita del tappeto erboso.

Conclusioni

La qualità del tappeto erboso all'interno degli impianti sportivi è influenzata dalla struttura che lo circonda. Le moderne strutture danno priorità al confort degli spettatori, tralasciando i fabbisogni microclimatici delle piante che compongono il tappeto erboso (Tegg et al., 2004). I cambiamenti microclimatici, all'interno delle strutture sportive, comportano, quindi, modificazioni della temperatura, umidità del suolo e dell'aria, della CO₂ e della radiazione, pur sapendo che le condizioni microclimatiche all'interno dello stadio sono molto importanti per lo sviluppo e la velocità di recupero del tappeto erboso (Huylenbroeck, 2001).

Quindi, la progettazione degli impianti sportivi dovrebbe tenere conto delle esigenze, in termini di microclima, delle piante che compongono il tappeto erboso. Infatti, come dimostrato da questo specifico caso dello stadio "Renzo Barbera" di Palermo, la presenza di strutture architettoniche che producono ombreggiamento sul campo di gioco, peraltro con una distribuzione non uniforme sia nello spazio che nel tempo, riducono il PAR o DLI disponibile (e necessario) per la pianta. In funzione dell'intensità della riduzione della radiazione, a parità delle altre condizioni ambientali e gestionali, le specie da tappeto erboso rispondono con modificazioni fisiologiche e morfologiche, spesso negative, per alcune caratteristiche importanti ai fini sportivi. Infatti, sia nella prova presso lo stadio che in quella in campo sperimentale, la densità del tappeto erboso ha subito una riduzione, così come, la resistenza alla torsione. Anche altri autori hanno riscontrato come la riduzione della radiazione disponibile per le piante da tappeto erboso, riducano la durata e le performance dello stesso tappeto erboso (Baker, 1995a and b). Anche la qualità visiva peggiora, come riscontrato

anche in altri studi da (Beard, 1973). Sempre Beard (Beard, 1997) ricorda che al diminuire del livello di irraggiamento cambiano le risposte morfologiche e fisiologiche della pianta, e facendo riferimento ad altri studi, riporta che la percentuale di copertura, densità dei culmi, LAI (leaf area index) ed il peso secco cambiano (Gaussoin et al., 1988; Wilkinson & Beard, 1974). Tutto ciò è risultato anche nella presente sperimentazione dove è stato rilevato che all'aumentare dell'ombreggiamento la densità dell'apparato radicale decresce. Anche questo tipo di modificazione viene confermata da altri autori (Bell e Danneberger, 1999; Wilkinson e Beard, 1974; Wilkinson e Beard, 1975). Naturalmente non tutte le specie si comportano allo stesso modo nei confronti della riduzione della radiazione solare. Le specie macroterme (ciclo C4), come detto, sono molto più sensibili all'ombreggiamento delle specie microterme (C3); ma queste, quando la temperatura dell'aria supera i 30-35 °C ed il DLI ricevuto è molto alto (circa 45-50 mol/giorno), subiscono il processo di fotorespirazione.

Dai risultati ottenuti nelle due condizioni sperimentali, si potrebbe concludere che le condizioni di radiazione idonee a favorire una buona qualità generale del tappeto erboso sarebbero comprese tra i 28 ed i 31 moli giorno di DLI

Tale condizione permetterebbe, appunto, di avere un tappeto erboso dalle caratteristiche estetiche e di giocabilità ottimali.

