



DOTTORATO DI RICERCA IN SCIENZE AGRARIE E AMBIENTALI

CICLO XXVI

COORDINATORE Prof. Stefano Mancuso

Tesi di Dottorato:

Valutazione di tappeti erbosi a base di graminacee macroterme a scopi ricreativo-ornamentali.

Settore Scientifico Disciplinare AGR/02

Dottorando

Dott.ssa *Irene Seppoloni*

Tutore

Prof. *Giovanni Argenti*

Coordinatore

Prof. *Stefano Mancuso*

Riassunto

I tappeti erbosi giocano un ruolo fondamentale nel migliorare la qualità della vita e per questo, negli ultimi decenni, la loro diffusione per finalità ricreativo-ornamentali è molto aumentata in Italia. Al fine di ottenere prati di alta qualità e di minimizzare i costi economici ed ecologici, nel nostro Paese sono stati avviati studi su specie macroterme da tappeto erboso, che possono essere gestite con minor dispendio di energia e di risorse naturali. Queste specie sono capaci di creare cotici di elevato livello estetico, con prestazioni vantaggiose in termini di risparmio idrico, tolleranza alla salinità e resistenza alle malattie. Di importanza sempre più rilevante ai fini gestionali è, infatti, la possibilità di risparmiare la risorsa idrica e minimizzare l'impatto ambientale derivante dal consumo di acqua e concimi.

Scopo della presente ricerca è stato quello di analizzare il comportamento di alcune specie macroterme in una zona climatica di transizione in Toscana, al limite cioè del loro areale di diffusione, valutando sia le potenzialità di impiego di alcune specie e cultivar, sia la possibilità di gestione con input differenziati e ridotti di fertilizzazione ed irrigazione. Lo studio è stato suddiviso in due linee di ricerca principali:

- La prima linea di ricerca ha riguardato un confronto tra diverse specie e varietà di graminacee macroterme adatte per la costituzione di tappeti erbosi. Il materiale vegetale posto a confronto appartiene alle seguenti specie: *Cynodon dactylon*, *Paspalum vaginatum* e *Zoysia japonica*. Le performance di ogni varietà sono state valutate attraverso il monitoraggio di una serie di parametri di giudizio rilevati periodicamente sulle parcelle sperimentali.
- Nell'ambito della seconda linea si è proceduto ad un'analisi degli effetti di apporti differenziati di acqua irrigua e di fertilizzanti sugli stessi parametri utilizzati nel corso del confronto varietale. Sono state sottoposte alla prova di gestione *Cynodon dactylon* La Paloma e *Paspalum vaginatum* Sea spray.

Dalla prova di confronto varietale è emerso che la specie *Cynodon dactylon* è stata quella che, complessivamente, ha dimostrato le capacità di adattamento migliori a questo tipo di ambiente, mantenendo standard qualitativi in maniera costante quasi sempre al di sopra di quelli delle altre specie. *Paspalum vaginatum* ha mostrato buona tonalità di colore e ottima tessitura, ma ha messo in evidenza scarsa capacità di superare l'inverno senza compromettere la stabilità del tappeto erboso. *Zoysia japonica* ha manifestato performance assai scarse nel corso del primo anno, ma i parametri qualitativi sono andati migliorando gradualmente, raggiungendo risultati notevoli alla fine del periodo vegetativo del secondo anno.

Per quanto riguarda la prova di confronto fra tecniche di gestione, è emerso che maggiorazioni di azoto e di potassio rispetto alla fertilizzazione standard, sono risultate influenti su alcune caratteristiche dei tappeti erbosi di *P. vaginatum*, mentre quasi ininfluenti su *C. dactylon*. Riguardo ai livelli differenziati di irrigazione, un reintegro del 50% dell'evapotraspirazione potenziale è risultato essere la soluzione migliore, perché consente di ottenere un sufficiente livello estetico complessivo, non significativamente differente da reintegri idrici superiori, anche durante il periodo estivo di maggiore aridità.

Abstract

Turfs play a very important role in enhancing the quality of life, which is why their use in Italy has increased over the past decades, especially for recreational and ornamental areas. Several studies on warm-season grasses have been carried out in order to obtain high quality turf, which minimize economic costs and ecological impact. These species combine aesthetics with performance advantages in terms of reduced energy, water consumption, fertilization and pesticide use, while offering an elevated salinity tolerance and resistance to disease. The possibility of minimizing the environmental impact by reducing the amount of water for irrigation and the use of fertilizers is the greatest global challenge in establishing and maintaining quality turf.

This research was aimed to test the performance of some warm-season turfgrass species and cultivars in a climatic transition zone in Tuscany, to evaluate their potential for use in this environment and their behavior under different levels of irrigation and fertilization. The study was divided into two different lines of research:

- The activity of the first line regarded the evaluation of some warm-season species and cultivars for recreational areas. Included in the study were the following species: *Cynodon dactylon*, *Paspalum vaginatum* and *Zoysia japonica*. The assessment of several parameters, estimated periodically, allowed the evaluation of the performance of each specie/cultivar.
- In the second line of research, an analysis concerning the effects of different levels of irrigation and fertilization on *Cynodon dactylon* La Paloma e *Paspalum vaginatum* Sea Spray was carried out. The tested parameters were the same included in the activity of the first line of research.

Based on our results, the species that showed the best adaptation to the environment was *Cynodon dactylon*, which had a higher performances compared to the other species. *Paspalum vaginatum* reported good quality in terms of color and leaf blade width, but it was damaged by low temperatures during winter. *Zoysia japonica* displayed a poor performance during the first year, but its quality increased during the second year reaching satisfactory results.

Concerning the management trial, it was found that increasing nitrogen and potassium above the normal standard positively affected some characteristics of *P. vaginatum*, but had no influence on *C. dactylon*. Moreover, restoring 50% of the potential evapotranspiration was found to be the best solution for both species because a high quality turf was obtained, not significantly unlike turfs managed with higher water applications, even during the most arid summer period.

Sommario

INTRODUZIONE	6
PARTE GENERALE	7
1. IMPORTANZA DEI TAPPETI ERBOSI.....	8
1.1. <i>Tipologie di tappeti erbosi</i>	9
1.2. <i>Benefici ambientali.....</i>	10
2. GESTIONE DEI TAPPETI ERBOSI.....	13
2.1. <i>Impianto.....</i>	13
2.2. <i>Taglio.....</i>	15
2.3. <i>Concimazione</i>	16
2.4. <i>Irrigazione</i>	18
2.5. <i>Altre pratiche colturali</i>	21
2.6. <i>Trasemina</i>	22
2.7. <i>Lotta alle infestanti.....</i>	24
2.8. <i>Prevenzione dalle malattie</i>	25
3. PRINCIPALI SPECIE PER LA COSTITUZIONE DEI TAPPETI ERBOSI.....	28
3.1. <i>Cynodon L.C.Rich.....</i>	32
3.2. <i>Paspalum vaginatum Swartz</i>	36
3.3. <i>Zoysia spp.</i>	38
PARTE SPERIMENTALE	41
4. MATERIALI E METODI	42
4.1. <i>Scopo del progetto.....</i>	42
4.2. <i>Descrizione dei siti sperimentali.....</i>	43
4.3. <i>Linea 1: Realizzazione della prova di confronto varietale.....</i>	46
4.4. <i>Linea 2: Realizzazione della prova di confronto tra tecniche di gestione</i>	47
4.5. <i>Rilievi eseguiti e protocolli sperimentali.....</i>	51
5. RISULTATI.....	55
5.1. <i>Andamento termo-pluviometrico negli anni di prova</i>	55
5.2. <i>Risultati della prova di confronto varietale (Linea 1).....</i>	58
5.2.1. <i>Emergenza.....</i>	58
5.2.2. <i>Prova di confronto ad Antria.....</i>	59
5.2.3. <i>Prova di confronto a Marciano della Chiana</i>	75
5.2.4. <i>Correlazione lineare: valutazione del metodo di stima della tessitura</i>	83

5.2.5. Attività vegetativa e durata della stagione di crescita.....	84
5.2.6. Stima dell' AEG attraverso l'analisi di regressione multipla.....	86
5.3. <i>Risultati della prova di confronto tra tecniche di gestione (Linea 2)</i>	89
5.3.1. Influenza di livelli differenziati di irrigazione e fertilizzazione sulle specie presenti.	89
5.3.2. Influenza di livelli differenziati di irrigazione e fertilizzazione sull'accrescimento delle specie presenti.....	103
5.3.3. Risparmio idrico derivante dall'adozione di restituzioni controllate.	108
6. CONCLUSIONI	110
APPENDICE FOTOGRAFICA	113
BIBLIOGRAFIA	118

INTRODUZIONE

Con il termine tappeto erboso si fa riferimento ad un terreno coperto da una superficie erbacea continua, mantenuta bassa con tagli periodici. I tappeti erbosi, in espansione in tutti i paesi a sviluppo economico avanzato, hanno trovato nel tempo numerosi campi di applicazione, dall'impiego nella realizzazione di luoghi idonei alla pratica di sport o alle attività ricreative, alla valorizzazione di complessi monumentali, architettonici o residenziali, fino alle funzioni puramente tecniche. Gli interessi economici legati a queste superfici sono molti ed in forte crescita e non deve quindi stupire che siano in atto un numero sempre crescente di studi e sperimentazioni volti a migliorare le specie utilizzate e rendere più puntuali ed efficaci impianto e gestione, tentando di minimizzare i costi sia da un punto di vista ecologico che economico. Negli ultimi decenni in Italia si è assistito ad un'evoluzione dei sistemi di insediamento e manutenzione dei tappeti erbosi che ha portato alla comparsa sul mercato di nuove specie, cultivar migliorate e moderne tecnologie di impianto e di gestione. Un interesse particolare è stato rivolto ad alcune specie graminacee macroterme per i vantaggi che il loro impiego potrebbe apportare nel nostro Paese. Queste specie, molto indicate nelle zone a clima Mediterraneo, potrebbero avere un potenziale impiego anche in zone di transizione caratterizzate da estati calde e siccitose, dove la diffusione di specie microterme trova grossi problemi e risulta spesso insostenibile in termini di eccessivi consumi idrici.

L'attività di ricerca svolta durante il Dottorato ha interessato proprio alcune situazioni legate alla coltivazione delle specie macroterme da tappeto erboso su suolo naturale in un ambiente al limite del clima Mediterraneo, al fine di valutarne l'adattabilità e le performance in zone interne della Regione Toscana. Le attività sperimentali sono state volte quindi ad una caratterizzazione tecnica del materiale vegetale ed ad una valutazione gestionale nell'ambiente di prova. Gli obiettivi specifici individuati si sono sviluppati attraverso due linee di ricerca al fine di aumentare le conoscenze sull'adattamento di queste specie ed esaminare l'effetto di fattori agronomici quali irrigazione e fertilizzazione sulla loro funzionalità nell'area di riferimento.

La ricerca svolta rientra nell'ambito del progetto "Gestione ed impatto ambientale di tappeti erbosi a base di graminacee macroterme (MACROTURF)", finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (Bando OIGA 2009, DM 18829/7818) e realizzato in collaborazione dalle seguenti Unità Operative: Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agro-alimentari e dell'Ambiente (DiSPAA) dell'Università degli Studi di Firenze e Azienda Green Grass srl di Arezzo, partner privato del progetto.

PARTE GENERALE

1. IMPORTANZA DEI TAPPETI ERBOSI

Negli ultimi anni l'importanza dell'uso di coperture erbacee per scopi non produttivi in Italia sta aumentando. Questo incremento si nota in vari settori a cominciare da quello sportivo, passando attraverso il settore ornamentale e ricreativo, fino ad arrivare a quello legato alla salvaguardia ambientale (Russi et al., 2001) e all'agricoltura. Ampia giustificazione a questo incremento si trova nel cambiamento complessivo degli scenari in materia di sistema agricolo, di tutela ambientale, di gestione territoriale e di evoluzione sociale, con particolare riferimento ai bisogni e alle aspirazioni espressi dalle società moderne per la vivibilità del territorio e il miglioramento della qualità della vita (Piano, 2005). Nel dibattito che si è sviluppato negli ultimi anni in materia di collegamento tra agricoltura e ambiente, emerge spesso la necessità di modificare l'impostazione dell'agricoltura in modo tale da non renderla unicamente mezzo per realizzare la produzione primaria. Anche in relazione alla nuova consapevolezza politica e sensibilità sociale in materia di ambiente, sicurezza delle produzioni e cambiamento complessivo degli scenari economici, le linee di politica agraria nazionale e comunitaria indirizzano l'agricoltura verso nuovi obiettivi e missioni. In particolare, si orientano verso modelli produttivi sostenibili che ridimensionano gli obiettivi strettamente produttivistici, promuovendo invece la multifunzionalità dell'agricoltura e la diversificazione delle produzioni e pongono in primo piano la conservazione delle risorse ambientali. Gli inerbimenti e i tappeti erbosi, nel loro ampio ventaglio di applicazioni, sono funzionali alla realizzazione di tutti questi obiettivi. La loro integrazione nei sistemi agricoli è elemento fondamentale di sostenibilità, protezione e valorizzazione ambientale. Svolgono un ruolo significativo di tutela ecologica nelle aree manomesse da interventi antropici legati allo sviluppo economico e sociale. In agricoltura sono sempre più diffuse colture di copertura (*cover crops*) che proteggono il terreno da fenomeni di erosione ed allontanamento di suolo fertile.

La necessità di creare maggiori spazi individuali e familiari e l'esigenza di aree comuni per la socializzazione derivante dai cambiamenti nello stile di vita ed, infine, la consapevolezza che il verde costituisce un elemento di elevazione della vivibilità degli aggregati urbani sono ormai tutti valori acquisiti nel nostro patrimonio culturale. Questa presa di coscienza ha fatto sì che, anche nel nostro Paese, sebbene con grande ritardo rispetto agli altri Stati, si accendesse l'interesse verso i tappeti erbosi, intesi come superfici in grado di svolgere principalmente funzioni tecniche, estetiche, ricreative e sportive. È chiaro che alla base di questo interesse non insistano solo motivazioni di carattere sociale e ambientale, ma anche un vivo stimolo in senso economico. Una spinta essenziale alla ricerca scientifica e all'innovazione è stata data dalla diffusione sempre più capillare delle superfici sportive, che in Italia si aggirano intorno ai 39.000 ettari, escludendo le piste da sci (Piano, 2005). Inoltre le coperture erbacee destinate all'attività sportiva, soprattutto se praticata ad alti livelli, richiedono sempre maggiori sforzi tecnici ed economici per garantire gli standard di qualità richiesti, la praticabilità e la durabilità nel tempo. È proprio grazie alle implicazioni economiche legate ai vari sport (quali il golf, il calcio, il baseball, etc.) che in questi anni si è assistito alla crescente domanda di superfici esteticamente gradevoli e dalle prestazioni tecniche sempre più differenziate in funzione delle

singole discipline (Volterrani et al., 2007). Ciò ha comportato lo sviluppo di metodologie di impianto e tecniche di gestione sempre più avanzate e puntuali.

1.1. Tipologie di tappeti erbosi

I tappeti erbosi costituiscono un particolare tipo di coltura agraria dove il prodotto non è ciò che si asporta, ma ciò che rimane sul campo (Cereti, 1993). Per loro stessa definizione i tappeti erbosi rientrano perciò a pieno titolo nell'ambito agricolo (Spedding, 1979) e si classificano in base alle diverse finalità per cui si coltivano. In base alla funzione che il manto erbaceo svolge, alle differenti tecniche di gestione e ai livelli di input nella manutenzione, è possibile distinguere diverse tipologie di tappeto erboso.

Esistono tappeti erbosi che rispondono ad una funzione tecnica ed, in genere, hanno importanza funzionale come complemento della destinazione principale dell'area. Spesso vengono utilizzati nel settore della protezione e recupero ambientale come sistema di copertura di emergenza del suolo in ambienti sensibili, compromessi o degradati, nelle stabilizzazioni di scarpate, inerbimenti su piste da sci e su pendici soggette ad erosione (Volterrani et al. 2007; Argenti et al., 2008 e 2011). In genere non subiscono calpestamento e non devono avere necessariamente un elevato valore estetico. I livelli di input (il taglio, le concimazioni, le irrigazioni e il controllo di erbe infestanti) sono pertanto piuttosto bassi e vengono effettuati da una a due volte l'anno o risultano del tutto assenti (Panella et al., 2000).

Esistono poi tutta una serie di zone a prato che vengono fruite direttamente dalle persone. Queste superfici, da intendersi come parchi, giardini e aiuole, assolvono ad una funzione ricreativa e ornamentale ed hanno lo scopo di offrire momenti di svago e riposo atti alla diminuzione dello stress (Lorenzi, 2007), oltre a contribuire al raggiungimento di una delle più forti aspirazioni dell'uomo moderno: la tranquillità psicologica (Hull, 1990; Roberts, 1990). Svolgono un ruolo fondamentale nello sviluppo psico-fisico del bambino, portando ad una corretta educazione ambientale e formazione sociale soprattutto durante gli anni dell'infanzia. Le aree a verde, soprattutto nei pressi di scuole e parchi giochi, stimolano nei bambini la voglia di attività fisica all'area aperta, contribuendo anche alla prevenzione dell'obesità infantile (Dyment e Bell, 2008). Superfici a verde di tipo ornamentale costituiscono spesso degli utili strumenti di cui gli urbanisti possono disporre nel progettare nuovi quartieri, insediamenti residenziali, commerciali etc., e vanno perciò a creare quello che è chiamato "arredo urbano" (Croce et al. 2006). Il livello tecnico ed economico dell'impianto e della gestione è medio-alto poiché per queste superfici erbose conta molto la qualità del colore e la sua armonizzazione con l'ambiente, la sanità e l'uniformità del cotico, l'assenza di infestanti e la nettezza dei bordi. Generalmente devono sostenere un numero di utilizzatori moderato e in genere la pressione da calpestamento non avviene in momenti climatici sfavorevoli, che sono anche quelli che rendono il cotico più sensibile al danneggiamento (es. forti piogge, gelate etc.). Le specie da utilizzare devono avere una discreta tolleranza all'usura e al calpestamento.

Ma i tappeti erbosi che in assoluto richiedono uno sforzo tecnico ed economico maggiore sono sicuramente quelli che assolvono ad una funzione di tipo sportivo. In questo caso i cotici devono sopportare, a seconda della collocazione e dell'importanza, usure anche elevate in ogni condizione di tempo, mantenendo sia la funzione tecnica che estetica (Cereti, 2000), esasperata

anche dalle crescenti esigenze televisive in termini di qualità dell'immagine (Reyneri et al., 2004).

Per quanto riguarda la situazione italiana, recenti stime hanno messo in evidenza un crescente aumento delle superfici inerbite. L'esame complessivo delle varie tipologie, dai più estensivi inerbimenti ai tappeti erbosi soggetti ad una intensa cura, ha portato ad una prima quantificazione dell'estensione in Italia che risulta pari a circa 770.000 ettari (Reyneri et al., 2005), pari a circa il 2,55% del territorio nazionale. In Tabella 1.1. sono riportate le stime delle superfici inerbite nei diversi settori (Tesi, 2012).

Tabella 1.1. Tipologia e stima delle superfici inerbite in Italia (da Tesi, 2012) mod.	
Tipologia	Superficie (ha)
<i>Inerbimenti agrotecnici e ambientali</i>	
Su piste da sci alpino e di fondo	31.000 - 38.000
Inerbimenti estensivi: aree dismesse, frutteti e pascoli, strisce parafuoco, scarpate etc.	561.000 - 666.300
<i>Tappeti erbosi ornamentali e ricreazionali</i>	
Verde scolastico	10.000 - 12.000
Parchi e verde pubblico	36.000 - 40.000
Verde privato	36.000 - 54.000
<i>Tappeti erbosi sportivi</i>	
Calcio agonistico e amatoriale	15.900 - 17.100
Ippodromi	2600 - 3000
Golf	7.600 - 7.800
Totale	700.100 - 838.200

Come si può osservare tra i tappeti erbosi sportivi prevalgono i campi calcio ed i percorsi da golf, tra quelli ornamentali e ricreazionali prevalgono i giardini privati rispetto a quelli pubblici, mentre tra gli inerbimenti agrotecnici quelli estensivi ricoprono le maggiori superfici.

1.2. Benefici ambientali

Il settore dei tappeti erbosi si è andato arricchendo nel tempo di nuovi obiettivi direttamente legati alla tutela, alla valorizzazione e al ripristino delle risorse territoriali e ambientali (Piano, 2005).

Primo fra tutti è il controllo dell'erosione superficiale ad opera degli agenti atmosferici acqua e vento. La pioggia sul terreno nudo provoca infatti una dispersione delle particelle fini, cosa che viene evitata in presenza di una folta coltre erbosa, che influisce positivamente anche sul ruscellamento superficiale. Ecco perché, laddove si hanno interventi antropici di elevato impatto, gli inerbimenti risultano essenziali e possono venire fatti anche con specie a rapido accrescimento che favoriranno successivamente il reingresso della flora autoctona spontanea (Ferrari et al., 2006). E' stato stimato infatti che è necessaria una copertura vegetale superiore

al 70% per contrastare significativamente l'erosione in superfici poste in pendenza (Linse et al., 2001).

Oltre però a questa importantissima funzione ambientale, l'erba ne ricopre altre meno immediatamente intuibili, ma altrettanto fondamentali, come per esempio la riduzione della soglia nociva del rumore. Il tappeto erboso attutisce il rumore in modo più efficace di superfici quali asfalto e cemento grazie all'assorbimento e alla rifrazione delle onde sonore, il che consente una vita più salubre e piacevole sia all'uomo che agli animali domestici e selvatici. L'erba, inoltre, svolge anche un'azione di controllo del clima in quanto è in grado di ridurre i picchi termici molto più efficacemente del terreno nudo o di materiali sintetici, attraverso l'assorbimento del calore durante il giorno ed il lento rilascio dello stesso durante le ore notturne (Croce et al., 2006). In ambito sportivo, infatti, sono preferite le coperture naturali piuttosto che quelle sintetiche tradizionali, che in pieno sole estivo possono raggiungere temperature molto elevate e del tutto inappropriate allo svolgimento dell'attività fisica. Uno studio svolto presso i campi da calcio della Brigham Young University ha messo in luce il verificarsi di picchi di temperature su tappeti sintetici intorno ai 70°C rispetto ai tappeti naturali i quali, posti nelle stesse condizioni, hanno manifestato una temperatura superficiale di circa 35°C (Williams et al., 2002). Le coperture naturali, infatti, non solo sono più salubri e piacevoli al contatto e al calpestamento, ma il processo di raffreddamento delle superfici attivato attraverso l'evapotraspirazione modera l'innalzamento della temperatura del suolo e dell'aria in prossimità di esso, attenuando l'affaticamento dell'organismo.

L'erba ha poi un'influenza anche sulla qualità dell'acqua e dell'aria. La frazione di suolo occupata dagli apparati radicali è molto attiva nella purificazione dell'acqua di percolazione rispetto al suolo nudo, grazie anche ai microrganismi demolitori che risiedono nello spessore del cotico. Inoltre le foglie delle essenze da tappeto erboso possono risultare molto utili nell'assorbimento di emissioni tossiche prodotte dalla combustione dei gas di scarico e nella cattura di polvere e fumo nell'atmosfera. Molto funzionali per questo scopo risultano essere gli inerbimenti realizzati negli aeroporti ai lati delle piste che, riducendo la polvere presente, sono anche in grado di prolungare la vita dei motori a turbina. L'erba svolge anche un'importante ruolo nel ciclo del carbonio; infatti uno studio recente ha dimostrato come alcune specie di graminacee, soprattutto microterme, siano in grado in un anno di fissare quasi il doppio dell'anidride carbonica rispetto ad una stessa superficie di suolo nudo (Acuña et al., 2012). Una sintesi dei benefici derivanti dall'azione dei tappeti erbosi è riportata in Tabella 1.2.

