

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTA' DI AGRARIA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE FORESTALI E AMBIENTALI

DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI
RISORSE NATURALI E AMBIENTE

TESI DI LAUREA

**PRESTAZIONI DI ALCUNE SPECIE E CULTIVAR
DA TAPPETO ERBOSO IN PRESENZA E IN
ASSENZA DI CALPESTAMENTO SIMULATO**

RELATORE: DOTT. STEFANO MACOLINO
CORRELATORE: DOTT. MAURIZIO GIOLO

LAUREANDA: BAROLO ERICA

ANNO ACCADEMICO 2012/2013

Indice

Riassunto	5
Abstract	7
1. Introduzione	9
1.1 Importanza e funzioni del tappeto erboso	9
1.2 Il tappeto erboso: caratteristiche e specie impiegate	10
1.3 Specie microterme: aspetti generali	11
1.4 Principali specie microterme impiegate per la formazione di tappeti erbosi	12
1.4.1. <i>Poa pratensis</i> (L.)	12
1.4.2. <i>Festuca arundinacea</i> (Schreb.)	14
1.4.3 <i>Lolium perenne</i> (L.)	15
1.5 Adattabilità delle principali specie microterme da tappeto erboso agli stress ambientali	17
1.6 Resistenza al calpestamento	19
1.7 Parametri per la stima della qualità estetica di un tappeto erboso	25
1.7.1 Qualità visiva	25
1.8 Scopo della ricerca	27
2. Materiali e metodi	29
2.1 Realizzazione della prova e interventi gestionali	29
2.1.1 Concimazione	30
2.1.2 Apporti meteorici ed irrigui	30
2.1.3 Taglio	31
2.2 Altri interventi gestionali	32
2.2.1 Controllo delle erbe infestanti	32
2.2.2 Controllo di alcune malattie fungine	33
2.3 Simulazione del calpestamento	36

3. Risultati e discussione	39
3.1 Parametri qualitativi	39
3.1.1 Aspetto estetico globale	39
3.1.2 Densità	47
3.1.3 Tessitura	54
3.1.4 Colore	56
3.1.5 Accrescimento verticale	62
4. Conclusioni	67
Bibliografia	69
Ringraziamenti	

Riassunto

Da decenni, il tappeto erboso in Italia trova ampio consenso come espressione di naturalità e viene sempre più spesso apprezzato per le sue qualità estetiche in ambito ornamentale. La reale importanza di questa particolare cenosi erbacea, tuttavia risiede principalmente nella possibilità di poterlo impiegare in ambito sportivo, dove sono richieste le massime prestazioni.

La ricerca di specie e cultivar resistenti, nei confronti del suo utilizzo, interessa Paesi del nord Europa e degli Stati Uniti da tempo. In Italia, al contrario, una vera e propria cultura del tappeto erboso non si è ancora affrancata e per molti anni si sono importate le conoscenze ricavate negli altri Paesi. La variabilità delle cultivar all'interno di una specie, tuttavia, è tale da considerare fondamentale svolgere attività di ricerca anche nel nostro territorio, per comprendere l'adattabilità di una cultivar a questo specifico ambiente.

Con l'obiettivo di comprendere gli effetti del calpestamento simulato del gioco del calcio, su alcune cultivar appartenenti a tre microterme da tappeto erboso, è stata realizzata una prova sperimentale, presso l'Azienda Agraria Sperimentale dell'Università di Padova a Legnaro.

La prova, iniziata nell'aprile del 2009 e conclusa nel dicembre del 2011, ha permesso il confronto di nove cultivar di *Lolium perenne* e *Poa pratensis* e sette cultivar di *Festuca arundinacea*.

Lo schema sperimentale adottato è stato lo split-plot a tre ripetizioni, con dimensioni parcellari pari a 3 m².

I parametri considerati sono stati: densità, tessitura, colore e aspetto estetico globale del cotico erboso rilevati mensilmente mediante attribuzione di un punteggio da 1 a 9. È stato inoltre rilevato l'accrescimento medio giornaliero (mm g⁻¹) dell'erba, misurando settimanalmente prima di ogni intervento di taglio con un erbometro a piatto circolare, l'altezza del cotico erboso.

I dati raccolti sono stati sottoposti all'analisi della varianza utilizzando il software SAS ver. 9.1.

Nei casi in cui con tale analisi siano state poste in evidenza differenze significative, le medie sono state differenziate mediante il Fisher's protected Least Significant Difference (LSD) test al $P \leq 0,05$.

Dai dati raccolti è stato osservata una minore variabilità fra le cultivar in *Festuca arundinacea*, mentre *Poa pratensis* è risultata la specie con le maggiori differenze: in particolare le cultivar 'JKB 197', 'JKB 374', 'JKB 213' e la più datata 'Mystere' hanno dimostrato discreta tolleranza al calpestamento. *Lolium perenne* è la specie che ha reagito meglio al calpestamento durante la stagione invernale grazie anche alla maggiore resistenza

a livelli termici tipici del periodo e che ha risposto al trattamento di compattamento del terreno mantenendo una vegetazione più verde rispetto alle altre due specie.

In condizioni di intenso calpestamento del tappeto erboso nessuna specie e varietà sembra garantire livelli qualitativi accettabili in tutte le stagioni e conseguentemente la gestione del tappeto erboso, in condizioni di forte intensità d'uso, non può prescindere dall'utilizzo in miscuglio di tutte e tre le specie considerate nella ricerca.

Abstract

From decades turfgrass in Italy was considered as an expression of naturalness and is increasingly being appreciated for its aesthetic qualities as an ornamental. However, the real importance of this particular grass coverage is into the possibility of using it as a coverage for sports fields, which required maximum performances.

In country, such as Northern Europe or the United States, research for new cultivar is started by years. The trend in Italy is to import the knowledge gained from other nations. However the variability within a specie is wide, so it is fundamental to make research to understand a cultivar adaptability to this specific environment.

With the aim of understanding the effects of simulated trampling of football game of some cultivars belonging to three cool-season grasses, an experimental research was carried out at the experimental farm of the University of Padua in Legnaro.

The trial started in April 2009 and ended in December 2011; it allowed the comparison of nine cultivars of *Perennial ryegrass* and *Kentucky bluegrass* and seven cultivars of *Tall fescue*.

The experimental designed used was a split-plot with three replications.

The parameters considered were: density, texture, color and overall appearance of the sward recorded monthly by giving a score from 1 to 9. It was also obtained the average daily gain grass.

Data collected were subjected to analysis of variance using SAS software ver. 9.1. In case where that analysis have been brought to light significant differences, the means were differentiated by means of the Fisher's protected Least Significant Difference (LSD) test at $P \leq 0.05$.

From data collection has been observed less variability in *Tall fescue*; *Kentucky bluegrass* was the one with the largest differences, in particular 'JKB 197', 'JKB 374', 'JKB 213' and 'Mystere' appeared the most wear tolerant. *Perennial ryegrass* was the less influenced by trampling in winter.

In condition of intense use probably the solution is represented by a mixture of these cool-season grasses.

1. Introduzione

1.1 Importanza e funzioni del tappeto erboso

Il tappeto erboso, sebbene sia uno fra gli elementi più artificiali di un'area verde e quello maggiormente soggetto all'intervento antropico, è sempre più considerato espressione di naturalità e per questo molto apprezzato.

Il tappeto erboso trova ampio consenso non solo come simbolo di integrazione con la natura, ma anche per il suo valore estetico. Esso rappresenta infatti una valida soluzione per migliorare la componente estetica ed in particolare in contesti urbanizzati, data la sua capacità di interagire con lo spazio circostante creando ampi scorci e suggestive vedute, valorizzando in tal modo l'area della quale è parte integrante.

La sua importanza, non è limitata ad una funzione prettamente ornamentale, ma si estende anche in ambito ricreativo e soprattutto sportivo, per la cui progettazione e gestione sono richieste conoscenze tecniche specialistiche e verso il quale si concentra la maggior parte della ricerca scientifica, in Italia e nel mondo.

Da non dimenticare le funzioni ambientali che contraddistinguono questa particolare cenosi erbacea. In particolare, al tappeto erboso vengono attribuite la capacità di migliorare l'infiltrazione dell'acqua nel terreno, con conseguente maggiore capacità depurativa della stessa, diminuzione dei flussi superficiali e dell'erosione; il controllo climatico per assorbimento di calore durante il giorno ed il suo lento rilascio durante la notte; l'abbattimento delle polveri e dei fumi nell'atmosfera; la riduzione del rumore e dell'intensità luminosa.

Sebbene l'importanza a livello ambientale dei tappeti erbosi sia ben nota, nel nostro Paese la ricerca e l'interesse nei confronti di questa particolare coltura risultano quasi esclusivamente indirizzati verso l'ambito sportivo, che richiede standard qualitativi molto elevati.

Nei Paesi del Nord Europa e negli Stati Uniti, ove la cultura del tappeto erboso è consolidata e diffusa, le ricerche in questo settore sono iniziate da tempo. È fondamentale ricordare però, che le conoscenze legate agli studi effettuati all'estero non sempre sono trasferibili in altri paesi, molti risultati infatti sono strettamente legati alle condizioni pedoclimatiche locali, ad esempio l'adattabilità di una cultivar, è di norma legata ad un ambiente specifico.

Molta è ancora la strada da percorrere, risulta quindi indispensabile orientare l'attività di ricerca verso lo studio di specie e cultivar maggiormente adatte al nostro paese.

1.2 Il tappeto erboso: caratteristiche e specie impiegate

Tra le varie definizioni di tappeto erboso riportate in testi specialistici possiamo ricordare le seguenti che meglio sintetizzano il suo significato:

1. “ il sistema colturale la cui parte vegetale residua al suolo si interpone fra l’utente ed il terreno, o substrato su cui è coltivata, per proteggerlo ed evitargli danneggiamenti” (Cereti et al., 2003);
2. “la copertura erbacea comprendente lo strato più superficiale di suolo, interessato da radici e/o rizomi, usualmente tagliato basso e caratterizzato da uniformità e bassa crescita” (Beard, 1973).

Gli aspetti evidenziati da Beard, e cioè “l’uniformità” e la “crescita contenuta”, sono di particolare interesse per la costituzione di un tappeto erboso. L’uniformità caratterizza questa coltura, perché conferisce un aspetto estetico gradevole, la bassa crescita, invece, è indispensabile per agevolare la gestione ed in particolare i tagli, dal momento che questa coltura richiede interventi frequenti.

I tappeti erbosi sono altresì considerati come delle “comunità di piante in monostand, cioè costituite da un’unica varietà, oppure in polistand, cioè composte da due o più cultivar della stessa specie (blend) o in miscuglio, in questo caso convivono una o più cultivar di specie diverse” (Beard, 1973; Watschke e Schmidt, 1992).

Nella costituzione di un tappeto erboso le specie impiegate appartengono alla famiglia delle *Poaceae* (Graminacee). Questa famiglia comprende specie particolarmente adatte al taglio basso e frequente. Si tratta di monocotiledoni con portamento cespitoso, rizomatoso o stolonifero. I primi presentano accrescimenti intraguainali che si accrescono verticalmente, gli altri possiedono organi di accrescimento e riserva che si sviluppano sotto la superficie del terreno (rizomi) o sulla superficie del terreno (stoloni) (Emmons e Thomas, 2000). L’habitus cespitoso, tipico di alcune fra le più importanti microterme da tappeto erboso come *Lolium perenne* e *Festuca* spp., per l’assenza di stoloni o rizomi, è poco adatto a colonizzare il terreno ed in condizioni di forte utilizzo, provoca una maggiore insorgenza di spazi vuoti nei quali si individuano grossi cespi isolati (particolarmente evidente in *Festuca arundinacea*), in grado di deprezzare sia dal punto di vista qualitativo che funzionale il tappeto erboso.

Le specie rizomatose, come ad esempio *Poa pratensis*, proprio per la presenza di rizomi, sono in grado di garantire un rapido recupero del tappeto danneggiato anche a seguito di un’intensa attività agonistica.

Le specie stolonifere, come *Agrostis stolonifera*, si contraddistinguono per un’elevata velocità di insediamento e, similmente alle rizomatose, sono in grado di colonizzare prontamente gli spazi vuoti, inoltre presentano un’elevata aggressività, che le rende poco adatte ad essere impiegate in miscuglio.

Per ottenere un tappeto erboso di elevata qualità, si rende spesso indispensabile la

consociazione di specie cespitose con altre rizomatose, per le particolari conformazioni dei due habitus di crescita, con l'attenzione mirata alla scelta di varietà che abbiano tessitura, colore e velocità di crescita simili.

Sebbene il potenziale rigenerativo, identificato da stoloni e rizomi, si riveli fondamentale nella fase di colonizzazione iniziale del terreno, tuttavia, all'aumentare della densità, vari fattori, tra cui la resistenza alle malattie e la tolleranza agli stress, predominano nella composizione finale del miscuglio (Watschke e Schmidt, 1992).

1.3 Specie microterme: aspetti generali

All'interno della famiglia delle *Poaceae*, la scelta delle specie utilizzabili per la costituzione di un tappeto erboso ricade principalmente all'interno delle sottofamiglie *Chloridoideae*, *Festucoideae*, *Panicoideae* e in queste si ritrovano le principali microterme e macroterme impiegate.

I termini microterma e macroterma identificano una specie sulla base della diversa fisiologia, del sistema fotosintetico (C3, C4) e delle proprie specifiche esigenze climatiche. La distribuzione geografica delle specie da tappeto dipende principalmente dall'adattabilità nei confronti della temperatura. Le microterme, dette anche specie a C3, al di sotto di certe latitudini, non sono in grado di competere con altre specie, a causa di una minore produzione di accestimenti (Youngner, 1961; Watschke e Schmidt, 1992), possedendo inoltre una minore capacità di fissare l'anidride carbonica (Watschke e Schmidt, 1992). Sono specie tipiche delle regioni temperate, largamente impiegate in ambienti con climi freschi ed umidi, con temperature medie ottimali intorno a 15-24°C. Con temperature fino a 5-10°C continuano a vegetare, mentre risentono particolarmente del caldo estivo, iniziando a manifestare sintomi di sofferenza intorno a 30°C anche con apporti idrici ripetuti. La temperatura minima vitale per queste specie può arrivare a punte di -25/-28°C. È stato dimostrato che l'adattabilità a particolari condizioni ambientali varia fra cultivar all'interno di una stessa specie, in particolare, le varietà di *Poa pratensis* selezionate in zone a clima prevalentemente caldo, si sono dimostrate maggiormente tolleranti nei confronti delle alte temperature, grazie ad un minore assorbimento di azoto nitrico e a contenuti maggiori di carboidrati (Watschke et al., 1970).

Le principali microterme impiegate per la formazione di tappeti erbosi sono *Lolium perenne*, *Poa pratensis*, *Festuca arundinacea*, *Festuca rubra*, *Agrostis stolonifera* e vengono principalmente riprodotte per seme.

Un tappeto erboso costituito da microterme in zone a clima temperato, presenta generalmente una buona densità, tessitura fogliare fine, aspetto estetico particolarmente gradevole. Tuttavia, queste caratteristiche possono venir meno nel periodo estivo a causa della scarsa tolleranza alla siccità e alle temperature elevate. Ne deriva l'esigenza di apporti idrici frequenti ai quali spesso si collega l'insorgenza di malattie fungine.

1.4 Principali specie microterme impiegate per la formazione di tappeti erbosi

1.4.1. *Poa pratensis* (L.)

L'origine di questa specie risiede nel continente europeo e nella parte nord del continente asiatico. Per l'interesse nutrito nei suoi confronti è stata introdotta, in un secondo momento, in molti altri Paesi come l'Australia, gli Stati Uniti, la Nuova Zelanda e il Sudafrica.

Si tratta di una specie perenne che ben si adatta ai climi temperato freddi, usata per la realizzazione di tappeti erbosi di pregio e specialmente per la costituzione di tappeti erbosi ad uso sportivo, si ritrova in quasi la totalità dei miscugli di semina. Il suo utilizzo non è limitato alla costituzione dei tappeti erbosi, è impiegata anche per uso foraggiero e per inerbimenti tecnici a protezione del suolo dall'erosione. È una specie dal portamento cespitoso, la cui propagazione è affidata a rizomi di tipo determinato, i quali consentono una colonizzazione del terreno a macchia d'olio.

Vista la sua importanza, in particolare in ambito sportivo, la ricerca è orientata verso caratteristiche specifiche: la resistenza alle patologie (ruggini), la tolleranza ai tagli bassi ed a condizioni di limitato illuminamento.

Un fattore limitante nei confronti della sua naturale distribuzione è rappresentato dalla temperatura: medie mensili superiori a 24°C sembrano limitare la sua presenza (Hartley, 1961; Huff, 2003).

Questa specie si caratterizza per una notevole variabilità fra le cultivar. Risulta quindi fondamentale una scelta corretta delle varietà da impiegare, pena un tappeto con caratteristiche poco apprezzabili e con scarsa uniformità. Le maggiori differenze varietali si hanno per quanto concerne il colore, aspetto da tenere in considerazione soprattutto



Fig. 1.2 Potenziale rigenerativo in *Poa pratensis*.

nella composizione di miscugli. La specie trova largo apprezzamento per le sue caratteristiche ornamentali e morfo-fisiologiche: tessitura e colore gradevoli, notevole densità, elevato potenziale rigenerativo, derivato dalla presenza di vigorosi e robusti rizomi, capacità di sopportare tagli bassi ed infine tolleranza agli estremi termici e alla siccità superati mediante dormienza.

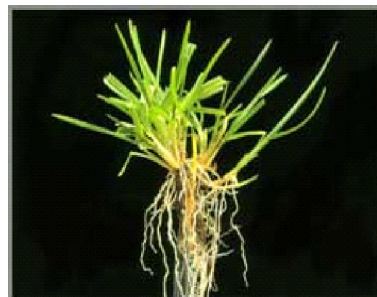


Fig. 1.1 *Poa pratensis*.

La produzione di seme in *Poa pratensis* può avvenire sia asessualmente tramite apomissia, che per via sessuata. Nell'apomissia la formazione dell'embrione avviene senza fecondazione e dà origine a piante geneticamente identiche alla pianta madre, è quindi un ottimo strumento per mantenere la purezza genetica della varietà, anche se può costituire un ostacolo per il lavoro di selezione dei genetisti. In cultivar con scarse percentuali di apomissia, il mantenimento dei caratteri avviene tramite propagazione vegetativa.

La propagazione per seme di questa specie comporta l'inconveniente di un tempo di germinazione piuttosto lungo (anche più di due settimane), aspetto che può rendere difficoltosa la fase di insediamento del tappeto erboso.

Attualmente il mercato del seme di *Poa pratensis* si concentra nell'area nord del Minnesota e nella zona costiera nord orientale degli Stati Uniti; mentre in Europa, i maggiori produttori sono Danimarca e Olanda.

Questa specie è la più utilizzata in ambito sportivo, in particolar modo nei tappeti erbosi dei campi da calcio e nonostante abbia una buona capacità di recuperare i danni provocati dal gioco, in realtà mal sopporta il calpestamento per via dell'apparato radicale piuttosto superficiale e costituito da radici molto sottili.

Predilige suoli con tessitura medio-fine e drenati, con pH compreso fra 6.0 e 7.0 e un substrato ben dotato di elementi nutritivi e di acqua.

In ambienti con clima freddo-umido, molte varietà non tollerano condizioni di ombra totale, al contrario in regioni con clima caldo-umido la sopravvivenza della specie è garantita da esposizioni in ombra parziale (Beard, 1973).

Presenta una certa suscettibilità alle malattie, in particolare alla ruggine (*Puccinia* spp. e *Uromyces* spp.) e ad elmintosporiosi, variabile pur tuttavia all'interno delle varietà e scarsa resistenza alla siccità, sebbene le cultivar di recente costituzione abbiano dimostrato un certo adattamento allo stress idrico, grazie alla riduzione della superficie fogliare ed un apparato radicale distribuito in modo più uniforme nel profilo del terreno (Burt e Christians, 1990; Huff, 2003; Richardson et al., 2009). Relativamente alla gestione, l'altezza di taglio ottimale per questa specie è compresa fra i 25 e i 30 millimetri, mentre il fabbisogno di azoto oscilla tra 15 e 40 kg ha⁻¹ per ogni mese di crescita. Particolare attenzione va riposta alle operazioni colturali necessarie per il controllo del feltro, essendo *Poa pratensis* una specie tendenzialmente incline alla sua formazione.

1.4.2. *Festuca arundinacea* (Schreb.)

Festuca arundinacea è una specie microterma perenne, dal portamento cespitoso, che può presentare corti rizomi. Il suo centro di origine è identificato nell'area euroasiatica, viene utilizzata soprattutto nella costituzione di tappeti erbosi a valenza ricreativa e sportiva, in particolare in quegli ambiti dove non sia richiesta un'intensa gestione. Il suo utilizzo si concentra prevalentemente nelle zone di transizione.



Fig. 1.3 Portamento cespitoso in *Festuca arundinacea*.