Bibliografia

- Almodares, A. (1980) The adaption of *Stenotaphrum secundatum* Kuntze and *Festuca arundinacea* Schreb. to tree shade environment as affected by mowing heights. PhD. thesis, A&M State University, College Station, Texas, USA
- Baldwin, C.M., H. Liu, L.B. McCarty, H. Luo, and J.E. Toler (2009). *Dormant Bermudagrass Spring Green-Up Influenced by Shade*. Chapter 5, book Variable approaches investigating light quality and quantity impacts on warm- and coolseason turfgrasses.
- Baldwin, C.M., Haibo Liu and McCarty, L.B. (2008). *Diversity of 42 bermudagrass cultivars in a reduced light environment*. Acta Hort. 783, 147-158 DOI: 10.17660/ActaHort:2008.783.13
- Baker, B. S. W. (1995a). *The Effects of Shade and Changes in Microclimate on the Quality of Turf At Professional Soccer Clubs . I. Questionnaire survey*. Journal of the Sports Turf Research Institute, 71, 66–74.
- Baker, B. S. W. (1995b). *The Effects of Shade and Changes in Microclimate on the Quality of Turf At Professional Soccer Clubs . I.I. Pitch survey*. Journal of the Sports Turf Research Institute, 71, 75–83.
- Beard, J.B. (1973). *Turfgrass: Science and Culture*. (Prentice-Hall Inc.: Englewood Cliffs, New Jersey, USA).
- Beard, J. (1997). *Shade stresses and adaptation mechanisms of turfgrasses*. Int. Turfgrass Soc. Res. J, 8, 1186–1195.
- Bell, E. G. (2011). *Turfgrass physiology and ecology. Advanced mangement principles*. Modular Text.
- Bell, M. J., Baker, S. W., & Canaway, P. M. (1985). *Playing quality of sport surfaces*. Journal of the Sports Turf Research Institute.
- Black, C.C., Campbell, W.H., Chen, T.M. and Dittrich, P. (1973) *The monocotyledons: their evolution and comparative biology. III. Pathways of carbon metabolism related to net carbon dioxide assimilation by monocotyledons*. Quarterly Review of Biology 48, 299-313.
- Boardman, N.K. (1977). *Comparative photosynthesis of sun and shade plants*. Ann.Rev. Plant Physiol. 28:355-377.
- Bramwell S.T. (1972). Requa R.K. , Garrik J.C. , *High school football injures: a pilot comparison of playing surfaces*. Med. And Sci. in sport, 4, pag. 166-169.

- Bunnell, B.T., L.B. McCarty, and W.C. Bridges, Jr. (2005a). *Quantifying a daily light integral requirement of a 'TifEagle' bermudagrass golf green*. *Crop Sci.* 45:569-574
- Bunnell, B. T., McCarty, L. B., & Bridges, W. C. (2005b). *TifEagle Bermudagrass Response to Growth Factors and Mowing Height when Grown at Various Hours of Sunlight*. *Crop Science*, 45(2), 575. doi:10.2135/cropsci2005.0575
- Canaway, P.M., (1975). *Fundamental techniques in the study of turfgrass wear: an advance report on research*. *J. Sport Turf Res. Inst.*, 51, 104-115.
- Canaway, P. M. (1985). *Technical note: an apparatus for measuring traction and friction on natural and artificial playing surfaces*.
- Egle, K. 1960. *Menge und verhiiltnis der pigmente*. In *Encyclopedia of Plant Physiology*. ed. W. Ruhland, 5(1):452-96. Berlin: Springer-Verlag. 1013 pp
- FederGolf Italia (2014). *Percorsi in Macroterma*. Web link <http://www.federgolf.it/FileDownload.aspx?filepath=SiteAssets/Lists/Pagine%20HTML/EditForm/Percorsi%20in%20macroterme%20marzo%202014.pdf>.
- FIFA, 2012. *Quality concept for Football Sport*
- Gary, J.E. (1967). *The vegetative establishment of four major turfgrass and the response of stolonized Meyer zoysiagrass (Zoysia japonica var. Meyer) to mowing height, nitrogen fertilization, and light intensity*. M.S. thesis, Mississippi State University, Mississippi State, USA.
- Gaussoin, R. E. ., Balternsperger, B. N. ., & Coffey, B. N. (1988). *Response of 32 bermudagrass clones to reduced light intensity*.pdf. *HortScience*, 23(1), 178–179.
- Gramckow , J., *Athletic Field Quality Studies*. Cal-Turf Inc., Camarillo, CA, 1968.
- Hall, N.P.and Keys, A.J. (1983) *Temperature dependence of the enzymic carboxylation and oxygenation of ribulose 1,5-bisphosphate in relation to effects of temperature on photosynthesis*. *Plant physiology* 72, 945-948.
- Hirsch, C. Lewis, J. 1965. *Experimental ankle joint fractures*. *Acta Orthop Scand.* 36: 408–417
- Huylenbroeck, V. (2001). *Effects of shading on photosynthetic capacity and growth of turfgrass species*. *J . M . Van Huylenbroeck * and E . Van Bockstaele*, 9, 353–359
- Jones, C.A. (1985) *C4 grasses and cereals growth, development and stress response*. John Wiley and Sons, New York.
- Karcher, D. E., & Richardson, M. D. (2003). *Quantifying turfgrass color using digital image analysis*. *Crop Science*, 43, 943–951. doi:10.2135/cropsci2003.0943