Tabella 1.2. Principali benefici derivanti dalla diffusione di tappeti erbosi (da Tesi, 2012) mod.

Tipologia di benefici	Riduzione	Aumento
Funzionali	Erosione del suolo	Depurazione e conservazione acqua
	Rumore	Sostanza organica nel suolo
	Riscaldamento suolo e aria	Trattenimento polveri e inquinanti dall'aria
	CO ₂ in atmosfera	Produzione O ₂
Ricreazionali	Sedentarietà	Benessere fisico
	Traumi da caduta	Salute mentale
	Affaticamento organismo durante attività fisica	Prevenzione obesità infantile
Estetici	Urbanizzazione, cementificazione	Apprezzamento e conoscenza della natura
	Percezione stress	Qualità della vita
	Degrado urbano	Valore immobili

Di pari passo con i benefici ambientali è necessario rilevare che la gestione e manutenzione di un tappeto erboso in taluni casi può influire sugli equilibri ambientali, soprattutto a causa delle intense pratiche di irrigazione e concimazione. Appare evidente, infatti, che per quei cotici erbosi che necessitano di un alto livello estetico e di particolari caratteristiche tecniche, gli input richiesti siano elevati. Questo, a lungo andare, può portare ad un impatto sull'ambiente non irrilevante che si può manifestare con un eccessivo consumo delle risorse idriche e in alcuni casi con l'inquinamento delle falde dovuto ad apporti eccessivi di nutrienti introdotti tramite le concimazioni (Easton et al., 2005). È anche vero però che le concimazioni rendono possibile la creazione di un tappeto erboso denso e di ottima qualità, che come tale è in grado di minimizzare lo scorrimento superficiale ed anche la percolazione di nutrienti nel terreno. Pertanto la quantità di fertilizzanti da applicare deve essere sufficiente e la loro distribuzione corretta ed omogenea per ottenere la crescita desiderata del cotico, senza causare problemi dovuti all'eccessiva quantità (Booher, 1962).

Oggi giorno però l'attenzione è soprattutto concentrata sul problema della tutela della risorsa idrica. In molte parti del mondo i tappeti erbosi vengono infatti coltivati in regime irriguo (Youngner et al. 1981), cosa che però si scontra con le esigenze di risparmio idrico, che mettono sotto i riflettori il tema dell'efficienza delle pratiche di irrigazione, soprattutto per le colture non-food. Appare chiaro quindi che il problema della scarsità delle risorse idriche non è da sottovalutare, pertanto si assiste sempre più spesso a sperimentazioni che cercano di trovare adeguate soluzioni, come ad esempio l'utilizzo di acque reflue (Thomas et al., 2006) per l'irrigazione e talvolta anche acque saline, applicabili però solo in alcuni casi. Essenziale è inoltre pianificare e dimensionare l'impianto di irrigazione sulla disponibilità idrica locale e sistemare gli irrigatori in modo tale da poter avere una distribuzione efficiente ed omogenea dell'acqua, evitando zone localizzate di carenza e/o eccesso idrico. Ma ancor prima di cercare soluzioni dal punto di vista ingegneristico, è bene valutare se esistono o meno accorgimenti che potrebbero essere presi a monte per prevenire eccessivi consumi d'acqua. Primo aspetto da

considerare è la scelta della specie da impiantare che, a seconda delle diverse caratteristiche ecologiche, può risultare, come vedremo in seguito, più o meno funzionale nella riduzione delle esigenze idriche di un cotico.

2. GESTIONE DEI TAPPETI ERBOSI

La gestione dei tappeti erbosi è cambiata nei secoli di pari passo con la funzione stessa del prato. Se è probabile che inizialmente le superfici erbose avessero un ruolo soprattutto legato all'allevamento degli animali domestici e alla protezione dell'abitazione (Cereti, 2002), si è ben presto assistito al diffondersi ed affinarsi del valore estetico e ricreativo di queste aree. È noto per esempio che già nel Medioevo si avevano usi non agricoli dei tappeti erbosi, che vennero impiegati a scopi ludici e ricreazionali, come per esempio per l'allora molto diffuso gioco delle bocce in Inghilterra e Francia (Volterrani, 2007). L'aspetto non produttivo ed estetico delle superfici inerbite, ha condizionato molto le scelte di gestione. Si è quindi passati da una gestione estensiva legata a pratiche agricole, essendo gli animali l'unica forma di taglio e concimazione, a gestioni sempre più puntuali ed intensive. Con l'avvento della meccanizzazione nei primi anni del 1800, si è assistito all'estendersi dei tappeti erbosi sia in termini di superficie che di diffusione tra la gente comune. Ai giorni nostri, la cultura per i prati, soprattutto legati a vari sport, si è profondamente radicata negli Stati Uniti, dove si sono raggiunti i progressi tecnici maggiori, ma anche in altre aree geografiche come ad esempio Nord Europa, Nuova Zelanda e Australia. In Italia invece l'interesse per i tappeti erbosi è piuttosto recente e ciò ha contribuito ad ampliare il ritardo tra la nostra nazione e le altre, in questo settore. È solo dagli anni '90 che si sono intensificate varie iniziative di ricerca sui tappeti erbosi, che hanno portato a nuove conoscenze e possibilità di impiego nel nostro Paese.

2.1. Impianto

Per impiantare un tappeto erboso si può ricorrere a vari sistemi. Tradizionalmente il sistema più usato è la semina. La semina rappresenta la riproduzione per via gamica, in quanto si utilizza il seme, che viene opportunamente scelto a seconda del tipo di tappeto erboso che si vuole ottenere e dosato a seconda della specie scelta. La dose di seme da impiegare varia infatti in maniera rilevante in base alle caratteristiche della specie e alla germinabilità del seme stesso. La densità di seme è molto importante e spesso da essa deriva il successo dell'impianto (Panella et al., 2000). In Tabella 2.1. sono indicate le dosi di semina da impiegare per le principali essenze e le temperature ottimali di germinazione.

Tabella 2.1. Dosi di semina e range di temperatura ottimale di germinazione delle principali specie da tappeto erboso (da Panella et al., 2000; Cereti, 2002; Unruh, 2003; Shin et al., 2006) mod.

Specie	Dose di semina (kg/ha)	Temperatura germinazione (°C)
<i>Agrostis tenuis</i>	20 – 50	15 – 30
<i>Agrostis stolonifera</i>	20 – 50	15 – 30
<i>Cynodon</i> spp.	50 – 200	20 – 25
<i>Festuca arundinacea</i>	250 – 400	20 – 30
<i>Festuca rubra commutata</i>	170 – 200	20 – 25
<i>Festuca rubra rubra</i>	170 – 200	15 – 25
<i>Lolium perenne</i>	250 – 350	20 – 30
<i>Paspalum vaginatum</i>	70 – 100	20 – 35
<i>Poa pratensis</i>	40 – 70	15 – 30
<i>Poa trivialis</i>	40 – 70	15 – 30
<i>Zoysia</i> spp.	100 – 150	20 – 35

La semina può venire effettuata a mano, su piccole superfici, o con seminatrici specifiche a cui spesso è abbinato un rullo che favorisce il contatto del seme col terreno (Piccarolo, 2000). Le fasi iniziali di germinazione del seme e affrancamento delle piantine sono molto delicate. I semi, infatti, possono subire l'attacco da parte di formiche ed uccelli, o essere allontanati in caso di ruscellamento superficiale, mentre le giovani piante possono essere colpite da patogeni e subire sbalzi termici ed idrici. Il superamento e la riuscita di queste fasi dipende dalla corretta scelta dell'epoca di semina (Croce et al., 2006).

Spesso però le varietà altamente selezionate e che presentano quindi le prestazioni migliori, in termini di tessitura fogliare, resistenza alle malattie e aspetto estetico globale, non sono riproducibili da seme. In questo caso, quindi, si ricorre alla propagazione vegetativa e l'impianto può essere effettuato tramite la messa a dimora di stoloni e rizomi, distribuiti manualmente o talvolta utilizzando speciali trapiantatrici. In alternativa si può effettuare la cosiddetta zollatura che consiste nel trapiantare direttamente zolle di cotico erboso sul terreno. Questa tecnica, decisamente più costosa della semina, si effettua soprattutto in ambito sportivo quando si necessita di un tappeto erboso immediatamente disponibile. Una variabile della zollatura è la messa a dimora con "piote", che altro non sono che piccole porzioni di zolla posizionate a breve distanza le une dalle altre (Piccarolo, 2000). In caso di utilizzo di stoloni, una importante problematica è la conservazione del materiale dall'espianto alla messa a dimora, ma anche il calcolo della corretta dose di impianto (Croce, 2012). La tecnica del prato pre-coltivato in zolle o rotoli richiede molto tempo nella preparazione del materiale in vivaio con un grande impiego di input; le zolle sono facilmente deperibili e la loro movimentazione richiede, a causa del peso del materiale, l'uso di mezzi pesanti. Recentemente è stata introdotta una nuova tecnica di impianto (sistema Erbavoglio Hi-Turf®) che prevede il trapianto in campo di plantule pre-radicate prodotte in vivaio secondo le tecniche normalmente impiegate per le specie ortive (Croce, 2012). Questo sistema necessita ancora del perfezionamento di

alcune fasi, ma potrebbe in futuro rappresentare un sistema innovativo ed efficiente per la realizzazione da tappeti erbosi di alta qualità.

Tutti i sistemi visti finora, prevedono una serie di fasi preliminari di lavorazione del terreno affinché l'impianto abbia successo (es. eliminazione della vegetazione preesistente, spietramento, ammendamento, rullatura etc.) e una gestione del post impianto adeguata alle varie situazioni.

2.2. Taglio

Il taglio è una tra le più importanti pratiche colturali a cui è sottoposto il tappeto erboso, e quella che incide maggiormente rispetto ad ogni altra operazione colturale sui costi di gestione. Da un punto di vista botanico lo sfalcio è un'operazione dannosa che comporta la perdita di acqua dai margini fogliari recisi, di nutrienti e soprattutto di parti fotosintetiche e che causa un indebolimento generale del tappeto erboso, rendendolo più sensibile agli stress idrici e agli attacchi di parassiti e infestanti (Gullino et al., 2000). L'altezza, la frequenza e le modalità di taglio variano in funzione della fruizione e delle specie presenti.

Per quanto riguarda l'altezza ogni specie mostra, in ragione delle proprie caratteristiche morfogenetiche e fisiologiche, un'altezza minima di tolleranza al di sotto della quale la pianta è severamente danneggiata. Altezze di taglio troppo basse, inoltre, possono causare l'aumento della presenza di infestanti, legato al diradamento del tappeto stesso. Il taglio alle altezze corrette, al contrario, aumenta la densità limitando la necessità di compiere interventi di diserbo (Gullino et al., 2000). In linea di massima le specie rizomatose e stolonifere sopportano tagli più bassi rispetto alle specie cespitose. In Tabella 2.2. sono indicate le altezze di taglio ottimali per le diverse specie impiegate per la costituzione dei tappeti erbosi.

Tabella 2.2. Altezze di taglio ottimali per le diverse specie da tappeto erboso (da Panella et al., 2000) mod.

Specie	Altezza di sfalcio ottimale (mm)
<i>Agrostis stolonifera</i>	5 – 15
<i>Cynodon</i> spp.	5 – 25
<i>Festuca arundinacea</i>	40 – 75
<i>Festuca rubra rubra</i>	25 – 50
<i>Lolium perenne</i>	25 – 50
<i>Paspalum vaginatum</i>	15 – 25
<i>Poa pratensis</i>	25 – 50
<i>Poa trivialis</i>	25 – 50
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	40 – 75
<i>Zoysia</i> spp.	15 – 25

Nel caso si asporti più del 40% della lamina fogliare la pianta è a rischio di scalping (Beard, 1973), ovvero quella condizione di stress, a volte irreversibile, a seguito di un taglio eccessivamente basso. In questo caso il tappeto assume immediatamente una colorazione marrone e appare stopposo ed ispido (Croce et al., 2006). Se c'è la necessità di abbassare l'altezza del prato, si consiglia dunque di farlo tramite interventi leggeri ripetuti, piuttosto che in un unico intervento. Un'eccezione a questa regola è costituita da quello che alcuni autori hanno identificato come "spring scalping", ovvero uno scalping primaverile prescritto, in alcuni casi, per favorire la ripresa vegetativa di alcune varietà di *Cynodon* dopo il periodo di dormienza (Rimi et al., 2011).

Per quanto riguarda la frequenza di taglio, questo è un parametro che va calibrato tenendo presente l'altezza ottimale di taglio e l'altezza di intervento, cioè quanto è possibile sfalciare in una singola operazione. La frequenza, inoltre, aumenterà in presenza di concimazione azotata e irrigazione del tappeto e in corrispondenza dei periodi di massimo sviluppo delle piante presenti (Cereti, 2002). Gli interventi, cioè, saranno più frequenti in primavera per le specie microterme e in piena estate per le macroterme.

Fondamentale risulta poi la scelta dell'apparato di taglio che, a seconda della specie e delle esigenze tecniche del tappeto erboso, può essere di tipo rotativo o elicoidale. Il taglio rotativo è indicato per tappeti di media qualità e per altezze dell'erba molto variabili (30-150 mm) e non eccessivamente basse. È un taglio di bassa qualità perché si basa sulla rapida rotazione di una lama fissata su di un'asse verticale e di conseguenza il taglio avviene per impatto e tende a sfrangiare i margini fogliari. Il taglio elicoidale, invece, è un taglio netto e preciso stile forbice, poiché un cilindro di lame rotante su di un'asse orizzontale esegue il taglio battendo contro una controlama fissa. Questo apparato di taglio è ideale per contesti di elevata gestione e livello estetico, ed indicato per tagli bassi (3-10 mm).

Un'accurata pianificazione dei tagli e la scelta del giusto apparato di taglio, può risultare utile anche per il controllo del feltro (Veronesi et al., 1992) e per prevenire attacchi fungini. Infatti, per limitare la diffusione di molti patogeni fungini è necessario che la superficie di taglio sia più netta possibile, al fine di favorire una rapida cicatrizzazione della ferita.

2.3. Concimazione

L'adozione di un piano di fertilizzazione equilibrato svolge un ruolo importante per mantenere il tappeto nelle migliori condizioni sanitarie ed estetiche. La concimazione dovrà essere adeguata alle esigenze delle specie da tappeto erboso impiantate, alla situazione pedoclimatica ed alle pratiche colturali, con particolare riguardo alle disponibilità idriche e alla frequenza e altezza di taglio.

Tra i principali obiettivi che le tecniche di concimazione devono perseguire troviamo quello di apportare gli elementi necessari alle essenze del prato al fine di assicurare l'approvvigionamento di minerali e preservare l'aspetto estetico e la fruibilità, oltre a mantenere e migliorare il potere nutritivo del suolo senza creare fenomeni di inquinamento delle falde acquifere.

In generale è importante eseguire le concimazioni nei momenti opportuni in modo da garantire una nutrizione costante durante l'anno senza periodi di carenza nutrizionale che rendono il prato più suscettibile alle malattie, alle infestanti e agli stress idrici (Gullino et al., 2000).

Tutte le essenze hanno bisogno di elementi primari che sono azoto, fosforo e potassio, nonché di elementi secondari quali magnesio, calcio, ferro, zinco e manganese. L'azoto è necessario alla crescita per la sintesi di amminoacidi e proteine ed è responsabile della vigoria e colore del tappeto (Piccarolo, 2000). Gli apporti devono però essere bilanciati, altrimenti si possono manifestare problemi causati sia da stati di carenza che da stati di eccesso. Ad esempio, elevati livelli azotati possono incrementare lo sviluppo e la fecondità di alcuni insetti defogliatori del tappeto erboso, mentre fertilizzazioni bilanciate, promuovendo la crescita delle radici, possono migliorare le capacità di recupero del manto a seguito di attacchi di insetti terricoli (Crutchfield et al., 1995). Inoltre, anche la distribuzione nel tempo è un aspetto importante da considerare, in quanto l'azoto andrebbe somministrato nel momento di effettivo bisogno da parte delle piante. Di conseguenza, si stanno diffondendo sempre di più sul mercato concimi a lento rilascio o a rilascio controllato, che spesso sono in grado di mantenere l'aspetto estetico del tappeto su livelli ottimali, evitando di dover intervenire con concimazioni ripetute e frequenti e senza provocare bruschi aumenti della fogliosità (Altissimo et al., 2008) e, quindi, aumenti dei costi di gestione.

Oltre all'azoto, anche il potassio riveste un ruolo importante nella nutrizione vegetale al fine di limitare la sensibilità del tappeto a stress di natura abiotica, (Snyder e Cisar, 2000) in particolare caldo e freddo, ma anche per contenere l'insorgenza di patogeni fungini (Schumann et al., 1998). È stato osservato che adeguati tenori di potassio, consentono di ridurre i danni causati da *Microdochium nivale* (Mocioni et al., 1997), oltre che da *Sclerotinia homoeocarpa*. Uno studio ha inoltre messo in evidenza che un aumento della concentrazione di potassio nei tessuti delle foglie può migliorare la resistenza al calpestio in *Paspalum vaginatum*, grazie all'aumento del turgore e la diminuzione della succulenza (Trenholm et al., 2000).

Il fosforo ha una grande importanza al momento dell'impianto per favorire una rapida radicazione e un adeguato sviluppo radicale (Beard, 1973) ed è essenziale perché è coinvolto nell'immagazzinamento e nel trasferimento di energia. Una carenza di questo elemento è stata associata a una ridotta crescita e ad una maggior presenza di malattie (Turner, 1993). Per contro, elevati livelli di fosforo favoriscono la diffusione dell'infestante più temibile dei tappeti erbosi, *Poa annua*, probabilmente perché ne aumenta la resistenza agli stress (Turner e Hummel, 1992). Per molto tempo si è ritenuto che il fosforo fosse completamente immobile nel terreno e ciò ha favorito l'aumento delle quantità distribuite senza la preoccupazione che eventuali eccessi andassero perduti dal profilo del terreno (Haygarth e Jarvis, 1999). Oggi è tuttavia noto che questo elemento, accumulato nei terreni o applicato tramite fertilizzazione, può essere perso dal terreno, soprattutto attraverso le acque di superficie quindi confluendo nei bacini idrici dove, anche a concentrazioni molto piccole può dare origine a fenomeni di eutrofizzazione. Questo fenomeno è particolarmente accentuato su suoli a granulometria grossolana, con substrati sabbiosi e molto drenanti, ma è meno intenso per i tappeti erbosi rispetto ad altre colture, dato che la densità dei culmi limita molto lo scorrimento superficiale delle acque. Gli apporti di fosforo devono quindi essere bilanciati, ma comunque sufficienti al buon mantenimento del tappeto. È stato osservato, ad esempio, che gli attacchi di

Gaeumannomyces graminis su *Agrostis stolonifera* sono più gravi in condizioni di carenza di questo elemento nutritivo (Watschke et al., 1995).

2.4. Irrigazione

Nelle condizioni climatiche italiane il ricorso ad un supporto idrico ausiliario nella coltura dei tappeti erbosi non è quasi mai un'opzione. La quantità di acqua che perviene al terreno a seguito delle precipitazioni atmosferiche è in molti casi sufficiente in termini complessivi, ma la frequenza e la distribuzione delle stesse nell'arco dell'anno non consentono di norma il mantenimento di un tappeto erboso in condizioni accettabili (Croce et al., 2006). Da ciò deriva la necessità di effettuare pratiche irrigue e di creare adeguate tecnologie per la funzionalità degli impianti che, ancora oggi, rappresentano uno dei punti più deboli nella realizzazione di un tappeto erboso.

L'acqua è una risorsa solo parzialmente rinnovabile, perché il suo tasso di rinnovamento dipende dal livello delle precipitazioni locali. Per questo motivo è necessario gestirla razionalmente, soprattutto quella potabile.

Il consumo idrico di una superficie mantenuta a tappeto erboso è condizionato da una vasta serie di fattori, che possono essere climatici, morfologici e pedologici e relativi alla composizione e tipologia del tappeto erboso, tutti da tenere in considerazione nello sviluppo di un programma di irrigazione (Turgeon, 2010).

Per stimare il consumo idrico di una superficie erbosa si fa riferimento all'evapotraspirazione potenziale (ETP) dovuta all'azione congiunta dell'evaporazione del suolo e della traspirazione fogliare. Tale valore si riferisce all'altezza della massa d'acqua evaporata e traspirata da un prato di *Festuca arundinacea* posto in una condizione ambientale standard in cui non si considera l'incidenza dei fattori agronomici, biologici, pedologici e di una parte dei fattori climatici. La finalità di questa variabile è di rendere comparabili i valori di evapotraspirazione nello spazio e nel tempo. Per questo motivo l'evapotraspirazione potenziale si riferisce al quantitativo massimo che può essere perso nell'unità di tempo per evaporazione e traspirazione da un prato di graminacea uniforme e in ottimo stato nutrizionale e sanitario, regolarmente sfalcato in modo da mantenere il cotico erboso ad un'altezza di 10–15 cm e situato su terreno in condizioni ottimali d'umidità, regolarmente livellato e di grande estensione. Tale valore si esprime in millimetri di acqua al giorno e, in condizioni estreme, può anche superare 1 mm di acqua ogni ora che è equivalente ad un consumo orario di 1 l m⁻² (Piccarolo, 2000). Per quanto l'acqua ceduta per traspirazione possa essere considerata una perdita dal punto di vista del bilancio idrico, da un punto di vista fisiologico il fenomeno attiva alcuni meccanismi indispensabili per i processi vitali della pianta, quali la termoregolazione e l'assorbimento degli elementi nutritivi dal terreno. Ogni grammo di acqua traspirata sottrae, infatti, calore ai tessuti traspiranti e ciò svolge un ruolo fondamentale nel raffreddamento della pianta. A tale proposito è indicativo il fatto che un tappeto erboso in attiva crescita può far registrare in estate una temperatura superficiale anche di 20 gradi inferiore rispetto ad un terreno nudo (Volterrani, 2008).

Le graminacee da tappeto erboso non hanno tutte le stesse esigenze idriche. A scopo esemplificativo nella Tabella 2.3. sono riportati i valori medi di ETP in mm di acqua per giorno

nel periodo estivo, in relazione ad alcune delle specie più impiegate nell'ambito dei tappeti erbosi.

Tabella 2.3. Fabbisogno idrico (ETP giornaliera in mm) in alcune specie da tappeto erboso di maggior impiego (da Tesi, 2012) mod.

ETP	Microterme	Macroterme
<6		<i>Buchloe dactyloides</i>
6 - 7		<i>Cynodon spp.</i> <i>Zoysia spp.</i>
7 - 8,5	<i>Festuca logifolia</i> <i>Festuca rubra rubra</i>	<i>Paspalum vaginatum</i> <i>Paspalum notatum</i> <i>Stenotaphrum secundatum</i>
8,6 - 10	<i>Lolium perenne</i> <i>Agrostis stolonifera</i>	
>10	<i>Festuca arundinacea</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Lolium multiflorum</i>	

Come si può notare, le specie macroterme presentano in media valori di evapotraspirazione minori rispetto alle microterme. Le stesse macroterme, inoltre, sono caratterizzate generalmente da un apparato radicale più sviluppato, profondo e ramificato, che si rivela spesso uno strumento efficace per prevenire gli effetti della siccità.

Al fine di ottimizzare l'uso dell'acqua, l'irrigazione dovrebbe avvenire al momento in cui la pianta inizia ad appassire. Il metodo più semplice e immediato per diagnosticare lo stato di imminente appassimento, consiste nel camminare sul tappeto, ed osservare quanto impiegano le foglie calpestate a tornare in posizione eretta, in quanto il manto erboso in deficit idrico non possiede le foglie sufficientemente turgide, affinché possano ritornare immediatamente erette (AA.VV., 1999). La scelta del momento della giornata in cui irrigare dipende dalle perdite per evapotraspirazione e deriva del vento. L'irrigazione notturna comporta il vantaggio di utilizzare nel complesso un minor volume di acqua e spesso di evitare che il vento determini cattive distribuzioni (Panella et al., 2000). Da un punto di vista fitosanitario, però, il momento migliore per irrigare sarebbe il pieno giorno, perché la breve permanenza delle gocce sulle foglie dovuta all'evaporazione veloce, diminuisce il pericolo di veicolazione di agenti patogeni fungini all'interno dei tessuti fogliari; tuttavia, irrigando nelle ore prima dell'alba si riducono ugualmente le ore di bagnatura fogliare e quindi l'insorgenza di malattie (Gullino et al., 2000). Sono inoltre da evitare irrigazioni in periodi in cui si prevede un traffico intenso, cosa che potrebbe aumentare i rischi di compattamento.