Gli estremi termici sono il fattore che maggiormente limitano la sua distribuzione (Hartley, 1950; Meyer e Watkins, 2003), può essere infatti danneggiata dalle basse temperature, durante i mesi invernali, in particolar modo nelle aree più fredde degli ambienti a clima freddo-umido, tende ad ingiallire. Sin dagli anni '40 alcune varietà di *Festuca arundinacea* sono state registrate come specie da foraggio; in particolare si ricorda la varietà 'Alta'. In quegli anni, l'ideotipo era rappresentato dalla cultivar 'Kentucky-31', caratterizzata da un notevole sviluppo radicale e una buona tolleranza a condizioni di bassa fertilità del suolo, nonché una maggiore resistenza nei confronti di svariati insetti se confrontata con altre specie (Murray e Powell, 1979; Meyer e Watkins, 2003), tanto da renderla una cultivar adatta all'uso misto: foraggiero e da tappeto. Se paragonata ad altre microterme, questa specie richiede livelli termici maggiori in pieno campo (Beard, 1982; Meyer e Watkins, 2003), per questo in alcune aree degli Stati Uniti viene privilegiata la semina primaverile alla semina autunnale.

Rispetto ad altre microterme *Festuca arundinacea* è in grado di fornire buone prestazioni con limitate cure colturali, per questo si presta ad essere impiegata in aree a bassa intensità di gestione, come i rough dei campi da golf, le aree ricreative o gli inerbimenti di pendii (Fiorio et al., 2012). La panoramica varietale offerta dal mercato è varia e non mancano cultivar che assicurano buoni risultati in termini qualitativi, soprattutto se consociate con *Poa pratensis*, garantendo nel contempo la formazione di tappeti uniformi e dalle ottime prestazioni.

Festuca arundinacea risulta essere la microterma maggiormente impiegata in aree del sud dell'Europa e della California, poiché dotata di una buona resistenza allo stress idrico (Carrow e Duncan, 2003) e nei tappeti erbosi tagliati ad altezze superiori ai 40 millimetri, in particolare se avvantaggiata da irrigazioni saltuarie (Meyer, Watkins, 2003).

I problemi maggiori nella gestione di *Festuca arundinacea* riguardano il taglio, è necessaria infatti una certa accortezza nell'eseguire il taglio con lame affilate, dal momento che questa specie oppone una certa resistenza, inoltre è preferibile non scendere sotto i 30 millimetri di altezza. È stato dimostrato infatti che tagliando ad altezza inferiore si danneggia il tappeto erboso ed in particolare si osserva una riduzione della densità (Beard, 1973).

Questa specie possiede una buona resistenza al logorio, caratteristica che la rende adatta

alla costituzione di tappeti ad alta fruizione, come ad esempio campi sportivi. Tuttavia, in caso di diradamento, data la scarsa capacità di recupero, le piante superstiti tendono a formare grossi cespi che ostacolano fortemente lo svolgimento del gioco. Per questo *Festuca arundinacea* è quasi sempre utilizzata in miscugli con specie dotate di maggiore capacità di recupero come ad esempio *Poa pratensis*. Nelle consociazioni con altre microterme, è consigliato l'utilizzo di festuca con percentuali non inferiori al 70% in peso sul totale.

La specie presenta una buona tolleranza alle alte temperature e alla siccità, anche grazie all'apparato radicale che può raggiungere 1 metro di profondità (il più profondo fra tutte le microterme). È versatile per quanto concerne salinità e ristagno idrico; predilige terreni con tessitura fine, con buona disponibilità idrica e buona presenza di elementi nutritivi, nonostante si adatti anche a terreni poveri. Il pH dovrebbe aggirarsi intorno a 5.5 e 6.5, per quanto la sua adattabilità sia molto più ampia e vari da un minimo di 4.7 ad un massimo di 8.5 (Beard, 1973).

Il fabbisogno di azoto è il più basso fra le microterme che trovano impiego in ambito sportivo e si aggira intorno ai 20-30 kg ha⁻¹ per mese di crescita.

Fra le avversità si ricordano *Rhizoctonia solani* e *Drechslera dictyoides* (Couch, 1962; Meyer, Watkins, 2003).

1.4.3 *Lolium perenne* (L.)



Fig. 1.4 Portamento cespitoso in *Lolium perenne*.

È una specie perenne, dal portamento cespitoso, proveniente dal continente eurasiatico, diffusasi nell'America del Nord e nel Sud America, in Australia, in Nuova Zelanda e nel Nord Africa. In Italia si può trovare dal livello del mare fino ai 2000 m di altitudine. La sua diffusione è stata possibile attraverso la pratica agricola, specialmente con il suo utilizzo come specie da foraggio; alcune fonti dichiarano che in

Gran Bretagna fosse già presente come foraggiera, all'inizio del diciassettesimo secolo (Thorogood, 2003).

Viene impiegata soprattutto in miscuglio con *Poa pratensis* e *Festuca rubra* per la realizzazione di tappeti erbosi ornamentali, ricreativi e in particolar modo sportivi.

L'interesse, anche economico, suscitato da sempre da questa specie, la vede al centro della ricerca nel settore dei tappeti erbosi, con l'obiettivo di migliorare alcuni aspetti negativi quali l'elevata crescita verticale e la scarsa resistenza alla siccità ed estremi termici.

Lolium perenne necessita di pochi giorni per la germinazione e possiede un'elevata velocità di insediamento, caratteristiche che la rendono adatta anche per trasemine su macroterme, il rinnovo dei tappeti erbosi sportivi ed inerbimenti con l'obiettivo, in

quest'ultimo caso, di favorire la stabilizzazione del suolo.

Considerato il suo rapido insediamento, nelle consociazioni con altre microterme da tappeto erboso, la dose di seme non dovrebbe superare il 20-25% sul totale. Dosi superiori potrebbero, infatti, favorire eccessivamente questa specie durante i primi mesi di vita del tappeto erboso, deprimendo o addirittura impedendo l'insediamento delle altre specie.



Fig. 1.5 Accestimenti decumbenti in *L. perenne*.

Lolium perenne è una specie molto resistente al logorio, ma con scarsa capacità di recupero, per questo è generalmente impiegata in miscuglio per la formazione di tappeti ad uso sportivo, principalmente con *Poa pratensis*. Recentemente sono comparse sul mercato nuove cultivar di *Lolium perenne* caratterizzate da un portamento prostrato con accestimenti decumbenti in grado

di radicare a contatto con il terreno (Fig. 5) (http://www.simplot.com/turf_horticulture/jacklin_seed/jacklin_seed_products/perennial_ryegrass). Tali varietà potrebbero avere grande interesse in ambito sportivo, conferendo a questa specie una maggiore capacità di recupero, la ricerca è però solo agli inizi ed ancora non ci sono risultati certi.

Questa specie non tollera gli estremi termici, in particolare temperature elevate: i primi segni di sofferenza si osservano con temperature di 27-28°C. In generale predilige climi freschi, precipitazioni medie annue intorno ai 900 millimetri, con un minimo che varia da 457 a 635 millimetri (Thorogood, 2003) e temperature medie annue variabili da 7 a 9°C. Il substrato ideale per questa specie è rappresentato da terreni a tessitura media, buona fertilità, ben drenati, con una buona dotazione di elementi nutritivi e un pH vicino alla neutralità.

Presenta una buona resistenza a zone di ombra parziale, prerogativa indispensabile per una specie che viene spesso adottata negli stadi.

È stato dimostrato che a temperature prossime a 27°C riesce a tollerare lunghi periodi di sommersione, anche oltre i 25 giorni (Thorogood, 2003).

Questa specie necessita di concimazioni azotate che apportino un quantitativo di azoto pari a 20-50 kg ha⁻¹ per mese di crescita, evitando eccessi per non aumentare la sensibilità alle basse temperature e agli agenti patogeni e di tagli con altezza intorno ai 25-50 millimetri.

Laetisaria fuciformis, *Rhizoctonia solani*, *Helminthosporium* spp. rappresentano le principali avversità. Nel periodo estivo i tappeti costituiti da *Lolium perenne* possono essere danneggiati da *Pythium blight* che può attaccare le plantule originate dal seme impiegato nelle trasemine invernali.

1.5 Adattabilità delle principali specie microterme da tappeto erboso agli stress ambientali

L'evoluzione di un miscuglio o addirittura la sopravvivenza di un tappeto erboso dipendono in buona parte da elementi di natura ambientale come la temperatura, la luce, l'umidità, che a loro volta vengono influenzati da interventi di carattere gestionale, ad esempio tagli e apporti idrici. L'evoluzione della composizione floristica del miscuglio deriva dalla capacità della specie di adattarsi a determinate condizioni agro-ambientali, aspetto determinante anche a livello intraspecifico.

Nelle zone di transizione è sempre più sentito il problema della carenza idrica, pertanto la ricerca è sempre più indirizzata verso lo studio degli effetti della siccità estiva e delle alte temperature sulle specie da tappeto erboso e molte delle prove di campo riguardano la ricerca di cultivar resistenti (Fiorio et al., 2012; Bunderson et al., 2009; Bremer et al., 2006).

Di seguito verrà discussa la problematica dello stress causato da alcuni fattori abiotici sulle specie microterme oggetto di studio del presente lavoro.

Poa pratensis è una microterma adatta alla coltivazione nelle zone di transizione caratterizzate da climi temperato-umidi, sebbene sia capace di offrire buoni risultati anche in ambienti semiaridi, se sottoposta ad interventi irrigui (Beard, 1973). La strategia messa in atto, per superare il periodo di stress estivo, deriva naturalmente dalla possibilità di questa specie di entrare in dormienza e di riprendere l'attività vegetativa con la ricomparsa di temperature e livelli di umidità più favorevoli.

Alcune caratteristiche fisiologiche, necessarie per identificare i caratteri che possono essere coinvolti nella resistenza allo stress idrico, sono state osservate alla fine di un trattamento su due cultivar, una tollerante e l'altra suscettibile a tale stress: dalla ricerca condotta la varietà più resistente, al termine dello studio, si presentava con un maggior numero di stomi aperti e un minor potenziale osmotico, tali probabilmente da conferirle una maggiore resistenza allo stress (Perdomo et al., 1996).

Wang et al. (2003) hanno dimostrato che applicazioni di acido abscissico, ormone che regola la risposta delle piante allo stress idrico, possono avere un effetto positivo: l'acido abscissico sembrerebbe aumentare la stabilità delle membrane, determinando una maggiore resistenza alla siccità e un migliore aspetto estetico generale.

Abraham et al. (2004) suggeriscono la costituzione di ibridi con poe provviste di elevata resistenza alla siccità. Lo sfruttamento dell'elevata variabilità presente fra le cultivar, appare fondamentale per il breeding allo scopo di selezionare varietà in grado di fornire buone prestazioni con limitati interventi gestionali (Burt e Christians, 1990).

Altre ricerche incentrate sul ruolo svolto dalle differenze morfo-fisiologiche nei confronti della capacità evapotraspirativa (ET) di un tappeto erboso sottoposto a diversi trattamenti idrici hanno invece ridimensionato l'importanza della componente genetica. Uno studio

condotto da Ebdon (1998) su 61 cultivar di *Poa pratensis*, ha evidenziato che non esiste una relazione fra le caratteristiche genetiche ed il fabbisogno idrico in termini di ET, dal momento che l'ET risulta dipendere principalmente dalle condizioni ambientali.

La specie microterma in grado di resistere più di tutte allo stress idrico e alle alte temperature è *Festuca arundinacea*. La capacità di resistere a prolungati periodi di siccità è dovuta principalmente alla possibilità di utilizzare l'acqua presente negli orizzonti profondi del terreno, grazie ad un apparato radicale profondo e molto efficiente (Beard, 1973).

Riguardo gli effetti della carenza idrica sulle radici, è stato dimostrato come lo stress idrico influenzi lo sviluppo radicale attraverso la riduzione della lunghezza e della biomassa secca prodotta nei primi 20 centimetri di profondità e che la mortalità decresca all'aumentare della profondità del suolo (Huang e Gao, 2000).

La resistenza alla siccità sembra essere conferita a questa specie dall'espansione dell'apparato radicale (Carrow, 1996; Ervin e Koski, 1998) e la selezione, a partire da materiale con un elevato rapporto "apparato ipogeo/epigeo", potrebbe migliorare ulteriormente la resistenza al deficit idrico tipico del periodo estivo (Karcher et al., 2008). Anche apporti esterni di calcio sembrano essere coinvolti nella resistenza al secco e alle alte temperature di alcune specie da tappeto erboso, fra cui la stessa *Festuca arundinacea* (Jiang e Huang, 2000).

Hunt e Dunn (1993), hanno condotto uno studio per confrontare il comportamento di *Festuca arundinacea* in miscuglio con *Poa pratensis* e *Lolium perenne*, sottoponendo le parcelle a diversi trattamenti (interventi di taglio e concimazione), in condizioni di stress idrico; i risultati migliori sono stati riscontrati nei miscugli con *Poa pratensis*, in termini di competitività e qualità estetica, anche ad altezze di taglio basse (16-22 millimetri).

Esiste una certa intolleranza, a livello varietale, nel sopportare situazioni molto diverse dalle condizioni ambientali di origine, in particolare se si considerano variazioni latitudinali. È stato osservato, come varietà impiegate in ambienti diversi da quelli di origine, presentassero un maggior consumo delle riserve di carboidrati, tale da riflettersi in un minor quantitativo di biomassa secca prodotta (Arcioni et al., 1985).

Come già ricordato, la resistenza allo stress idrico e agli estremi termici non è particolarmente elevata in *Lolium perenne*. Wehner e Watschke (1981) avevano dimostrato, attraverso un confronto condotto fra varietà di *Lolium perenne* e *Poa pratensis*, la maggiore resistenza alle elevate temperature delle varietà di *Poa pratensis* rispetto a quelle di *Lolium perenne*. Sebbene negli ultimi anni la selezione genetica abbia prodotto cultivar di *Lolium perenne* in grado di resistere alle temperature elevate, il divario tra le due specie non è ancora stato colmato.

1.6 Resistenza al calpestamento

Nei tappeti erbosi con finalità sportiva il calpestamento produce un danno al manto erboso rappresentato da due diversi processi: l'usura della vegetazione ed il compattamento del suolo.

Il calpestamento, comprendendo anche l'azione di trazione laterale, esercita sulla vegetazione una pressione tale da provocare lacerazioni e rotture alle diverse parti della pianta ed in particolare alle lamine fogliari (danno diretto). Come dimostrato da Sherman e Beard (1975), la resistenza alla trazione e all'usura di alcune specie microterme da tappeto erboso deriva dalla percentuale di sclerenchima delle cellule costituenti le lamine fogliari, pertanto, dal momento che il calpestamento provoca un danno perlopiù meccanico alla vegetazione, risulta opportuno intervenire sulle operazioni in grado di accrescere la resistenza dei tessuti, al fine di migliorarne la resistenza (Carrow e Wiecko, 1989).

Un altro effetto del calpestamento, meno evidente del precedente, ma non meno importante, è il compattamento del substrato (danno indiretto). Il compattamento comporta un'alterazione della struttura del terreno, giacché le singole particelle vengono orientate secondo modalità diverse dalla normale composizione del substrato (Carrow e Petrovic, 1992). Le modifiche strutturali apportate ad un suolo compattato si manifestano, soprattutto, in una minore presenza di macropori: aumentano di conseguenza la densità relativa ed il contenuto di anidride carbonica e altri gas dannosi per lo sviluppo radicale; diminuiscono il contenuto di ossigeno a disposizione degli apparati radicali e la capacità di percolazione dell'acqua (Beard, 1973; Sherman, 1988). I maggiori effetti del compattamento si manifestano nei primi 8 centimetri di terreno, concentrandosi maggiormente nei primi 3 (Beard, 1973).

Il danno provocato dal compattamento del substrato varia fortemente con la tessitura, il contenuto di acqua nel suolo, la percentuale di copertura, la frequenza di utilizzo del tappeto erboso e la pressione esercitata. Substrati a tessitura fine, come impianti costituiti su terreno naturale non modificato, risentono maggiormente degli effetti del compattamento. Il contenuto di acqua nel terreno, modifica l'attitudine del suolo ad essere danneggiato dal costipamento, dal momento che la resistenza alla deformazione è tanto più forte quanto più il terreno è secco (Giardini, 2002) e a subire le modifiche più evidenti è proprio la sua struttura. Un suolo saturo subisce dei cambiamenti strutturali anche a pressioni con le quali, in condizioni normali, non avverrebbe alcuna deformazione.

Anche il grado di copertura del suolo da parte della vegetazione (a sua volta influenzata da densità ed altezza di taglio), può modificare la gravità del danno che può essere arrecato alla superficie, poiché distribuisce la pressione trasmessa su un'area superiore.

I maggiori effetti originati dal passaggio di mezzi e persone, dipendono in larga misura anche dalla frequenza di utilizzo del tappeto erboso e dalla pressione esercitata su di esso. Una delle raccomandazioni più frequenti è infatti quella di utilizzare, per i mezzi

adibiti alla manutenzione del tappeto erboso, pneumatici a sezione larga, gonfiati a basse pressioni e di modificare, ove possibile, il percorso delle macchine destinate alle varie operazioni di gestione.

Molte delle ricerche svolte nell'ambito dei tappeti erbosi, hanno approfondito gli effetti del calpestamento su cultivar diverse appartenenti alle specie microterme maggiormente impiegate in ambito sportivo. Dai risultati ottenuti, tuttavia, non risulta semplice distinguere gli effetti prodotti direttamente sulla vegetazione da quelli attribuibili al compattamento del substrato. Ricerche di Sherman e Beard, (1975c) hanno evidenziato attraverso un confronto su sette specie graminacee diverse, che le caratteristiche morfologiche delle lamine fogliari, quali larghezza e resistenza alla trazione sono determinanti nella tolleranza al calpestamento.

Vari studi hanno dimostrato che *Lolium perenne* è la microterma che meglio tollera gli effetti del calpestamento (Fushtey et al., 1983; Sherman, 1988), seguita da *Festuca arundinacea* (Sherman, 1988). Si ritiene che questa elevata resistenza sia dovuta all'elevato contenuto di fibre nei tessuti fogliari derivante dall'abbondante presenza di pareti cellulari. *Lolium perenne* inoltre, sembra adattarsi molto bene ai substrati costipati i quali, a causa della minore percolazione idrica, conservano più a lungo l'azoto.

Uno studio condotto da Carrow (1980), sugli effetti del compattamento del substrato, ha permesso il confronto fra *Lolium perenne*, *Poa pratensis* e *Festuca arundinacea*, dopo un trattamento con impiego di un rullo liscio, simulando quindi unicamente il danno derivante dal compattamento del substrato. La ricerca, il cui schema prevedeva 12 passaggi a settimana per 8 settimane, 24 passaggi a settimana per 8 settimane e nessun passaggio, ha confermato che *Lolium perenne* è la microterma che in condizioni di compattamento del suolo garantisce più di altre specie i migliori risultati in termini di densità, colore, percentuale di copertura.

Il compattamento del substrato è responsabile, oltre che delle modifiche indotte al terreno, anche di cambiamenti morfo-fisiologici sugli apparati radicali e l'aspetto più evidente riguarda la distribuzione delle radici (Carrow e Petrovic, 1992). Sottoponendo una varietà di *Lolium perenne* a tre diverse intensità di compattamento del substrato, è stato osservato come la percentuale di radici, alla profondità compresa fra 10 e 25 centimetri, fosse notevolmente diminuita (O'Neil e Carrow, 1983). La maggiore presenza di radici negli strati più superficiali potrebbe derivare dal fatto che, un suolo compattato rappresenta un ostacolo meccanico allo sviluppo radicale, tale da determinarne il minore approfondimento e conseguentemente la maggiore concentrazione negli strati più superficiali (Carrow e Petrovic, 1992). Kawase (1981) ipotizza che a bassi livelli di ossigeno, tipici di un suolo costipato, si verifichi un incremento nel terreno della concentrazione di etilene, tale da promuovere lo sviluppo di radici avventizie.

Una compressione non elevata del substrato provocherebbe una diminuzione dell'allungamento radicale e un incremento della produzione di radici secondarie, al

contrario una compressione maggiore diminuirebbe lo sviluppo complessivo, per il minor contenuto di ossigeno e la maggiore resistenza del terreno (Cannel, 1977; Carrow e Petrovic, 1992). La tolleranza al compattamento pertanto sembrerebbe derivare dalla resistenza delle specie da tappeto erboso a basse concentrazioni di ossigeno ed elevata tenacità del terreno, tipiche dei suoli compatti (Carrow e Wiecko, 1989).

Da alcune ricerche è emerso come la maggiore resistenza al compattamento di alcune specie derivi proprio da particolari caratteristiche degli apparati radicali, connessi alla maggior presenza di spazi intercellulari (Luxmoore e Stolzy, 1972; Carrow e Petrovic, 1992).

La resistenza dimostrata da alcune specie, nei confronti del compattamento, potrebbe dipendere da alcune caratteristiche in grado di migliorare la risposta degli apparati radicali ai bassi livelli di ossigeno e all'elevato impedimento meccanico, tipici di questi particolari substrati. Tali caratteristiche sono rappresentate dalla capacità di mantenere una certa permeabilità delle pareti cellulari o di sviluppare strutture in grado di mantenere sufficientemente elevato il contenuto di ossigeno nelle radici (Feldman, 1984; Glinski e Stepniewski, 1985; Miller, 1986; Carrow e Wiecko, 1989), oppure la capacità di aumentare la presenza di radici avventizie in superficie o produrre ormoni capaci di opporsi all'ostacolo meccanico prodotto dall'aumento della densità del terreno (Feldman, 1984; Carrow e Wiecko, 1989).

Sherman e Watkins (1985) hanno osservato in *Poa pratensis* che, per effetto del compattamento, si verificano dei cambiamenti nell'accrescimento laterale, sebbene questi appaiano solo come delle conseguenze e non delle modifiche indotte in risposta al compattamento.