- Karcher, D. E., & Richardson, M. D. (2005). *Batch analysis of digital images to evaluate turfgrass characteristics*. *Crop Science*, 45, 1536–1539.
doi:10.2135/cropsci2004.0562
- Karnok, K.J. and Augustin, B.J. (1981). *Growth and carbon dioxide flux of Kentucky bluegrass during sod establishment under low light*. In Proceeding Fourth International Turfgrass Research Conference (Ed R.W. Sheard) pp. 517-526. (International Turfgrass Society and Ontario Agricultural College, University of Guelph, Ontario, Canada).
 - Kirk, J. T. O., Tilney-Bassett, R. A. E. (1967). *The Plastids*. London, San Francisco: Freeman. 608 pp.
 - Krenzen, E.G. Jr. and Moss, D.N. (1969) *Carbon dioxide compensation in grasses*. *Crop Science* 9, 619-621.
 - Kornczynski, P.C., Logan, J., Faust, J.E. (2002). *Mapping monthly distribution of Daily Light Integrals across the Contiguous United States*. Hort Technology, January-March 2002
 - Kuhlman, S.M., M.B. Sabick, R. Pfeiffer, B. Cooper, and J. Forhan. 2010. *Effect of loading condition on traction coefficient between shoes and artificial turf surfaces*. Proceedings of Institution of Mechanical Engineers. P: Journal of Sports Engineering and Technology. 224(2): 155-165.
 - Lambson, R.B., B.S. Barnhill, and R.W. Higgins. 1996. *Football cleat design and its effect on anterior cruciate ligament injuries. A three-year prospective study*. *Am. J. Sports Med* 24(2):155–159
- LND. (2009). Campi omologati dal 2001 al 2012.
- Matsuoka, M., Furbank, R.T., Fukayama, H. and Miyao, M. (2001). *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 52, 297-314.
 - Mattina, G., Sarno, M., (2012). *Qualità dei tappeti erbosi per il calcio-caso studio: resistenza alla torsione*. Disponibile cartaceo presso Biblioteca Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Palermo.
 - Mattina, G., Sarno, M., Richardson, M.D., Karcher, D.E., Thoms, A., Sorochan, J.C. (2014). *Shade Effects on Athletic Field Playing Characteristics of Overseeded and Non-Overseeded Bermudagrass*. Poster CSSA, Long Beach, CA.
 - McBee, G.G., and Holt, E.C., (1966). *Shade tolerance studies on bermudagrass and others turfgrasses*. *Agronomy Journal* 58, 523-525.
 - McNitt, A.S., R.O. Middour, and D.V. Waddington. 1997. *Development and evaluation of a method to measure traction on turfgrass surfaces*. *Journal of Testing and Evaluation* 25:99-107

- McNitt, A.S. et al. Database traction, web link
<http://plantscience.psu.edu/research/centers/ssrc/traction-database>

- McNitt, A. S., Landschoot, P. J., & Waddington, D. V. (2004). *Effects of turfgrass, cutting height and soil conditions on traction. Acta Horticulturae*, 661(1992), 39–48.

- Miller, G.L., J.T. Edenfield, and R.T. Nagata. 2005. *Growth parameters of Floradwarf and Tifdwarf bermudagrasses exposed to various light regimes*. *Int. Turfgrass Res. J.* 10:879-884.

- McNitt, A.S., *2014 World Cup Footwear – Traction Comparison. Penn State's Center for Sports surface research.*

- Milner, E.M., *The Shoe-Turf interface*. Paper presented to the NCAA Rules Committee, Sarasota, FL, 1972.

- Morris K., (1992). *How to use National Turfgrass Evaluation Program*. *Turfgrass Trend*, issue 5, September/October 1993.

- Otago L., Swan P., Chivers I, Finch C., Payne W., Orchard J. (March 2007) *Ground conditions and injury risk*, Implications for sports grounds assessment practices in Victoria, School of Human Movement and Sport Sciences, University of Ballarat

- Panella, A., Croce, P., De Luca, A., Falcinelli, M., Modestini, F.S., Veronesi, F. (2006), *Tappeti erbosi. Cura, gestione e manutenzione delle aree verdi pubbliche e private*. Edagricole, Il sole 24 Ore

- Peacock, C.H., and Dudeck, A.E. (1981). *Effect of shade on morphological and physiological parameters of St. Augustinegrass cultivars*. In *Proceedings Fourth International Turfgrasses Research Conference*. pp. 493-500. (Ontario Agricultural College, University of Guelph, Ontario, Canada).