Il consumo d'acqua rappresenta uno degli aspetti fondamentali nella gestione di una superficie adibita allo sport del golf. Ad esempio il *green* deve essere irrigato seguendo alcune regole base e questo comporta l'uso di ingenti quantitativi d'acqua. Questo è un fattore cruciale per tutte quelle zone definite aride, come le regioni del Mediterraneo e quindi buona parte del Centro-Sud Italia. È difficile stabilire con accuratezza la quantità d'acqua necessaria per irrigare un campo da golf in quanto il dato varia in funzione di alcuni fattori quali l'evapotraspirazione e il tipo di suolo. Secondo un rapporto dell'Autorità Ambientale Regionale della Regione Puglia

del 2003, nell'Italia meridionale la quantità di acqua necessaria per irrigare un campo da golf in una giornata estiva rappresenta l'equivalente del fabbisogno di un Paese di 8.000 abitanti, nonché l'equivalente per la produzione di due tonnellate di frumento. Una ricerca effettuata su di un campione di 26 campi da golf nel Nord Italia ha tuttavia dimostrato che il consumo medio di acqua per la gestione di un campo da golf, stimato intorno ai 1339 m³/ha anno (Croce et al., 2008), è comunque minore rispetto ad alcuni tipi di colture intensive tradizionali. Ad ogni modo, la quantità di acqua impiegata anche nelle altre tipologie di tappeto erboso, sebbene meno ingente rispetto a quella utilizzata nei campi da golf, è ragguardevole. Per evitare sprechi è fondamentale progettare attentamente l'impianto di irrigazione e fare in modo che l'acqua venga distribuita in maniera uniforme sulla superficie. Solo attraverso questi accorgimenti si avrà la certezza di ottimizzarne l'uso soddisfacendo il deficit idrico ed evitando la dispersione per ruscellamento superficiale o percolazione profonda, inoltre non sarà necessario incrementare i consumi globali per compensare le aree di secco altrimenti presenti (Pecchioli, 2007).

Nella gestione idrica dei tappeti erbosi, non solo gli aspetti quantitativi dell'acqua sono di notevole importanza, ma è essenziale valutare anche le caratteristiche qualitative. Uno degli aspetti principali che riguardano la qualità dell'acqua è la presenza di composti chimici e sali disciolti potenzialmente dannosi per la crescita del tappeto erboso. Molti dei sali solubili sono benefici per la crescita delle specie, ma alcuni possono essere fitotossici. Il tasso al quale si verifica l'accumulo di sali a livelli indesiderabili nel terreno dipende dalla concentrazione dei sali solubili nell'acqua e dalle caratteristiche fisiche e chimiche del suolo interessato. La concentrazione totale di sali solubili nell'acqua di irrigazione è usualmente indicata come conducibilità elettrica (EC) ed espressa in dS/m. In linea di massima la quantità di sali disciolta nell'acqua di irrigazione può variare da 100 a 2.000 ppm e, generalmente, la soglia di accettabilità per la maggior parte delle specie è intorno a massimo 650 ppm. Nei suoli salini si può manifestare una difficoltà da parte delle colture ad approvvigionarsi di acqua a causa dell'alto potenziale osmotico, inoltre non è rara la formazione di croste superficiali, la depressione dell'attività microbica e il manifestarsi di fenomeni di tossicità. Le misure per il controllo della salinità devono attuarsi secondo un approccio integrato considerando sia i sistemi colturali che di lavorazione. Nelle aree a rischio è bene introdurre specie tolleranti la salinità e anche in questo caso, l'utilizzo di alcune specie da tappeto erboso può risultare funzionale allo scopo. Alcune recenti esperienze hanno dimostrato che *Paspalum vaginatum* e *Cynodon* spp. sono due delle specie da prendere in considerazione nel caso di problemi di salinità (Nannicini et al., 2012), e si sono dimostrate estremamente tolleranti, sebbene ci siano delle notevoli differenze a livello varietale (Marcum e Pessaraki, 2006). In Tabella 2.4. viene mostrata la tolleranza relativa alla salinità in alcune microterme e macroterme da tappeto erboso.

Tabella 2.4. Tolleranza alla salinità nelle specie macroterme e microterme da tappeto erboso (da Tesi, 2012)

Salinità nel terreno (dS/m)	Microterme	Macroterme
>18		<i>Paspalum vaginatum</i>
12 - 18		<i>Cynodon</i> spp. <i>Zoysia matrella</i> <i>Stenotaphrum secundatum</i>
8 - 12	<i>Agrostis stolonifera</i> (var. <i>palustris</i>)	<i>Zoysia japonica</i>
4 - 8	<i>Festuca arundinacea</i> <i>Lolium perenne</i>	
<4	<i>Poa pratensis</i> <i>Agrostis tenuis</i> <i>Poa annua</i> <i>Festuca rubra</i>	

Anche in questo caso, come già visto per l'evapotraspirazione, le specie macroterme risultano più tolleranti e possono, quindi, assumere un'importanza fondamentale nelle zone a rischio. Negli ultimi anni, in particolar modo, il bisogno di specie tolleranti la salinità è in costante crescita, e questo perché si sta assistendo sempre più alla necessità di utilizzare acque di scarsa qualità e fonti di acqua secondaria per l'irrigazione.

2.5. Altre pratiche colturali

Le pratiche colturali racchiudono tutto un insieme di tecniche necessarie per avere un tappeto erboso che mantenga le caratteristiche qualitative nel tempo; la loro effettuazione e frequenza dipendono dalla tipologia del tappeto erboso. È evidente che per un inerbimento o un tappeto di tipo funzionale, alcune di queste tecniche verranno effettuate molto raramente o risulteranno del tutto assenti, mentre per tappeti erbosi di alta qualità e ad alto grado di utilizzazione (come ad esempio le coperture di tipo sportivo), rientrano nella gestione ordinaria. Molte pratiche colturali mirano a migliorare gli scambi di aria e di acqua tra il terreno e l'atmosfera.

Nel caso dei tappeti erbosi sportivi le cure colturali specifiche sono rivolte essenzialmente allo sfeltramento e alla decompattazione dei substrati, causata dall'utilizzo frequente dei tappeti anche in condizioni climatiche avverse.

La formazione di feltro è uno dei principali problemi legati ai tappeti erbosi. Il feltro è lo strato di materiale organico in via di decomposizione, principalmente composto da residui di culmi, radici e foglie (Panella et al., 2000). Se la velocità di accumulo è superiore a quella di decomposizione, lo strato può incrementare il proprio spessore che, se eccessivo, può causare danni diretti al tappeto erboso, in quanto determina la formazione di un apparato radicale superficiale, maggiormente sensibile a stress ambientali. Nel feltro, inoltre, tendono a sopravvivere gran parte dei patogeni fungini che possono attaccare il tappeto, poiché in questo strato trovano un ambiente favorevole per quanto riguarda l'umidità ambientale e le sostanze nutritive. Un contenimento preventivo del feltro o la sua rimozione quando in eccesso, quindi,

possono consentire di ridurre il potenziale inoculo di molti patogeni nel terreno, limitando i possibili attacchi in particolare di *Rhizoctonia solani* e *Sclerotinia homoeocarpa* (Schumann et al., 1998; Turgeon, 2002). Quando la presenza del feltro diventa un problema, si interviene con la rimozione parziale o totale della biomassa attraverso, ad esempio, l'azione di una scopa metallica, un rastrello o un erpice a denti. Un possibile intervento è il cosiddetto *verticutting* o taglio verticale fino a 20-30 mm di profondità. Questa pratica, non distruttiva del tappeto, viene effettuata più volte nell'arco della stagione, in particolare sui tappeti erbosi sportivi che richiedono un costante controllo del feltro. Particolare attenzione dovrà perciò essere posta nella gestione di specie macroterme, particolarmente inclini alla produzione di feltro (Bernardini, 2007).

Altra importante problematica è il compattamento superficiale del terreno a causa dell'intenso calpestamento e traffico di mezzi. Il compattamento comporta la diminuzione dello sviluppo dell'apparato radicale e limita i movimenti di aria ed acqua nel terreno. In queste condizioni sono favoriti gli attacchi di molti patogeni fungini (Watschke et al., 1995). Appare evidente quindi che si debba intervenire con una serie di pratiche di manutenzione che prevedono interventi più o meno drastici per ripristinare le condizioni di partenza e la porosità ottimale (Piccarolo, 2000). Una tecnica efficace ma anche invasiva è la *carotatura*, che consente di prelevare e sostituire lo strato superficiale, in cui il compattamento è maggiore, attraverso il prelevamento di carotine di terreno, al posto delle quali restano dei buchi, la cui profondità (6-12 cm) dipende dalle caratteristiche del suolo, dalla sua umidità e dal grado di compattamento. Le carote lasciate sul terreno dalla carotatrice vengono successivamente asportate e i fori riempiti con sabbia. La carotatura viene effettuata nei suoli soggetti ad intenso calpestamento o traffico veicolare, ad esempio campi da golf e da calcio, dove è maggiore il rischio di compattamento. Tramite l'asportazione di materiale dal tappeto si favorisce l'arieggiamento, il movimento dell'acqua e dei nutrienti nella porzione superiore del suolo e, grazie alla successiva sabbiatura, (*topdressing*) si rinnova parzialmente il substrato. L'operazione di sabbiatura, con sabbia silicea, permette di migliorare gli scambi gassosi e aumenta lo sviluppo della massa di radici, in modo da ridurre i danni causati dalla maggior parte dei patogeni radicali (Smiley et al., 1992).

2.6. Trasemina

Con il termine trasemina si intende la semina su di un tappeto erboso già esistente. Questa tecnica può essere effettuata quando, ad esempio, si viene a creare l'esigenza di rinfittire un tappeto erboso (a causa di diradamenti o danneggiamenti di quello preesistente) o di inserire delle specie diverse. Ma generalmente con il termine trasemina viene indicata la cosiddetta trasemina invernale (*winter overseeding*) con microterme su tappeti di macroterme. L'esigenza nasce dal fatto che in aree caratterizzate da inverni freschi ed estati calde, come nelle aree a clima di transizione, le specie macroterme entrano in dormienza, interrompendo cioè la loro crescita e decolorando progressivamente le foglie (Bernardini, 2007). Questa tecnica permette di sfruttare le ottime qualità dell'essenza macroterma in estate e quelle della microterma nel periodo invernale e, in questo senso, rappresenta una valida soluzione in grado di garantire un

tappeto erboso in ottime condizioni per tutta la durata dell'anno, senza peraltro alterare funzionalità tecniche ed estetiche del tappeto (Croce et al., 2006). Una volta traseminata, la microterma fornisce la colorazione verde e protegge la specie in dormienza dalle basse temperature e dall'invasione delle infestanti (Volterrani et al., 2001). Questa tecnica è molto usata negli Stati Uniti, anche in zone dove gli inverni sono più freddi di quelli mediterranei (Volterrani et al., 2000 e 2004). Il momento ottimale per seminare la microterma si verifica quando il tasso di crescita della macroterma inizia a diminuire, ovvero in quel periodo in cui la macroterma è già sufficientemente debole da favorire l'ingresso della microterma e quando le temperature sono già tali da garantire un'ottimale germinazione di quest'ultima. Trasemine anticipate potrebbero portare ad un fallimento, a causa della competizione esercitata dalla specie già esistente nei confronti della specie appena traseminata (Tesi, 2012). Allo stesso tempo, ritardare troppo questa operazione potrebbe rallentare l'insediamento della microterma, a causa delle temperature troppo basse (Croce et al., 2006). Alle nostre latitudini il momento ottimale corrisponde generalmente con i mesi di settembre e ottobre.

Un momento di estrema importanza nella pianificazione di una trasemina è la scelta della specie o delle specie da traseminare. Spesso vengono utilizzati dei miscugli, anche se in caso di tappeti erbosi ad intenso uso sportivo sono probabilmente da preferire le specie in purezza. Tra le specie largamente utilizzate per questo scopo troviamo *Lolium perenne*, *Festuca rubra*, *Poa trivialis* (Volterrani et al., 2000), *Poa pratensis* e *Festuca arundinacea* (Razmjoo et al., 1995). Uno studio svolto in provincia di Pisa ha messo in evidenza che ibridi di *Cynodon dactylon* possono essere utilizzati per la realizzazione di green in campi da golf e traseminati con successo con *Lolium perenne*, *Festuca rubra commutata* e *Festuca rubra tricophylla*, mentre trasemine con *Agrostis stolonifera* si sono rivelate troppo persistenti, ostacolando la transizione primaverile (Grossi et al., 2008). Un problema rilevante è infatti legato alla transizione primaverile, cioè la ripresa vegetativa della specie macroterma in primavera. Primavera fresche e miti ostacolano questo passaggio, continuando a favorire lo sviluppo delle microterme che competono con la macroterma per luce, nutrienti e acqua (Volterrani et al., 2000 e 2004). Per stimolare la crescita della macroterma e inibire la microterma è opportuno intervenire con concimazioni appropriate (ricche di azoto solubile) per fornire i nutrienti necessari e tagli bassi per favorire il riscaldamento del suolo (Tesi, 2012). Anche la scelta della specie da traseminare è di fondamentale importanza: Volterrani et al. (2001) hanno messo in evidenza che, tra le varie microterme, *Lolium perenne* è ottimo per la trasemina su *Cynodon dactylon*, *Cynodon dactylon* x *C. transvaalensis* e *Paspalum vaginatum* perché è rapido nella germinazione e nell'insediamento, ha tessitura fine, buona resistenza alle malattie, alta densità, ottima colorazione (Gómez de Barreda et al., 2012) e intensa attività vegetativa durante l'inverno. Ottimi risultati sono stati raggiunti anche con *Lolium multiflorum* che, al contrario del *Lolium perenne*, ha scarsa persistenza primaverile e quindi favorisce la ripresa della macroterma (Volterrani et al., 2004).

2.7. *Lotta alle infestanti*

Per un tappeto erboso uno degli elementi più distintivi e qualitativamente significativi è rappresentato dalla sua uniformità, intesa come colore, tessitura e habitus di crescita. La presenza di infestanti distrugge questa uniformità, influenzando negativamente sulla qualità del tappeto erboso, in maggior misura nei casi in cui lo standard richiesto è elevato. Le specie a foglia larga interrompono visivamente l'omogeneità del tappeto, mentre le specie a foglia stretta, meno visibili, riescono a confondersi con le quelle seminate se la tonalità del verde della foglia non è molto diversa, fintanto che non si sviluppano a chiazze compromettendo l'uniformità del manto erboso (Brecke, 2002). Oltre a creare un danno estetico e funzionale, le infestanti entrano in competizione con le specie desiderate per luce, acqua e nutrienti, determinando un indebolimento del tappeto erboso (Croce et al., 2006).

I metodi di lotta possono basarsi sull'impiego di mezzi fisici oppure chimici, e possono essere effettuati prima dell'impianto della coltura o dopo. Il più vecchio sistema di controllo delle infestanti è quello meccanico, che può essere distinto nella rimozione manuale o nel taglio. La rimozione manuale è efficace solo per infestanti annuali prive di organi propagativi o organi di riserva ipogei, ma se ripetuta può avere successo anche contro infestanti perenni che tendono ad esaurire le riserve nutritive. Gli svantaggi di questo sistema sono il tempo e la manodopera necessari, risultando perciò molto costoso. Per quanto riguarda il taglio, ripetute operazioni di sfalcio possono essere valide per controllare una notevole quantità di specie infestanti caratterizzate da crescita eretta e scarsa tolleranza a tagli ripetuti, che tendono invece a favorire le specie da tappeto erboso.

Il controllo chimico implica l'uso di erbicidi che provocano la morte delle specie infestanti o inibiscono la loro normale crescita. In relazione alle modalità di azione i diserbanti chimici si possono distinguere in geosterilizzanti, antigerminello o erbicidi di post-emergenza. I geosterilizzanti sono in grado di agire sulle forme viventi nel terreno, in particolare i geofumiganti sono efficaci contro propaguli vegetativi, semi, patogeni fungini, nematodi e insetti, ma possono risultare tossici anche per le piante che crescono nelle vicinanze dell'area trattata. Gli antigerminello sono sostanze che esplicano la loro azione sui germinelli fino all'emissione delle prime foglioline. L'uso di queste sostanze esclude, per tutto il tempo della loro persistenza, la possibilità di eseguire semine o trasemine. Per quanto riguarda la lotta chimica in post-emergenza, si possono utilizzare contattocidi o diserbanti sistemici ad ampio spettro come il Glyphosate o selettivi come quelli a base di Oxadiazon, tollerati dalla maggior parte delle specie macroterme.

Tra i metodi di lotta agronomica di tipo preventivo può essere considerata l'aratura, che grazie al rovesciamento del terreno consente di interrare i semi delle infestanti, ostacolandone la germinazione. Altri mezzi di lotta fisici-agronomici sono le false semine, trattamenti di pastorizzazione del terreno che controllano aversità di diversa natura e la devitalizzazione mediante trasferimento di calore come il pirodiserbo (Peruzzi et al., 2012) o trattamento con vapore. Inoltre sono considerati metodi di lotta preventivi agronomici tutte le pratiche colturali volte ad assicurare una buona densità del tappeto erboso che rappresenta il fattore essenziale per aumentare la competizione e ridurre la presenza di erbe infestanti ostacolando il contatto

del seme col suolo. Queste pratiche sono di fondamentale importanza e possono consentire una notevole riduzione degli interventi di controllo chimico.

2.8. Prevenzione dalle malattie

I tappeti erbosi sono soggetti ad alterazioni di natura patologica che possono danneggiare l'uniformità del manto e causarne un forte peggioramento dell'aspetto estetico e degli aspetti tecnico-funzionali (Turgeon, 2010). Gli agenti in grado di attaccare l'erba sono micoplasmi, nematodi, virus, batteri, insetti e funghi, ma i principali danni sono causati principalmente dalle ultime tre categorie. Tra i batteri un agente tra i più noti è *Xanthomonas campestris* che, su *Agrostis stolonifera*, *Poa annua*, *Cynodon* spp., *Festuca* spp. e *Lolium perenne*, può danneggiare seriamente le superfici verdi, portando il tappeto a morte rapida. Tra gli insetti esistono specie dannose appartenenti a diversi ordini, per esempio tra gli ortotteri *Gryllus campestris* si nutre di foglie e le ninfe e gli adulti danneggiano il tappeto scavando gallerie nel terreno, ma ritroviamo danni causati anche ditteri (es. lo zanzarone dei prati), coleotteri, lepidotteri e imenotteri.

Ad ogni modo le problematiche più importanti sono senza dubbio causate da agenti fungini. I funghi sono agenti eterotrofi ovvero organismi che non sono in grado di formare sostanza organica e che quindi ricorrono per la nutrizione a sostanza organica preformata. In presenza di un ambiente favorevole, questi organismi entrano in contatto (inoculazione), penetrano ed infine infettano l'ospite che, dopo generalmente una fase di incubazione, inizia a mostrare i sintomi tipici di una determinata malattia (Croce et al., 2006). Durante la fase di incubazione, che può avere una durata variabile a seconda dell'agente infettivo, dell'ospite e delle condizioni abiotiche, la malattia invade e si diffonde nei tessuti della pianta ospite, portando ad effetti deleteri sui processi fisiologici normali della pianta. In Tabella 2.5. sono elencate le principali malattie fungine, gli agenti infettivi e le specie da tappeto erboso suscettibili presenti in Italia.

Tabella 2.5. Principali malattie fungine su tappeti erbosi: nome della patologia, patogeno e specie suscettibili (da Turgeon, 2010 modificato e da Gullino et al., 1996 modificato). (In grassetto le specie più sensibili).

Malattia	Patogeno	Microterme sensibili	Macroterme sensibili
MALATTIE FOGLIARI			
Dollar spot	<i>Sclerotinia homeocarpa</i>	<i>Poa pratensis</i> <i>Poa annua</i> <i>Agrostis stolonifera</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Lolium perenne</i>	<i>Cynodon</i> spp. <i>Zoysia</i> spp.
Marciume rosa invernale	<i>Microdochium nivale</i>	<i>Poa annua</i> <i>Agrostis stolonifera</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Lolium perenne</i>	
Filo rosso	<i>Laetisaria fuciformis</i>	<i>Poa pratensis</i> <i>Poa annua</i> <i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Cynodon</i> spp.

		<i>Festuca rubra</i> <i>Lolium perenne</i>	
Macchia rosa	<i>Lymonomyces roseipellis</i>	<i>Poa pratensis</i> <i>Poa annua</i> <i>Agrostis stolonifera</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Lolium perenne</i>	
Mal bianco	<i>Erysiphe graminis</i>	<i>Poa pratensis</i> <i>Festuca rubra</i>	
Ruggini	<i>Puccinia</i> spp.	<i>Poa pratensis</i> <i>Poa annua</i> <i>Agrostis stolonifera</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Festuca arundinacea</i> <i>Lolium perenne</i>	<i>Cynodon</i> spp. <i>Zoysia</i> spp. <i>Stenotaphrum secundatum</i>
MALATTIE FOGLIARI E/O RADICALI			
Macchia bruna	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Poa pratensis</i> <i>Poa annua</i> <i>Agrostis stolonifera</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Festuca arundinacea</i> <i>Lolium perenne</i>	<i>Cynodon</i> spp. <i>Zoysia</i> spp. <i>Stenotaphrum secundatum</i>
Malattie da <i>Pythium</i> spp.	<i>P. aphanidermatum</i> <i>P. volutum</i>	<i>Poa pratensis</i> <i>Poa annua</i> <i>Agrostis stolonifera</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Festuca arundinacea</i> <i>Lolium perenne</i>	
MALATTIE RADICALI			
Mal del piede	<i>Gaeumannomyces graminis</i>	<i>Agrostis stolonifera</i>	
Macchia necrotica ad anello	<i>Leptosphaeria korrae</i>	<i>Poa pratensis</i> <i>Poa annua</i> <i>Festuca rubra</i>	
Macchia estiva	<i>Magnaporthe Poae</i>	<i>Poa pratensis</i> <i>Poa annua</i>	
Cerchi della strega	Molte specie di basidiomiceti	<i>Poa pratensis</i> <i>Poa annua</i> <i>Agrostis stolonifera</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Festuca arundinacea</i> <i>Lolium perenne</i>	<i>Cynodon</i> spp. <i>Zoysia</i> spp. <i>Stenotaphrum secundatum</i>

Come si può notare dalla tabella, le specie microterme risultano decisamente più suscettibili agli attacchi fungini rispetto alle macroterme, caratteristica nota e riportata da diversi autori (Panella et al., 2000; Piccarolo, 2000; Croce et al., 2006; Turgeon, 2010). Le specie macroterme, per contro, sono più sensibili agli attacchi ad opera di insetti che trovano spesso

un ambiente favorevole nello strato di feltro che si tende ad accumulare nei tappeti formati da queste specie.