In un suolo compattato risulta modificata anche la capacità della vegetazione di sfruttare le risorse idriche, dimostrandosi peggiorata. A tal proposito è stato riscontrato come *Poa pratensis*, in un substrato sottoposto a compattamento, presentasse una minore capacità di utilizzo dell'acqua, in particolare nei primi 15 centimetri di suolo (Agnew e Carrow, 1985a). Il minore assorbimento dell'acqua sarebbe originato da diversi fattori, che molti autori hanno attribuito alla diversa distribuzione degli apparati radicali, al minore approfondimento, minore penetrazione delle radici a basse concentrazioni di ossigeno, maggior evaporazione dell'acqua contenuta nel suolo per effetto di una minore percentuale di copertura dei tappeti erbosi nei suoli particolarmente compattati (Carrow e Petrovic, 1992).

Un tappeto erboso calpestato con compattamento del substrato, risulta suscettibile ai vari stress di natura ambientale. In particolare, un tappeto erboso che presenta una minore capacità di assorbimento dell'acqua, un minor contenuto di sostanze di riserva e inevitabilmente indebolito dall'usura, risente in misura maggiore degli effetti delle alte temperature, soprattutto in condizioni di siccità. Per analoghi motivi, può patire maggiormente le basse temperature e soffrire forme di disidratazione durante la stagione

invernale.

Le particolari condizioni ambientali che si instaurano in presenza di suolo compattato, possono favorire l'insorgenza di alcune patologie: in certe situazioni infatti, per evitare lo scorrimento superficiale dell'acqua irrigua, la prassi è di diminuire i volumi di acqua apportati aumentandone la frequenza, mantenendo perciò una costante ed elevata umidità del tappeto erboso, tale da favorire però lo sviluppo di malattie fungine come *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp.

Sebbene la costituzione di superfici erbose sia orientata al loro utilizzo con conseguente calpestamento, non si può dimenticare che l'uso prolungato soprattutto in situazioni non ottimali può comportare compattamento del suolo con ripercussioni sulle condizioni del cotico erboso e della sopravvivenza delle specie insediate che lo formano. Pur non potendo evitare con l'utilizzo la formazione di un certo grado di compattamento del suolo è tuttavia possibile e consigliabile, mettere in pratica una serie di accortezze al fine di ridurre gli effetti soprattutto sulla porosità del suolo, lasciando al lavoro di breeding la costituzione di cultivar più tolleranti.

Una corretta scelta della specie si rivela senza dubbio fondamentale: *Lolium perenne* è considerata la microterma più resistente all'uso, seguita da *Festuca arundinacea* e *Poa pratensis* (Sherman e Beard, 1975a; Carrow e Petrovic, 1992). È stato riscontrato però che le prestazioni di *Lolium perenne* sono fortemente dipendenti dalla disponibilità di azoto, sono necessari almeno 225 kg ha⁻¹ anno⁻¹ di azoto perché questa specie possa esprimersi al meglio in condizioni di calpestamento (Hacker, 1987).

Il mantenimento di un giusto livello di azoto nel terreno è indispensabile per limitare i danni provocati dal calpestamento. Così come la carenza di azoto ha effetti negativi sulla resistenza all'uso del tappeto erboso, anche un apporto eccessivo di azoto è sconsigliabile dato che, alti livelli di questo elemento stimolerebbero l'accrescimento fogliare, limitando l'immagazzinamento dei carboidrati e di conseguenza la sintesi di proteine (Turner e Hummel, 1992). A dosi superiori a 250-300 kg ha⁻¹ anno⁻¹, può essere ridotta la resistenza al calpestamento in tappeti erbosi costituiti da microterme, come supportato da alcune ricerche (Leyer e Skirde, 1980; Canaway, 1984; Turner e Hummel, 1992).

Anche il potassio riveste un ruolo determinante in condizioni di calpestamento: questo è fondamentale per la regolazione del contenuto idrico nei tessuti attraverso il controllo della funzionalità stomatica. Con il mantenimento di un certo grado di turgore, vengono controllati gli effetti derivati dallo stress da basse temperature, secco, salinità ed anche calpestamento. In prove condotte su alcune macroterme, nella fattispecie *Cynodon* spp. e *Paspalum vaginatum*, è stato notato come la resistenza al calpestamento dipende in buona parte dal contenuto di potassio nei tessuti (Trenholm, Carrow e Duncan, 2001).

Il mantenimento di una giusta densità e di un adeguato accrescimento del cotico erboso possono contribuire al suo mantenimento anche in condizioni di intensa fruizione. Generalmente, tappeti erbosi densi sono in grado di dissipare le forze di pressione e di

trazione che si verificano con il calpestamento, limitando così gli effetti negativi sia diretti che indiretti.

Per far fronte agli effetti negativi del compattamento, uno dei sistemi più noti ed efficaci consiste nel modificare la tessitura del substrato attraverso l'ammendamento. L'aggiunta di ammendanti può interessare solo lo strato più superficiale del terreno o profondità superiori, a seconda delle caratteristiche di partenza del substrato e degli obiettivi da raggiungere. In molti casi però la soluzione migliore è rappresentata dalla sostituzione completa del substrato originario. L'esempio più tipico è dato dal sistema costruttivo USGA (United State Golf Association) (Fig. 6) che prevede un topsoil di circa 30 centimetri di sabbia pura o sabbia mista a torba (5%). La sabbia possiede caratteristiche tali da sopportare gli effetti prodotti dal passaggio di mezzi e persone, e garantisce un'ottima resilienza (cioè la capacità del tappeto di assorbire degli shock senza alterare le sue caratteristiche). Tra i vari aspetti da prendere in considerazione, la scelta delle specie e delle varietà è forse la più importante. *Lolium perenne* e *Festuca arundinacea* sono specie tolleranti nei confronti del calpestamento, mentre la risposta al calpestamento è molto variabile nell'ambito delle cultivar di *Poa pratensis*. Ricerca e sperimentazione in campo sono indispensabili per ottenere informazioni utili e specifiche per la scelta delle cultivar più adatte.

Infine, in ambito prettamente sportivo, dove gli effetti del compattamento sono particolarmente sentiti, vista l'alta fruizione di questa particolare tipologia di tappeto erboso, è consuetudine svolgere quelle operazioni che hanno lo scopo di rompere la crosta superficiale, migliorare la porosità e gli scambi gassosi del substrato, creare un ambiente più favorevole alla degradazione del feltro come carotature, vertidrainning, verticutting, topdressing (Goatley et al., 2008).

Questi interventi sono preferibilmente da eseguire quando le condizioni climatiche sono favorevoli alla rigenerazione del tappeto, considerando anche l'umidità del suolo che, se eccessiva, potrebbe causare più danni che benefici. Inoltre è fondamentale che le operazioni colturali non interferiscano con la pratica sportiva.

La rimozione di carote di terreno, attraverso carotature, è il metodo migliore e più rapido per incrementare la macroporosità del substrato, sebbene sia anche quello più distruttivo. È stato osservato che gli interventi di carotatura sono in grado di ridurre il compattamento del suolo di circa il 9% e di incrementare l'infiltrazione dell'acqua, rispetto a un substrato privo d'interventi colturali (McCarty et al., 2007).

Per il minor impatto sulla fruibilità del cotico erboso, in alcuni casi è preferibile scegliere interventi come forconature, che non prevedono alcuna asportazione di substrato. L'impiego di fustelle piene, che entrano a profondità comprese tra i 15 e i 20 centimetri,

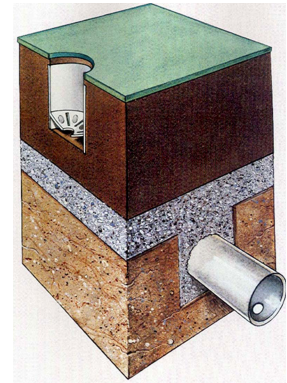


Fig. 1.6 Substrato modificato secondo le direttive USGA.

permette di risolvere temporanei problemi di ristagno idrico e grazie all'elasticità del terreno i fori tenderanno a scomparire. In alternativa anche l'impiego di acqua iniettata ad alta pressione può risolvere il problema del compattamento in periodi di alta fruibilità del cotico erboso, poiché crea pori di piccole dimensioni, ma che si sviluppano a profondità anche di 60 centimetri (Murphy e Rieke, 1994).

Un altro modo per incrementare l'infiltrazione dell'acqua e il livello di ossigeno lungo il profilo del terreno è dato dal vertidrain. Si distingue dai sistemi precedenti per l'azione svolta nel substrato: le fustelle, cave o piene, penetrano verticalmente nel suolo ed escono in senso obliquo, favorendo in tal modo l'arieggiamento del substrato a profondità variabili fra i 15 e i 60 centimetri, a seconda della lunghezza delle fustelle stesse. È stato dimostrato, tuttavia, che l'angolo d'inclinazione delle fustelle, non migliora la capacità d'infiltrazione dell'acqua. Impiegando fustelle cave su un tappeto di *Agrostis stolonifera*, si è osservato che angoli di 50°, 70°, 90°, confrontati con un tappeto della stessa specie non sottoposto ad alcun trattamento, sono in grado di incrementare l'infiltrazione dell'acqua rispettivamente del 129%, 163%, 211% (Baldwin et al., 2006).

Se l'obiettivo è di ridurre lo strato di feltro e rompere la crosta superficiale, la soluzione più efficiente è data dall'impiego di macchine dotate di lame disposte su uno o più alberi orizzontali, che praticano delle incisioni a profondità variabili nel terreno (verticutting). L'infiltrazione dell'acqua, di un tappeto in *Agrostis stolonifera* non sottoposto ad alcun trattamento, può così passare dal 40% al 65% in seguito a verticutting (McCarty et al., 2007).

Anche il topdressing si dimostra una valida soluzione per il controllo del feltro. Esso consiste nella distribuzione di un sottile strato di sabbia o di altro materiale (sabbia e sostanza organica), sulla superficie del tappeto erboso esistente e la scelta del materiale si dimostra fondamentale per evitare la creazione di stratificazioni. Il topdressing viene anche impiegato per riempire le cavità formate dagli interventi di carotatura.

1.7 Parametri per la stima della qualità estetica di un tappeto erboso

La valutazione degli aspetti qualitativi estetici di un tappeto erboso prende in considerazione una serie di parametri, che sintetizzano le sue caratteristiche di armonia visiva.

1.7.1 Qualità visiva

I parametri sui quali si basa la determinazione della qualità estetica di un tappeto erboso includono: densità; tessitura; colore; uniformità; habitus di crescita; levigatezza della superficie esposta al taglio; aspetto estetico globale (AEG).

La densità esprime il numero di accestimenti per unità di superficie; essa varia con la specie, in alcuni casi anche con la varietà, con fattori ambientali e colturali. Può essere incrementata dal taglio basso, da un corretto apporto di nutrienti e di acqua irrigua (Jordan et al., 2003).

Patogeni e altre avversità o intensa fruizione del cotico erboso possono ridurla drasticamente.

Alti valori di densità si possono osservare in alcune varietà di *Agrostis* spp. e di *Cynodon* spp. dotate di un notevole apparato stolonifero e in alcune varietà di *Poa pratensis*.

La densità di norma si misura tramite il conteggio del numero di accestimenti per dm² o attraverso una valutazione visiva, con assegnazione di un punteggio da 1 a 9, dove 1 corrisponde al valore minimo (bassa densità) e 9 a quello massimo (alta densità), al tappeto erboso in esame.

La tessitura identifica la larghezza della lamina fogliare e dipende dalla specie e dalla varietà, nonché dalle pratiche colturali come ad esempio la dose di semina, la concimazione, l'altezza e la frequenza di taglio. Tanto più la tessitura risulta fine, tanto maggiore è la qualità estetica posseduta da un tappeto erboso. Le specie da tappeto erboso con tessiture più fini sono *Festuca rubra* spp. *rubra*, *Festuca rubra* spp. *trichophylla*, *Festuca rubra* spp. *commutata* e *Festuca ovina*, dette appunto festuche fini.

Risulta fondamentale per ottenere buoni risultati conoscere questo aspetto, in particolare se si presuppone di eseguire semine in miscuglio. Associare specie con tessiture grossolane e specie con tessiture fini può ridurre drasticamente la qualità del tappeto erboso perché ne riduce fortemente l'uniformità.

Nell'ambito di una stessa cultivar, tessitura e densità sono generalmente correlate, all'aumentare della densità corrisponde una tessitura più fine.

Analogamente alla densità, anche la tessitura fogliare può essere determinata attribuendo al tappeto erboso un punteggio variabile da 1 a 9, dove 1 corrisponde al valore minimo (tessitura grossolana) e 9 a quello massimo (tessitura fine), oppure attraverso la misurazione di un campione rappresentativo di lamine fogliari.

Il colore è la misura della luce riflessa dalle specie costituenti il tappeto erboso. È un

parametro che può variare fortemente sia a livello di specie che varietale e in questo caso le differenze maggiori sono riscontrabili fra le cultivar di *Poa pratensis*.

Sebbene sia un parametro che in alcuni periodi della stagione vegetativa, come durante il periodo estivo, risulta difficilmente valutabile e quindi poco discriminante in termini qualitativi, è uno degli aspetti maggiormente presi in considerazione nella costituzione dei tappeti erbosi: infatti, anche per chi non lavora nel settore, una colorazione più scura è generalmente preferibile.

Dal colore si può intuire lo stato di salute di un tappeto erboso: la comparsa di chiazze secche, clorotiche, brune o altre anomalie possono permettere l'identificazione di patologie o di carenze nutrizionali. Da esso si può inoltre comprendere lo stato di manutenzione delle apparecchiature per eseguire il taglio: lame poco affilate provocano sfrangiature della lamina fogliare, che si esplica in una colorazione bruna del tappeto erboso.



Fig. 1.7 Apparecchiatura per rilevazione del colore tramite fotocamera digitale e luce artificiale.

Il colore viene valutato attraverso scala visiva, attribuendo un punteggio da 1 a 9, dove 1 rappresenta il colore più chiaro; impiego delle tavole di Munsell; analisi di immagine da fotocamera digitale; contenuto di clorofilla (mg/dm^2). La valutazione dovrebbe essere effettuata in condizioni di luce il più possibile costante; in caso di valutazione con scala visiva o con le tavole di Munsell è preferibile evitare il pieno

sole, mentre con la fotocamera digitale è necessario impiegare luce artificiale costante (Fig. 7) per tutte le misurazioni (Richardson et al., 2001).

L'uniformità è una stima visiva che considera l'omogeneità del cotico erboso nella sua interezza, quindi uniformità nella velocità di crescita, di tessitura, di densità ecc. È influenzata da moltissimi fattori, tra cui l'altezza di taglio, la concimazione, l'irrigazione, ma soprattutto la composizione del miscuglio.

Il solo modo per misurarla è attraverso una stima a vista impiegando la solita scala visiva già ricordata in precedenza, che prevede l'attribuzione di un punteggio variabile da 1 (scarsa) a 9 (ottima).

L'habitus di crescita dipende principalmente dalle caratteristiche morfo-genetiche delle specie impiegate e può essere alterato da interventi di taglio errati. Specie a portamento cespitoso, se seminate in dosi inappropriate, tendono a sviluppare cespi disomogenei, alterando la qualità estetica del tappeto erboso.

La levigatezza della superficie esposta al taglio influenza la qualità visiva e la fruibilità del cotico erboso prettamente in ambito sportivo. Se la superficie non risulta adeguatamente lineare infatti, può essere ridotta la velocità di rotolamento della palla, interferendo con la pratica sportiva, in particolare nei greens dei campi da golf.

L'aspetto estetico globale (AEG) è un parametro che sintetizza i vari aspetti della qualità

visiva di un tappeto erboso. Esso di fatto si riferisce a tutti gli aspetti finora descritti e risulta il termine di valutazione più completo. Esprime il tappeto erboso in base a densità, tessitura, colore, uniformità possedute. Anche in questo caso viene determinato attribuendo al tappeto erboso in esame un punteggio da 1 a 9 con scala visiva (Lush, 1990; Turgeon, 2002; NTEP (Krans and Morris, 2007)).

1.8 Scopo della ricerca

L'obiettivo del presente lavoro è stato la valutazione degli effetti del calpestamento su un tappeto erboso costituito dalle specie microterme più diffusamente utilizzate in miscuglio nella zona di transizione del nord-Italia: *Festuca arundinacea*, *Poa pratensis*, *Lolium perenne*. Gli aspetti presi in considerazione dalla ricerca hanno riguardato la qualità estetica e la resistenza al calpestamento, che sono stati valutati attraverso i seguenti parametri: la densità, la tessitura, il colore e l'aspetto estetico globale del cotico erboso mediante attribuzione di un punteggio da 1 a 9.

Sono stati effettuati anche rilievi sull'altezza dell'erba al taglio mediante erbometro a piatto circolare al fine di calcolare l'accrescimento medio giornaliero delle singole cultivar in prova. L'accrescimento verticale dell'erba risulta un fattore importante nella gestione del manto erboso, poiché da esso dipende il numero di tagli da effettuare durante la stagione vegetativa.



Fig. 1.8 Prova parcellare. Immagine da satellite.

2. Materiali e metodi

La sperimentazione è stata condotta presso l'Azienda Agraria Sperimentale dell'Università di Padova dall'aprile 2009 al dicembre 2011.

Nell'aprile 2009 è stata realizzata una prova parcellare in cui sono state poste a confronto sette cultivar di *Festuca arundinacea* Schreb., nove cultivar di *Lolium perenne* L. e nove cultivar di *Poa pratensis* L., in presenza o assenza di calpestamento simulato.

Elenco delle specie e delle cultivar oggetto di studio:

- *Lolium perenne*: New Arrival, Crescendo, Yorktown, Stravinsky, Kokomo, Pavilion, JPR 250, JPR 225, JPR 200;
- *Festuca arundinacea*: Lucky Selen, Debussy, Rhambler srp, Justice, JTF 654, JTF 655, Escalade;
- *Poa pratensis*: Concerto, Brooklawn, Julius, Larus, Bonaire, Mystere, JKB 213, JKB 374, JKB 197.

2.1 Realizzazione della prova e interventi gestionali

La prova è stata seminata il 10 aprile 2009, su un appezzamento precedentemente coltivato a frumento. Prima della semina è stata effettuata un'aratura e successiva concimazione di base mediante concime composto 8-24-24, apportando 50 kg ha⁻¹ di N, 150 di P₂O₅ e 150 di K₂O. Sono stati effettuati due passaggi con erpice rotante, al fine di interrare il concime distribuito e di preparare il letto di semina.

E' stato adottato lo schema sperimentale split-plot a tre ripetizioni con parcelle di 3 m² di superficie. Il seme è stato distribuito a spaglio alle seguenti dosi:

- 25 g m⁻² per *Lolium perenne*;
- 40 g m⁻² per *Festuca arundinacea*;
- 15 g m⁻² per *Poa pratensis*.

Ritardi nell'approvvigionamento della semente hanno causato lo slittamento di circa un mese della data di semina programmata e ciò ha comportato alcune difficoltà nelle fasi di germinazione e di insediamento, in particolare per la specie *Poa pratensis*, che notoriamente ha tempi di germinazione piuttosto lunghi. Allo scopo di migliorare la risposta germinativa del seme e la crescita delle plantule è stato adottato un piano di concimazione particolare nell'anno di semina 2009.

2.1.1 Concimazione

Il piano di concimazione ha previsto l'apporto annuale di 250-150-250 kg ha⁻¹ rispettivamente di N, P₂O₅ e K₂O suddivisi in quattro somministrazioni da 62,5-37,5-62,5 kg ha⁻¹ ciascuna nei mesi di marzo, maggio, settembre e dicembre.

La concimazione è stata eseguita con l'impiego di Nitrophoska gold (15-9-15), concime a lenta cessione. In alcuni casi, per stimolare l'accrescimento delle piante nella fase iniziale di insediamento o in seguito a particolari situazioni di stress, come attacchi fungini sono state adottate anche concimazioni a pronto effetto con nitrato ammonico (26-0-0).

Le dosi di concime sono state pesate con l'ausilio di bilance elettroniche e distribuite manualmente sulle parcelle.

Il piano di concimazione adottato con le date degli interventi e le dosi di concime, suddivisi per anno di sperimentazione, sono riportati nella tabella 1.

Tab. 2.1 Piano di concimazione (gennaio 2009-dicembre 2011).

mese	2009		2010		2011	
	Kg/ha	Concime	Kg/ha	Concime	Kg/ha	Concime
Gen						
Feb						
Mar			62,5	Nitrophoska	62,5	Nitrophoska
Apr						
Mag	10,0-7,5	Nitrato amm. Nitrophoska	62,5	Nitrophoska	62,5	Nitrophoska
Giu	10,0	Nitrato amm.				
Lug	62,5	Nitrophoska			10,0	Nitrophoska
Ago						
Set	62,5	Nitrophoska	62,5	Nitrophoska	62,5	Nitrophoska
Ott	10,0	Nitrato amm.				
Nov						
Dic	10,0	Nitrophoska	62,5	Nitrophoska	62,5	Nitrophoska

2.1.2 Apporti meteorici ed irrigui

I dati relativi alle precipitazioni meteoriche mensili nelle tre annate della sperimentazione indicano che i millimetri di pioggia caduti a Legnaro (PD) sono stati irregolari e insufficienti a coprire il deficit idrico soprattutto nei mesi estivi. L'annata più critica è risultata il 2011.