- Peacock, C.H., and Dudeck, A.E. (1993). *Response of St. Augustinegrass cultivars to shade*. In *Proceedings Seventh International Turfgrass Research Conference*. pp 657-663. (International Turfgrass Society).

- Richardson, M. D., Karcher, D. E., & Purcell, L. C. (2001). *Quantifying turfgrass cover using digital image analysis. Crop Science*, 41, 1884–1888.
doi:10.2135/cropsci2001.1884

- Schmidt, R.E. (1965). *Some physiological responses to two grasses as influenced by temperature, light and nitrogen fertilization*. Ph.D thesis, Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, Virginia, USA.

- Schmidt, R.E. and Blaser, R.E. (1967). *Effect of temperature, light, and nitrogen on growth and metabolism of "Cohansey" bentgrass (Agrostis palustris Huds.)* *Crop Science* 7, 447-451.

- Serensits, T. J. (2014). *Comparison of Rotational Traction of Athletic Footwear on Varying Playing Surfaces Using Different Normal Loads*. *Applied Turfgrass Science*, 1–10.
doi:10.2134/ATS-2013-0073-RS
- Smeets, K., P. Jacobs, R. Hertogs, J.-P. Luyckx, B. Innocenti, K. Corten, J. Ekstrand, and J. Bellemans. (2012). *Torsional injuries of the lower limb: an analysis of the frictional torque between different types of football turf and the shoe outsole*. *Br J Sports Med*:46(15):1078-1083
 - Sorochan, J.C., Thoms, A.W., Brosnan, J.T., Paquette, M.R., Zhang, S. (2003). *A New Device for Simulating Athlete-to-Surface Interactions on Natural and Synthetic Turf*. *Journal of Testing and Evaluation (Impact Factor: 0.28)*. 03/2013; 41(3):1-7.
DOI: 10.1520/jte20120103
 - SPSS. 1998. Sigma Scan Pro 5.0. SPSS Science Marketing Dep., Chicago.
 - - Stuurman, F.J. (1969). *Ein Gerat zur Messung der Scherfestigkeit der Narbe*. *Rasen und Rasengraser*, 6,32-37.
 - Stuurman, F.J. e koenigs, F.F.R. (1968). *Een apparaat voor het meten van de sterke van de zode van grassportvelden*. *Tidschrift Koninklijke Nederlandsche Heidemaatschappij*, 79, 376-381.
 - Tegg, R.S., Lane, P.A., (2004) *Shade performance of a range of turfgrass species improved by trinexapac-ethyl*. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 2004, 44, 939–945
 - Torg, J.S., Quendelfeld, T.C., and Landu, S., (1973). *Football shoes and Playing surfaces: from safe to unsafe*. *Physician and Sports Medicine*, Vol 1, pp 51-54.
- Trappe, J. M., Karcher, D. E., Richardson, M. D., & Patton, A. J. (2011). *Shade and Traffic Tolerance Varies for Bermudagrass and Zoysiagrass Cultivars*. *Crop Science*, 51(2), 870.
doi:10.2135/cropsci2010.05.0248
- USGA, http://usga.org/course_care/articles/management/greens/Stimpmeter-Instruction-Booklet/
 - Wilkinson, James F. (1973). *Morphological, anatomical and physiological responses of Poa pratensis L. 'Merion' and Festuca rubra L. 'Pennlawn' to reduced light intensities*. Ph. D. Thesis, Michigan State university. 100 pp.
 - Wilkinson, J.F. and Beard, J.B. (1974). *Morphological responses of Poa pratensis and Festuca rubra to reduced light intensity*. In *Proceedings Second International Turfgrasses Research Conference*. pp. 231-240. (International Turfgrass Society and ASA and CSSA, Madison, Wisconsin, USA).

- Wilkinson, J.F., Beard, J.B., and Krans J.V. (1975). *Photosynthetic-respiratory responses of Merion Kentucky bluegrass and Pennlawn red fescue light intensities*. *crop Science* 15, 165-168.

Wilkinson, J. F. ., & Beard, J. (1974). *Poa pratensis and Festuca rubra*. In *Second International Turfgrass Research Conference* (pp. 231–240).

- Winstead C.W., and Ward, C.Y. (1974). *Persistence of southern turfgrasses in shade environment*. In *Proceedings Second International Turfgrass Research Conference*. pp 221-230. (International Turfgrass Society and ASA and CSSA, Madison, Wisconsin, USA).