Qualunque sia l'agente del danno, un attacco ad un tappeto erboso può significare comprometterne, oltre agli aspetti estetici e qualitativi, la fruibilità e tal volta anche la sopravvivenza, per tanto è essenziale intervenire con metodi efficaci per debellare o controllare la malattia. Soprattutto nel caso di impianti destinati ad attività sportiva di elevata intensità, dove la presenza di alterazioni non è tollerata, la gestione può essere resa problematica, tanto da spingere i tecnici all'adozione di interventi di difesa intensi, spesso senza aver prima effettuato una diagnosi accurata che consenta di identificare con precisione l'agente patogeno. È anche vero che la diagnosi non sempre è facile ed immediata, ma frequentemente, soprattutto nel caso di micosi e batteriosi, richiede osservazioni microscopiche ed isolamenti che necessitano tempo e personale esperto. Questa difficoltà porta sovente ad un intervento massivo di natura chimica spesso non corretto ed eccessivo, anche in aree molto frequentate, piuttosto che privilegiare la diffusione di pratiche agronomiche volte a migliorare la resistenza delle piante (Gullino et al., 2004), che dovrebbero essere il primo mezzo di lotta da adottare. La lotta agronomica comprende tutte le pratiche che evitano la creazione delle condizioni favorevoli per l'insediamento e la diffusione dei patogeni, come le pratiche che migliorano l'approfondimento radicale, la corretta gestione dell'acqua, l'utilizzo di compost (Paplomatas et al., 2004), l'impiego di materiale di propagazione sano, la scelta del momento più idoneo per effettuare il taglio e l'irrigazione, dosi corrette di concimazioni, la gestione accurata del feltro etc. (Gullino et al., 1996). La lotta indiretta, di tipo preventivo, può consentire di contenere in maniera efficiente gli attacchi dei principali parassiti nel caso di tappeti erbosi poco sfruttati, come ad esempio parchi e giardini, ma risulta comunque indispensabile anche nel caso di tappeti sottoposti ad intenso utilizzo. In alcuni casi, però, non è possibile evitare di intervenire attraverso metodi di lotta chimica che prevedono l'utilizzo di anticrittogamici, nematocidi e insetticidi e che possono essere di tipo preventivo o curativo, selettivi o ad ampio spettro. Fanno parte dei metodi di lotta chimici anche i trattamenti effettuati in pre-impianto come la concia del seme o le sterilizzazioni del terreno tramite l'utilizzo di fumiganti. C'è da dire che in associazione con un programma di lotta chimica vanno sempre adottate pratiche colturali che assicurino un tappeto erboso denso, vigoroso e che abbia un buon potenziale di recupero e in grado di sopravvivere a forti attacchi.

3. PRINCIPALI SPECIE PER LA COSTITUZIONE DEI TAPPETI ERBOSI

Le essenze da tappeto erboso più utilizzate appartengono per la quasi totalità alla famiglia delle Graminacee. Di questo grande gruppo sistematico, comprendente circa 7.500 specie, fino ad una ventina di anni fa, in Italia e nei paesi che si affacciano sul bacino del Mediterraneo, venivano utilizzate quasi esclusivamente specie e varietà sviluppate nei paesi del Nord Europa e del Nord America, dove la cultura dei tappeti erbosi è radicata da oltre un secolo e, per questo, considerati all'avanguardia nel settore (Volterrani et al., 1997; Geren et al., 2009; Kir et al., 2010). La scarsità di conoscenze relative alla realizzazione e alla gestione dei tappeti erbosi e l'ampia disponibilità di sementi di graminacee selezionate per ambienti a clima continentale (Croce et al., 2001), hanno fatto sì che nel nostro paese venissero utilizzate specie talvolta inadatte, contribuendo spesso a determinare la breve durata di molte realizzazioni. Una specie ben adattata all'ambiente di coltivazione ed alla tipologia d'utilizzazione, è più competitiva verso le specie infestanti (Busey, 2003), ha un miglior stato fitosanitario, e richiede pertanto un minor fabbisogno di input esterni al sistema. Al contrario, le esigenze nutrizionali sono tanto più elevate quanto più una specie non è adattata al luogo o all'uso che se ne fa. Nel settore dei tappeti erbosi si è assistito negli ultimi anni ad una evoluzione nella scelta delle specie che il mercato offre ai consumatori, anche a causa della difficoltà di adattamento al periodo critico estivo tipico dei nostri ambienti di specie quali *Lolium perenne* e *Poa pratensis*, che ha determinato spesso l'insuccesso dei tappeti erbosi a pochi anni dal loro impianto (Cereti et al., 2005) con conseguenti lievitazioni di costi (Pecetti, 2005).

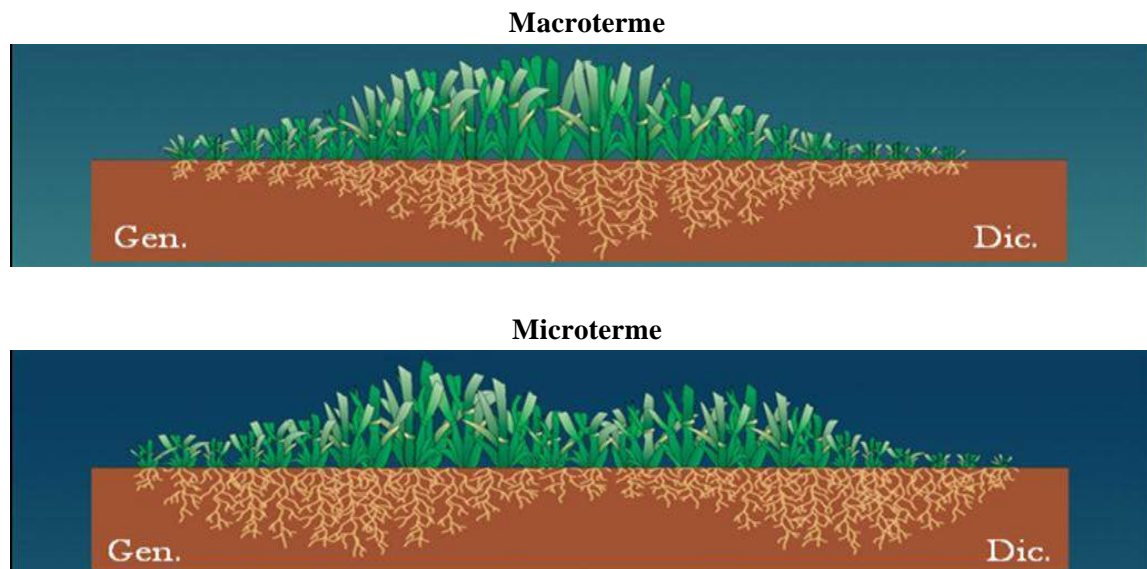
La distribuzione geografica delle specie da tappeto erboso è influenzata dai parametri climatici ed in particolare dalle temperature e dalle precipitazioni. Sono questi due fattori a definire la distinzione fra i due grandi raggruppamenti delle essenze utilizzate: graminacee microterme (C3) e graminacee macroterme (C4).

Tradizionalmente le essenze da tappeto più diffuse appartengono alle cosiddette specie microterme (Geren et al. 2009). Le microterme sono rappresentate da specie per le quali la fase di maggiore crescita attiva si verifica durante il periodo più fresco della stagione vegetativa, quando le temperature sono comprese tra i 15° ed i 23° C; durante la stagione calda possono entrare in dormienza e subire danneggiamenti. I tappeti erbosi composti da specie microterme presentano quindi una crescita distribuita prevalentemente in due stagioni, primavera ed autunno, seguendo una curva bimodale, con arresto o comunque forte rallentamento in inverno ed in estate (Tesi, 2012). In Italia vengono impiegate specie quali *Poa pratensis*, *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea*, *Festuca rubra* e *Agrostis stolonifera*, soprattutto per la facile reperibilità del seme che, generalmente, proviene, come detto, dall'Europa centro-settentrionale (Croce et al, 2002). Dal punto di vista ecologico la maggior parte di queste specie manifesta una resistenza al freddo piuttosto spiccata, ma mal si adatta a stazioni climatiche siccitose ed a situazioni di alto logorio o sotto regime di tagli bassi e frequenti, ad eccezione dell'*Agrostis stolonifera* che rappresenta una delle essenze più utilizzate in tappeti erbosi sportivi ad alto livello di manutenzione.

Dato che dal punto di vista climatico l'Italia è considerata una regione di transizione, soprattutto nelle zone situate a sud della penisola o in aree costiere, le specie microterme si trovano al limite del loro areale e per tanto subiscono spesso stress durante il periodo estivo.

Ultimamente, a causa dei cambiamenti climatici, l'intera penisola ha sofferto periodi di siccità severe ricorrenti, accompagnate da alte temperature che hanno portato anche alla contrazione dei ghiacciai e nevai sull'arco Alpino (Geeson et al., 2002). In queste condizioni sarebbe auspicabile utilizzare specie macroterme (Volterrani et al., 1996) che presentano un optimum di temperatura compreso fra i 27 ed i 35°C durante la stagione vegetativa. Le specie macroterme hanno un andamento di crescita curvilineo unimodale, con picco nel periodo primaverile-estivo, sia per la parte aerea che per quella radicale, e riposo invernale (Turgeon, 2010). Il comportamento delle varie specie erbacee deriva dall'adattamento evolutivo agli ambienti di origine (climi temperati-freddi o climi caldi e mediterranei) che ha permesso loro di sviluppare strategie diverse di sopravvivenza ed anche un differente sistema di fissazione della CO₂ attraverso la fotosintesi. Le specie microterme fissano la CO₂ seguendo il ciclo C3 il cui prodotto iniziale sono 2 molecole di acido 3-fosfoglicerico (PGA) con 3 atomi di carbonio. Nelle specie macroterme invece è stato sviluppato il cosiddetto ciclo C4, in cui il primo composto della fotosintesi è l'acido oxalacetico (OAA) con 4 atomi di carbonio, che permette una maggiore efficienza nella crescita durante i periodi caldi ed una maggiore capacità di utilizzare gli elevati livelli di intensità luminosa. Questa diversa fisiologia di crescita delle piante C4 consente anche un minor fabbisogno di acqua per grammo di sostanza secca prodotta (Turgeon, 2002). Le temperature di base per l'accrescimento variano, secondo differenze inter ed intraspecifiche, fra i 10° ed i 13°C, sebbene la maggior parte delle specie, al raggiungimento di queste temperature, metta in atto un meccanismo di sopravvivenza, detto "dormienza", caratterizzato visivamente dalla perdita di clorofilla nei tessuti per cui le piante diventano gialle e/o marroni (Croce et al., 2004), anche se con notevoli differenze nella ritenzione del colore tra le specie (Geren et al., 2009). Nella Figura 3.1. è riportato schematicamente il ciclo di crescita durante l'anno per le specie macroterme e per le specie microterme.

Figura 3.1. Ciclo caratteristico di crescita durante l'anno per le specie macroterme e le specie microterme (da Tesi, 2012).



Le specie macroterme offrono tutta una serie di vantaggi, soprattutto dovuti alle minori perdite di acqua per fototraspirazione (Beard, 1973) donando alle piante una capacità intrinseca di resistere a periodi siccitosi (Volterrani et al., 1997), mantenendo comunque caratteristiche tecniche ed estetiche molto buone (Miele et al., 2000). All'atto pratico, permettono di ridurre il consumo di acqua per l'irrigazione del 20-50 % (Biran et al., 1981; Kim e Beard, 1988) ed esibiscono una maggiore tolleranza ad alte concentrazioni di salinità sia nell'acqua che nel suolo, cosa che per alcune specie, come ad esempio *Paspalum vaginatum*, consente talvolta l'irrigazione con acqua di mare.

Le specie macroterme inoltre, grazie alla loro proprietà di propagazione attraverso rizomi e stoloni, presentano eccellenti proprietà di resilienza a seguito di danneggiamento. Queste specie, spesso caratterizzate da un habitus vegetativo prostrato, con meristemi basali, germogli con internodi basali corti e attitudine all'emissione di stoloni e di rizomi per la propagazione laterale, presentano, con poche eccezioni, una aggressività nell'insediamento e nello sviluppo estremamente elevata. Le conseguenze di questa attitudine sono rappresentate da una maggiore tolleranza al calpestamento, da una grande aggressività verso le infestanti, da una maggiore capacità di recupero e, per alcune di esse (ad es. *Cynodon* spp.), dall'ottima adattabilità ad altezze di taglio ridotte. Il tutto si traduce in una maggiore resistenza alle avversità e una maggior longevità, oltre che in una minor necessità di manutenzione (Piccarolo, 2000). Le macroterme utilizzate per i tappeti erbosi appartengono alle sottofamiglie delle *Eragrostoideae* e delle *Panicoideae*. Le principali specie di interesse per l'Italia sono *Paspalum vaginatum*, *Cynodon dactylon*, *Cynodon* ibride e specie appartenenti al genere *Zoysia* (*Z. japonica*; *Z. tenuifolia*; *Z. metrella*). In Tabella 3.1. sono riassunte le caratteristiche principali delle più importanti specie da tappeto erboso.

L'unico rilevante svantaggio nell'utilizzo di specie macroterme per la realizzazione di tappeti erbosi è la già citata dormienza invernale. Queste specie, infatti, all'avvicinarsi della stagione fredda, innescano un meccanismo fisiologico per superare l'inverno durante il quale rallentano l'attività metabolica fino ad arrestarla, con la conseguente cessazione di produzione della clorofilla e perdita della colorazione verde (Volterrani et al., 1996, 1997).

In molti contesti questa decolorazione non viene però accettata, soprattutto laddove si ha la necessità di mantenere un alto livello estetico della copertura e quindi si sono diffuse pratiche volte a mettere rimedio alla colorazione giallo/marrone che ne deriva. Diffusa è infatti la trasemina invernale con microterme, pratica non particolarmente economica, che consente di ovviare al problema della mancata colorazione verde delle macroterme attraverso la semina sul tappeto già esistente di specie microterme. Questa tecnica è molto impiegata negli Stati Uniti, dove però negli ultimi anni, a causa dello sfavorevole periodo economico, si è spesso assistito all'accettazione della colorazione invernale (blonde) o all'uso di più economiche vernici per prato.

Tabella 3.1. Tolleranza alla siccità, ombreggiamento, calore e usura caratteristiche delle principali specie da tappeto erboso. A=alta, M=media, B=bassa. (da Panella et al., 2000; Cereti, 2002; Turgeon, 2010; Tesi, 2012; Volterrani et al., 2012) mod.

Specie	Siccità	Ombra	Caldo	Freddo	Usura
<i>MICROTERME</i>					
<i>Agrostis stolonifera</i>	B	M	M	B	B
<i>Festuca arundinacea</i>	A	M	A	A	M/A
<i>Festuca rubra</i> sp.	A	A	B/M	M/A	M
<i>Lolium perenne</i>	B	B/M	B/M	M	M/A
<i>Poa pratensis</i>	M	B/M	M	M	M
<i>MACROTERME</i>					
<i>Buchloe dactyloides</i>	A	B	A	A	M/A
<i>Cynodon</i> spp.	A	B	A	M/B	A
<i>Paspalum vaginatum</i>	M/A	M	A	B	M/A
<i>Zoysia</i> spp.	A	M	A	A	A

Dal punto di vista della propagazione, le migliori varietà di macroterme vengono propagate soprattutto per via vegetativa attraverso l'impiego di stoloni. Da uno studio pluriennale portato avanti vicino Roma su varie cultivar di macroterme è emerso che le cultivar propagate presentano solitamente migliori caratteristiche per quanto riguarda la qualità del cotico, la densità dei culmi e la larghezza della lamina fogliare (Croce et al., 2001). Questi dati sono stati confermati successivamente in uno studio che ha interessato il golf club di Montecchia, dove le cultivar da seme hanno mostrato performance globalmente peggiori rispetto a quelle propagate (De Luca et al., 2008). Fino a pochi anni fa però nel nostro Paese era ancora molto esiguo il numero di aziende che producevano e commercializzavano stoloni di macroterme. Ma grazie proprio agli indubbi vantaggi che queste essenze possono presentare in climi caldi, ultimamente si sta assistendo ad un notevole aumento di interesse nei confronti di tali specie, interesse che si riflette a livello scientifico in un maggior diffondersi di studi e sperimentazioni al riguardo.

3.1. *Cynodon* L.C.Rich

Italiano: **Gramigna**

Inglese: **Bermudagrass**

Il genere *Cynodon* è uno dei più importanti e diffusi fra le macroterme. La maggior parte delle specie appartenenti a questo genere ha avuto origine nell’Africa orientale, distribuendosi successivamente in tutte le zone a clima tropicale e subtropicale comprese tra il 45° parallelo Nord e il 45° Sud (Taliaferro, 1995). Trova condizioni di crescita favorevoli fino ad altitudini di 900 metri, ma ne è stata persino rilevata la presenza sulla catena montuosa dell’Himalaya a 4000 metri s.l.m. e nelle isole degli oceani Pacifico, Atlantico ed Indiano, risultando così una delle specie più largamente diffuse sul nostro pianeta (Volterrani et al., 2012). Il genere comprende 9 specie e 10 varietà (Harlan et al., 1970; Assefa et al., 1999) che differiscono molto tra loro per l’alto grado di variabilità genetica e l’ampia distribuzione geografica. Numerosi biotopi sono stati trovati in diverse parti del mondo (Holm et al., 1991). La classificazione botanica è riportata in Tabella 3.2.

Tabella 3.2. Classificazione botanica *Cynodon* L.C.Rich. (Harlan et al., 1970; Assefa et al., 1999).

Famiglia: *Poaceae* o *Gramineae*

Sottofamiglia: *Chloridoideae*

Tribù: *Cynodonteae*

Genere: *Cynodon* L.C.Rich.

Specie:

- C. aethiopicus* Clayton et Harlan
 - C. arcuatus* J.S. Presl. ex C.B. Presl
 - C. barberi* Rang. et Tad.
 - C. dactylon* (L.) Pers.
 - var. *dactylon*
 - var. *afghanicus* Harlan et de Wet
 - var. *aridus* Harlan et de Wet
 - var. *coursii* (A.Camus) Harlan et de Wet
 - var. *elegans* Rendle
 - var. *polevansii* (Stent) Harlan et de Wet
 - C. incompletus* Nees
 - var. *incompletus* (Stent) Harlan et de Wet
 - var. *hirsutus*
 - C. nlemfuensis* Vanderyst
 - var. *nlemfuensis*
 - var. *robustus* Clayton and Harlan
 - C. plectostachyus* (K. Schum.) Pilger
 - C. transvaalensis* Burt-Davy
 - C. x magennisii* Hurcombe.
-

Nelle nostre regioni, alcune delle specie appartenenti a questo genere sono considerate infestanti delle colture erbacee a ciclo primaverile-estivo (Pignatti, 1982). Grazie all'appartato radicale profondo, all'abbondante produzione di semi, nonché alla propagazione vegetativa, possono, infatti, penetrare all'interno di zone coltivate e risultare assai difficili da controllare. Inoltre, non hanno particolari esigenze per quanto riguarda la tipologia di suolo, riuscendo a vegetare in terreni sia sabbiosi che argillosi e in condizioni di pH variabile da 5,5 a 8,5 (McCarty e Miller, 2002). Se da un lato queste caratteristiche intrinseche possono apparire problematiche, dall'altro possono essere sfruttate a nostro vantaggio per la costituzione di cotici erbosi con buone capacità di resistenza e resilienza. A tale scopo, sono state selezionate molte cultivar sia per uso foraggero, sia per la costituzione di tappeti a scopi non produttivi (es. inerbimenti, sistemazioni paesaggistico-ambientali, tappeti erbosi ricreativi).

Molti ibridi interspecifici naturali, soprattutto con *Cynodon transvaalensis* Burt Davy, di origine africana, sono stati migliorati per la costituzione di tappeti erbosi di qualità. Moltissime cultivar sono state costituite presso la Coastal Plains Experiment Station a Tifton, in Georgia (USA) e sono conosciute come serie "Tif". Le prime varietà migliorate risalgono al 1952, anno in cui è stata commercializzata la varietà "Tiflawn" (Panella *et al.*, 2000). Nel 1956 è stata introdotta "Tifgreen", un ibrido tra *Cynodon dactylon* e *Cynodon transvaalensis*, che produce un tappeto denso e di tessitura fine, adatto ai green dei campi da golf. Ancora oggi viene utilizzata una cultivar realizzata nel 1960, "Tifway 419", molto apprezzata, oltre che per le caratteristiche estetiche, per l'adattabilità e la resistenza agli stress sia abiotici che biotici (Volterrani *et al.*, 2012). Attraverso il miglioramento e l'attività di selezione, oggi esistono molte varietà che possono rispondere alle varie esigenze superando alcuni dei limiti tipici di queste specie, come ad esempio la sensibilità al freddo. Nel 2002, ad esempio, è stata introdotta la cultivar "Patriot", una gramigna ibrida con crescita vigorosa, tessitura medio-fine e con una buona resistenza a freddo, recentemente impiegata in Italia per la conversione di percorsi da golf in microterme anche nel Nord Italia (Golf Club Montecchia, Padova).

Una delle caratteristiche di molti ibridi è rappresentata dal fatto che questi sono sterili e possono essere moltiplicati solo per via vegetativa (Anderson, 1999). Esistono però varietà migliorate da seme che possono essere utilizzate anche per la realizzazione di tappeti erbosi soprattutto di tipo ornamentale. Da alcuni anni, ad esempio, sono disponibili sul mercato varietà selezionate di gramigna da seme con caratteristiche estetiche e tecniche paragonabili a quelle ibride (Morris, 2002), tra cui le più diffuse sono "Princess", "Yukon" e "Riviera". Per queste cultivar comunque la produzione di seme e la sua vitalità dipendono anche dalle condizioni climatiche (Ott, 1983).

All'interno del genere la specie più diffusa e più usata per la costituzione di tappeti erbosi ricreazionali, domestici e sportivi è *Cynodon dactylon* (L.) Pers.. *Cynodon dactylon*, ormai considerata cosmopolita, si propaga principalmente per rizomi e stoloni, e solo raramente attraverso i semi. Le foglie sono piegate lungo la nervatura centrale (prefogliazione conduplicata) e hanno una ligula che è composta da una frangia di peli lunghi all'incirca 1-3 millimetri. Questi peli si trovano anche sui margini delle foglie nella regione dove la lamina si unisce alla guaina. Le foglie, lunghe dai 4 ai 12 cm e larghe 2-6 mm, sono opposte e hanno margini leggermente irregolari. Le auricole sono assenti o derivano da estroflessioni della guaina (false auricole). Il collare è stretto o medio-largo, continuo e glabro. Il culmo è

compresso e avvolto dalla guaina fino all'infiorescenza. L'habitus vegetativo è prostrato, con un intrico di stoloni e rizomi formanti una cotica erbosa molto fitta. I rizomi spesso creano una trama quasi impenetrabile, gli stoloni sono appiattiti, lisci e solitamente curvi e radicati ai nodi. Le infiorescenze consistono in 3 - 7 spighe appiattite lunghe 3-6 cm generalmente violette (Pignatti, 1982) che hanno origine da un unico punto. Pare che proprio questa particolare forma dell'infiorescenza, che ricorda la forma delle dita di una mano, abbia ispirato il secondo termine del binomio latino (*dactylon*, dal greco: *dàctylos* = dita) (Viggiani et al., 2002). Le spighette sono organizzate in due file su ogni spiga e ognuna di esse produce un unico seme di forma lanceolata, lungo 1 mm.