Nella tabella 2 sono riportate le precipitazioni mensili nei tre anni dell'attività sperimentale. Il fabbisogno idrico delle parcelle è stato compensato con apporti irrigui durante le prime settimane di giugno; gli interventi sono proseguiti in seguito nel periodo estivo. Nell'anno 2011, particolarmente siccitoso, gli interventi irrigui iniziati all'inizio della primavera sono proseguiti fino all'autunno inoltrato. Sono state effettuate irrigazioni con cadenza settimanale, salvo il caso di apporti legati ad eventi meteorici naturali. La quantità

di acqua somministrata per intervento irriguo è risultata pari a circa 35 millimetri. E' stato adottato il sistema irriguo a pioggia con irrigatori a martelletto, a gittata teorica di 15 metri, collegati a mezzo di valvole a sfera ad un tubo adduttore in polietilene del diametro interno di 63 millimetri. I getti sono stati opportunamente posizionati lungo il perimetro della prova parcellare, allo scopo di garantire una distribuzione uniforme dell'acqua. La scelta della quantità e della frequenza irrigua ha tenuto conto delle norme di buona gestione del tappeto erboso, al fine di garantire lo sviluppo di un apparato radicale sufficientemente espanso delle specie insediate, che debbono attingere alle riserve disponibili del suolo, permettendo di poter apprezzare eventuali differenze interspecifiche ed intraspecifiche nei confronti della tolleranza a tale stress (Beard, 1972). Durante la fase di insediamento, gli apporti irrigui sono risultati più frequenti, con la distribuzione di 5 millimetri di acqua, in modo da mantenere un'elevata umidità del terreno e favorire la germinazione del seme, risultata un po' difficoltosa vista l'epoca di semina tardiva.

Tab. 2.2 Precipitazioni mensili (mm) relative al periodo 2009-2011. Dati ARPAV stazione meteo di Legnaro (Pd).

Mese	2009	2010	2011
Gennaio	57	59	18
Febbraio	57	127	45
Marzo	105	38	98
Aprile	126	45	4
Maggio	26	110	25
Giugno	87	111	59
Luglio	79	96	88
Agosto	21	91	10
Settembre	190	112	60
Ottobre	44	87	90
Novembre	92	153	80
Dicembre	113	112	23
Totale annuo	996	1141	601

2.1.3 Taglio

Il taglio delle parcelle è stato effettuato ogni 7 giorni utilizzando un tosaerba a lame orizzontali (Honda, modello HRX 537). L'altezza di taglio effettiva era 56 millimetri (46 millimetri al banco) ed i residui di taglio sono stati sempre rimossi. La scelta della frequenza e dell'altezza alla quale eseguire tale operazione è stata dettata principalmente dalle specie in prova e dall'esigenza di osservare il comportamento delle cultivar in condizioni di media intensità gestionale (Tab. 3).

L'esigenza di attuare tale operazione a cadenze costanti era giustificata dalla necessità di mantenere nei limiti programmati l'altezza del cotico erboso, permettendo inoltre di rilevare l'accrescimento dell'erba durante la stagione vegetativa. L'altezza dell'erba al taglio è stata misurata mediante un erbometro a piatto circolare; sono stati calcolati

anche la crescita totale annua (crescita cumulata) e l'accrescimento medio giornaliero (mm giorno⁻¹).

Il primo taglio alle parcelle è stato eseguito il 29 maggio 2009. Il numero totale dei tagli effettuati è stato 20 nel corso del 2009 (anno di semina) e 30 nel 2010 e 2011.

Tab. 2.3 Altezze di taglio ottimali per diverse microterme da tappeto erboso. (Gullino et al., 2000, modificato da Beard, 1982).

Specie	mm
<i>A. stolonifera</i>	4- 20
<i>F. arundinacea</i>	40- 65
<i>F. rubra rubra</i>	25- 65
<i>L.perenne</i>	25- 50
<i>P. pratensis</i>	25- 50
<i>P. trivialis</i>	20- 40

2.2 Altri interventi gestionali

Numerose sono le avversità biotiche in grado di compromettere la riuscita di un tappeto erboso. Nei campi parcellari dove si è svolta la ricerca, si sono resi indispensabili alcuni interventi volti in particolare al controllo delle erbe infestanti e ad alcune patologie fungine.

2.2.1 Controllo delle erbe infestanti

Le specie infestanti hanno rappresentato un ostacolo quasi esclusivamente nella fase di insediamento.

La velocità di germinazione e di insediamento delle cultivar in prova è risultata rallentata dalle condizioni climatiche della primavera 2009 che hanno favorito l'ingresso di piante erbacee infestanti.

Gli interventi che hanno interessato il controllo delle malerbe sulle parcelle, sono stati effettuati attraverso l'impiego di diserbanti selettivi e scerbature manuali.

Per quanto riguarda l'infestazione da parte di monocotiledoni, il grado maggiore è stato osservato in particolare sulle parcelle di *Poa pratensis*, caratterizzate da una fase di insediamento decisamente lunga (circa 30 giorni), tale da non consentire la competizione soprattutto nei confronti di *Setaria viridis*, contro la quale sono stati effettuati trattamenti con prodotti a base di fenoxaprop-p-etile, a cadenza bisettimanale a partire dalla metà di giugno, fino ai primi di agosto del primo anno. Mentre, su *Lolium perenne* è stato sufficiente un unico trattamento effettuato i primi giorni di agosto nel secondo anno di prova.

Sono state inoltre effettuate scerbature manuali al fine di eliminare la presenza di specie infestanti molto persistenti come *Cynodon dactylon*.

Il controllo chimico delle dicotiledoni è stato necessario soltanto per contenere alcuni individui di *Abutilon theophrasti* ed è stato effettuato con l'impiego di diserbante selettivo a base di dicamba e mecoprop in un unico intervento effettuato a metà maggio e a fine luglio del primo anno. Ulteriori interventi non si sono resi necessari contro questa specie ed attraverso le periodiche operazioni di taglio è stato possibile contenerla. Altre dicotiledoni come *Taraxacum officinale*, *Trifolium repens*, *Rumex* spp., *Geranium* spp. e *Potentilla reptans* sono state eliminate manualmente nel corso della sperimentazione. Sui viali interni e sul perimetro esterno della prova è stato inoltre distribuito a più riprese glifosate per contenere lo sviluppo di specie indesiderate, optando anche per zappature e fresature con l'obiettivo di ridurre l'uso di prodotti chimici.

I trattamenti effettuati per la distribuzione dei vari diserbanti sono stati eseguiti con l'impiego di una motopompa a zaino a batteria ricaricabile (Fox Motori, serie F200 12V).

2.2.2 Controllo di alcune malattie fungine

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

La presenza di ruggini non ha comportato gravi deprezzamenti della qualità estetica delle parcelle in prova non è stato quindi necessario effettuare alcun trattamento. I patogeni responsabili (*Puccinia* spp., *Uromyces* e *Uredo* di varie specie), hanno interferito limitatamente con la sperimentazione e la loro presenza ha permesso di valutare differenze varietali sulla tolleranza / resistenza a questa patologia.

Nel corso dell'estate del primo anno, le varietà di *Festuca arundinacea* sono state colpite quasi indistintamente da *Rhizoctonia solani* (Fig.1) (Gullino e Mocioni, 1996; Gullino et al., 2000) e sono stati necessari degli interventi nel corso del primo anno con un fungicida ad ampio spettro

(principi attivi utilizzati: prochloraz p.a. 40% + propiconazolo p.a. 9%) somministrato con cadenza settimanale a partire dalla seconda metà di luglio alla prima metà di agosto. Nella primavera del 2011 molte varietà di *L. perenne* e *P. pratensis* hanno manifestato sintomatologie riconducibili al cosiddetto "leaf spot" (*Bipolaris* spp., *Curvularia* spp., *Drechslera* spp. sono i principali responsabili dello sviluppo di questa malattia su specie microterme).

Allo scopo di contrastare gli agenti patogeni responsabili del "leaf spot" sono stati adottati



Fig. 2.1 *Rhizoctonia solani* su parcella di *Festuca arundinacea*.

accorgimenti agronomici tali da evitare un eccessivo indebolimento del prato e che sono risultati sufficienti al contenimento della malattia. Sulla prova pertanto non si è intervenuto con fitofarmaci.

Durante l'estate del 2011 si annovera un attacco di *Sclerotinia homeocarpa*, che ha interessato molte varietà di *Lolium perenne*, contro il quale sono stati effettuati due trattamenti, a distanza di quindici giorni l'uno dall'altro, nel mese di luglio con prochloraz e propiconazolo.

Sin dal primo anno della sperimentazione è stata riscontrata la presenza di *Pythium* spp. (Fig. 2) in parcelle di *Poa pratensis* (patogeno presente soprattutto nei climi caldo-umidi,



Fig. 2.2 *Pythium* blight su parcella di *Lolium perenne*.

assai insidioso in quanto è in grado di propagarsi rapidamente e devastare ampie porzioni di tappeto erboso in sole 24-48 ore).

I prodotti in commercio utilizzati nel controllo di *Pythium* spp. contengono: fosetil alluminio, propamocarb, benalaxil, metalaxil somministrati anche bisettimanalmente nei casi di condizioni ambientali favorevoli allo sviluppo del patogeno. Sulla prova sono stati distribuiti prodotti a base di propamocarb (66,5% di principio attivo)

durante il periodo estivo. Nel corso del 2009 gli interventi effettuati sono stati cinque, dalla seconda metà di luglio alla prima decade di settembre. Anche nel 2010 sono stati necessari cinque interventi, a partire dalla prima settimana di luglio fino alla prima settimana di agosto, con frequenza settimanale.

Nel 2011 *Pythium* spp. ha iniziato a produrre i primi danni con l'aumento dell'umidità relativa, così da rendere necessario un primo trattamento già dalla seconda decade di giugno. Durante l'anno 2011 gli interventi sono stati complessivamente sette e sono terminati intorno alla metà di agosto.

Tutti i prodotti fungicidi sono stati distribuiti con polverizzatore portato da trattore (polverizzatore Unigreen® modello EXPO 301, pompa a membrana Comet APS 51, regolatori di portata e pressione Unigreen® RVA/4V 40E).

Tab. 2.4 Interventi fitosanitari (p.a. impiegati 2009-2011).

Interventi fitosanitari	
21/07/2009	prochloraz; propiconazolo; propamocarb
27/07/2009	prochloraz; propiconazolo; propamocarb
04/08/2009	prochloraz; propiconazolo; propamocarb
14/08/2009	prochloraz; propiconazolo; propamocarb
04/09/2009	propamocarb
02/07/2010	propamocarb
06/07/2010	propamocarb
07/07/2010	prochloraz; propiconazolo
16/07/2010	propamocarb
26/07/2010	propamocarb
09/08/2010	propamocarb
22/06/2011	prochloraz; propiconazolo
24/06/2011	propamocarb
27/06/2011	propamocarb
30/06/2011	propamocarb
08/07/2011	propiconazolo; propamocarb
22/07/2011	propiconazolo; propamocarb
08/08/2011	propamocarb
19/08/2011	propamocarb

2.3 Simulazione del calpestamento

Per simulare il danno causato sul manto erboso dai giocatori di calcio è stata impiegata una macchina progettata dall'Università degli Studi di Padova (Fig. 3 e 4).

Il prototipo, costituito da tre rulli, è in grado di riprodurre l'effetto di pressione e quello di trazione sul cotico erboso. I primi due rulli sono dotati di 170 tacchetti a sezione troncoconica simili a quelli presenti sulle scarpe degli atleti, l'ultimo si presenta liscio ed esercita un'ulteriore azione di compattamento del substrato. Il peso complessivo dello strumento è pari a 350 kg.



Fig. 2.3 Particolare del rullo sulla prova.

La rotazione dei rulli varia a seconda degli obiettivi specifici delle singole componenti, di fatto la velocità di avanzamento del trattore determina la velocità di rotazione solo per il primo e l'ultimo rullo. Il secondo è collegato al primo attraverso una catena e, per un numero diverso di pignoni e la trasmissione del moto tramite ingranaggi e una cinghia, esso ruota ad una velocità superiore al 20% rispetto a quella di avanzamento. La diversa velocità di rotazione e la particolare conformazione dei rulli rendono possibile simulare l'effetto di accelerazione, le scivolate, i cambi di direzione degli atleti, la compressione puntiforme del tacchetto, la compressione sull'intera superficie e l'azione di strappo.



Fig. 2.4 Passaggio del rullo sulla prova.

Per eseguire gli interventi di calpestamento, il prototipo doveva essere necessariamente trainato da un trattore. La prova è stata studiata in modo che le ruote viaggiassero sempre esclusivamente su viali, larghi 40 centimetri, predisposti allo scopo. Le parcelle, della larghezza di 1,20 metri pertanto, non sarebbero mai state calpestate dalle ruote, ma si sarebbero trovate costantemente nello spazio fra le due gomme.

La frequenza dei passaggi con l'apparato a rulli è stata programmata in accordo con i risultati di ricerche precedenti, le quali hanno permesso di stabilire che il passaggio del simulatore due volte a settimana sulle parcelle equivale all'effetto prodotto dai giocatori

nella zona di centrocampo nel corso di una partita di calcio di 90 minuti (Zorzanello, 2003). Allo scopo di valutare possibili situazioni di maggiore intensità di calpestamento del tappeto erboso, gli interventi con apparato a rulli sono stati elevati a 3 per settimana. Il calpestamento simulato ha avuto inizio il 15 aprile 2010 (anno successivo a quello di semina) in modo da consentire a tutte le specie di ultimare l'insediamento. Le prove con il simulatore a rulli sono iniziate con percentuale di copertura pari al 100% su tutte le parcelle della prova al fine di valutare il ruolo dello stress prodotto e sono proseguite per tutta la durata della sperimentazione, senza interruzioni.

I dati relativi ai parametri qualitativi (aspetto estetico globale, densità, colore, tessitura e accrescimento medio giornaliero) sono stati sottoposti all'analisi della varianza utilizzando il software SAS ver. 9.1.

I campionamenti eseguiti in epoche diverse sulle singole parcelle di ogni tesi sono stati indicati come fattore di ripetizione delle misure nel tempo. Nei casi in cui con tale analisi siano state poste in evidenza differenze significative, le medie sono state differenziate mediante il Fisher's protected Least Significant Difference (LSD) test al $P \leq 0,05$.



Fig. 2.5 Effetto del calpestamento simulato su cultivar di *Poa pratensis*. Febbraio 2011.

3. Risultati e discussione

3.1 Parametri qualitativi

I risultati dell'analisi della varianza relativi ai cinque parametri qualitativi presi in considerazione dalla ricerca, ovvero aspetto estetico globale, densità, colore e tessitura fogliare ed accrescimento verticale, sono riportati nella tabella 1.

L'analisi della varianza evidenzia differenze significative per tutte le variabili considerate: calpestamento, specie, cultivar e stagione. Le interazioni calpestamento x specie, calpestamento x stagione, specie x stagione, calpestamento x specie x stagione e cultivar x stagione risultano anch'esse statisticamente significative. L'interazione calpestamento x cultivar x stagione non risulta invece significativa (Tab. 1).

Di seguito si riportano e commentano per ciascun parametro i risultati derivanti dalle suddette interazioni.

3.1.1 Aspetto estetico globale

L'interazione fra specie x calpestamento x stagione è altamente significativa in ambedue le annate (***). Nel corso del primo anno molte varietà di *Lolium perenne* e *Poa pratensis* hanno manifestato un calo dal punto di vista qualitativo, accentuato durante la stagione autunnale e invernale (Fig. 1 e 2).

Festuca arundinacea, ha manifestato un migliore aspetto estetico globale, rispetto a *Lolium perenne*, in condizioni di assenza di calpestamento simulato ed in particolare nel corso del primo anno, ad eccezione della stagione primaverile, nella quale le due specie si possono considerare equivalenti.

Differenze significative tra *Festuca arundinacea* e *Poa pratensis* sono state osservate in inverno, con un netto calo nella qualità di *Poa pratensis*, che appare meno resistente al calpestamento proprio nei mesi più freddi. Al contrario, *Festuca arundinacea* e *Lolium perenne* sembrano risentire meno dei rigori invernali rispetto a *Poa pratensis*, pur manifestando un diverso grado di adattamento fra loro. Nel caso di *Festuca arundinacea* si assiste infatti ad un decremento più accentuato dell'aspetto estetico globale rispetto alla specie *Lolium perenne*, che porta a non evidenziare differenze significative fra le due specie in condizioni di calpestamento in inverno. Tale risultato può essere spiegato con la minore resistenza alle basse temperature di *F. arundinacea* rispetto a *L. perenne* (Hartley, 1950; Meyer e Watkins, 2003). In assenza di calpestamento *Festuca arundinacea* (media delle cultivar in prova) è apparsa migliore rispetto alle cultivar di *Lolium perenne* in entrambi gli anni di prova. In condizioni di calpestamento le due specie hanno invece presentato differenze più contenute.

L'interazione cultivar x calpestamento è risultata statisticamente significativa (***) solo nel secondo anno della sperimentazione.

Le cultivar di *Lolium perenne* hanno risentito fortemente degli effetti del calpestamento simulato ed in particolare nei mesi più freddi del secondo anno di prova (Tab. 2).

'JPR250', 'New Arrival' e 'Crescendo', hanno mostrato maggiore resistenza al calpestamento (Fig. 3).

Nell'ambito delle cultivar di *Festuca arundinacea*, 'Rhambler srp' si è confermata nettamente la migliore dal punto dell'aspetto estetico globale (sia in assenza che in presenza di calpestamento), seguita da 'Escalade', mentre 'Lucky Selen' ha ottenuto i punteggi più bassi, soprattutto nel corso dell'inverno (Fig. 4).

Nella specie *Poa pratensis* la cultivar 'Mystere' ha evidenziato i minori danni dal calpestamento simulato, sebbene il punteggio non sia stato significativamente diverso da quello di 'JKB 197, 374, e 213'. L'aspetto estetico globale di 'Mystere' in assenza di tale trattamento risulta minore rispetto alle altre cultivar resistenti (Fig. 5). Le cultivar 'JKB 197, 374, e 213' pur presentando un livello qualitativo superiore a 'Mystere' non hanno manifestato una più elevata resistenza al calpestamento. 'JKB 374' e 'JKB 197' hanno conservato una buona qualità anche nel corso dell'autunno e dell'inverno, con valori sufficienti anche in condizioni di calpestamento simulato durante l'intero anno. 'Julius' e 'Larus', invece, si sono dimostrate poco resistenti con un calo di qualità durante la stagione invernale.

Osservando l'interazione cultivar x stagione nel primo anno di prova, si evince che le cultivar di *Lolium perenne* presentano i valori più alti in primavera (Tab. 3), mentre, le cultivar di *Poa pratensis* denotano una certa variabilità. Le cultivar 'JKB 374' e 'JKB 197' sono risultate le migliori sul piano estetico, distinguendosi soprattutto nell'estate e nell'autunno; 'Julius' e 'Larus', che avevano manifestato un comportamento nettamente superiore in primavera, hanno invece rivelato un deciso deperimento nel periodo invernale.

Tab. 3.1 Risultati dell'analisi della varianza per i parametri: aspetto estetico globale, densità, colore, tessitura e accrescimento verticale.

	Aspetto estetico globale				Densità		Colore		Tessitura		Accrescimento verticale	
	1 anno	2 anno	1 anno	2 anno	1 anno	2 anno	1 anno	2 anno	1 anno	2 anno	1 anno	2 anno
Calpestamento (Calp)	*	**	**	**	ns	**	ns	**	***	**	ns	*
Specie (Sp)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Calp x Sp	*	**	***	***	**	***	**	***	***	***	*	***
Cultivar (Cv)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	**	***
Calp x Cv	ns	***	**	***	ns	**	ns	***	ns	***	ns	ns
Stagione (St)	***	***	***	***	***	***	***	***	---	---	***	***
Calp x St	***	***	***	***	***	***	***	***	---	---	***	***
Sp x St	***	***	***	***	***	***	***	***	---	---	***	***
Calp x Sp x St	***	***	***	***	***	***	***	***	---	---	***	***
Cv x St	***	***	***	***	***	***	***	***	---	---	***	***
Calp x Cv x St	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	---	---	ns	ns

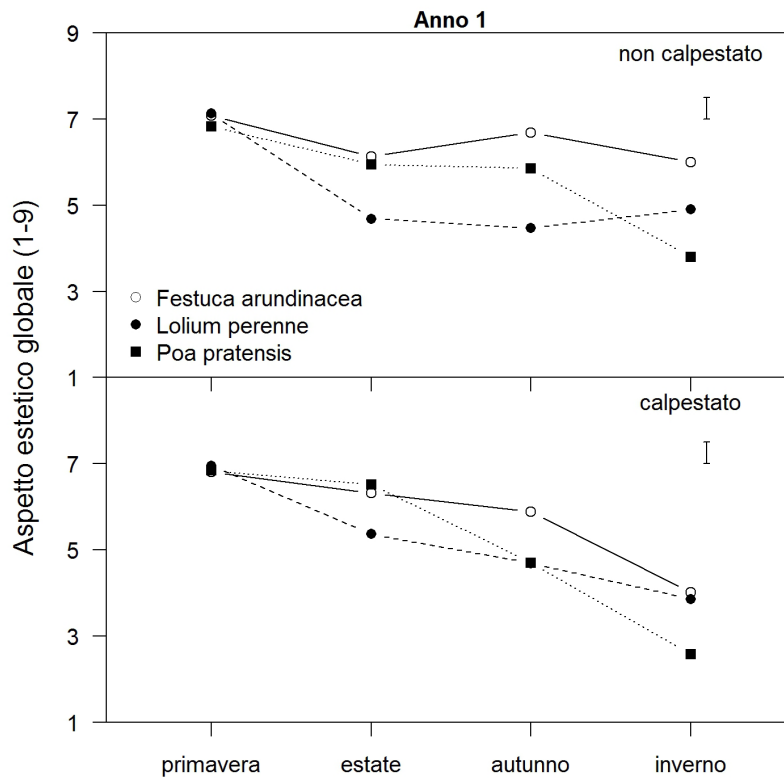


Fig. 3.1 Aspetto estetico globale (scala visiva 1-9) in *F. arundinacea*, *L. perenne*, *P. pratensis*. Interazione calpestatamento x specie x stagione.

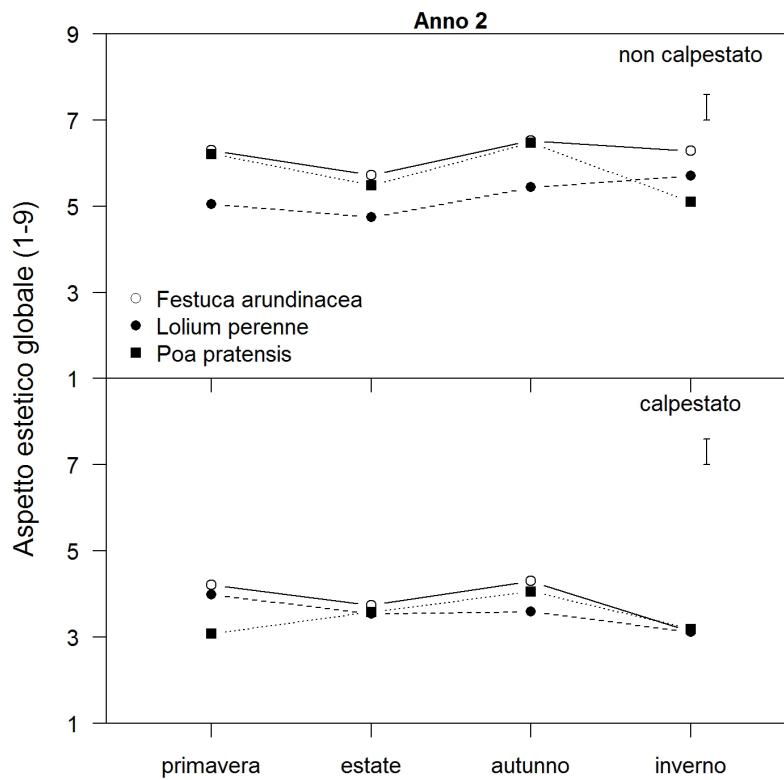


Fig. 3.2 Aspetto estetico globale (scala visiva 1-9) in *F. arundinacea*, *L. perenne*, *P. pratensis*. Interazione calpestatamento x specie x stagione.

Tab. 3.2 Aspetto estetico globale (scala visiva 1-9) in cultivar di *L. perenne*, *P. pratensis*, *F. arundinacea*. Interazione calpestamento x cultivar x stagione. Medie stagionali al secondo anno.

Cultivar [†]	primavera		estate		autunno		inverno	
	Non calp	calp	Non calp	calp	Non calp	calp	Non calp	calp
<i>Lolium perenne</i>								
Crescendo	4.8	4.2	5.2	4.0	6.0	3.7	7.1	3.8
JPR 200	5.3	3.6	4.2	3.4	4.9	3.2	5.8	3.3
JPR 225	5.6	4.4	4.8	3.6	5.7	3.7	6.2	3.7
JPR 250	6.6	5.1	5.2	4.6	6.3	4.6	6.2	3.6
Kokomo	4.4	3.7	4.6	3.8	5.2	3.8	5.2	2.9
New Arrival	5.2	4.6	5.7	4.3	6.0	3.9	6.6	3.0
Pavilion	5.4	3.6	6.2	3.2	6.1	3.6	6.0	3.4
Stravinsky	4.7	3.9	4.1	3.0	5.0	3.7	4.8	2.8
Yorktown	3.4	2.9	2.8	2.0	3.7	2.3	3.4	1.7
<i>Poa pratensis</i>								
Brooklawn	5.2	2.9	4.1	3.0	4.0	3.3	4.3	2.8
Bonaire	6.1	3.1	4.5	2.4	5.7	2.3	4.0	2.3
Concerto	5.3	3.2	3.9	3.1	4.9	4.0	4.2	2.9
JKB 197	7.4	4.6	6.3	5.1	8.5	5.6	8.4	5.0
JKB 213	7.1	3.3	6.0	4.4	7.4	4.8	7.1	3.7
JKB 374	7.9	3.2	7.3	5.0	8.4	5.3	8.3	4.3
Julius	5.4	1.2	6.3	2.2	7.1	3.1	3.0	2.2
Larus	6.4	2.2	6.5	3.5	7.1	3.1	2.7	2.0
Mystere	4.9	4.0	4.5	3.7	5.1	5.0	3.8	3.5
<i>Festuca arundinacea</i>								
Debussy	5.9	3.7	5.1	3.3	6.4	3.6	5.6	2.8
Escalade	7.0	4.7	5.9	4.0	7.1	5.0	6.8	3.9
JTF 654	6.9	4.6	5.9	4.1	6.7	4.0	6.3	2.7
JTF 655	6.6	3.9	5.6	3.6	6.3	4.1	6.6	2.7
Justice	5.4	3.7	5.5	2.9	6.7	4.3	6.2	3.3
Lucky Selen	4.4	3.4	4.5	3.2	4.7	3.0	4.8	2.0
Rhambler srp	7.9	5.6	7.5	5.1	7.8	6.1	7.8	4.6

[†] Per confrontare le medie all'interno delle specie usare 1.1 per *Lolium perenne* (Lp), 1.6 per *Poa pratensis* (Pp) e 1.1 per *Festuca arundinacea* (Fa).

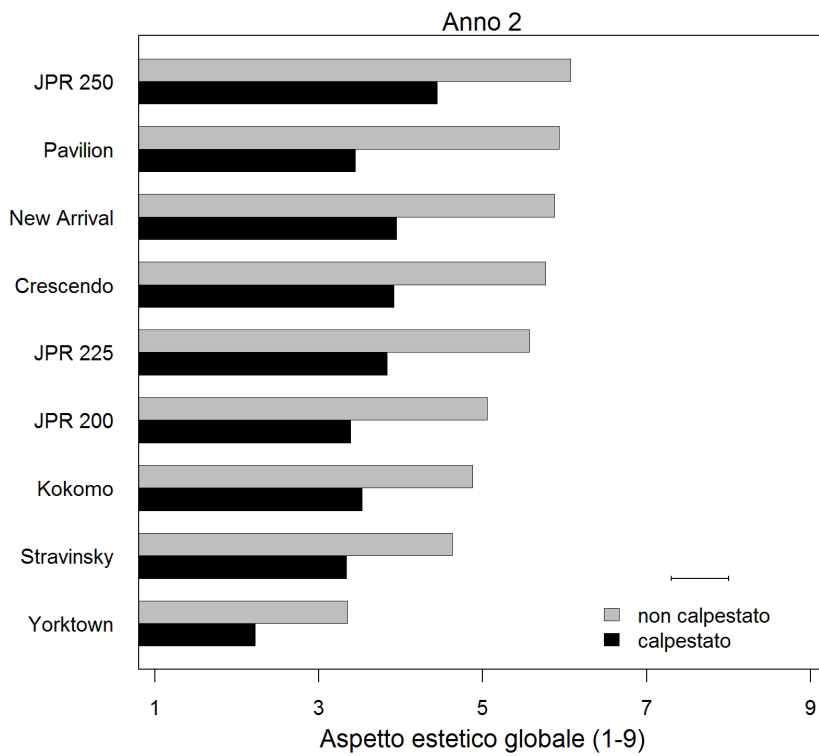


Fig. 3.3 Aspetto estetico globale (scala visiva 1-9) in cultivar di *L. perenne*. Interazione calpestamento x cultivar.

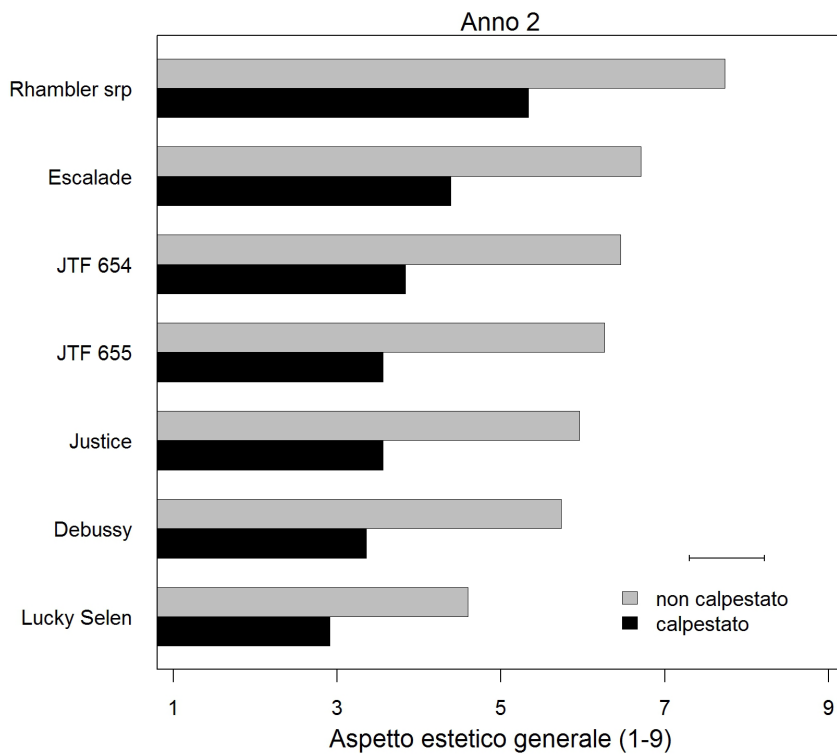


Fig. 3.4 Aspetto estetico globale (scala visiva 1-9) in cultivar di *F. arundinacea*. Interazione calpestamento x cultivar.

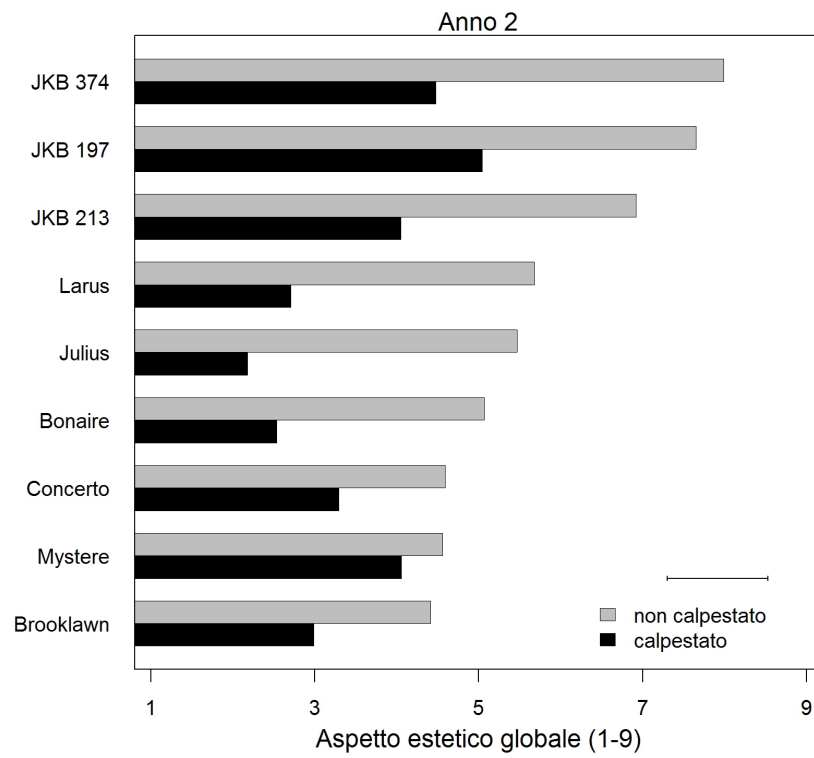


Fig. 3.5 Aspetto estetico globale (scala visiva 1-9) in cultivar di *P. pratensis*. Interazione calpestamento x cultivar.

Tab. 3.3 Aspetto estetico globale (scala visiva 1-9) in cultivar di *L. perenne*, *P. pratensis*, *F. arundinacea*. Interazione cultivar x stagione. Medie stagionali al primo anno.

Cultivar [†]	primavera	estate	autunno	inverno
<i>Lolium perenne</i>				
Crescendo	7.4	4.8	3.9	4.1
JPR 200	7.1	5.4	4.9	4.1
JPR 225	7.1	5.2	5.6	4.8
JPR 250	7.4	6.1	5.7	5.0
Kokomo	7.4	4.9	4.7	4.7
New Arrival	7.6	5.3	4.5	4.6
Pavilion	6.3	4.4	4.2	4.7
Stravinsky	7.0	4.8	4.3	4.1
Yorktown	6.0	4.4	3.4	3.4
<i>Poa pratensis</i>				
Brooklawn	6.8	5.3	4.5	2.6
Bonaire	6.9	5.6	5.0	2.9
Concerto	7.1	4.8	4.4	2.2
JKB 197	7.9	7.5	6.9	4.8
JKB 213	5.9	6.7	5.9	4.2
JKB 374	7.2	7.8	6.8	4.9
Julius	7.0	6.1	3.6	1.6
Larus	6.4	6.5	5.5	1.5
Mystere	6.1	5.9	4.9	4.0
<i>Festuca arundinacea</i>				
Debussy	7.1	6.1	5.7	4.0
Escalade	7.0	6.6	6.7	5.3
JTF 654	6.7	6.4	6.6	5.6
JTF 655	7.2	6.0	6.2	5.1
Justice	6.3	5.8	6.1	4.4
Lucky Selen	6.3	5.4	4.9	3.4
Rhambler srp	8.0	7.2	7.9	7.3

† Per confrontare le medie all'interno delle specie usare 0.9 per *Lolium perenne* (Lp), 0.8 per *Poa pratensis* (Pp) e 0.5 per *Festuca arundinacea* (Fa).

3.1.2 Densità

Il trattamento di calpestamento ha avuto un effetto negativo sulla densità di tutte le specie incluse nella ricerca. Come evidenziato dall'interazione fra calpestamento x specie x stagione, *Lolium perenne* è la specie che, nel corso del primo anno, ha subito il calo maggiore di densità a partire dal periodo estivo (Fig. 6 e 7) tale comportamento non è stato rilevato in *Festuca arundinacea* e *Poa pratensis*.

L'effetto più marcato si è manifestato durante l'inverno del primo anno, periodo nel quale le tesi non sottoposte al trattamento di calpestamento hanno evidenziato un incremento di densità, comportamento non rilevato in *Festuca arundinacea* e *Poa pratensis*.

Osservando l'interazione cultivar x stagione per le diverse cultivar di *L. perenne* (tabelle 4 e 5) si nota che 'JPR 250' ha mantenuto una buona densità durante l'estate e l'autunno del primo anno, periodi nei quali è risultata anche la migliore sul piano estetico; nell'inverno del primo anno e durante l'estate e l'autunno del secondo anno si è distinta invece la cultivar 'New Arrival'.

Tra le cultivar di *Lolium perenne* quella che ha risentito meno del calpestamento simulato nel primo anno è stata 'Yorktown', la cui densità non appare significativamente diversa dal confronto presenza/assenza del trattamento.

Nel secondo anno di prova il calpestamento ha provocato un calo di densità in tutte le cultivar a confronto, come dimostrato dai punteggi ottenuti che non hanno mai raggiunto la sufficienza e la cultivar 'Yorktown' ha ottenuto i punteggi più bassi di densità (Fig. 8). Nella specie *Poa pratensis*, 'Julius' e 'Larus' si sono distinte per maggiore densità in assenza di calpestamento ed in particolare 'Larus' si è mantenuta la più densa, già a partire dall'estate del primo anno. Queste due cultivar hanno ottenuto punteggi soddisfacenti anche nei mesi invernali, ma si sono dimostrate poco resistenti in presenza di calpestamento. Le cultivar 'JKB 197' e 'JKB 374', al contrario, hanno conservato una buona densità anche in presenza di calpestamento. 'Mystere' è la cultivar che ha subito i minori danni da calpestamento, anche se i punteggi di densità ottenuti da questa cultivar in assenza di calpestamento sono significativamente più bassi di quelli ottenuti dalla maggior parte delle altre cultivar a confronto (Fig. 9).

Fra le cultivar di *Festuca arundinacea* non sono state notate differenze di rilievo; 'Rhambler srp', è stata la varietà con il maggior grado di densità, con punteggi sempre superiori a sei per l'intero periodo di prova (Fig. 10).

Le figure 8, 9 e 10 mostrano che gli effetti del calpestamento appaiono più evidenti soprattutto nel secondo anno. Fra le cultivar di *Festuca arundinacea* 'Rhambler srp' si è rivelata la cultivar con la maggior densità, sia in presenza che in assenza di calpestamento, ottenendo anche in presenza del trattamento punteggi sempre superiori alla sufficienza (6).

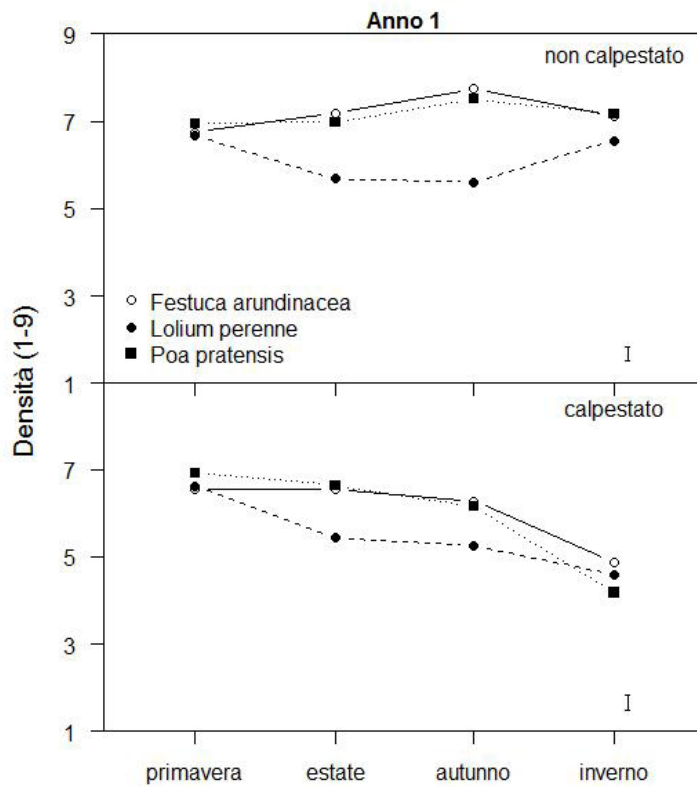


Fig. 3.6 Densità (scala visiva 1-9) in *F. arundinacea*, *L. perenne*, *P. pratensis*. Interazione calpestate x specie x stagione.

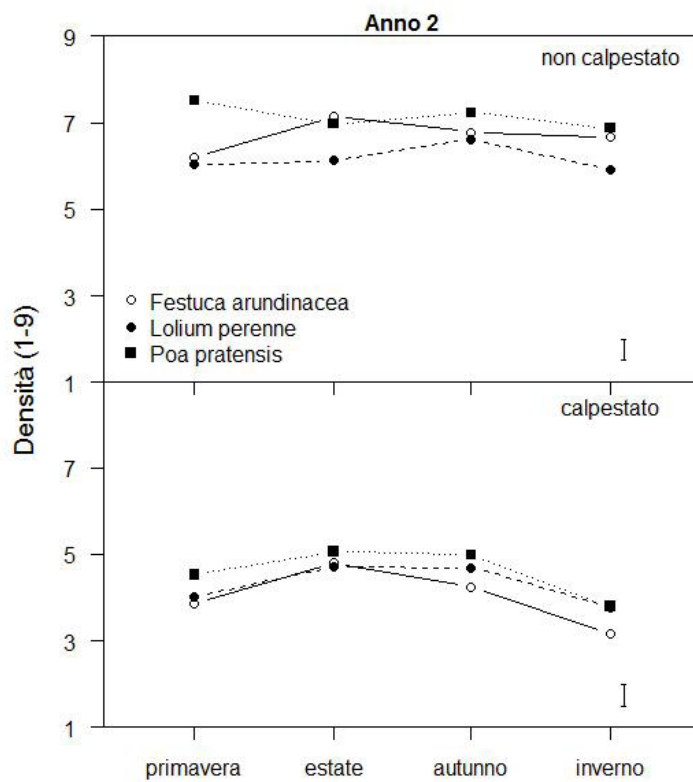


Fig. 3.7 Densità (scala visiva 1-9) in *F. arundinacea*, *L. perenne*, *P. pratensis*. Interazione calpestate x specie x stagione.