È una graminacea rustica con fortissimo apparato radicale che forma un tappeto folto molto adatto per prati in pendio o soggetti a frequente calpestio. Si adatta in modo particolare ai terreni sabbiosi nei quali offre una grande resistenza all'asciutto: si sviluppa favorevolmente soprattutto nei paesi caldi. Se incontra forti gelate ingiallisce ma a primavera rivegeta regolarmente. Per quanto riguarda la semina, la dose di seme consigliata si aggira intorno ai 15-30 g m⁻² di terreno. Alcune varietà, migliorate per l'impiego su *green*, sopportano altezze di taglio intorno ai 5 mm ma, in generale, le altezze di taglio consigliate per le varietà propagate vegetativamente sono comprese tra 12 e 25 mm, mentre per quelle seminate tra 25 e 50 mm (Robinson, 2005). La sua ampia diffusione si deve a caratteristiche molto buone sia dal punto di vista estetico che funzionale. E' una specie molto competitiva grazie alla forte capacità stolonifera e rizomata, il che rende difficile l'insediamento di specie infestanti e ciò si può tradurre nella possibile riduzione del consumo di erbicidi. È inoltre in grado di ricoprire in poco tempo eventuali zone di terreno che dovessero risultare scoperte in seguito a calpestamento (Beard, 1973). *Cynodon dactylon* è una specie estremamente variabile, all'interno della quale si possono individuare ecotipi e varietà che presentano notevoli differenze per quanto riguarda colore, tessitura, densità, vigore ed adattabilità all'ambiente. Questa specie perenne, largamente diffusa nelle regioni temperato-umide e temperato-semiaride del globo, è caratterizzata da una eccezionale resistenza al caldo, alla siccità e alla salinità; la crescita dei rizomi e delle radici incrementa sostanzialmente solo con temperature superiori a 15-20°C con optimum tra i 25 e 35°C (Christians e Engelke, 1994). Per contro, la sua tolleranza al freddo ed alle condizioni di scarsa insolazione è bassa. Per questo motivo, l'uso di *C. dactylon* è limitato nelle aree nelle quali alberi o altre barriere alla luce determinano la presenza di zone d'ombra; in queste situazioni la percentuale di copertura del terreno da parte delle piante diminuisce rapidamente. I limiti estremi della sua diffusione coincidono con le zone nelle quali le temperature minime non scendono sotto i -3/-4 °C; fino a questi valori *C. dactylon* è in grado di mettere in atto un meccanismo di tolleranza al freddo, che consente la sopravvivenza dei tessuti meristemati. Questo meccanismo di dormienza inizia in autunno, non appena le temperature calano, per continuare nei mesi successivi e giungere al culmine in corrispondenza della prima gelata, dopo la quale i fusti e le foglie diventano giallo-marrone. In Italia il periodo di dormienza inizia a ottobre-dicembre (da Nord a Sud) e termina a marzo-maggio (da Sud a Nord). Alcuni autori hanno mostrato che la resistenza al freddo può essere influenzata da fattori quali calpestamento, ombra, stato nutrizionale, umidità del suolo, altezza di taglio (Taliaferro, 1994). Le ricerche volte a studiare gli effetti delle pratiche agronomiche sulla resistenza al freddo di *Cynodon* sono tuttavia contrastanti (Nasetti, 2007). Reeves et al. (1970) hanno affermato che si deve evitare la

concimazione tardo-autunnale di azoto, favorendo invece la concimazione potassica. Altri studi non hanno trovato un effetto della fertilizzazione azotata sulla resistenza al freddo di questa specie (Gilbert e Davis, 1971; Goatley et al., 1994) e nemmeno di quella potassica a fine stagione nelle specie macroterme (Miller e Dickens, 1996). Un esperimento condotto sull'ibrido "Tifgreen" ha messo in evidenza che l'apporto di potassio che sostiene la normale crescita della pianta è sufficiente per determinare una adeguata resistenza al freddo (Peacock et al., 1997).

Per quanto riguarda il suolo, *C. dactylon* si sviluppa in maniera ottimale in terreni fertili, ben drenati e di tessitura relativamente fine, con pH compresi fra 5,5 e 7,5. La sua crescita in suoli asfittici è ridotta, mentre la tolleranza agli stress idrici è variabile in funzione della varietà. Per garantire un livello estetico ottimale si deve evitare ombreggiamento e fornire un adeguato apporto in azoto. Le varietà migliorate rispondono bene a buone concimazioni azotate (0,35-0,8 kg 100 m⁻² per mese di crescita) (Croce et al., 2006). La velocità di crescita della gramigna dipende molto dalla quantità di azoto disponibile, oltre che da luce e temperature.

Come gran parte delle macroterme, questa specie tende a formare uno spesso strato di feltro; sono perciò necessari interventi di *verticut* costanti e *topdressing* periodici. Per quanto riguarda l'aspetto fitosanitario, su questa specie sono poco diffusi gli attacchi di patogeni fungini fogliari (Panella et al., 2000), mentre molto grave può essere la macchia primaverile ad anello (spring dead spot) in tutte le zone dove l'inverno è sufficientemente rigido da indurre la dormienza del tappeto erboso (Lucas, 1980). Gli agenti causali di questa malattia sono funghi che infettano gli apparati radicali del tappeto erboso: *Ophioshaerella korrae*, *O. narmari*, *O. herpotricha* e *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* (McCarty e Lucas, 1989). L'identificazione di questi patogeni non è semplice e in Italia sono stati individuati soprattutto in Sardegna (Titone et al., 2004; Gullino, 2005). Sporadicamente la gramigna può subire l'attacco di *Limonomyces roseipellis* (macchia rosa) e sono stati segnalati in alcuni casi attacchi di batteri (*Xanthomonas campestris*) e micoplasmi (Croce et al., 2006). Come tutte le macroterme, presenta una certa sensibilità agli attacchi di alcuni insetti, in particolare larve di Lepidotteri e Coleotteri Scarabeidi, favoriti da un eccessivo strato di feltro che costituisce spesso un ideale luogo per la vita, la riproduzione e lo svernamento delle popolazioni di insetti.

Per quanto riguarda le possibilità di impiego, oltre a quelle già citate, *C. dactylon* è utilizzabile come specie ornamentale per la realizzazione di parchi e giardini soprattutto in zone con inverni miti, dove l'assenza di colore verde dovuta alle basse temperature dura pochi mesi. Per lo stesso motivo può essere diffusa maggiormente nelle località di villeggiatura estiva, in particolar modo vicino al mare. Costituisce il fondo di alcuni campi da calcio della Serie A, soprattutto di Società Sportive del Centro-Sud d'Italia, su cui viene traseminato il loietto a fine estate per garantire il colore durante l'autunno e l'inverno. Un esempio d'eccellenza in questo ambito è costituito dallo Stadio Olimpico a Roma, realizzato interamente con gramigne e traseminato in tarda estate.

La tendenza negli ultimi anni in Italia è la progressiva espansione delle superfici a gramigna nei campi da golf, nei campi sportivi e nei prati ornamentali con notevole risparmio idrico, minore impiego di fungicidi e diserbanti, con vantaggi notevoli sia di tipo economico che ambientale.

In questa prova si è scelto di usare tre varietà da seme. La scelta è ricaduta su *Cynodon dactylon* cv. “Black Jack”, cv. “Casinò Royale” e cv. “La Paloma”. La scarsità di sperimentazioni su cultivar da seme nel nostro Paese, rispetto a varietà a propagazione vegetativa, ci ha spinti ad effettuare questa scelta; in particolare le cultivar in oggetto non risultano essere diffuse nella Regione Toscana e questo studio potrebbe costituire un passo in avanti verso il loro utilizzo. Considerato che il progetto di ricerca ha avuto come obiettivo quello di studiare coperture di tipo ricreativo e ornamentale, la scelta di cultivar da seme può apparire come scelta “strategica”. È importante sottolineare come queste varietà possano, infatti, essere maggiormente indicate per questi tipi di tappeti erbosi e per utenze domestiche, grazie alla loro più facile gestione al momento dell’impianto, rispetto alla propagazione vegetativa.

3.2. *Paspalum vaginatum* Swartz

Italiano: **Panico acquatico**

Inglese: **Seashore paspalum**

Il genere *Paspalum* comprende circa 400 specie, delle quali solo due vengono utilizzate per i tappeti erbosi, *Paspalum notatum* Flueggé (l’impiego in Italia è praticamente nullo) e *Paspalum vaginatum* Swartz.

Paspalum vaginatum è una macroterma originaria del Sud Africa e del Sud America, adattata a climi tropicali e subtropicali (Volterrani et al., 2012). Viene selezionata per la sua eccellente tolleranza alla salinità, all’utilizzo di acqua riciclata, alla moderata fertilità del suolo e a bassi input di pesticidi (Unruh, 2003), caratteristiche queste che la rendono una tra le più interessanti specie da tappeto erboso per climi caldi disponibile sul mercato. Forma un tappeto di elevate qualità, oggi molto diffuso, in quanto resistente ad una bassa altezza di taglio (nelle condizioni ideali si consiglia di tagliare tra i 15 mm ed i 30 mm), elevata resistenza al calpestio, alta resistenza alla siccità ed al caldo. Inoltre, è molto tollerante a terreni acidi, a ristagni d’acqua e alla salinità, dato che è una specie originaria di zone paludose e salmastre. Un recente studio su cultivar di macroterme irrigate con livelli crescenti di salinità (Nannicini et. al, 2012) ha confermato che per l’irrigazione può essere impiegata acqua con elevata salinità. Rispetto alla gramigna è molto più resistente all’ombra o alla bassa luminosità (Brosnan e Deputy, 2008a) mantenendo il colore verde intenso e limitando il diradamento caratteristico invece della gramigna, inoltre tollera meglio periodi di sommersione ed è meno esigente in termini di fertilizzazione azotata rispetto a cultivar ibride di alta qualità. Necessita, infatti, di appena 25-35% della quota di fertilizzanti normalmente distribuiti a tappeti erbosi costituiti da *Agrostis* spp. e di circa il 40% di fertilizzanti distribuiti annualmente a tappeti erbosi di *Cynodon* spp. ibridi (Ronald e Duncan, 1996). Inoltre, richiede applicazioni minime di prodotti fitosanitari e possiede notevoli capacità di adattamento a condizioni estreme e molto differenziate (Turgeon, 2010), essendo in grado, ad esempio, di vivere su dune sabbiose e spiagge, dove è sottoposto all’azione dell’acqua marina e dell’aerosol. Tollera un ampio range di pH del suolo, da 3,6 a

10,2 (Duncan, 2000). Ha propagazione vegetativa con una rapida velocità di insediamento, ma esistono anche varietà da seme.

È specie perenne e forma un tappeto erboso di tessitura medio-fine con una buona densità e di colore verde glaucescente. Produce rizomi e stoloni, che consentono di ottenere una zolla robusta. La prefogliazione è conduplicata (fogliolina piegata lungo la nervatura mediana), la ligula è quasi nulla, membranosa (circa 0,5 mm) e la guaina, che abbraccia il culmo ha solitamente margini sovrapposti (Panella et al., 2000). Le auricole sono assenti e il collare è largo. La lamina è lunga da 3 a 8 mm, con punta arrotondata, il colore è verde glauco di tonalità più scura rispetto alla gramigna e presenta un aspetto più lucido, quasi cangiante, nella pagina inferiore (Brosnan e Deputy, 2008a).

Si comporta molto bene nelle aree calde e nelle zone di transizione, ma presenta una moderata tolleranza al freddo, leggermente inferiore in confronto alla gramigna. Rispetto a quest'ultima specie, è inoltre più tardivo nella ripresa vegetativa, come confermato da diversi studi svolti sia in zone litoranee che interne in Toscana (Volterrani et al., 2000; Pardini et al., 2002) e in provincia di Roma (Croce et al., 2001). Gli stessi studi pongono anche in rilievo il fatto che rispetto ad altre macroterme, *Paspalum vaginatum* presenta una miglior ritenzione della colorazione verde nel periodo autunnale, mantenendosi verde più a lungo e virando verso una colorazione tendente al marrone rossastro piuttosto che al giallo paglierino prevalente nelle cultivar di *Cynodon* spp. Questa colorazione scura, se da un lato potrebbe rappresentare uno svantaggio qualora venissero utilizzati dei coloranti per compensare la perdita del colore verde durante il periodo di dormienza, dall'altro è possibile che rappresenti un vantaggio di natura termica a favore delle specie traseminate nel periodo autunnale (Volterrani et al., 2000).

Per quanto riguarda la resistenza alle malattie, questa specie non appare molto suscettibile, anche in virtù del fatto che molte patologie non si diffondono su terreni con elevata salinità. Subisce però gli attacchi delle larve di vari insetti che in alcuni periodi si alimentano delle foglie e delle radici ma, maggiore è la salinità del sito, minore è l'attacco di tali fitofagi. Non sono stati segnalati danni da agenti fungini, se non molto sporadici. Danni occasionali sono causati da larve di lepidotteri piralidi, nottuidi e coleotteri curculionidi, oltre che da ninfe ed adulti di grillotalpa. L'ambiente salino concorre inoltre al controllo delle erbe infestanti che, ad ogni modo, una volta che il tappeto di *Paspalum* è completamente insediato, devono competere con la sua alta densità e con il taglio basso, che spesso ne impedisce lo sviluppo.

Una delle prime cultivar disponibili sul mercato internazionale è stata 'Adalayd' (o 'Excalibur') introdotta negli anni '70. In commercio esistono varie cultivar migliorate adatte a percorsi golfistici grazie alla loro tessitura estremamente fine, tra cui 'Salam', 'SeaDwarf' e due cultivar rilasciate dall'Università della Georgia 'Sea Isle' e 'Platinum' (Volterrani et al., 2012). *Paspalum vaginatum* viene impiantato prevalentemente per via agamica, ma da pochi anni sono disponibili due cultivar da seme 'Sea Spray' e 'Marina', con caratteristiche qualitative simili alle cultivar propagate vegetativamente. Sea Spray è caratterizzata da media tessitura, color verde brillante, alta densità. Questa cultivar può essere utilizzata nei campi da golf così come in tutti i tappeti erbosi ad uso sportivo, ma anche in tappeti erbosi a scenario. Recenti studi hanno dimostrato una maggior resistenza di questa cultivar al dollar spot rispetto alle altre (Brosnan e Deputy, 2008a).

Nella prova sperimentale, come già spiegato per le cultivar di *Cynodon dactylon*, è stato deciso di utilizzare cultivar da seme. Pertanto, la scelta è stata obbligata ed è ricaduta sulle varietà 'Sea Spray' e 'Marina'. Per quanto la scelta sia stata indirizzata dalle disponibilità di seme sul mercato, resta interessante effettuare un'analisi qualitativa su queste cultivar, sia perché uno studio approfondito potrebbe portare ad una maggiore conoscenza di queste varietà (per il momento poco note) e, di conseguenza, accrescerne la diffusione, sia perché l'uso di questa specie si va diffondendo sempre di più in ambienti ostili dal punto di vista pedoclimatico (substrati sabbiosi aridi e salsi), apportando indubbi vantaggi sia ecologici che economici.

3.3. *Zoysia* spp.

Italiano: **Zoysia**

Inglese: **Zoysiagrass**

Nel genere *Zoysia* ritroviamo specie adatte a climi tropicali, subtropicali e temperato caldi, che possono vivere in zone semiaride. Si tratta di specie native delle regioni dell'Asia orientale, distribuite naturalmente soprattutto nelle zone costiere del Sud-Est asiatico, in Australia, Tasmania e Nuova Zelanda. Il genere è costituito da 11 specie, ma solo cinque sono utilizzate per la realizzazione di tappeti erbosi nelle regioni a clima caldo-umido e temperato, delle quali particolarmente importanti sono *Zoysia japonica* Steudel, *Zoysia tenuifolia* Thiele e *Zoysia metrella* (L) Merrill. Il tappeto erboso, una volta insediato, è caratterizzato da un folto intreccio di stoloni e rizomi che formano un manto di colore verde brillante, simile a *Poa pratensis* se fertilizzato (Youngner e Kimball, 1962), con densità e compattezza, tali da creare forte competizione con le infestanti che non trovano lo spazio per germinare. Il completo insediamento però richiede molto tempo e spesso avviene nel corso del secondo anno dalla semina o dall'impianto; durante questo periodo è necessario effettuare periodici controlli contro le infestanti. La crescita molto lenta talvolta può causare la mancata capacità di recupero dopo un danno ma, d'altro canto, questa specie presenta una fortissima resistenza al calpestio (Youngner, 1961), anche prolungato, conferita dall'elevato contenuto in silice delle foglie. Se nel periodo estivo la colorazione è verde brillante, nel periodo invernale assume una colorazione giallo-oro e va in dormienza, per poi riassumere la colorazione tipica estiva quando aumenta la lunghezza del fotoperiodo. La ritenzione del colore nel periodo autunnale è piuttosto buona, ed è stato visto che può essere influenzata positivamente da fertilizzazioni azotate tardive (Volterrani et al., 2010). Mediamente, presenta una ripresa primaverile più precoce rispetto a *Cynodon dactylon* e *Paspalum vaginatum*, sebbene raggiunga la piena uniformità del colore primaverile più tardivamente (Pardini et al., 2002). Inoltre presenta una resistenza al freddo invernale molto più pronunciata delle altre macroterme, a condizione che le temperature durante il periodo estivo siano sufficientemente calde ed adeguatamente lunghe. Grazie a questa caratteristica *Zoysia* può essere coltivata con successo anche nelle regioni temperate, come ad esempio nell'Italia centrale e settentrionale, dove trattiene più a lungo il colore durante l'inverno rispetto a tutte le altre macroterme. Presenta una buona tolleranza alla salinità e si sviluppa in maniera ottimale su terreni ben drenati e con pH compreso fra 6 e 7,5, a

tessitura sia sabbiosa che limosa (Youngner and Kimball, 1962). La propagazione avviene prevalentemente per via vegetativa, sebbene in commercio esistano delle cultivar da seme la cui qualità però al momento è inferiore rispetto alle varietà da propagare agamicamente.

È una specie perenne con habitus stolonifero e rizomatoso. La prefogliazione è convoluta, la ligula è spesso costituita da una frangia di peluria (0,2 mm) e le auricole sono assenti. La lamina è liscia inferiormente, ma pelosa sulla parte superiore, in particolar modo alla base (Bertolini e Sinigaglia, 2011).

È il tappeto erboso ideale per lavori in cui si voglia o si debba limitare l'utilizzo del tosaerba, come lavori di verde pensile o scarpate, grazie alla lentezza della crescita del ricaccio. Può anche essere utilizzata per giardini, aree verdi e, le cultivar selezionate, per campi da golf. Il taglio però non deve essere rimandato troppo a lungo, in quanto queste specie tendono a creare uno spesso strato di feltro, che talvolta può far apparire il cotico simile ad un soffice materasso e farlo diventare a rischio di scalping (Brosnan e Deputy, 2008b). Il tappeto di *Zoysia* viene, infatti, sottoposto a verticutting periodicamente. Per quanto riguarda la gestione irrigua, una volta insediato, il tappeto è estremamente tollerante la siccità e le alte temperature, mentre l'esteso apparato radicale consente di effettuare l'irrigazione nel momento in cui vi è la necessità, quando cioè vi sono segni di perdita di turgore o lieve appassimento, consentendo un notevole risparmio idrico. Tra le differenti specie e cultivar esistono nette peculiarità sia fisiologiche che morfologiche.

Zoysia japonica (Japanese lawngrass o Zoysiagrass) è la specie più resistente alle basse temperature, ma detiene la peggiore tessitura fogliare e la densità è inferiore rispetto alle altre specie di *Zoysia*. È però la specie a più rapido accrescimento. La cultivar 'Meyer' è stata introdotta nel 1951, ciononostante è ancora molto diffusa e sviluppa un tappeto erboso molto denso, ma con apparato radicale piuttosto scarso e limitata capacità di evitare gli stress idrici (Volterrani et al., 2012). Nel 1986 viene introdotta la cultivar 'El Toro', selezionata in California, simile alla 'Meyer', ma circa tre volte più rapida nell'accrescimento, più tollerante la siccità e l'ombreggiamento e meno incline alla produzione di feltro (Brosnan e Deputy, 2008b). Nel 1990 vengono introdotte 'DeAnza' e 'Victoria' (Gibeault, 2003), caratterizzate da una maggiore ritenzione invernale del colore. Le uniche due cultivar da seme esistenti in commercio appartengono a questa specie. 'Zenith' è una cultivar a media tessitura, con colorazione verde scura, simile alla cv. 'Meyer' ma più resistente agli agenti patogeni del brown patch (*Rhizoctonia solani*) e dollar spot (*Sclerotinia homeocarpa*), sebbene leggermente meno densa. L'altra cultivar da seme 'Compadre' è simile alla 'Zenith' per colore, densità e vigore del seme.

Zoysia matrella (Manilagrass) ha una colorazione generalmente verde scura e tessitura delle foglie molto fine. Tra le cultivar troviamo 'Diamond', rilasciata nel 1996, con tessitura fine, verde scuro e densità elevata, estremamente tollerante l'ombreggiamento e i tagli bassi; 'Zeon', sempre del 1996, simile alla cultivar 'Diamond', ma più rapida nell'insediamento; 'Zorro', rilasciata nel 2001, a rapido accrescimento e buone capacità di recupero.

Zoysia tenuifolia (Templegrass, Koreangrass, o Velvetgrass) è la specie a tessitura più fine, densità maggiore e crescita più lenta di tutte le zoisie. Generalmente non viene utilizzata in giardini che subiscono utilizzazione, ma piuttosto è usata come specie decorativa, spesso in giardini orientali.

L'ibrido interspecifico *Zoysia japonica x tenuifolia* cv. 'Emerald' è stato rilasciato nel 1955 con l'intento di combinare colore, tessitura e densità di *Z. tenuifolia*, con la resistenza al freddo e la rapidità di insediamento di *Z. japonica*. 'Emerald' ha tessitura fine, colorazione scura, ottimo aspetto estetico e tassi di crescita maggiori rispetto a tutte le cv di *Z. matrella*, ma la sua resistenza al freddo è comunque inferiore a quella di *Z. japonica*.

Nella prova sperimentale sono state utilizzate le uniche due cultivar da seme esistenti al momento sul mercato, *Z. japonica* cv. 'Zenith' e cv. 'Compadre'.

PARTE SPERIMENTALE

4. MATERIALI E METODI

4.1. Scopo del progetto

Il progetto di ricerca ha avuto come scopo principale quello di effettuare una valutazione globale di tappeti erbosi creati mediante l'impiego di specie graminacee macroterme, in termini di adattabilità a situazioni ambientali diverse da quelle di origine e diffusione. L'intento è stato quello di introdurre al limite dell'areale climatico mediterraneo e valutarne il possibile impiego per scopi ricreativi ed ornamentali in una zona in Provincia di Arezzo dove l'escursione termica tra estate e inverno è piuttosto accentuata. Il progetto ha mirato inoltre allo studio delle performance di alcune cultivar sottoposte a gestione con input differenziati e ridotti. In particolare l'attenzione è stata volta all'esame degli effetti della fertilizzazione e dell'irrigazione sull'efficienza di due specie macroterme.

Il progetto è stato articolato sulle seguenti due linee di ricerca:

1. Confronto di materiale vegetale per la costituzione di tappeti erbosi a base di graminacee macroterme;
2. Confronto di irrigazione e fertilizzazione sulla funzionalità di tappeti erbosi di graminacee macroterme.

La prima linea ha previsto la creazione di prove sperimentali di confronto tra diverse specie di graminacee macroterme. Dall'analisi della letteratura esistente è stato possibile individuare le specie più adatte per il nostro territorio (Volterrani et al., 2004a). La scelta, come già accennato, è ricaduta su cultivar appartenenti alle seguenti tre specie: *Cynodon dactylon*, *Paspalum vaginatum* e *Zoysia japonica*. Nella prova di confronto (denominata campo catalogo) sono state seminate 3 varietà di *Cynodon dactylon*, 2 varietà di *Paspalum vaginatum* e 2 varietà di *Zoysia japonica*. All'interno del campo catalogo si è ritenuto opportuno inserire anche una graminacea microterma, ampiamente utilizzata negli ambienti di prova, come materiale vegetale testimone della gestione ordinaria. La scelta è ricaduta su *Lolium perenne*. L'intera prova di confronto varietale è stata replicata in due diversi siti sperimentali. La valutazione delle cultivar è stata condotta analizzando a cadenze periodiche alcuni parametri in grado di valutare l'efficienza e le performance qualitative dei tappeti erbosi.

La seconda linea ha previsto la valutazione della funzionalità di tappeti erbosi costituiti da due delle specie scelte tra le essenze graminacee macroterme oggetto di indagine della linea di ricerca 1, in funzione di apporti differenziati di acqua di irrigazione e fertilizzanti. È stato quindi previsto l'allestimento di un'area sperimentale (denominata campo tecniche) e lo studio di 2 specie sottoposte a 3 diversi livelli di fertilizzazione e 3 diversi livelli di irrigazione (disegno sperimentale a split-split plot).