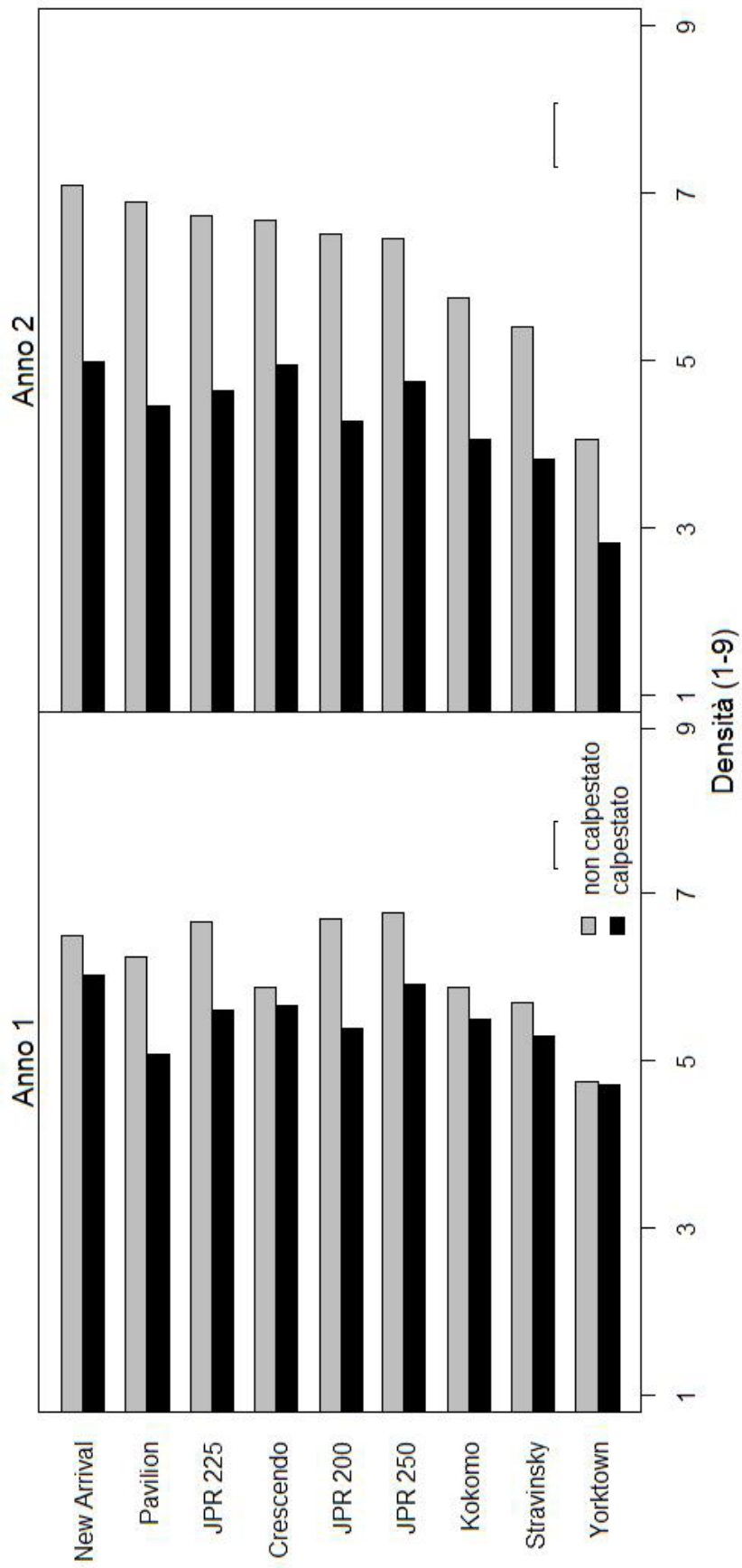


Fig. 3.8 Densità (scala visiva 1-9) in cultivar di *L. perenne*. Interazione calpestamento x cultivar.

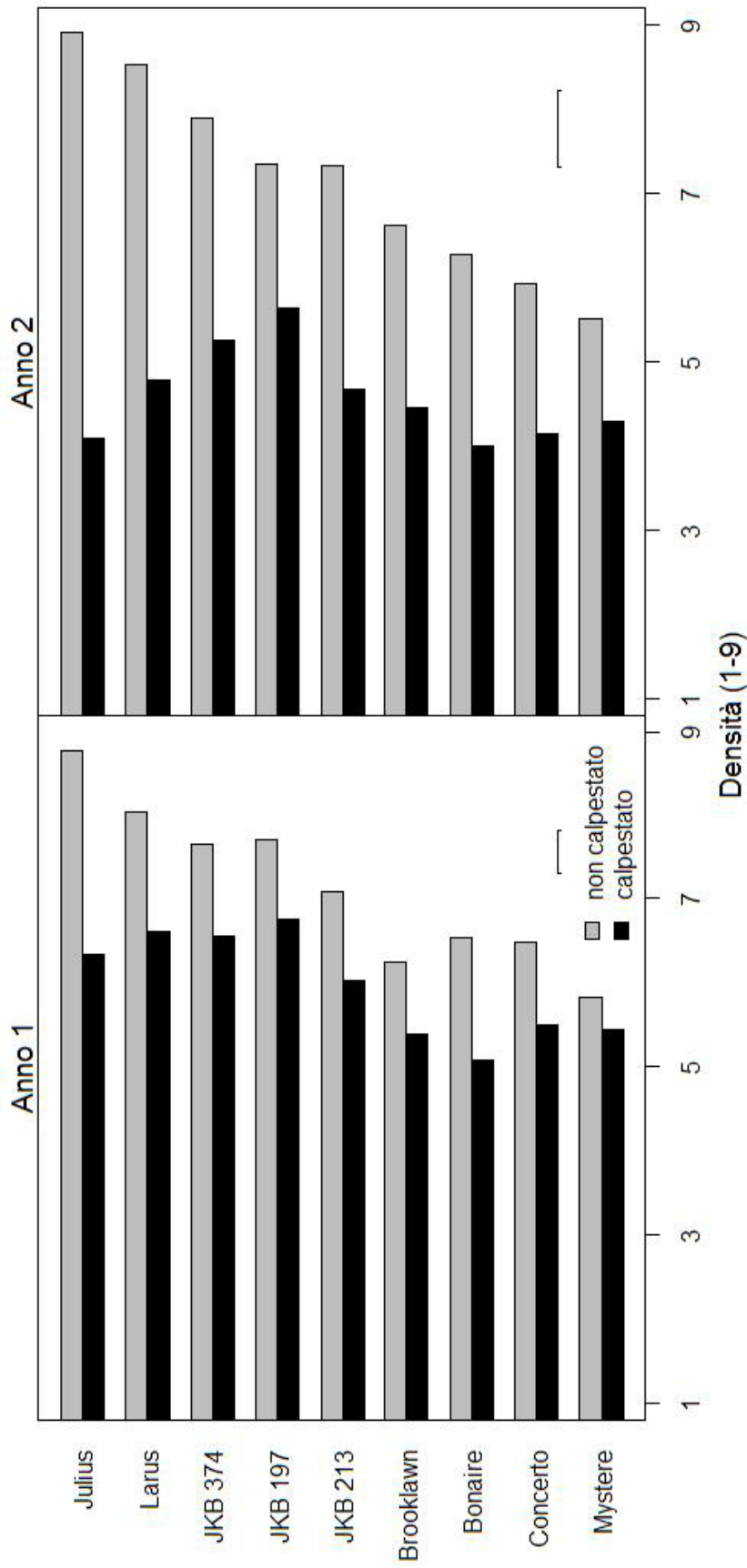


Fig. 3.9 Densità (scala visiva 1-9) in cultivar di *P. pratensis*. Interazione calpestamento x cultivar.

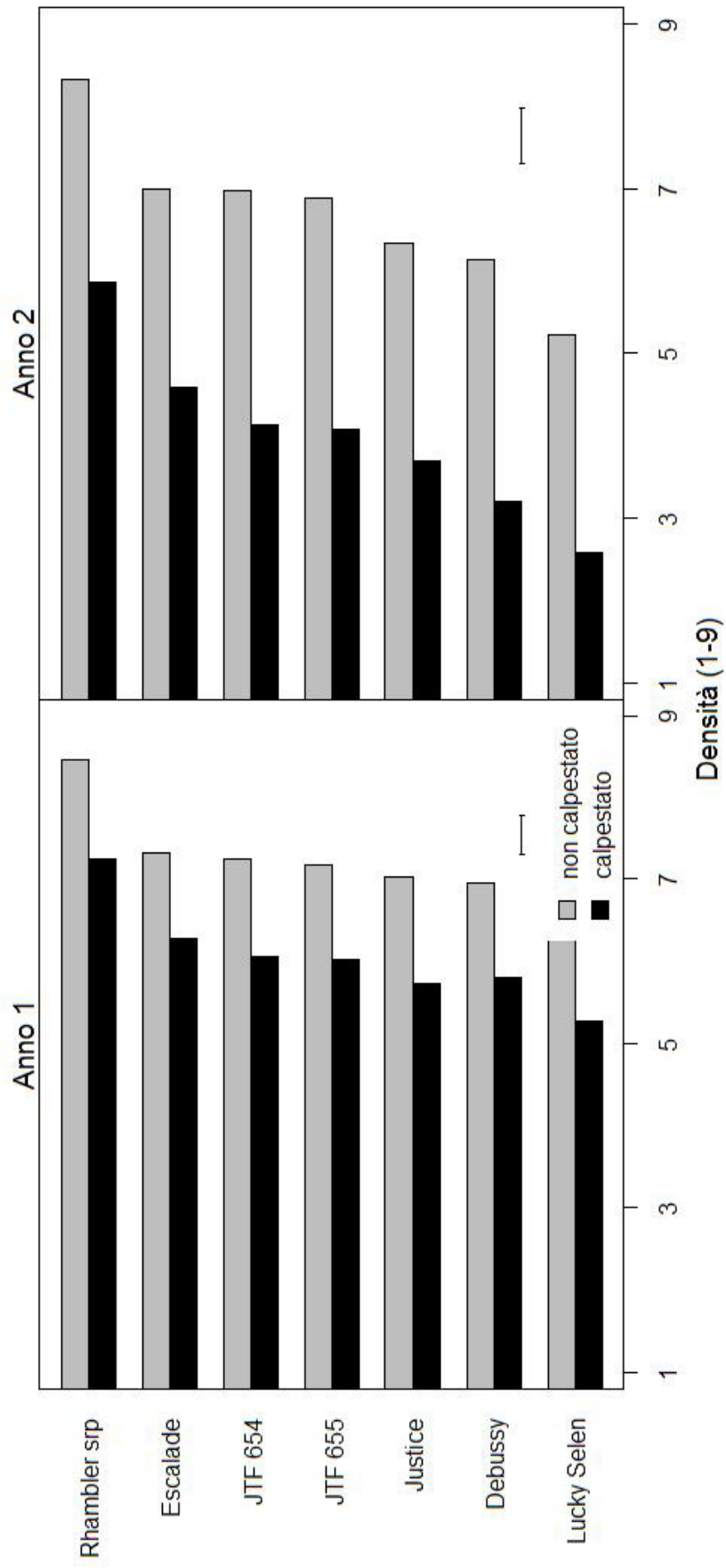


Fig. 3.10 Densità (scala visiva 1-9) in cultivar di *F. arundinacea*. Interazione calpestamento x cultivar.

Tab. 3.4 Densità (scala visiva 1-9) in cultivar di *L. perenne*, *P. pratensis*, *F. arundinacea*. Interazione cultivar x stagione. Medie stagionali al primo anno.

Cultivar [†]	primavera	estate	autunno	inverno
<i>Lolium perenne</i>				
Crescendo	7.1	5.4	4.8	5.8
JPR 200	6.7	5.9	6.1	5.4
JPR 225	6.7	5.6	6.2	6.1
JPR 250	6.8	6.6	6.4	5.7
Kokomo	6.4	5.8	5.2	5.4
New Arrival	7.5	5.2	5.9	6.5
Pavilion	6.6	5.2	5.2	5.7
Stravinsky	6.7	5.5	4.7	5.1
Yorktown	5.3	4.9	4.3	4.4
<i>Poa pratensis</i>				
Brooklawn	6.3	6.1	6.1	4.7
Bonaire	6.2	5.8	5.9	5.3
Concerto	6.6	5.9	6.3	5.1
JKB 197	7.5	7.4	7.5	6.4
JKB 213	6.8	6.7	6.9	5.7
JKB 374	7.1	7.4	7.5	6.4
Julius	8.5	8.2	7.6	5.9
Larus	7.3	7.9	8.0	6.1
Mystere	6.0	5.7	5.6	5.3
<i>Festuca arundinacea</i>				
Debussy	6.7	6.6	6.7	5.4
Escalade	6.4	6.4	7.1	6.2
JTF 654	6.4	6.8	7.2	6.1
JTF 655	6.8	6.7	6.7	6.2
Justice	6.3	6.4	7.1	5.8
Lucky Selen	6.2	6.3	6.0	4.6
Rhambler srp	7.7	7.8	8.2	7.7

† Per confrontare le medie all'interno delle specie usare 0.7 per *Lolium perenne* (Lp), 0.6 per *Poa pratensis* (Pp) e 0.5 per *Festuca arundinacea* (Fa).

Tab. 3.5 Densità (scala visiva 1-9) in cultivar di *L. perenne*, *P. pratensis*, *F. arundinacea*. Interazione cultivar x stagione. Medie stagionali al secondo anno.

Cultivar [†]	primavera	estate	autunno	inverno
<i>Lolium perenne</i>				
Crescendo	5.2	5.8	6.3	5.9
JPR 200	5.4	5.4	5.7	5.1
JPR 225	5.8	5.7	6.1	5.1
JPR 250	5.7	5.8	5.9	4.9
Kokomo	4.3	5.3	5.5	4.4
New Arrival	5.2	6.5	6.6	5.9
Pavilion	5.3	6.1	6.2	5.1
Stravinsky	4.8	4.4	4.8	4.3
Yorktown	3.4	3.7	3.8	2.8
<i>Poa pratensis</i>				
Brooklawn	5.9	5.4	5.6	5.2
Bonaire	5.7	5.1	5.4	4.4
Concerto	5.7	4.5	5.5	4.4
JKB 197	6.7	7.1	6.3	5.8
JKB 213	6.1	5.9	6.3	5.7
JKB 374	6.3	7.1	6.7	6.3
Julius	6.1	6.9	6.8	6.8
Larus	6.3	7.3	7.3	5.7
Mystere	5.5	4.8	5.1	4.2
<i>Festuca arundinacea</i>				
Debussy	4.2	5.1	5.0	4.4
Escalade	5.3	6.4	6.0	5.4
JTF 654	5.3	6.3	5.4	5.2
JTF 655	5.3	6.3	5.5	4.9
Justice	4.5	5.6	5.4	4.6
Lucky Selen	3.8	4.5	3.9	3.4
Rhambler srp	6.7	7.7	7.3	6.7

[†] Per confrontare le medie all'interno delle specie usare 0.6 for *Lolium perenne* (Lp), 0.8 per *Poa pratensis* (Pp) e 0.6 per *Festuca arundinacea* (Fa).

3.1.3 Tessitura

Dal confronto tra specie emerge che le cultivar di *Poa pratensis* hanno ottenuto in media punteggi di tessitura superiori rispetto a *F. arundinacea* ed anche a quelle di *L. perenne* (Fig. 11).

Per le parcelle non sottoposte a calpestamento simulato, non si rilevano differenze significative fra il primo ed il secondo anno.

Nel primo anno di prova, *Festuca arundinacea* è stata la specie che ha risentito maggiormente gli effetti del calpestamento ottenendo punteggi inferiori a cinque.

Durante il secondo anno, al contrario tutte le specie si sono comportate in modo simile con punteggi superiori al cinque.

Al secondo anno di prova (Tab. 6), le cultivar di *Lolium perenne* che in assenza di calpestamento hanno manifestato la tessitura più fine, sono risultate 'New Arrival', 'JPR 225' e 'JPR 250', con valori di 7.4, 7.2 e 7.1 rispettivamente; 'Yorktown' scarsa anche in termini di densità, ha presentato la tessitura più grossolana. Per 'JPR 225' e 'JPR 250' sono stati attribuiti i valori più alti anche in presenza di calpestamento (5.9) rispetto a una media di 4.9.

Considerando le cultivar di *Poa pratensis* in assenza di calpestamento, i punteggi maggiori sono stati ottenuti da 'Julius' e 'Larus' (8.9 e 8.6), che avevano raggiunto valori elevati anche per il parametro densità; in condizioni di calpestamento valori sufficienti sono stati attribuiti a 'JKB 197' e 'Larus'; 'Mystere' ancora una volta è risultata la cultivar meno influenzata dal calpestamento, sebbene non avesse ottenuto un punteggio elevato nemmeno in assenza di tale trattamento. In *Festuca arundinacea* anche per questo parametro si è distinta 'Rhambler srp' sia in presenza che in assenza di calpestamento; tuttavia in condizioni di calpestamento simulato non raggiunge valori elevati (4.9).

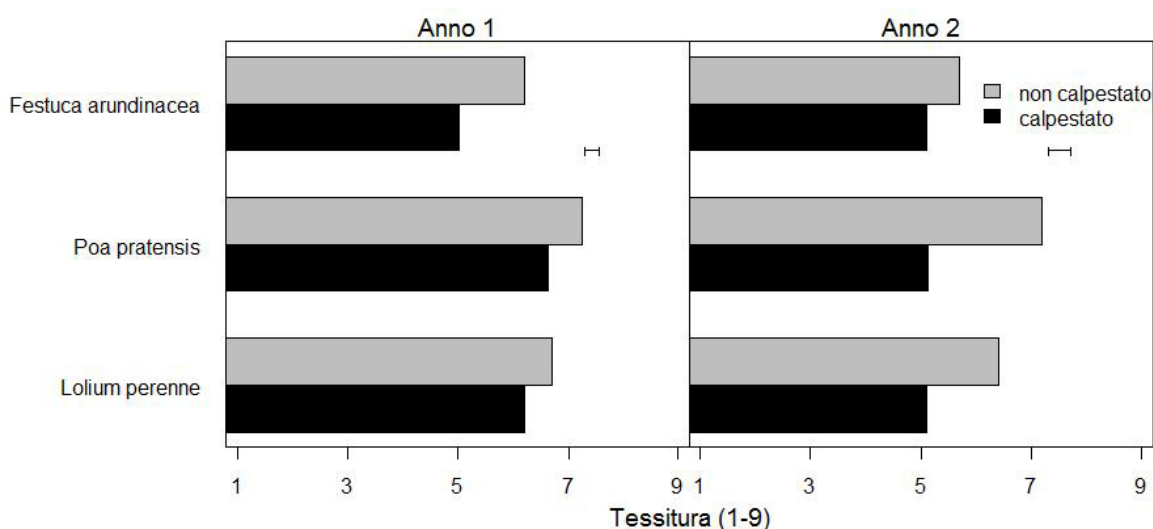


Fig. 3.11 Tessitura (scala visiva 1-9) in *F. arundinacea*, *L. perenne*, *P. pratensis*. Interazione calpestamento x specie.

Tab. 3.6 Tessitura (scala visiva 1-9) in cultivar di *L. perenne*, *P. pratensis*, *F. arundinacea*. Interazione calpestamento x cultivar al secondo anno.

Cultivar [†]	Non calp	calp
<i>Lolium perenne</i>		
Crescendo	6.9	5.7
JPR 200	6.9	5.5
JPR 225	7.2	5.9
JPR 250	7.1	5.9
Kokomo	5.9	4.7
New Arrival	7.4	5.7
Pavilion	6.6	5.1
Stravinsky	5.4	4.3
Yorktown	4.1	3.1
<i>Poa pratensis</i>		
Brooklawn	6.7	4.5
Bonaire	6.5	4.4
Concerto	6.4	4.7
JKB 197	7.1	6.0
JKB 213	7.3	4.7
JKB 374	7.9	5.7
Julius	8.9	5.4
Larus	8.6	6.1
Mystere	5.5	4.6
<i>Festuca arundinacea</i>		
Debussy	5.1	2.1
Escalade	6.0	3.6
JTF 654	6.0	3.1
JTF 655	5.9	3.1
Justice	5.3	2.6
Lucky Selen	4.2	1.9
Rhambler srp	7.3	4.9

† Per confrontare le medie all'interno delle specie usare 0.8 per *Lolium perenne* (Lp), 0.9 per *Poa pratensis* (Pp) e 0.7 per *Festuca arundinacea* (Fa).

3.1.4 Colore

Nelle due annate di prova, *Lolium perenne* ha mostrato un comportamento leggermente migliore rispetto a *Festuca arundinacea* e *Poa pratensis* per il parametro colore. La specie *Lolium perenne* ha dimostrato costanza di comportamento a livello stagionale con modesti decadimenti fra autunno ed inverno al primo anno, non evidenziati invece nel secondo anno di prova. Per la specie *Festuca arundinacea* i dati parcellari indicano cali significativi nell'intensità del colore verde nel periodo invernale, imputabili alla scarsa resistenza alle basse temperature di questa specie. In conseguenza dell'abbassamento termico, infatti, le parti terminali delle lamine fogliari di *F. arundinacea* tendono ad ingiallire (Beard, 1973). Fra le tre specie prese in considerazione, *Poa pratensis* ha presentato l'intensità del colore significativamente meno elevata, in particolare il primo anno della prova.

Nel secondo anno di prova con calpestamento, l'interazione calpestamento x specie x stagione ha prodotto una maggiore intensità del colore in tutte le specie (Fig. 12 e 13).

Durante il primo anno di prova, le maggiori differenze a livello intraspecifico sono state riscontrate principalmente in *Poa pratensis*, mentre *Festuca arundinacea* si è dimostrata meno interessata da questo fenomeno. I maggiori incrementi nell'intensità della colorazione verde sono stati riscontrati nei periodi estivo ed autunnale (Tab. 7).

Nell'ambito delle cultivar di *Lolium perenne* 'Yorktown' è quella che ha ottenuto i punteggi più bassi, questa cultivar ha anche evidenziato una scarsa densità e in generale una scarsa qualità (AEG). Al contrario 'New Arrival' e 'Crescendo' hanno ottenuto valutazioni elevate per il parametro colore in particolare nel corso dell'autunno e dell'inverno (Tab. 7). Nel secondo anno di prova (Tab. 8), 'Yorktown' si è confermata la varietà con minore intensità di verde, mentre 'New Arrival' e 'Crescendo' hanno mantenuto una buona colorazione fogliare anche durante l'autunno e l'inverno (8.4) come è avvenuto per 'JPR 225' e 'JPR 200' (8.1) (Fig. 14).

Le varietà di *P. pratensis* che hanno ottenuto i punteggi più elevati nel primo anno relativamente al parametro colore sono state 'JKB 374' e 'JKB 197', che sono risultate anche le migliori per densità e qualità. La cultivar 'Mystere' si è distinta nel periodo invernale, nel corso del quale ha ottenuto il punteggio maggiore per intensità di colorazione; 'Julius' e 'Larus', al contrario, hanno mostrato colorazione più debole (verde chiaro), soprattutto in inverno con punteggi nettamente inferiori alla sufficienza: 1.9 e 2.9 rispettivamente (Tab. 7).

Nel secondo anno, la sperimentazione ha mostrato forti differenze a livello intraspecifico: le cultivar 'JKB 374' e 'JKB 197' si sono confermate con colorazione più intensa della lamina fogliare mentre 'Mystere' è risultata una varietà interessante in autunno e in inverno; 'Julius' è risultata la cultivar più chiara. L'effetto del calpestamento è stato più evidente sulle cultivar 'Julius', 'Larus' e 'Brooklawn', che hanno ottenuto un punteggio

analogo a quello delle altre varietà dalla colorazione più intensa, come ‘JKB 374’, ‘JKB 197’, ‘JKB 213’ e ‘Mystere’ (Fig. 15).

Tra le varietà di *Festuca arundinacea* non si sono notate differenze significative, presentando un comportamento uniforme all’interno delle singole annate e manifestando differenze solo nella stagione invernale del primo anno, con una colorazione fogliare più chiara. Nel corso del secondo anno è stato notato per tutte le cultivar un incremento omogeneo della colorazione fogliare (Fig. 16).

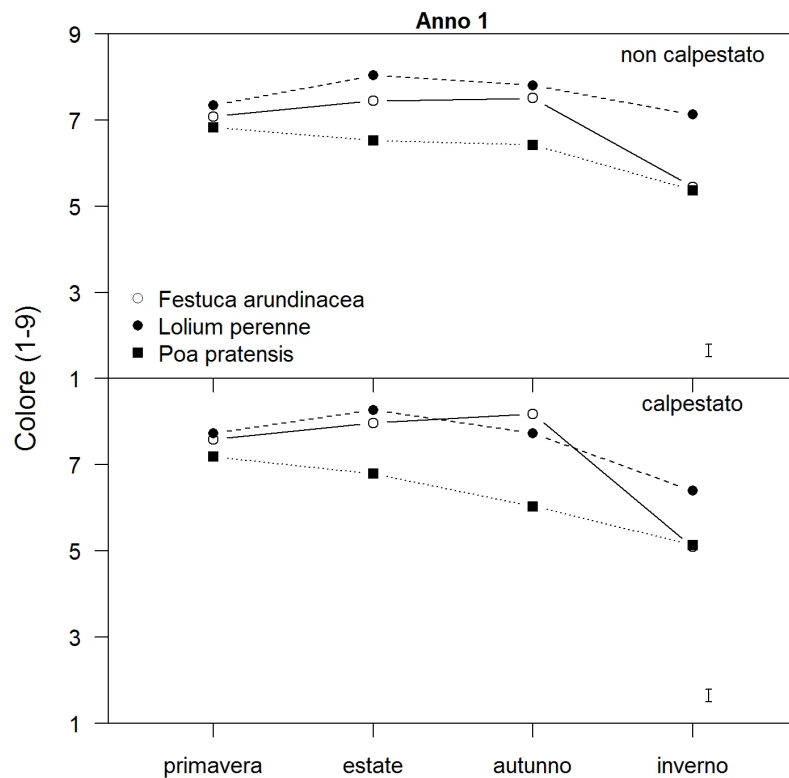


Fig. 3.12 Colore (scala visiva 1-9) in *F. arundinacea*, *L. perenne*, *P. pratensis*. Interazione calpestamento x specie x stagione.

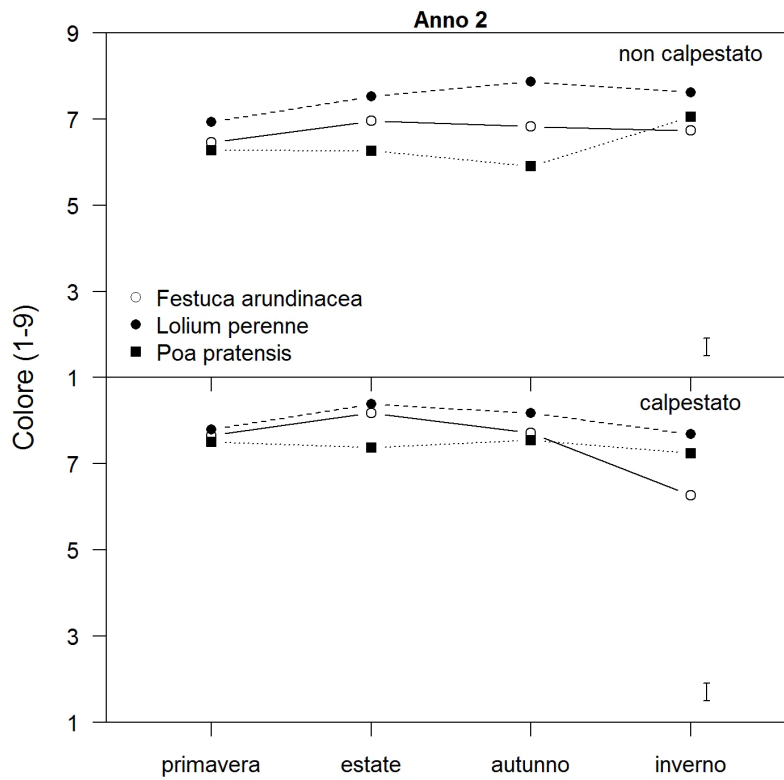


Fig. 3.13 Colore (scala visiva 1-9) in *F. arundinacea*, *L. perenne*, *P. pratensis*. Interazione calpestatamento x specie x stagione.

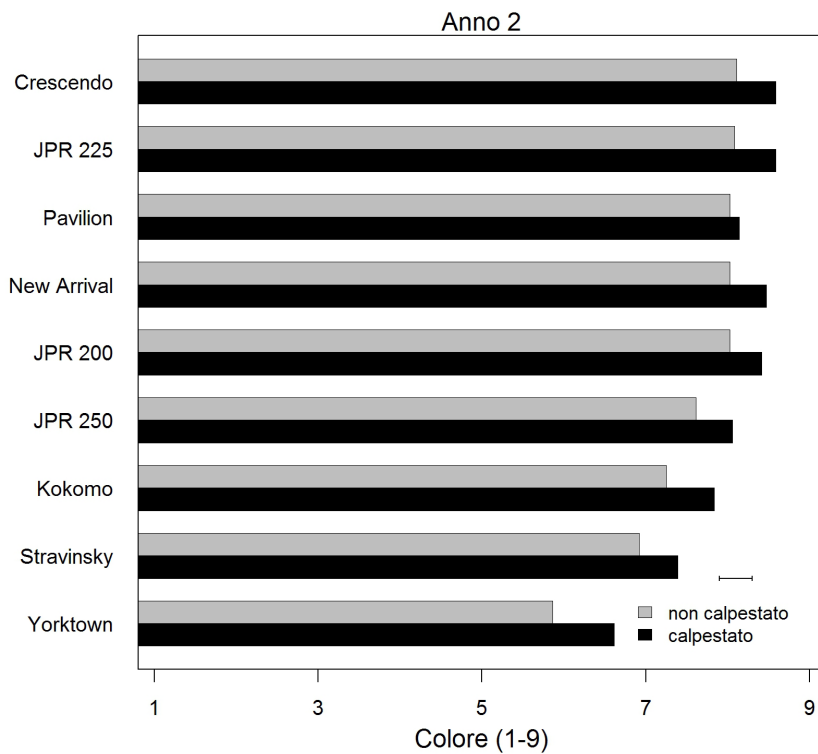


Fig. 3.14 Colore (scala visiva 1-9) in cultivar di *L. perenne*. Interazione calpestatamento x cultivar.

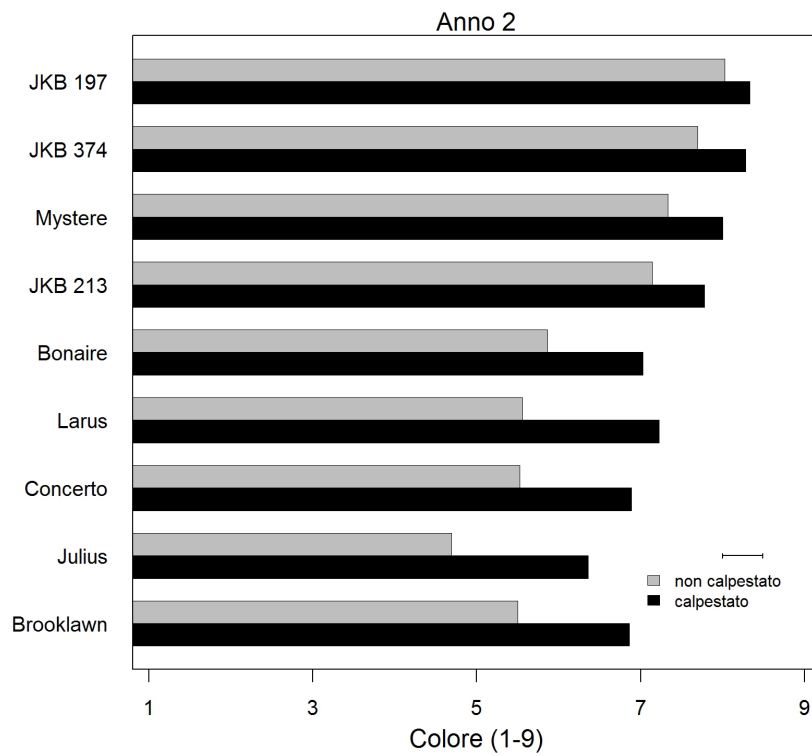


Fig. 3.15 Colore (scala visiva 1-9) in cultivar di *P. pratensis*. Interazione calpestatamento x cultivar.

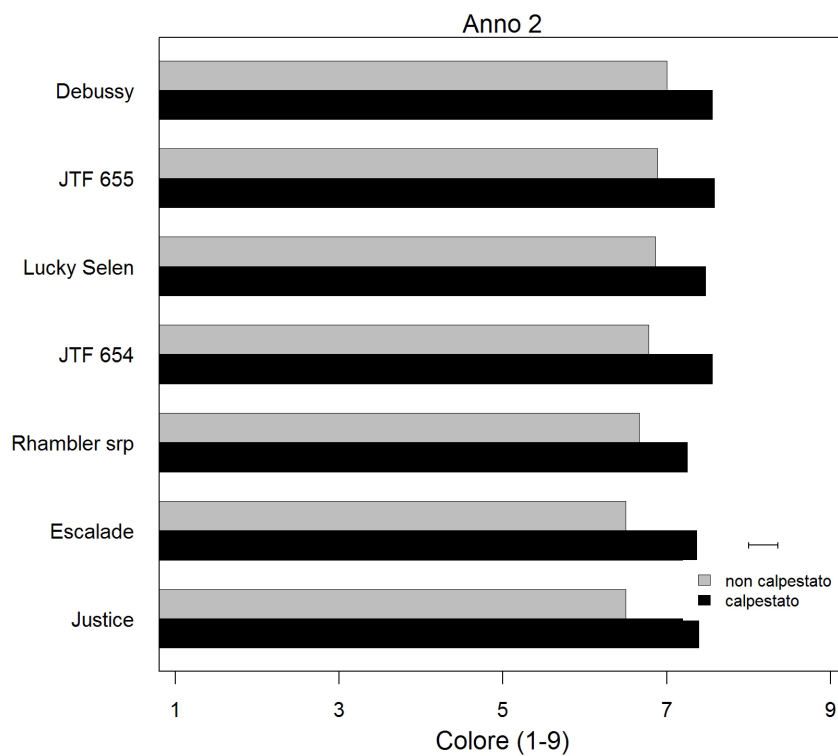


Fig. 3.16 Colore (scala visiva 1-9) in cultivar di *F. arundinacea*. Interazione calpestatamento x cultivar.

Tab. 3.7 Colore (scala visiva 1-9) in cultivar di *L. perenne*, *P. pratensis*, *F. arundinacea*. Interazione cultivar x stagione. Medie stagionali al primo anno.

Cultivar [†]	primavera	estate	autunno	inverno
<i>Lolium perenne</i>				
Crescendo	7.8	8.7	8.9	7.9
JPR 200	8.3	8.6	8.0	6.5
JPR 225	8.5	8.5	8.3	7.4
JPR 250	8.1	7.9	7.2	5.6
Kokomo	7.1	8.2	7.5	6.7
New Arrival	8.0	8.8	8.7	8.0
Pavilion	7.6	8.4	7.8	7.5
Stravinsky	6.9	7.9	7.6	5.9
Yorktown	5.5	6.3	6.0	5.3
<i>Poa pratensis</i>				
Brooklawn	6.6	5.6	5.2	5.6
Bonaire	6.8	6.2	5.9	5.1
Concerto	7.0	5.4	5.7	5.3
JKB 197	8.8	8.2	8.0	6.3
JKB 213	7.8	7.6	7.1	6.1
JKB 374	8.2	8.2	7.4	5.9
Julius	4.4	5.4	3.7	1.9
Larus	6.2	6.2	5.3	2.9
Mystere	7.2	7.2	7.8	8.3
<i>Festuca arundinacea</i>				
Debussy	7.4	7.8	8.2	5.6
Escalade	7.2	7.9	7.8	5.0
JTF 654	8.1	7.9	8.1	5.3
JTF 655	7.8	7.6	8.2	5.4
Justice	6.4	7.5	7.3	5.0
Lucky Selen	7.3	7.7	7.7	5.1
Rhambler srp	7.2	7.5	7.6	5.4

† Per confrontare le medie all'interno delle specie usare 0.43 per *Lolium perenne* (Lp), 0.62 per *Poa pratensis* (Pp) e 0.48 per *Festuca arundinacea* (Fa).

Tab. 3.8 Colore (scala visiva 1-9) in cultivar di *L. perenne*, *P. pratensis*, *F. arundinacea*. Interazione cultivar x stagione. Medie stagionali al secondo anno.

Cultivar [†]	primavera	estate	autunno	inverno
<i>Lolium perenne</i>				
Crescendo	8.1	8.3	8.5	8.4
JPR 200	8.0	8.2	8.6	8.1
JPR 225	8.1	8.4	8.7	8.1
JPR 250	7.7	7.9	8.1	7.6
Kokomo	6.9	8.1	7.7	7.5
New Arrival	7.7	8.3	8.6	8.4
Pavilion	8.0	8.2	7.9	7.1
Stravinsky	6.6	7.6	7.5	6.9
Yorktown	5.2	6.5	6.6	6.7
<i>Poa pratensis</i>				
Brooklawn	6.2	5.8	5.6	7.1
Bonaire	6.4	6.2	5.9	7.3
Concerto	6.1	5.8	5.8	7.2
JKB 197	8.0	8.3	8.4	8.0
JKB 213	7.3	7.4	7.2	7.9
JKB 374	7.9	8.2	8.0	7.8
Julius	5.8	5.9	5.6	4.8
Larus	7.3	6.7	5.8	5.7
Mystere	7.1	7.1	8.1	8.4
<i>Festuca arundinacea</i>				
Debussy	7.1	7.7	7.6	6.7
Escalade	6.9	7.4	7.2	6.2
JTF 654	7.3	7.7	7.3	6.3
JTF 655	7.5	7.7	7.5	6.3
Justice	6.7	7.4	7.1	6.6
Lucky Selen	6.9	7.7	7.3	6.7
Rhambler srp	7.0	7.2	6.9	6.7

[†] Per confrontare le medie all'interno delle specie usare 0.43 per *Lolium perenne* (Lp), 0.48 per *Poa pratensis* (Pp) e 0.40 per *Festuca arundinacea* (Fa).

3.1.5 Accrescimento verticale

Festuca arundinacea è stata la specie che ha presentato il maggiore accrescimento verticale. Solo nell'inverno del secondo anno e in condizioni di calpestamento simulato, l'accrescimento di *Festuca arundinacea* è risultato non significativamente diverso da quello di *Lolium perenne* e *Poa pratensis* (Fig. 17-18).

Dal punto di vista dell'accrescimento in altezza, durante il primo anno, *Poa pratensis* e *Lolium perenne* sono risultate molto simili. Dall'analisi dei dati emerge che *Lolium perenne*, ha manifestato i primi segni di sofferenza con temperature superiori ai 27-28°C, che hanno comportato una minore crescita del tappeto erboso. Tale risultato è in accordo con svariate ricerche dalle quali è stato dimostrato, che questa specie soffre le temperature elevate prediligendo i climi freschi (Beard, 1973). Nel periodo estivo *Lolium perenne* ha infatti ricevuto i punteggi più bassi per quanto concerne l'aspetto estetico globale e solo nell'estate del secondo anno e in condizioni di non calpestamento *L. perenne* ha avuto un accrescimento medio giornaliero in altezza superiore a 1 mm giorno⁻¹. Gli effetti del calpestamento simulato sull'accrescimento verticale del tappeto erboso sono apparsi maggiormente evidenti nel secondo anno di prova, mentre nel primo anno il calpestamento ha ridotto la crescita dell'erba nei periodi estivo ed autunnale (Fig.17 e 18).

Dal complesso dei dati parcellari del primo anno sia in presenza che in assenza di calpestamento 'Yorktown' è risultata la cultivar di *Lolium perenne* che ha mostrato l'accrescimento primaverile più accentuato (Tab. 9) con una media giornaliera di 3,1 mm, contro un accrescimento medio delle restanti cultivar di 2,3 mm.

Nel secondo anno di sperimentazione le cultivar di *Lolium perenne* hanno manifestato un comportamento simile al primo anno e 'Yorktown' si è confermata la varietà con il maggior accrescimento primaverile (Tab. 10).

Le cultivar di *Poa pratensis* 'Bonaire', 'Concerto' e 'Mystere' nella primavera del primo anno hanno dimostrato un comportamento simile, mentre 'JKB 197' ha registrato il minore accrescimento verticale. Nel corso del secondo anno ed in particolare nel periodo primaverile, di norma caratterizzato da intensa crescita, la varietà 'Mystere' ha dimostrato il maggior accrescimento verticale con 1,8 mm giorno⁻¹. Tale dato potrebbe essere legato al fatto che la cultivar ha risentito meno di altre degli effetti del calpestamento simulato. Fra le cultivar di *F. arundinacea*, 'Rhambler srp' ha evidenziato il minor accrescimento verticale, pur avendo presentato differenze contenute rispetto alle altre cultivar.

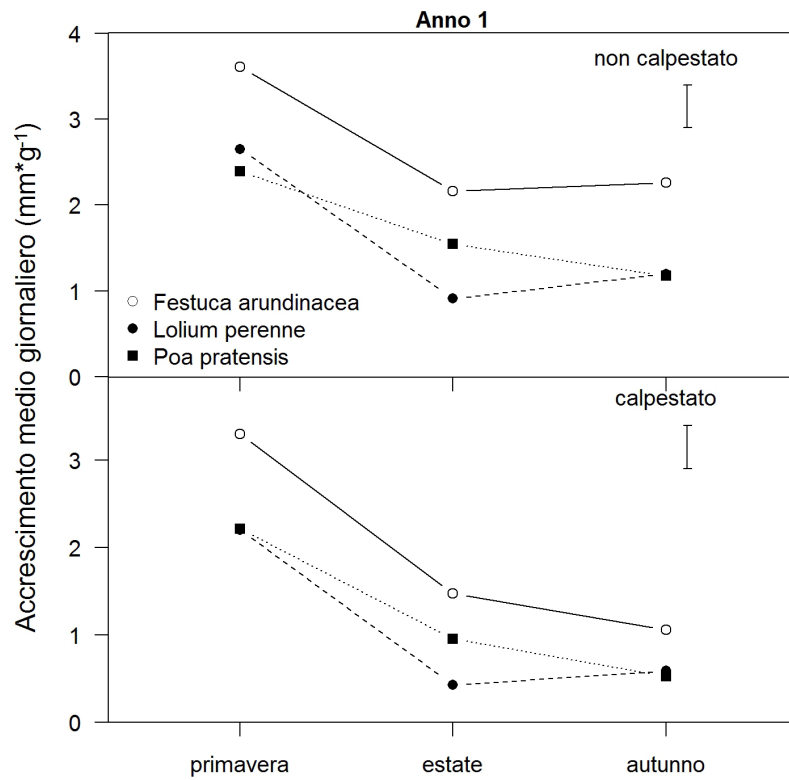


Fig. 3.17 Accrescimento medio giornaliero (mm g⁻¹) in *F. arundinacea*, *L. perenne*, *P. pratensis*. Interazione calpestate x specie x stagione.