L'attività di ricerca si inserisce nell'ambito di un progetto finanziato dal MiPAF "Gestione ed impatto ambientale di tappeti erbosi a base di graminacee macroterme: Progetto MACROTURF". Il progetto nasce anche grazie ad iniziative e normative emanate da diversi Enti locali e relative sia alla programmazione territoriale che allo sviluppo nel settore agricolo. Vengono pertanto richiamate di seguito alcune direttive di riferimento della Regione Toscana e della Provincia di Arezzo, nella quale si sono articolate le attività sperimentali. Il PSR (2007-2013) della Regione Toscana individua azioni prioritarie che sono state prese in esame durante la stesura della proposta progettuale. Fra tutte si ricorda le azioni volte al miglioramento dell'impatto ambientale (nel comparto vivaistico), da effettuarsi con l'utilizzazione di sistemi a risparmio idrico e incentivando processi produttivi a basso impatto ambientale. Il PLSR della Provincia di Arezzo, coerente con le indicazioni di cui al DD 1489/08 e con gli obiettivi del PSR Regione Toscana 2007/2013, distinguendo tra obiettivi prioritari (OP) e obiettivi specifici (OS) promuove l'ammodernamento e l'innovazione delle imprese, lo sviluppo delle aziende sul territorio e sui mercati mediante la diffusione dell'innovazione. Altro importante obiettivo, oltre al miglioramento della capacità professionale ed imprenditoriale degli addetti al settore agricolo, risulta essere la conservazione del territorio e la tutela quantitativa e qualitativa delle risorse idriche superficiali e profonde. In breve gli obiettivi prioritari del PSR della Regione Toscana e del PLSR della Provincia di Arezzo vedono il progetto Macroturf perfettamente coerente avendo questo a sua volta come obiettivi prioritari:

- a) La tutela dell'ambiente ed il risparmio idrico
- b) La riduzione dell'inquinamento
- c) Il miglioramento delle tecniche colturali
- d) La innovazione di prodotto
- e) La diffusione delle risultanze della ricerca.

Il progetto ha previsto il coinvolgimento del Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, del Suolo e dell'Ambiente Agroforestale (DiPSA), Università degli Studi di Firenze e l'azienda Green Grass di Arezzo, proponente del progetto, che si è incaricata della realizzazione operativa e della gestione dei dispositivi sperimentali nei siti di indagine.

4.2. Descrizione dei siti sperimentali

Le prove sperimentali del Progetto Macroturf hanno avuto inizio nella tarda primavera del 2011 in due stazioni sperimentali in provincia di Arezzo. Alcune prove sono state ubicate presso Marciano della Chiana, dove è stato realizzato uno dei due campi catalogo (CC1) per il confronto varietale e il campo tecniche (CT) per il confronto tra tecniche di gestione. L'altra sperimentazione di confronto varietale (CC2) è stata realizzata in località Antria. Tutte le semine sono state eseguite su terreno naturale. In Tabella 4.1. sono riportate le caratteristiche fisico-chimiche del suolo presso le due località.

Tabella 4.1. Caratteristiche fisico-chimiche del suolo nei due siti sperimentali.

Parametro	Unità di misura	Antria	Marciano
Granulometria			
Sabbia	%	16,4	32,1
Limo	%	54,1	20,3
Argilla	%	29,5	47,6
Classe tessiturale USDA	-	FLA	A
Parametri chimici			
pH	-	7,0	7,5
CaCO ₃ totale	%	1,7	2,0
CSC	meq/100 g	15,8	30,2
N totale	g/kg	0,75	0,85
P	mg/kg	16	11
K	mg/kg	145	136

La scelta di portare avanti la sperimentazione su suolo naturale è innovativa in quanto generalmente i tappeti erbosi vengono realizzati su suoli con forti caratteristiche di artificialità; inoltre, a rendere lo studio particolarmente interessante, ha contribuito il fatto che il suolo, soprattutto presso Marciano della Chiana, presentava dei parametri chimico-fisici poco favorevoli alla realizzazione di tappeti erbosi, come ad esempio una tessitura prevalentemente argillosa e una media-scarso dotazione di elementi nutritivi. La decisione di non modificare i parametri del suolo con apporti di ammendanti e sabbia è stata maturata insieme alla consapevolezza dello scopo della ricerca; la finalità dello studio, come già sottolineato, è stata quella di valutare le performance di alcune specie per costituire tappeti erbosi ornamentali e ricreativi, mentre la maggior parte delle ricerche presenti in letteratura si orienta su analisi per applicazioni di tipo sportivo su substrati artificiali.

Per la stazione di Marciano, inoltre, sono state calcolate anche le costanti idrologiche (Tabella 4.2.) necessarie per una corretta gestione dell'irrigazione nell'ambito della linea 2.

Tabella 4.2. Costanti idrologiche del suolo a Marciano della Chiana.

Parametro	Unità di misura	Marciano
Costanti idrologiche		
Capacità di campo (FC)	% vol.	41,1
Punto appassimento (WP)	% vol.	28,6
Acqua disponibile (AW)	% vol.	12

L'attività di monitoraggio ha avuto una durata di due stagioni vegetative. I rilievi sono iniziati in tarda primavera 2011, al momento della completa affermazione dei tappeti erbosi, e sono proseguiti fino alla fine della stagione vegetativa, che è avvenuta all'incirca a metà novembre. L'anno successivo, la raccolta di dati è ricominciata alla ripresa vegetativa e si è protratta fino alla nuova entrata in dormienza invernale.

Entrambi i siti, grazie alla presenza di stazioni meteorologiche nei paraggi, sono stati caratterizzati nel dettaglio per quanto riguarda l'andamento termo pluviometrico nel periodo di osservazione. I dati climatici raccolti sono stati posti in relazione con le medie storiche dei vari parametri. In Tabella 4.3. sono riportati i dati termo-pluviometrici storici della stazione di Arezzo aeroporto (per il sito di Antria) e di Cesa Collina (per il sito di Marciano della Chiana). Dai dati emerge che si tratta di due aree con una discreta piovosità media, distribuita soprattutto nel periodo autunnale e invernale, e con temperature medie dei mesi freddi piuttosto basse. Per la località di Antria la temperatura media annuale risulta più bassa (circa un grado °C) rispetto alla zona di Marciano della Chiana.

Tabella 4.3. Dati termo-pluviometrici medi mensili ed annuali per le due stazioni sperimentali (2002-2010).

Mese	Arezzo (Antria)		Cesa collina (Marciano)	
	Temp. media (°C)	Pioggia (mm)	Temp. media (°C)	Pioggia (mm)
Gen	4,6	46,6	4,8	68,5
Feb	5,6	51,3	5,4	56,6
Mar	8,1	58,7	8,6	55,6
Apr	10,8	75,5	12,8	64,8
Mag	15,4	72,8	17,1	57,3
Giu	18,9	56,9	21,0	50,3
Lug	22,0	41,2	23,8	28,4
Ago	22,2	44,7	23,0	50,8
Set	18,3	81,1	18,7	80,1
Ott	13,5	95,5	14,4	81,8
Nov	8,2	106,6	9,7	120,2
Dic	5,3	70,6	5,8	102,3
Anno	12,7	801,5	13,8	816,7

4.3. Linea 1: Realizzazione della prova di confronto varietale

Per la realizzazione dei campi catalogo, il materiale messo a confronto ha interessato, come già detto, 3 specie macroterme (*Cynodon dactylon*, *Paspalum vaginatum*, e *Zoysia japonica*) per un totale di 7 varietà e una varietà di una specie microterma (*Lolium perenne*) come confronto. In Tabella 4.4. è riportato nel dettaglio il materiale vegetale utilizzato.

Tabella 4.4. Specie e cultivar utilizzate nella sperimentazione di confronto varietale.

Species/cultivars

L. perenne Kokomo
C. dactylon Black Jack
C. dactylon Casinò Royale
C. dactylon La Paloma
P. vaginatum Marina
P. vaginatum Sea Spray
Z. japonica Compadre
Z. japonica Zenith

In ogni campo le 8 tesi sono state replicate 3 volte per un totale di 24 parcelle (2x3 metri con superficie pari a 6 m²) secondo il disegno sperimentale dei blocchi completamente randomizzati, con una distribuzione delle parcelle all'interno del campo sperimentale uguale in entrambe le località.

La semina è avvenuta il 18 maggio 2011 per la località di Marciano e il 10 giugno 2011 per la località di Antria. La dose di semina è stata di 25 g/m², come mediamente suggerito per le specie macroterme (Panella et al., 2000). A causa di un evento piovoso di notevole intensità che si è verificato nel sito sperimentale di Marciano subito dopo la semina, è stato necessario eseguire un infittimento per colmare le fallanze presenti in alcune parcelle. La semina è stata eseguita a spaglio manuale su tutte le parcelle e seguita da una rullatura manuale (Immagine 4.1.) per far sì che il seme entrasse maggiormente in contatto con il terreno.

Immagine 4.1. Rullatura manuale



La gestione agronomica della prova, per entrambi i siti, ha previsto, per la stagione vegetativa 2011, la fertilizzazione con una concimazione standard effettuata in 4 interventi (apporto totale 327, 120 e 81 kg ha⁻¹ di NPK), irrigazioni che prevedevano il ripristino del 100% dell'ETP, lo sfalcio periodico delle parcelle a 3 cm e un trattamento con glyphosate durante il periodo di dormienza. Nella stagione vegetativa 2012 si è reso necessario un intervento di pulizia manuale ed un diserbo contro specie dicotiledoni. Le fertilizzazioni con concime standard sono state distribuite in 5 interventi (apporto totale 310, 50 e 81 kg ha⁻¹ di NPK) e da maggio a ottobre sono stati effettuati gli sfalci, con una frequenza variabile in funzione della crescita dell'erba. La prova ha avuto termine alla fine della seconda stagione vegetativa che è avvenuta nel mese di novembre.

4.4. Linea 2: Realizzazione della prova di confronto tra tecniche di gestione

Le attività della linea 2 sono state condotte nella località di Marciano della Chiana su terreni attigui a quelli dove era in atto la prova presentata nell'ambito della linea 1 e quindi ad essa si rimanda per le caratteristiche pedo-climatiche (Tabella 4.1. e Tabella 4.2.). Per la prova di confronto tra tecniche di gestione è stato deciso di porre sotto analisi due delle specie che abbiamo considerato più meritevoli di approfondimenti: *Cynodon dactylon* (cv. La Paloma) e *Paspalum vaginatum* (cv. Sea Spray) che sono state sottoposte a tre livelli differenziati sia di irrigazione che di fertilizzazione. In particolare, i livelli di irrigazione messi a confronto hanno previsto la restituzione di 3 diverse percentuali dell'evapotraspirazione della coltura (ETc) calcolata per l'area di prova: 100% (I1), 75% (I2) e 50% (I3) dell'ETc. L'irrigazione è stata distribuita per mezzo di irrigatori comandati da elettrovalvole le quali hanno consentito di impostare la durata dell'adacquamento e il numero di interventi per ogni giorno in maniera

diversificata; nei giorni piovosi uno speciale sensore ha permesso di interrompere l'irrigazione superata la soglia di 2 mm di pioggia. L'ETc è stata calcolata a partire dal calcolo dell'evapotraspirazione potenziale della coltura di riferimento (ET₀), ottenuta utilizzando la formula di Hargreaves-Samani (1982) che prevede l'impiego di temperature medie e di radiazione giornaliera come dati di input.

$$ET_0 = 0.0023 Ra (T+17.8) \sqrt{\Delta T}$$

dove:

Ra= radiazione extraterrestre (MJ m⁻² d⁻¹)

T= temperatura media dell'aria (°C)

ΔT = differenza tra temperatura massima e minima (medie) nel periodo (°C)

Questa formula è stata ricalibrata sulla base di un lavoro pregresso realizzato proprio nell'area di sperimentazione sulla base della formula Penman-Monteith (Ghinassi et al., 2010). La scelta di non utilizzare quest'ultima formula è stata dovuta al fatto che le stazioni meteorologiche non fornivano tutti i valori di cui avremmo avuto bisogno per applicarla, per tanto è stato deciso di impiegare la Hargreaves-Samani moltiplicando tutti i valori in uscita per un coefficiente di calibrazione. La possibilità di avere i dati meteorologici provenienti da una stazione posta a ridosso del campo sperimentale e consultabili in tempo reale ha permesso di ottenere i valori di ET₀ su base giornaliera e di adeguare i parametri irrigui di conseguenza, tenendo presente che l'efficienza stimata del sistema di irrigazione era del 75%. È necessario inoltre ricordare che, dalla formula di Hargreaves-Samani si ottiene un valore di ET₀ che si riferisce all'altezza della massa d'acqua evaporata e traspirata da un prato standard in cui non si considera l'incidenza dei fattori agronomici, biologici, pedologici e di una parte dei fattori climatici. Di conseguenza, per poter applicare la formula al caso pratico, è stato necessario calcolare l'ETc del tappeto di macroterme. Dalla letteratura è emerso che mediamente le macroterme hanno un'evapotraspirazione minore di circa il 20% rispetto alle microterme, di conseguenza il fattore di correzione (Kc) più adeguato è risultato essere 0,8.

Per quanto riguarda la fertilizzazione è stato deciso di prendere un livello base (F1) o standard, in linea con la somministrazione che viene ordinariamente erogata nell'area oggetto di studio a tappeti erbosi in simili condizioni, un livello con una maggiorazione dell'azoto erogato durante la stagione vegetativa (F2) ed un terzo livello contenente una maggiorazione del potassio (F3). In Tabella 4.5. sono presentati i dettagli degli interventi di concimazione, epoche, titoli e quantità per il primo anno di sperimentazione e in Tabella 4.6. i dettagli relativi al secondo anno di indagine.

Tabella 4.5. Titoli, quantità ed epoche di applicazione delle concimazioni (2011).

	Data di concimazione	Prodotto	Dose g/m ²	Unità (kg ha ⁻¹)		
				N	P	K
F1 (Standard)	18/5/2011	16-25-12	30	48	75	36
	25/7/2011	31-5-5	30	93	15	15
	27/8/2011	31-5-5	30	93	15	15
	19/9/2011	31-5-5	30	93	15	15
	<i>Totale</i>			327	120	81
F2 (Azoto +20%)	18/5/2011	16-25-12	30	48	75	36
	25/7/2011	31-5-5	30	93	15	15
	27/8/2011	31-5-5	40	124	20	20
	19/9/2011	31-5-5	40	124	20	20
	<i>Totale</i>			389	130	91
F3 (Potassio +35%)	18/5/2011	16-25-12	30	48	75	36
	25/7/2011	31-5-5	30	93	15	15
	27/8/2011	22-5-9	40	88	20	36
	19/9/2011	22-5-9	40	88	20	36
	<i>Totale</i>			317	130	123

Al primo anno la maggiorazione di azoto è stata di circa il 20% rispetto ad F1 e quella di potassio di circa il 35%. Al secondo anno, tuttavia, è stato deciso di aumentare la percentuale di entrambe le fertilizzazioni, raggiungendo il 25% per quanto riguarda l'azoto e il 113% nel caso del potassio, in modo da valutare meglio eventuali effetti sulla vegetazione. Come si può notare, le quantità di fosforo sono state drasticamente ridotte dal primo al secondo anno, e questo perché questo elemento è particolarmente importante al momento della semina e della germinazione (Bruneau et al., 2004). Gli interventi di concimazione sono stati eseguiti con formulati a lenta cessione, scelta fatta al fine di mantenere elevate la produttività e la qualità del tappeto (Altissimo et al., 2008) ma, contemporaneamente, riducendo il rischio delle perdite per dilavamento e senza dover ricorrere a quantitativi troppo frazionati (Volterrani et al., 1999; Piccarolo, 2000; Quiroga-Garza et al., 2001). Mantenere elevata la produttività da una parte può comportare un aumento dei costi per la necessità di tagli frequenti, ma è vero però che nel nostro caso la finalità della superficie erbosa è ricreativa ed ornamentale e generalmente queste aree non richiedono un'altezza dell'erba eccessivamente bassa, a differenza delle superfici destinate alla pratica sportiva. Inoltre, ai fini della sperimentazione, era importante poter valutare la produttività, indice di buona salute, di queste specie nei nostri ambienti, dato che è

auspicabile che i risultati possano servire per itinerari tecnici anche diversi da quello studiato in questo ambito.

Tabella 4.6. Titoli, quantità ed epoche di applicazione delle concimazioni (2012).

	Data di concimazione	Prodotto	Dose g/m ²	Unità (kg ha ⁻¹)		
				N	P	K
F1 (Standard)	7/5/2012	31-5-5	20	62	10	10
	12/6/2012	31-5-5	20	62	10	10
	2/8/2012	31-5-5	20	62	10	10
	5/9/2012	31-5-5	20	62	10	10
	25/9/2012	31-5-5	20	62	10	10
	Totale				310	50
F2 (Azoto +25%)	7/5/2012	31-5-5	25	77,5	12,5	12,5
	12/6/2012	31-5-5	25	77,5	12,5	12,5
	2/8/2012	31-5-5	25	77,5	12,5	12,5
	5/9/2012	31-5-5	25	77,5	12,5	12,5
	25/9/2012	Nitr. Amm. (26)	30	78	0	0
	Totale				388	50
F3 (Potassio +113%)	7/5/2012	31-5-5	20	62	10	10
	12/6/2012	22-5-9	27,5	60,5	13,75	24,75
	2/8/2012	22-5-9	27,5	60,5	13,75	24,75
	5/9/2012	22-5-9	27,5	60,5	13,75	24,75
	25/9/2012	15-0-22	10	15	0	22
	25 settembre	Nitr. Amm. (26)	20	52	0	0
	Totale				311	51

I trattamenti diversificanti di irrigazione e di fertilizzazione sono stati adottati solo a completo insediamento delle parcelle (Cereti et al., 2009), cosa che è avvenuta durante il mese di agosto del primo anno.

Il disegno sperimentale scelto è stato quello a split-split-plot con 3 repliche, per un totale di 54 parcelle elementari di 15 m² (3x5m). Il fattore principale è stato l'irrigazione, quello secondario la fertilizzazione e la parcella elementare è stata rappresentata dalla specie. Durante la stagione

vegetativa le parcelle sono state periodicamente sfalciate ad un'altezza di 3,0 cm, per un totale di 5 sfalci nel corso del 2011 e di 8 nel 2012.

4.5. Rilievi eseguiti e protocolli sperimentali.

L'attività di monitoraggio e di raccolta dati ha avuto inizio dopo il completo insediamento delle specie e ha previsto una serie di rilievi eseguiti con una cadenza variabile a seconda del tipo di sperimentazione e del parametro investigato.

Un'eccezione a quanto appena detto è stata rappresentata dalla stima della rapidità di emergenza per le varie cultivar oggetto di studio, che è stata rivelava solo una volta dopo 10 giorni dalla semina nei campi catalogo. La precocità di emergenza delle varietà seminate è stata determinata mediante il conteggio del numero di piantine germinate su un quadrato di 20x20 cm per ogni parcella (Immagine 4.2.). Il quadrato metallico di area nota è stato lanciato 5 volte in maniera casuale su ciascuna parcella, ad ogni lancio sono state contate le plantule e successivamente si è determinato il numero medio per tesi.

Immagine 4.2. Rilievo dell'emergenza



Escludendo l'analisi dell'emergenza, tutti gli altri parametri sono stati rilevati solo dopo il completo insediamento delle parcelle. I rilievi sono stati volti a caratterizzare le diverse specie dal punto di vista dell'efficienza e della qualità del tappeto erboso. Dalla letteratura emergono una serie di parametri oggetto di studio per determinare le caratteristiche quali-quantitative di tappeti erbosi a scopo ricreativo, ornamentale e sportivo. Per tanto, nel corso del monitoraggio, i parametri presi in considerazione sono stati i seguenti:

- Aspetto estetico globale (AEG): è un indice sintetico che racchiude i principali parametri qualitativi (colore, tessitura, ricoprimento specifico, densità, infestazione) ed è influenzato dal valore estetico e dall'omogeneità della parcella. Generalmente più sono elevati i valori attribuiti ai vari parametri, più è elevato il valore dell'AEG del tappeto erboso. Nel corso delle due stagioni di rilievo questo indice è stato stimato mediante valutazione visiva assegnando un punteggio variabile da 1 (pessima qualità) a 9 (elevata qualità) (Piano, 2005), dove 6 ha rappresentato il valore di sufficienza (Bigelow et al., 2008). Altri ricercatori hanno considerato come valore minimo accettabile il valore 5 (Horgan et al., 2012) per esempio per situazioni gestite con basso apporto di input.
- Colore: si valuta considerando sia l'intensità che la tonalità del colore del tappeto erboso. Nonostante esista una metodologia che comporta l'uso di speciali colorimetri realizzati dalla Royal Horticultural Society, che fornisce una classificazione del colore grazie al confronto dell'erba con bande cartacee di diversa tonalità ed intensità di colore, anche in questo caso abbiamo deciso di utilizzare il metodo di stima visiva. Dalla letteratura esaminata, infatti, è apparso che questo metodo è quello di gran lunga più utilizzato per i tappeti erbosi (Bullitta et al., 2005; Piano, 2005) anche in ambito internazionale (Kir et al., 2010). Il colore è stato valutato quindi mediante una stima visiva con una scala da 1 (minimo per giallo paglierino) a 9 (massimo per verde scuro brillante).
- Tessitura: si riferisce alla larghezza della lamina fogliare in millimetri. Più la foglia è stretta e più elevata è la tessitura. La valutazione è avvenuta tramite una stima visiva e l'attribuzione di un punteggio da 1 (minimo) a 9 (massimo). Inoltre, è stato deciso di effettuare un'analisi aggiuntiva mediante campionamento di un determinato numero di foglie per parcella per misurare la reale larghezza della lamina fogliare. Talvolta, infatti, a causa del diverso tipo di prefogliazione, la tessitura può essere oggetto di sovra o sotto stime se il parametro viene rilevato solo attraverso stima visiva. Per ogni stagione vegetativa, pertanto, sono state raccolte casualmente su ogni parcella 15 foglie (ultima foglia completamente espansa ad un centimetro dalla ligula) subito prima del taglio e ne è stata misurata la larghezza con un calibro. Le misure rilevate sono state poi mediate ottenendo un unico valore per ogni parcella, valore che poi è stato confrontato con quello attribuito nello stesso giorno tramite stima visiva, mediante l'analisi di correlazione.
- Densità: si riferisce alla fittezza della parcella e in generale è espressa come numero di steli/stoloni per decimetro quadrato, e rilevata prendendo delle carote di tappeto erboso. Durante il lavoro è stata stimata visivamente attribuendogli un punteggio da un minimo di 1 a un massimo di 9, in accordo con Leto et al. (2004).
- Ricoprimento: questo parametro è stato valutato mediante stima visiva della percentuale di copertura da parte dell'erba sul totale della parcella (al lordo delle infestanti).

- Presenza di infestanti: la presenza di infestanti è stata rilevata mediante la stima visiva della percentuale di specie non seminate presenti nella parcella (il valore del ricoprimento sottratte le infestanti dà l'effettiva copertura delle specie seminate).
- Accrescimento: è stato rilevato attraverso la misura dell'altezza della vegetazione prima di ogni taglio ed è stato verificato solo nelle parcelle del campo di confronto tecniche a partire dal secondo anno di sperimentazione. Rappresenta un carattere di interesse quando si intende valutare l'idoneità di una varietà a impieghi in tappeti a media-bassa intensità di gestione. Lo strumento utilizzato per questo tipo di misurazione chiamato erbometro, è composto da un'asta graduata sulla quale scorre un piatto costituito da materiale plastico molto leggero. Questo strumento viene utilizzato semplicemente appoggiando l'asta verticalmente sul terreno, il piatto rimanendo sollevato sull'erba indica l'altezza dello stesso cotico erboso.