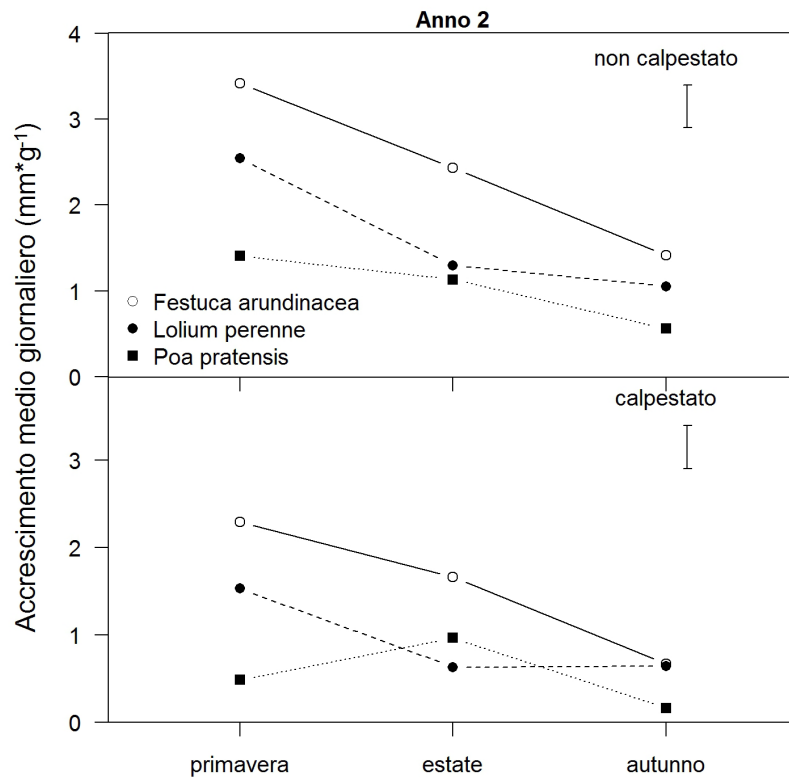


Fig. 3.18 Accrescimento medio giornaliero (mm g⁻¹) in *F. arundinacea*, *L. perenne*, *P. pratensis*. Interazione calpestate x specie x stagione.

Tab. 3.9 Accrescimento medio giornaliero (mm g⁻¹) in cultivar di *L. perenne*, *P. pratensis*, *F. arundinacea*. Interazione cultivar x stagione. Medie stagionali al primo anno.

Cultivar [†]	primavera	estate	autunno
<i>Lolium perenne</i>			
Crescendo	2.2	0.9	0.8
JPR 200	2.3	0.5	1.0
JPR 225	2.2	0.7	0.9
JPR 250	2.3	0.8	1.1
Kokomo	2.6	0.8	0.9
New Arrival	2.2	0.6	0.7
Pavilion	2.3	0.5	0.9
Stravinsky	2.5	0.5	0.9
Yorktown	3.1	0.7	0.8
<i>Poa pratensis</i>			
Brooklawn	2.4	1.4	0.8
Bonaire	2.8	1.3	0.8
Concerto	2.7	1.3	0.8
JKB 197	1.8	1.1	0.9
JKB 213	2.0	1.1	0.9
JKB 374	2.0	1.0	0.9
Julius	2.3	1.4	0.7
Larus	1.9	1.5	0.9
Mystere	2.8	1.2	1.0
<i>Festuca arundinacea</i>			
Debussy	3.5	1.8	1.9
Escalade	3.6	1.7	1.6
JTF 654	3.3	2.0	1.6
JTF 655	3.6	2.0	1.7
Justice	3.6	1.8	1.6
Lucky Selen	3.6	1.9	1.8
Rhambler srp	3.0	1.6	1.4

† Per confrontare le medie all'interno delle specie usare 0.3 per *Lolium perenne* (Lp), 0.4 per *Poa pratensis* (Pp) e 0.4 per *Festuca arundinacea* (Fa).

Tab. 3.10 Accrescimento medio giornaliero (mm g⁻¹) in cultivar di *L. perenne*, *P. pratensis*, *F. arundinacea*. Interazione cultivar x stagione. Medie stagionali al secondo anno.

Cultivar [†]	primavera	estate	autunno
<i>Lolium perenne</i>			
Crescendo	1.9	1.0	0.8
JPR 200	1.9	0.9	0.8
JPR 225	1.8	0.8	0.8
JPR 250	1.8	1.0	0.9
Kokomo	2.3	1.0	1.0
New Arrival	1.8	0.8	0.7
Pavilion	1.9	0.9	0.8
Stravinsky	2.2	1.0	1.0
Yorktown	2.7	1.2	0.9
<i>Poa pratensis</i>			
Brooklawn	1.1	1.1	0.3
Bonaire	1.1	1.0	0.4
Concerto	1.3	1.1	0.4
JKB 197	0.6	1.0	0.4
JKB 213	0.7	1.1	0.4
JKB 374	0.9	1.2	0.4
Julius	0.6	0.9	0.2
Larus	0.5	1.1	0.3
Mystere	1.8	1.0	0.4
<i>Festuca arundinacea</i>			
Debussy	3.1	2.0	1.1
Escalade	2.7	1.9	1.1
JTF 654	2.8	2.3	1.1
JTF 655	3.1	2.3	1.2
Justice	2.9	2.0	0.9
Lucky Selen	2.9	2.3	1.2
Rhambler srp	2.6	1.5	0.7

[†] Per confrontare le medie all'interno delle specie usare 0.2 per *Lolium perenne* (Lp), 0.3 per *Poa pratensis* (Pp) e 0.4 per *Festuca arundinacea* (Fa).

4. Conclusioni

I materiali testati per le tre specie in esame hanno posto in luce un certa variabilità dal punto di vista genetico, che si è manifestata con un differente grado di adattamento alle fluttuazioni stagionali dell'ambiente di Legnaro (PD) nel quale ha avuto luogo la sperimentazione, tipica zona di transizione del nord-Italia.

La specie che ha manifestato meno variabilità è stata *Festuca arundinacea* mentre *Poa pratensis* ha mostrato notevoli differenze intraspecifiche; in particolare le cultivar 'JKB 197', 'JKB 374', 'JKB 213' e la più datata 'Mystere' hanno dimostrato discreta tolleranza al calpestamento mantenendo un punteggio di aspetto estetico globale non inferiore a quattro.

In accordo con precedenti ricerche è stato evidenziato un miglior adattamento primaverile per *Festuca arundinacea* supportato da un'intensa crescita durante la stagione vegetativa, con difficoltà invece nel periodo invernale a causa dell'abbassamento termico.

Lolium perenne è la specie che ha reagito meglio al calpestamento durante la stagione invernale grazie anche alla maggiore resistenza a livelli termici tipici del periodo e che ha risposto al trattamento di compattamento del terreno mantenendo una vegetazione più verde rispetto alle altre due specie.

La ricerca ha dimostrato che la resistenza al calpestamento non può essere valutata semplicemente come capacità di adattamento a mutate condizioni della struttura del terreno (micro e macro-porosità) o resistenza strutturale dei tessuti, ma è condizionata fortemente anche dalla temperatura che sembra giocare un ruolo chiave sul comportamento di specie e cultivar, in quanto influenza fortemente la loro crescita, la capacità di rigenerarsi e di reagire ai danni prodotti dal calpestamento sui tessuti vegetali, da qui il diverso comportamento stagionale.

In condizioni di intenso calpestamento del tappeto erboso nessuna specie e varietà sembra garantire livelli qualitativi accettabili in tutte le stagioni e conseguentemente la gestione del tappeto erboso, in condizioni di forte intensità d'uso, non può prescindere dall'utilizzo in miscuglio di tutte e tre le specie considerate nella ricerca. Composizione e bilanciamento dei miscugli più idonei per i tappeti erbosi sottoposti ad intenso calpestamento possono essere materia per ulteriori studi ed approfondimenti.

Bibliografia

Abraham, E.M., Huang, B., Bonos, S.A., Meyer, W.A. 2004. Evaluation of Drought Resistance for Texas Bluegrass, Kentucky Bluegrass, and Their Hybrids. *Crop Science* 44:1746-1753.

Agnew, M.L., Carrow, R.N. 1985. Soil Compaction and Moisture Stress Preconditioning in Kentucky Bluegrass. I. Soil Aeration, Water Use, and Root Responses. *Agronomy Journal* 77:872-878.

Arcioni, S., Mariotti, D., Falcinelli, M. 1985. Ecological Adaptation in *Lolium perenne* L.: Physiological relationships among Persistence, Carbohydrate reserves and Water Availability. *Canadian Journal of Plant Science* 65:615-624.

Baldwin, C.M., Liu, H., Brown, P.J. 2006. Effects of Core Cultivation Tine Entry Angle on Golf Putting Greens. *HortTechnology* 16:265-269.

Beard, J.B. 1973. *Turfgrass: Science and culture*. New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

Beard, J.B., Green, R.L. 1994. The Role of Turfgrasses in Environmental Protection and Their Benefits to Humans. *Journal of Environmental Quality* 23:452-460.

Bonos, S.A., Meyer, W.A., Murphy, J.A. 2000. Classification of Kentucky Bluegrass Genotypes Grown as Spaced-plants. 25:910-912.

Bonos, S.A., Watkins, E., Honig, A., Sosa, M., Molnar, T., Murphy, J.A., Meyer, W.A. 2001. Breeding Cool-Season Turfgrasses for Wear Tolerance Using a Wear Simulator. *International Turfgrass Society* 9:137-145.

Bremer, D.J., Su, K., Keeley, S.J., Fry, J.D. 2006. Performance in the Transition Zone of Two Hybrid Bluegrasses Compared with Kentucky Bluegrass and Tall Fescue. *Applied Turfgrass Science* doi:10.1094/ATS- 2006-0808-02-RS.

Brosnan, J.T. 2004. Characteristics in Diverse Wear Tolerant Genotypes of Kentucky Bluegrass. *Plant and Soil Science*.

Bunderson, L.D., Johnson, P.G., Kopp, K.L., Dyke, A.V. 2009. Tools for Evaluating Native Grasses at Low Maintenance Turf. *HortTechnology* 19:626–632.

Burt, M.G., Christians, N.E. 1990. Morphological and Growth Characteristics of Low-and-High Maintenance Kentucky Bluegrass Cultivars. *Crop Science* 30:1239-1243.

Carrow, R.N. 1980. Influence of Soil Compaction on Three Turfgrass Species. *Agronomy Journal* 72:1038-1042.

Carrow, R.N. 1996. Drought Avoidance Characteristics of Diverse Tall Fescue Cultivars. *Crope Science* 36:371-377.

Carrow, R.N., Wiecko, G. 1989. Soil Compaction and Wear Stresses on Turfgrasses: Future Research Directions. The 6th International Turfgrass Research Conference, Tokyo, July 31-August 5, 1989.

Carrow, R.N., Petrovic, C.M. 1992. Effects of traffic turfgrass. Waddington, D., Carrow, R., Sherman, R. 1992. Turfgrass. *Agronomy 32 American Society of Agronomy* 285-330.

Carrow, R.N., Duncan, R.R. 2003. Improving Drought Resistance and Persistence in Turf-Type Tall Fescue. *Crop Science* 43:978-984.

Casler, M., Duncan, R. 2003. *Turfgrass Biology, Genetics and Breeding*. New Jersey: John Wiley Sons, Inc.

Cereti C., Reyneri A., Bruno G., 2002. Indagine sul campo (I parte). *Acer*, 6/2002, p. 34-39.

Cereti C., Reyneri A., Bruno G., 2003. Indagine sul campo (II parte). *Acer*, 1/2003, p. 44-48.

Ebdon, J.S., Petrovic, A.M., Zobel, R.W. 1998. Stability of Evapotranspiration Rates in Kentucky Bluegrass Cultivars across Low and High Evaporative Environments. *Crop Science* 38:135-142.

Emmons, R.D., Thomas, R.D. 2000. *Turfgrass Science and Management*. Cengage Delmar Learning.

- Ervin, E.H., Koski, A.J. 2001. Kentucky Bluegrass Growth Responses to Trinexapac-Ethyl, Traffic, and Nitrogen. *Crop Science* 41:1871-1877.
- Fiorio, S., Macolino, S., Leinauer, B. 2012. Establishment and Performance of Bluegrass Species and Tall Fescue under Reduced-input Maintenance in a Temperate Mediterranean Environment. *HortTechnology* 22: 810-816.
- Fontanier, C. H., Steinke, K., Thomas, J. C., White, R. H. 2011. Effects of Venting Aeration on Neglected Bermudagrass Putting Greens. Online. *Applied Turfgrass Science* doi:10.1094/ATS-2011-1201-01-RS.
- Fushtey, S.G., Taylor, D.K., Fairey, D. 1983. The Effect of Wear Stress on Survival of Turfgrass in Pure Stands and in Mixtures. *Canadian Journal of Plant Science* 63:317-322.
- Giardini, L. 2002. *Agronomia Generale Ambientale e Aziendale*. Bologna: Pàtron editore.
- Goatley, M., Askew, S., Ervin, E., McCall, D., Studholme, B., Schultz, P., Horvath, B. 2008. *Sports Turf Management in the Transition Zone*. Virginia: Pocahontas Press, Inc. Blacksburg.
- Hacker, J.W. 1987. Wear Tolerance in Amenity and Sports Turf. *ISHS Acta Horticulturæ* 195.
- Huang B., Gao, H. 1999. Physiological Responses of Diverse Tall Fescue Cultivars to Drought Stress. *HortScience* 34:897-901.
- Huang B., Gao, H. 2000. Root Physiological Characteristics Associated with Drought Resistance in Tall Fescue Cultivars. *Crop Science* 40:196-203.
- Hunt, K.L., Dunn, J.H. 1993. Compatibility of Kentucky Bluegrass and Perennial Ryegrass with Tall Fescue in Transition Zone Turfgrass Mixtures. *Agronomy Journal* 85:211-215.
- Jiang, Y., Huang, B. 2000. Effects of Calcium on Antioxidant Activities and Water Relations Associated With Heat Tolerance in Two Cool-Season Grasses. *J. Exp. Bot.* 52: 341-349.
- Jordan, J.E., White, R.H., Victor, D.M., Hale, T.C., Thomas, J.C., Engelke, M.C. 2003. Effect of Irrigation Frequency on Turf Quality, Shoot Density, and Root Length Density of Five Bentgrass Cultivars. *Crop Science* 43:282-287.

Karcher, D.E., Richardson, M.D., Hignight K., Rush, D. 2008. Drought Tolerance of Tall Fescue Populations Selected for High Root/Shoot Ratios and Summer Survival. *Crop Science* 48:771-777.

Krans, J. V., Morris, K. 2007. Determining a profile of protocols and standards used in the visual field assessment of turfgrasses: A survey of national turfgrass evaluation program-sponsored university scientists. Online. *Applied Turfgrass Science* doi:10.1094/ATS-2007-1130-01-TT.

Lush, W.M. 1990. Turf Growth and Performance Evaluation Based on Turf Biomass and Tiller Density. *Agronomy Journal* 82:505-511.

McCarty, L.B., Gregg, M.F., Toler, J.E., Camberato, J.J., Hill, H.S. 2005. Minimizing Thatch and Mat Development in a Newly Seeded Creeping Bentgrass Golf Green. *Crop Science* 45:1529-1535.

McCarty, L.B., Gregg, M.F., Toler, J.E. 2007. Thatch and Mat Management in an Established Creeping Bentgrass Golf Green. *Agronomy Journal* 99:1530-1537.

Morris, K.N., Sherman, R.C. 2008. NTEP Turfgrass Evaluation Guidelines.

Murphy, J. A., Rieke, P.E. 1994. High Pressure Water Injection and Core Cultivation of a Compacted Putting Green. *Agronomy Journal* 86:719-724.

O'Neil, K.J., Carrow, R.N. 1983. Perennial Ryegrass Growth, Water Use, and Soil Aeration Status under Soil Compaction. *Agronomy Journal* 75:177-180.

Perdomo, P., Murphy, J.A., Berkowitz, G. 1996. Physiological Changes Associated with Performance of Kentucky Bluegrass Cultivars during Summer Stress. *HortScience* 31:1182-1186.

Richardson, M.D., Karcher, D.E., Purcell, L.C. 2001. Quantifying Turfgrass Cover Using Digital Image Analysis. *Crop Science* 41:1884-1888.

Richardson, M.D., Karcher, D.E., Hignight, K., Rush, D. 2009. Drought Tolerance of Kentucky Bluegrass and Hybrid Bluegrass Cultivars. *Applied Turfgrass Science* doi:10.1094/ATS-2009-0112-01-RS.

Richardson, M. D., Karcher, D. E., Hignight, K., and Hignight, D. 2012. Irrigation requirements of Tall Fescue and Kentucky Bluegrass Cultivars selected Under Acute Drought Stress. *Applied Turfgrass Science* doi:10.1094/ATS-2012-0514-01-RS.

Sherrat, P.J., Street, J.R., Gardner, D.S. 2005. Effects of Biomass Accumulation on the Playing Quality of a Kentucky Bluegrass Stabilizer System Used for Sports Fields. *Agronomy Journal* 97:1107-1114.

Sherman, R.C. 1988. Improving Sports Turf Wear Tolerance. *Archive.Lib.Msu.Edu*.

Sherman, R.C., Beard, J.B. 1975. Turfgrass Wear Tolerance Mechanisms: I. Wear Tolerance of Seven Turfgrass Species and Quantitative Methods for Determining Turfgrass Wear Injury. *Agronomy Journal* 67:208-211.

Sherman, R.C., Beard, J.B. 1975. Turfgrass Wear Tolerance Mechanisms: II. Effects of Cell Wall Constituents on Turfgrass Wear Tolerance. *Agronomy Journal* 67:211-215.

Sherman, R.C., Beard, J.B. 1975. Turfgrass Wear Tolerance Mechanisms: III. Physiological, Morphological, and Anatomical Characteristics Associated with Turfgrass Wear Tolerance. *Agronomy Journal* 67:215-218.

Trenholm, L.E., Carrow, R.N., Duncan, R.R. 2001. Potassium for Enhancement of Turfgrass Wear Tolerance. *Better Crops* 85:14-17.

Turgeon, A.J. 2002. *Turfgrass Management*. New Jersey: Prentice-Hall Pearson Education, Inc.

Waddington, D.V., Carrow R.N., Sherman R. C. 1992. *Turfgrass*. American Society of Agronomy, Inc.; Crop Science Society of America, Inc.; Soil Science of America, Inc. Publishers. Madison, Wisconsin USA.

Wang, Z., Huang, B. 2003. Genotypic Variation in Abscisic Acid Accumulation, Water Relations, and Gas Exchange for Kentucky Bluegrass Exposed to Drought Stress. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 128:349-355.

Wang, Z., Huang, B., Xu, Q. 2003. Effects of Abscisic Acid on Drought Responses of Kentucky Bluegrass. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 128:36-41.

Wehner, D.J., Watschke, T.L. 1981. Heat Tolerance of Kentucky Bluegrasses, Perennial Ryegrasses, and Annual Bluegrass. *Agronomy Journal* 73:79-84.

Wiecko G., Carrow, R.N., Karnok, K.J. 1993. Turfgrass Cultivation Methods: Influence on Soil Physical, Root/Shoot, And Water Relationships. *International Turfgrass Society Research Journal* 7. R.N. Carrow, N.E. Christians, R.C. Shearman (Eds.). Intertec Publishing Corp., Overland Park, Kansas.

Zorzanello D. 2003. Sistemi Costruttivi e Miscugli Idonei alla Costituzione di Tappeti Erbosi con Funzioni Ricreative e Sportive. Relatore Ziliotto U. Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali, Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Padova, Legnaro.

Materiale multimediale

http://www.simplot.com/turf_horticulture/jacklin_seed/jacklin_seed_products/perennial_ryegrass

http://www.ntep.org/reports/kb05/kb05_11-10f/kb05_11-10f.htm

Ringraziamenti

Desidero ringraziare il Dott. Stefano Macolino per l'incredibile supporto e la condivisione di questi ultimi anni di esperienza lavorativa;

il Dott. Maurizio Giolo per il preziosissimo aiuto e la disponibilità che ha sempre manifestato nei miei confronti;

il Dott. Cazzola che mi ha permesso di continuare l'esperienza universitaria;

i miei colleghi dell'ENSE (voglio chiamarlo ancora così) che si sono dimostrati accoglienti e pazienti; spero avremo modo di continuare a conoscerci;

i miei colleghi dell'azienda agraria, che per tante giornate si sono dimostrati la mia seconda famiglia e in particolare:

Graziano, Michela e Nicoletta, che con fatica, ma anche risate e serenità hanno permesso di realizzare questo lavoro (vi ringrazio veramente tanto, avete fatto molto per me, forse senza rendervene conto);

tutti i "rullatori" che hanno contribuito a ottenere i dati tanto sperati: Graziano, Giovanni, Nicola, Andrea, Enrico, Gabriele e Cesare;

Andrea per le letture catartiche;

Emanuele per la gioia di vivere che trasmette con un sorriso e la serenità che infonde;

Enrico per l'infinita pazienza e la gentilezza che ha sempre dimostrato nei miei riguardi;

Cristina per il contributo, ma più di tutto per la sua dolcissima disponibilità e gentilezza;

Filippo per l'immenso aiuto anche a distanza;

Guido e Mauro;

"La Ila" che mi è vicina a distanza;

Stefania, che sarebbe sicuramente fiera di questo mio traguardo.

Infine la mia famiglia alla quale forse "Grazie" non l'ho mai detto davvero e Davide, senza il quale non sarebbe stato possibile nulla e senza il quale nulla avrebbe veramente senso.

Grazie a tutti di cuore.