Visto il metodo di valutazione delle coperture erbose, quasi esclusivamente basato su stime visive, i rilievi sono stati effettuati sempre in gruppo, di 3-4 persone, in modo da dare un giudizio alle coperture erbacee che fosse il più oggettivo possibile, attribuendo un giusto peso per ogni caratteristica valutata e facendo emergere le differenze di adattamento riscontrate.

Per quanto riguarda gli intervalli di rilievo è stato deciso di prendere come riferimento alcuni studi analoghi su specie da tappeto erboso. Da uno studio sul comportamento di alcune specie da tappeto erboso (Pardini et al., 2002) emerge che l'intervallo di tempo tra due rilevazioni utilizzato per la determinazione del colore e dell'aspetto estetico globale è quello bisettimanale, mentre per la misurazione dell'altezza dell'erba è settimanale. Stesso intervallo per l'altezza viene suggerito anche da Cereti et al. (2009). Da uno studio di Marchione (2003) circa l'analisi di caratteri estetici di diverse varietà di *Cynodon*, ritroviamo lo stesso intervallo suggerito precedentemente per quanto riguarda l'altezza dell'erba, ma intervalli più ampi per colore e aspetto estetico globale. Intervalli di rilievo mensili sono suggeriti da Volterrani et al. (1999) in uno studio sugli effetti della concimazione organica su tappeto erboso di loietto. Nel nostro caso, considerato l'alto tasso di crescita delle specie macroterme durante il periodo estivo, è stato deciso, per quanto riguarda l'accrescimento, di misurare l'altezza ogni 7 giorni (solo nel campo tecniche e durante il secondo anno), così da poter valutare se e in che misura questo parametro subisce l'influenza dei diversi livelli di concimazione e irrigazione.

I parametri (colore, aspetto estetico globale, tessitura, ricoprimento specifico e presenza di infestanti) sono stati rilevati su tutte le parcelle ad intervalli bisettimanali. Successivamente, per ogni carattere valutato, sono stati mediati i punteggi attribuiti a ogni parcella, secondo la varietà e la stagione, ottenendo così, per ogni specie/varietà, cinque valori, da ricondurre rispettivamente alle cinque stagioni vegetative dei due anni di prova: estate e autunno 2011; primavera, estate e autunno 2012. Sono state quindi analizzate le medie stagionali dei punteggi rilevati per ogni varietà per quel carattere.

In Tabella 4.7. sono riportati i protocolli definitivi adottati per le diverse prove sperimentali condotte.

Tabella 4.7. Parametri rilevati e intervallo di rilievo per i vari campi sperimentali

Parametro	Intervallo di rilievo in giorni		
	CC Antria	CC Marciano	CT Marciano
Emergenza	1 volta	1 volta	-
AEG	15	15	15
Colore	15	15	15
Densità	15	15	15
Tessitura stima visiva	15	15	15
Tessitura raccolta foglie	1 volta	-	-
Copertura (%)	15	15	15
Infestanti (%)	15	15	15
Altezza/accrescimento	-	-	7

Oltre ai parametri elencati finora, un'altra analisi che è stata portata avanti ha previsto la valutazione della durata dell'attività vegetativa per le specie macroterme. Per queste specie è infatti importante poter valutare, in termini temporali, la lunghezza del periodo di dormienza, dato che corrisponde al periodo di perdita di colorazione verde.

Per determinare la data di entrata in dormienza, per gli anni 2011 e 2012, è stato deciso di far coincidere la data della fine del periodo vegetativo con quella in cui il colore delle parcelle aveva assunto un valore medio pari a 2.

In primavera, durante i primi rilievi al momento della ripresa dell'attività vegetativa, per gli anni 2012 e 2013 sono stati attribuiti dei punteggi alle parcelle variabili da 0 a 3, a seconda dello stadio fisiologico in cui le specie si incontravano:

- 0 nessuna attività vegetativa
- 1 per parcella ancora secca ma con visibili prime gemme verdi,
- 2 per presenza di foglioline,
- 3 per stato di piena attività vegetativa.

In questo modo è stato possibile controllare per ogni specie l'inizio della ripresa vegetativa che è stata assunta al momento del raggiungimento del valore di 1 da parte di tutte le parcelle della stessa specie.

Considerando quanto detto, è stato possibile individuare la durata del periodo vegetativo e del periodo secco di dormienza invernale.

5. RISULTATI

5.1. Andamento termo-pluviometrico negli anni di prova

I dati termo-pluviometrici dei due anni di prova, sono stati analizzati secondo il diagramma di Walter e Lieth. In Figura 5.1.a e 5.1.b sono riportati i diagrammi relativi alla stazione di Arezzo aeroporto (per il sito di Antria) e in Figura 5.2.a e 5.2.b quelli relativi alla stazione di Cesa Collina (per il sito di Marciano della Chiana). Ogni diagramma riporta sull'ascissa i mesi dell'anno, sull'ordinata di sinistra le precipitazioni medie mensili del periodo di riferimento e a destra le temperature medie mensili. I valori delle temperature sono riportati a scala doppia rispetto a quelli di precipitazioni ($1^{\circ}\text{C} = 2 \text{ mm}$). Quando i valori mensili delle precipitazioni superano i 100 mm la piovosità viene rappresentata in blu e a scala dieci volte più piccola di quella precedentemente adottata per le precipitazioni mensili minori di 100 mm. Così elaborato, il diagramma consente il confronto grafico fra il regime termico e quello pluviometrico annuale; quando la curva delle precipitazioni scende sotto quella della temperature medie ($P < 2T$) il periodo interessato deve considerarsi arido.

Come si può constatare, osservando i grafici, i periodi estivi dei due anni di prova sono stati entrambi molto caldi e siccitosi. Le temperature medie annuali sono state leggermente più alte in entrambi gli anni (di circa 1°C per quanto riguarda il sito di Antria e di circa $0,5^{\circ}\text{C}$ per quanto riguarda il sito di Marciano della Chiana) rispetto alle medie climatiche del periodo 2002-2010.

Il 2011 in particolare, è stato eccezionalmente arido fino ad autunno inoltrato, presentando precipitazioni eccezionalmente al di sotto delle medie, pari a 500 mm ad Arezzo e 520 mm a Cesa Collina, rispetto agli 800 mm di media. Durante il mese di agosto è stata registrata la maggiore siccità (0 mm a Cesa Collina; 0,6 mm ad Arezzo) e picchi termici superiori a 38°C . Anche nel periodo autunnale, in particolare nel mese di novembre, si è assistito ad un lungo periodo di assenza di precipitazioni. Le temperature medie registrate ad Arezzo durante il periodo primaverile-estivo e autunnale hanno evidenziato scarti positivi rispetto alla media climatica; mentre si sono mantenute nei range delle medie storiche quelle di Cesa Collina ad eccezione dei mesi di agosto e settembre. In particolare il mese di settembre è stato contraddistinto da valori di scarto superiori ai 3°C .

I diagrammi, riportando le temperature medie mensili, non possono mettere in evidenza i picchi termici. A tal proposito, considerato che le specie utilizzate per la sperimentazione sopportano bene le alte temperature ma possono essere danneggiate da periodi con freddo intenso, è bene sottolineare quali sono state le temperature minime fatte registrare in entrambi i siti. Dalle stazioni meteorologiche risulta che per la località Antria il minimo registrato sia stato -9°C durante il mese di febbraio 2012, mentre per Marciano della Chiana -7°C , sempre nel corso dello stesso mese. Nonostante queste temperature si siano verificate nel momento di piena dormienza da parte delle specie macroterme, alcuni episodi, particolarmente rigidi, potrebbero aver influito negativamente su alcune di esse. La letteratura, ad esempio, riporta possibili danneggiamenti per *Paspalum vaginatum* già a partire da temperature pari a -7°C , con esiti tal

volta letali intorno ai -10°C (Tesi, 2012), e il danneggiamento è direttamente proporzionale alla durata delle basse temperature.

Figura 5.1.a Rappresentazione dell'andamento climatico del primo anno di prova (2011), stazione termo-pluviometrica di Arezzo aeroporto (per il sito di Antria).

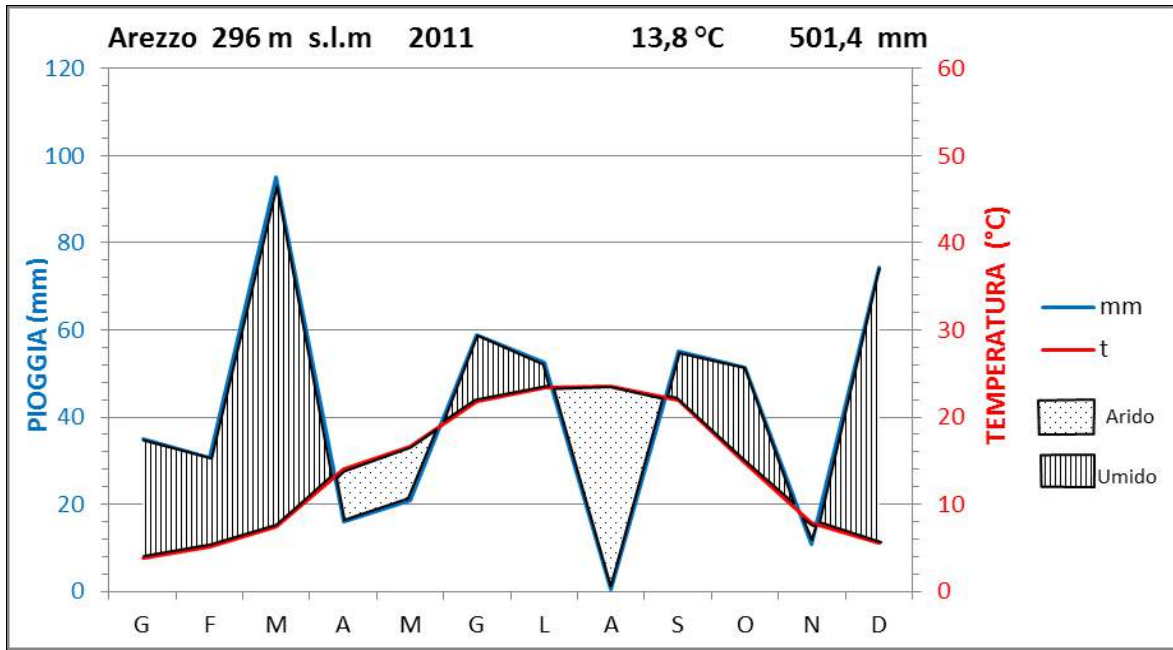
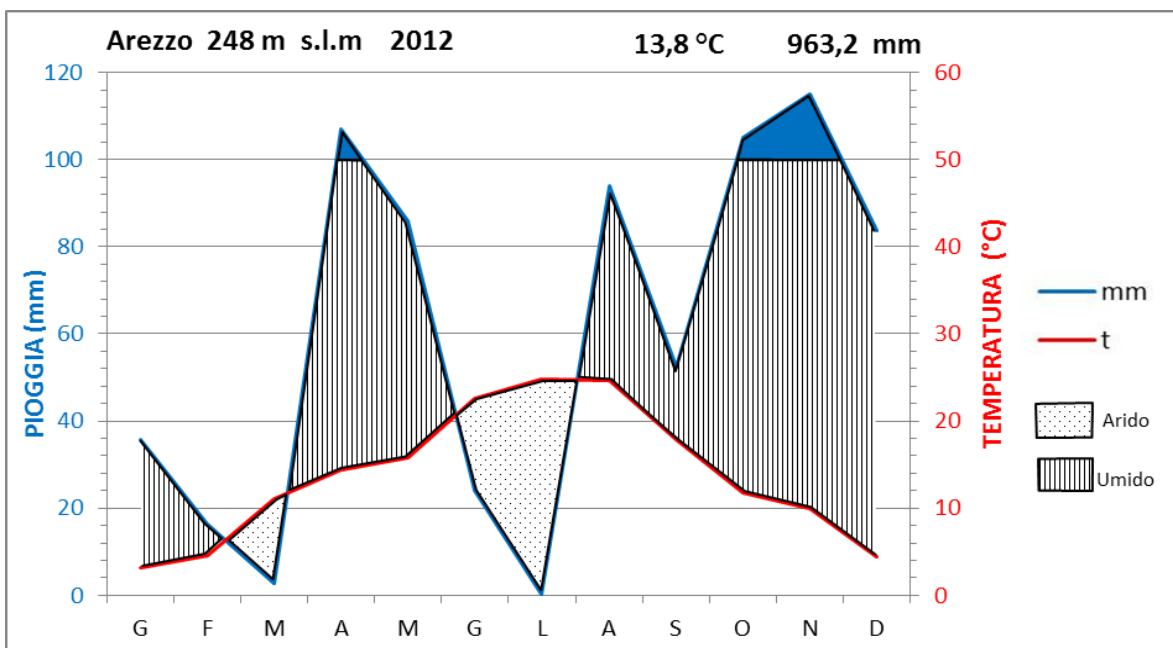


Figura 5.1.b Rappresentazione dell'andamento climatico del secondo anno di prova (2012), stazione termo-pluviometrica di Arezzo aeroporto (per il sito di Antria).



Il 2012, nel complesso, è stato più piovoso (circa 900 mm caduti) rispetto agli 800 mm di media del periodo storico di riferimento. Nonostante ciò, l'estate 2012 è stata una delle più siccitose degli ultimi decenni. Questo perché durante i mesi invernali (gennaio – marzo) le piogge sono state largamente al di sotto delle medie, concentrandosi invece nel successivo periodo autunnale, incidendo quindi sulla disponibilità idrica dell'estate. Marzo in particolare è stato anomalo, sia per le temperature sopra le medie, con scarti superiori a 3°C, sia per il pesante deficit pluviometrico, che ha aggravato la siccità iniziata l'inverno precedente. Durante il mese di luglio, ai massimi valori di temperatura (37 °C), si sono associati i minimi livelli di pioggia (0,2 mm ad Arezzo e 1,2 mm a Cesa Collina), raggiungendo un deficit idrico elevatissimo.

Queste difficili condizioni climatiche, hanno influito sul piano di irrigazione prestabilito per il campo tecniche di Marciano, irrigato con acqua proveniente da un bacino di raccolta presente in area limitrofa. Quindi, a causa della scarsità di approvvigionamenti idrici, anche se per un limitato numero di giorni nell'estate 2012, le specie impiantate sono state irrigate con volumi di acqua ridotti rispetto a quelli ipotizzati.

Figura 5.2.a Rappresentazione dell'andamento climatico del primo anno di prova (2011), stazione termo-pluviometrica di Cesa Collina (per il sito di Marciano della Chiana).

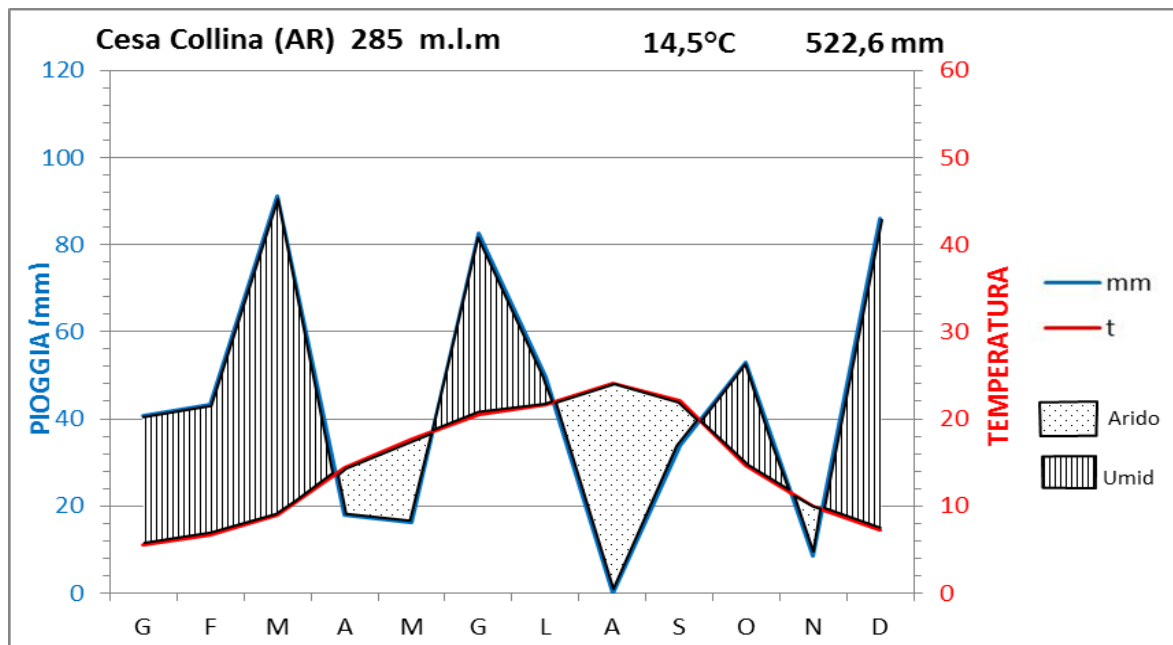
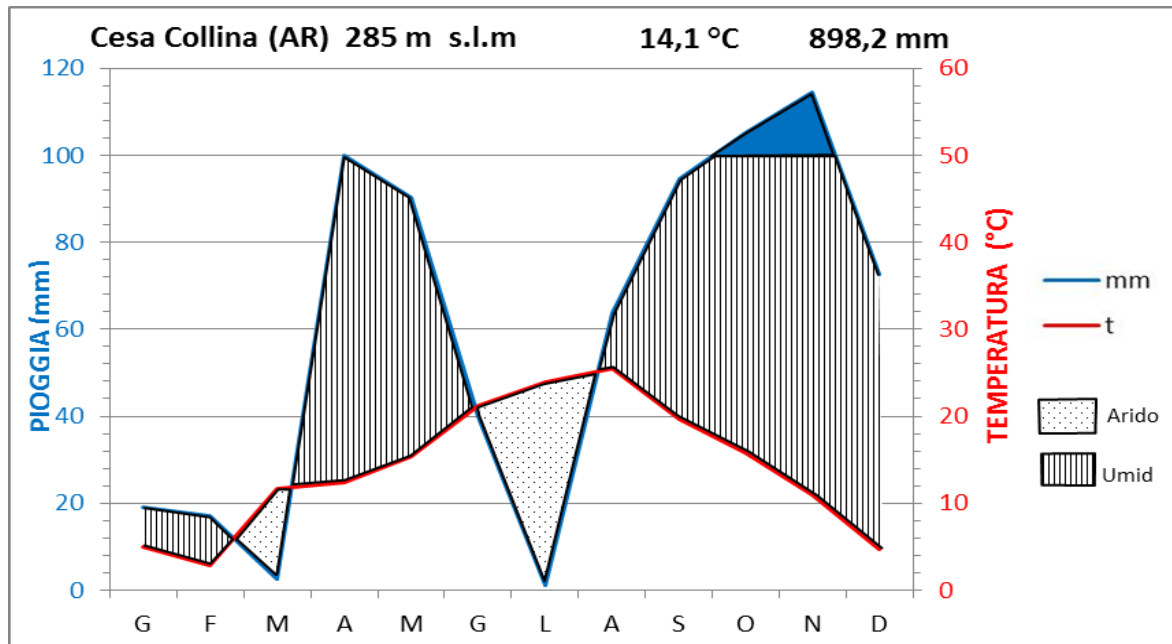


Figura 5.2.b Rappresentazione dell'andamento climatico del secondo anno di prova (2012), stazione termo-pluviometrica di Cesa Collina (per il sito di Marciano della Chiana).



5.2. Risultati della prova di confronto varietale (Linea 1)

5.2.1. Emergenza

Per quanto riguarda l'emergenza si è avuto un comportamento piuttosto diversificato in funzione della località, in quanto l'insediamento è stato favorito nel sito di Antria dalla più tardiva semina (circa 20 giorni di differenza tra le due date). Relativamente alle tesi poste a confronto, l'emergenza più rapida a Marciano (Tabella 5.2.1.) è stata fatta registrare da *Lolium perenne*, confermando la rapidissima capacità di germinazione di questa specie, dato in accordo con Leto et al. (2004).

Nel sito di Antria la velocità di emergenza delle cultivar di *C. dactylon* non è stata dissimile dal loietto inglese, segno evidente che, se impiantate in un periodo adeguato, alcune specie a crescita estiva possono far registrare una rapidità di insediamento veramente soddisfacente. Le specie *Zoysia japonica* e *Paspalum vaginatum* hanno mostrato emergenze molto ridotte e questo ha influito notevolmente sullo sviluppo delle parcelle impiantate con le cultivar appartenenti a queste specie. Questi raffronti, oltre a mettere in luce differenze tipiche tra le diverse macroterme, evidenziano abbastanza bene che, tali specie in questi areali, dovrebbero essere seminate non prima dell'inizio di giugno.

Tabella 5.2.1. Emergenza delle diverse specie/varietà nelle prove di confronto varietale a Marciano della Chiana e Antria dopo 10 giorni dalla semina.

Specie/varietà	Marciano	Antria
	Numero medio di piante germinate (su 400 cm ²)	Numero medio di piante germinate (su 400 cm ²)
	27/05/2011	21/06/2011
<i>Lolium perenne</i> Kokomo	103,6 a	120,1 ab
<i>Cynodon dactylon</i> Black Jack	4 b	136,6 a
<i>Cynodon dactylon</i> Casino Royale	34,8 b	115,6 ab
<i>Cynodon dactylon</i> La Paloma	2,6 b	82,9 b
<i>Paspalum vaginatum</i> Marina	0,2 b	26,3 c
<i>Paspalum vaginatum</i> Sea Spray	0,8 b	8,8 c
<i>Zoysia japonica</i> Compadre	0,3 b	2,7 c
<i>Zoysia japonica</i> Zenith	0,1 b	6,4 c

Valori contrassegnati con la stessa lettera non sono significativamente diversi per $p=0,05$.

5.2.2. Prova di confronto ad Antria

Tutti i parametri rilevati durante i sopralluoghi in campo (AEG, colore, densità, tessitura, copertura, infestanti, copertura netta) sono stati sottoposti ad analisi della varianza. L'analisi della varianza è stata effettuata tramite il software SPSS Statistics 20, adottando il modello GLM (general linear model). L'analisi ha permesso di verificare l'esistenza, o meno, di effetti significativi dovuti a epoca e specie e loro interazione. In Tabella 5.2.2 è possibile osservare, per ogni carattere valutato, la significatività degli effetti delle fonti di variazione analizzate.

Tabella 5.2.2. Significatività degli effetti delle fonti di variazione analizzate

Fonti di Variazione	AEG	COLORE	DENSITA'	TESSITURA	COPERTURA	COPERTURA NETTA	INFESTANTI
Stagione	**	**	**	**	**	**	**
Specie	**	**	**	**	**	**	**
StagioneXSpecie	**	**	**	**	**	**	**

* significativo per $p \leq 0.05$; ** altamente significativo per $p \leq 0.01$; n.s. non significativo.

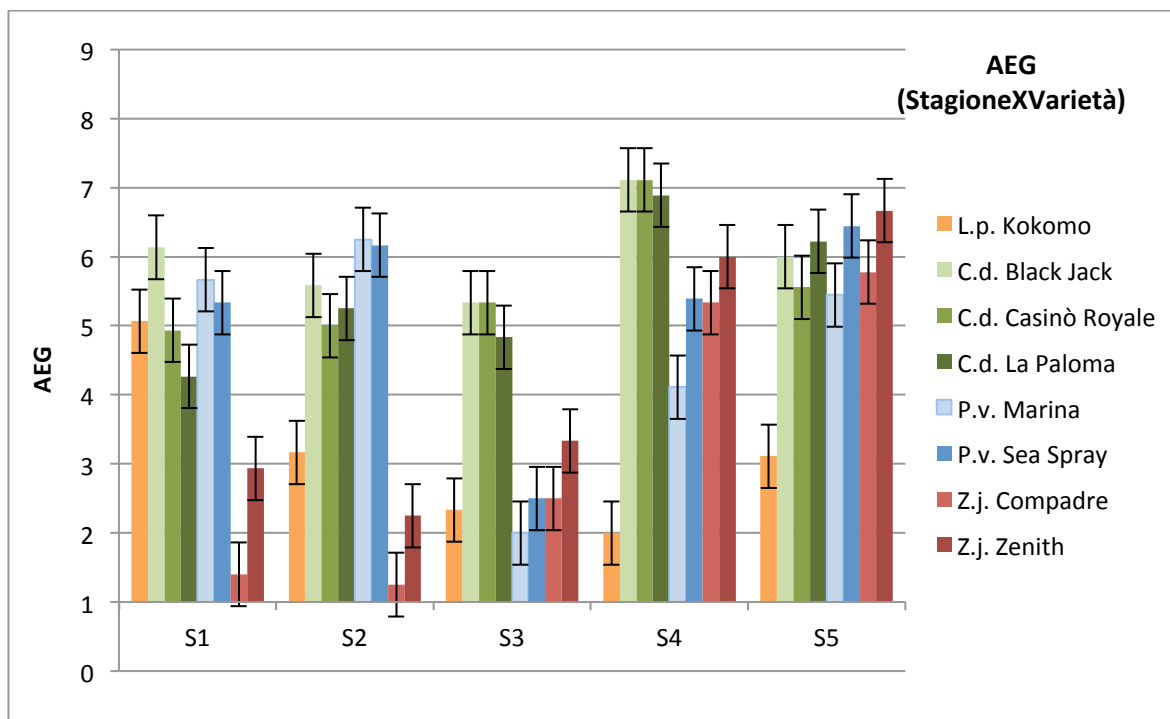
Per ogni carattere valutato, come già illustrato nella sezione relativa ai materiali e metodi, sono stati mediati i punteggi attribuiti a ogni parcella durante i rilievi, secondo la varietà e la stagione, ottenendo così, per ogni specie/varietà, cinque valori, da ricondurre rispettivamente alle cinque stagioni vegetative dei due anni di prova.

Per tutti i parametri analizzati è risultato altamente significativo sia l'effetto dei fattori singoli (specie e stagione) che l'effetto della loro interazione. Per tale motivo si riportano nelle pagine successive i grafici relativi all'analisi dell'interazione e non quelli relativi ai fattori singoli, in modo da vedere la variazione di ogni parametro studiato per ogni specie/varietà in relazione alla stagione.

5.2.2.1. ASPETTO ESTETICO GLOBALE

Il parametro AEG, come già illustrato, rappresenta una valutazione di sintesi complessiva dell'aspetto di una parcella, che tiene conto di numerose caratteristiche legate agli aspetti estetici di un tappeto erboso (colore, copertura, densità, uniformità della parcella, ecc.). L'analisi di questo parametro ha, perciò, permesso di dare un giudizio globale sulle specie e le varietà analizzate. Durante i due anni di sperimentazione, si sono evidenziate nette differenze tra specie, e comportamenti diversi delle stesse in funzione della stagione (essenzialmente di piovosità e temperature), apprezzabili osservando l'istogramma di Figura 5.3.

Figura 5.3. Aspetto estetico globale (AEG) medio delle singole varietà, in scala 1-9 (1=aspetto pessimo; 9=aspetto eccellente) ottenuto durante le stagioni vegetative dei due anni di sperimentazione. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



Dal grafico si evince che nessuna tesi è risultata essere qualitativamente migliore delle altre in ogni stagione, ma ogni accessione ha mostrato periodi con punteggi altalenanti, seguendo un andamento differente e manifestando caratteristiche di efficienza e qualità peculiari a livello di specie o varietà.

Durante l'estate 2011 (stagione S1), le specie che hanno ottenuto i migliori punteggi sono stati i due *Paspalum*, con una media di circa 5.5, e *C. dactylon* Black Jack con un punteggio mediamente oltre il 6. Seguono *C. dactylon* Casinò Royale e *C. dactylon* La Paloma. Le due *Z. japonica* nettamente inferiori, devono questo risultato fortemente negativo alla ridottissima velocità di insediamento, caratteristica tipica di questa specie, già nota e ben documentata in letteratura (Volterrani et al., 1996) che ha influito fortemente sul primo anno di prova. C'è da dire che comunque la varietà Zenith si è distinta positivamente rispetto alla Compadre, che nell'anno di impianto ha presentato valori di AEG statisticamente inferiori, mentre ha ridotto il distacco qualitativo nell'arco dell'anno successivo raggiungendo quasi i livelli della Zenith. Questo risultato sembra essere dovuto, anche in questo caso, ad una differenza di tempistica di insediamento esistente tra le due cultivar.

Nell'autunno 2011 (S2), si è assistito ad un miglioramento dell'aspetto estetico globale delle due varietà di *P. vaginatum*. Sicuramente ciò è avvenuto perché, come già esposto in precedenza, si è trattato di un autunno assai anomalo, con temperature oltre le medie che hanno prolungato la stagione vegetativa di alcune settimane. Questo però dovrebbe essere vero per tutte le specie, mentre invece solo *P. vaginatum* ha ottenuto valori discreti e in aumento verso la fine del periodo vegetativo, comportamento legato sia alla maggior permanenza del colore verde delle foglie, rispetto a *C. dactylon*, sia ad una colorazione intrinseca di partenza che mediamente è di tonalità verde più scuro.

Tra le varietà di gramigne sembra che la meno sensibile ai primi freddi sia La Paloma che, analogamente a *P. vaginatum*, ha incrementato la media dei punteggi verso la fine del periodo vegetativo; Casinò Royale invece è rimasto più o meno invariato, mentre Black Jack ha subito una diminuzione della media dei valori che indica la repentina entrata in dormienza. Valori decisamente insufficienti sono stati fatti registrare anche in questa stagione dalle cultivar appartenenti a *Z. japonica*.

Con la primavera dell'anno successivo si è assistito ad una notevole differenza di comportamento dovuta alla precoce ripresa vegetativa delle varietà di *C. dactylon* e di *Z. japonica* rispetto a quelle di *P. vaginatum* che invece si sono presentate ancora in fase di stasi vegetativa.

Nell'estate 2012 (S4) le varietà di *C. dactylon* esprimono il massimo delle loro potenzialità, tuttavia non raggiungendo mai risultati eccellenti, probabilmente dettati dai limiti qualitativi della varietà stesse. Una delle caratteristiche comuni alle cultivar di questa specie è, infatti, l'elevata presenza di feltro (Holm et al., 1991) che nella valutazione dell'AEG ha avuto sicuramente una importante influenza.

Durante la stagione estiva del secondo anno di sperimentazione si è assistito ad un netto cambiamento della situazione delle due cultivar di *Z. japonica*, che dopo un insediamento

particolarmente lento, ha permesso di raggiungere livelli medi di AEG superiori al *P. vaginatum*.

C'è da dire che i punteggi negativi assegnati alle cultivar di *P. vaginatum* (5.5 per la varietà Sea Spray e circa 4 per la varietà Marina) nel periodo estivo non sono attribuibili certamente alla lentezza della ripresa vegetativa, come si è potuto concludere per la stagione primaverile. Questo perché anche una ripresa vegetativa più stentata, avrebbe portato in estate ad una media di AEG perlomeno sufficiente. Si ipotizza invece che le temperature minime invernali, come illustrato nel paragrafo 5.1., siano state eccessivamente basse e abbiano portato alla morte la maggior parte delle piante, e che solo alcuni stoloni rimasti vitali, abbiano permesso la successiva ricolonizzazione delle parcelle. La maggiore sensibilità di *Paspalum* rispetto alle altre microterme da tappeto erboso è stata riscontrata anche in una sperimentazione volta a valutare l'adattabilità delle macroterme nel nord Italia per la realizzazione dei *fairways* nei campi da golf (De Luca et al., 2008a). La stessa sperimentazione ha messo in evidenza che *P. vaginatum* non risulta essere idoneo in contesti dal clima a forte carattere continentale in quanto tende a subire forti danni da freddo che possono causarne la scomparsa.

In autunno, dopo tre mesi di temperature favorevoli, le cultivar di *P. vaginatum*, in particolare la varietà Sea Spray, si presentano nel complesso in buone condizioni, essendo riuscite a ricoprire nuovamente gran parte delle parcelle, dimostrando un'elevata capacità di ricolonizzazione in tempi brevi, grazie al proprio habitus stolonifero.

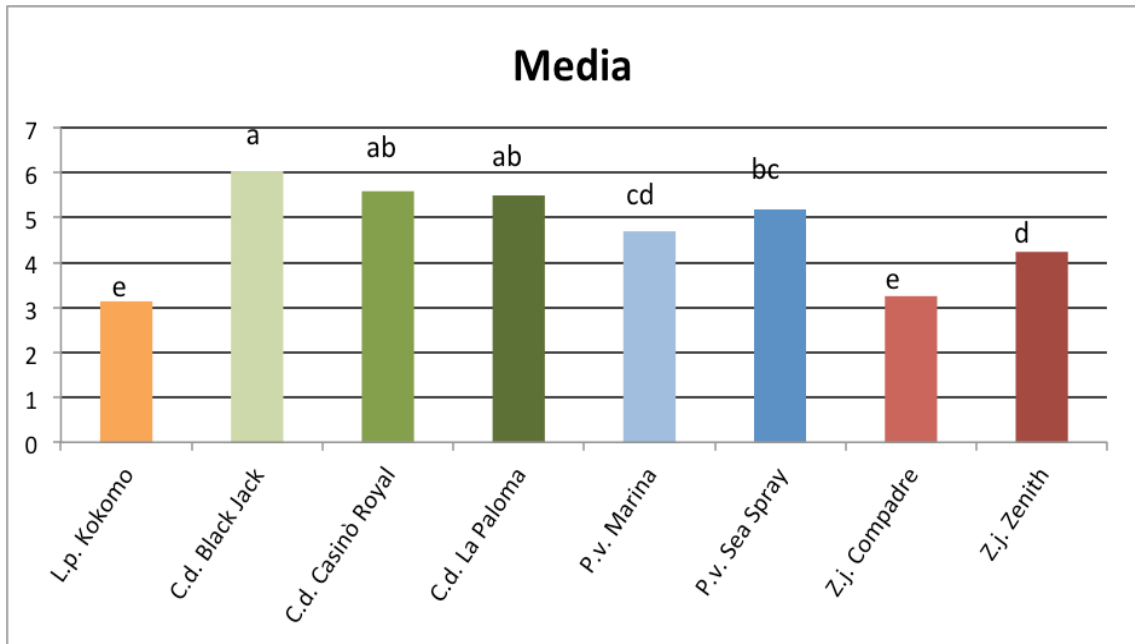
Nel periodo autunnale (S5), le cultivar di *Z. japonica* si sono mantenute in attività vegetativa finché le temperature sono rimaste favorevoli.

Le varietà di *C. dactylon* riconfermano, come l'anno precedente, una maggiore sensibilità ai primi freddi che si manifesta con il precoce ingiallimento delle foglie, inizialmente della parte più distale e poi di tutta la foglia. La cultivar La Paloma ha mostrato un peggioramento dell'AEG molto più graduale rispetto alle altre due varietà, come riscontrato nell'autunno precedente.

Solo per questo parametro, essendo quello che maggiormente esprime le qualità e l'aspetto generale del tappeto erboso si riporta il punteggio medio totale dei due anni di prova (Figura n. 5.4.) ottenuto da ogni cultivar.

Considerando questo grafico, la gramigna è la specie che ha fatto registrare il punteggio medio di AEG più elevato, sia rispetto al loietto, sia rispetto alle altre macroterme; mentre *Zoysia japonica* varietà Compadre è quella che ha ottenuto il risultato peggiore tra le macroterme, con una media quasi equivalente a quella di *Lolium perenne* e di poco superiore a 3.

Figura 5.4. Aspetto estetico globale medio delle particelle, anni 2011-2012. I valori contrassegnati dalle stesse lettere non sono significativamente differenti per $p \leq 0.05$.

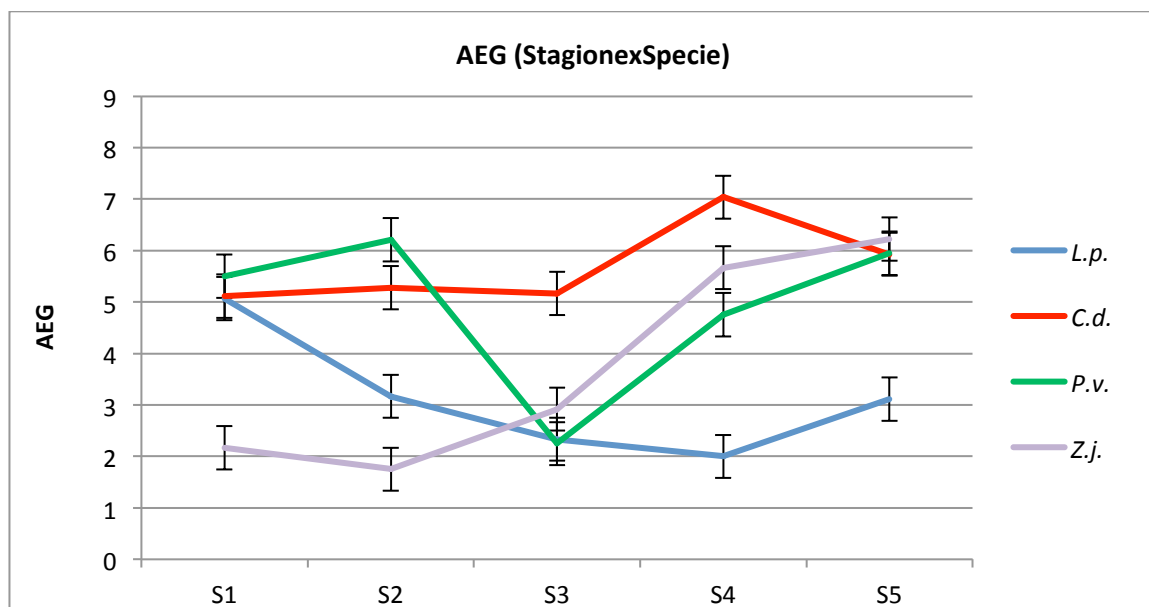


Nel grafico a linee di Figura 5.5. sono riassunti gli andamenti medi delle specie durante le cinque stagioni di attività vegetativa dei due anni di prova. Rispetto al grafico precedente che espone i contributi di ogni singola specie e cultivar, qui si perdono i contributi relativi alle singole varietà, ma risulta più immediato il confronto tra le specie nelle diverse condizioni stagionali ed il loro andamento nel tempo, in modo da dare un giudizio più rapido sul comportamento generale di ogni specie.

Dal grafico è possibile osservare come *C. dactylon* durante i due anni di prova sia stata la specie che ha mantenuto un andamento più stabile e tendenzialmente costante per il parametro AEG.

P. vaginatum durante il primo anno mostra le performance migliori, ma poi danneggiato probabilmente dalle temperature invernali, al momento della ripresa vegetativa, riparte molto stentatamente e inizia una ripresa che dura tutto il periodo estivo, al termine del quale riesce a raggiungere i livelli di *C. dactylon* e *Z. japonica*. Quest'ultima come già detto, ha mostrato un andamento caratteristico della specie, ovvero insediamento molto lento al primo anno e completa colonizzazione dell'area al secondo, ottenendo punteggi discreti, dovuti alla permanenza del colore a fine stagione vegetativa e soprattutto alla caratteristica più apprezzata di questa specie, ovvero l'elevata densità, come vedremo in seguito.

Figura 5.5. Andamento medio stagionale dell'AEG delle quattro specie analizzate. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



5.2.2.2. COLORE

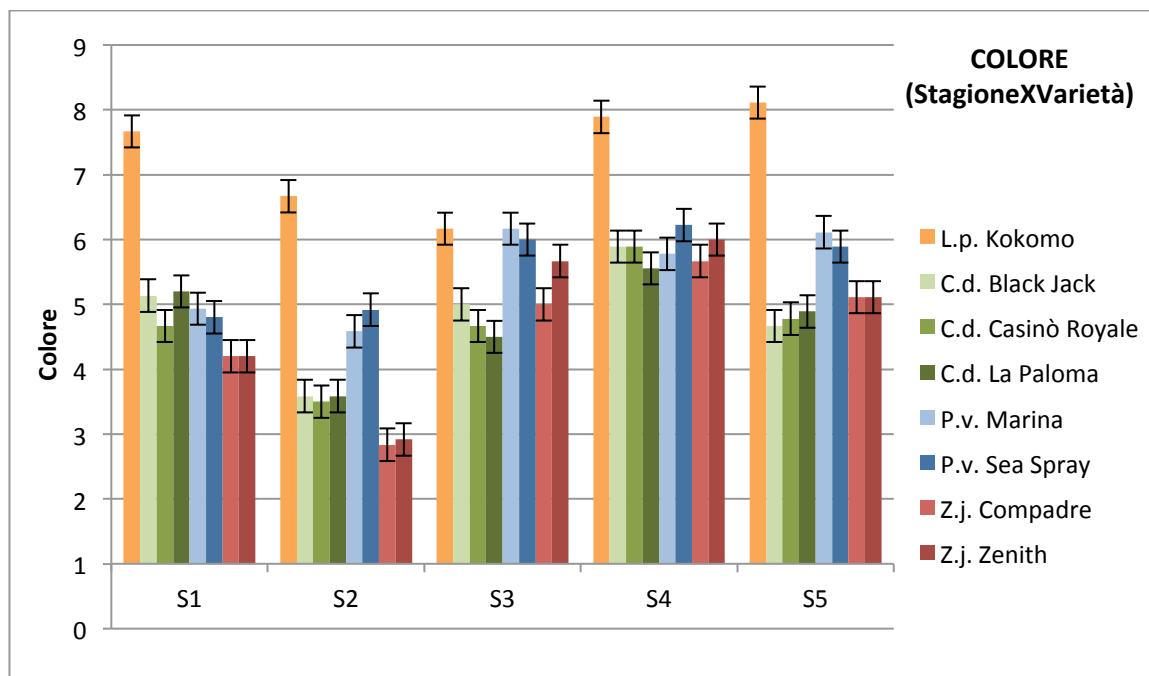
Il colore del tappeto erboso, essendo l'indicatore dello stato fitosanitario della copertura vegetale e del tasso dell'attività fotosintetica dell'erba, oltre che una caratteristica intrinseca della specie, è un parametro affidabile per la valutazione del tappeto erboso (Martinello, 2005).

Per questo parametro la specie che ha dimostrato una netta superiorità è *Lolium perenne* (Figura 5.6.), che è risultato più scuro e brillante in ogni periodo. Solo *P. vaginatum* Marina, nella primavera del 2012 (S3), ha mostrato punteggi equivalenti a quelli della microterma. Tra le macroterme *P. vaginatum* ha dimostrato superiorità durante entrambe le stagioni vegetative, ad eccezione dell'estate 2011; tale comportamento è legato sia ad una colorazione glaucescente e di tonalità più scura intrinseca della specie, sia ad una buona ritenzione del colore durante la stagione autunnale. Questi risultati sono in accordo con uno studio condotto da Geren et al. (2009) in Turchia, durante il quale *P. vaginatum* Sea Spray e ibridi di *Cynodon* hanno mostrato una permanenza della clorofilla nelle foglie più duratura rispetto alle altre macroterme. In uno studio di Volterrani et al. (1996) è confermata la migliore capacità di trattenuta della colorazione verde in *P. vaginatum*, che si è mantenuto su ottimi livelli fino al sopraggiungere della prima brinata.

I risultati ottenuti da *C. dactylon* per questo carattere non sono mai stati in media sufficienti e, sicuramente, una caratteristica della specie che ha influito nella valutazione del colore è, come già visto per l'AEG, l'elevata produzione di feltro (Holm et al. 1991).

Valori poco accettabili sono stati fatti registrare dalle cultivar appartenenti a *Z. japonica* nel corso del primo anno, mentre durante il secondo, è stata raggiunta mediamente la sufficienza per la cultivar Zenith.

Figura 5.6. Valori di colore medi delle singole specie/varietà, in scala 1-9 (1=per giallo paglierino; 9=verde scuro brillante) ottenuto durante le stagioni vegetative dei due anni di sperimentazione. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



Nel grafico di Figura 5.7., che riassume l'andamento del colore delle specie in un unico valore mediato su quelli delle varietà, si osserva un andamento stagionale molto simile tra le specie *Zoysia* e *Cynodon*, con medie della gramigna inizialmente superiori di circa un punto e, successivamente, superate da quelle di *Zoysia*.

L. perenne nettamente superiore rispetto alle macroterme, viene eguagliato dal *Paspalum* solo nel periodo primaverile del secondo anno.

Si nota bene dal grafico come *P. vaginatum*, all'approssimarsi del periodo autunnale S2 e S5, non subisca un decremento del valore del colore, cosa che avviene nettamente per *Zoysia* e *Cynodon*. L'Immagine 5.1. mostra lo stato del colore di una parcella di *Cynodon* e di *Paspalum* alla stessa data, durante il periodo autunnale. La differenza nella colorazione delle due specie è decisamente evidente.

Figura 5.7. Andamento medio stagionale del colore delle quattro specie analizzate. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.

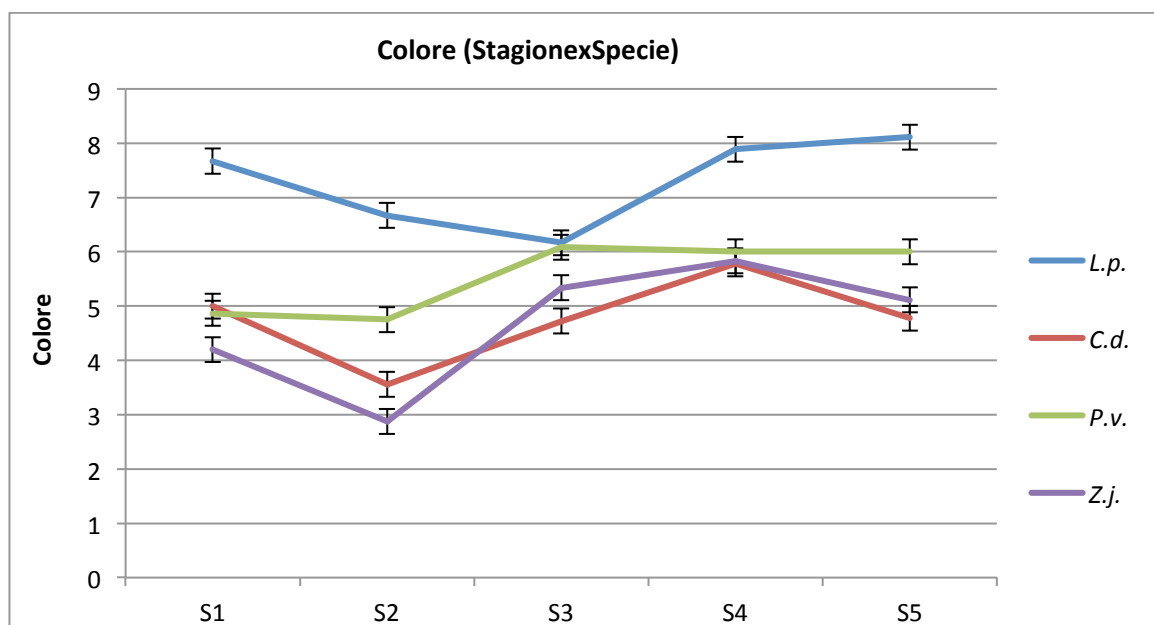


Immagine 5.1. Parcella di *Paspalum vaginatum* (a sinistra) e *Cynodon dactylon* (a destra) a confronto. Foto scattata il 29/10/2012.



5.2.2.3. DENSITÀ

La densità è un parametro molto importante per un tappeto erboso, non solo perché influenza direttamente la percezione estetica del cotico, ma influisce in maniera significativa anche sulla fruibilità e sulle caratteristiche tecniche. Per fare un esempio,

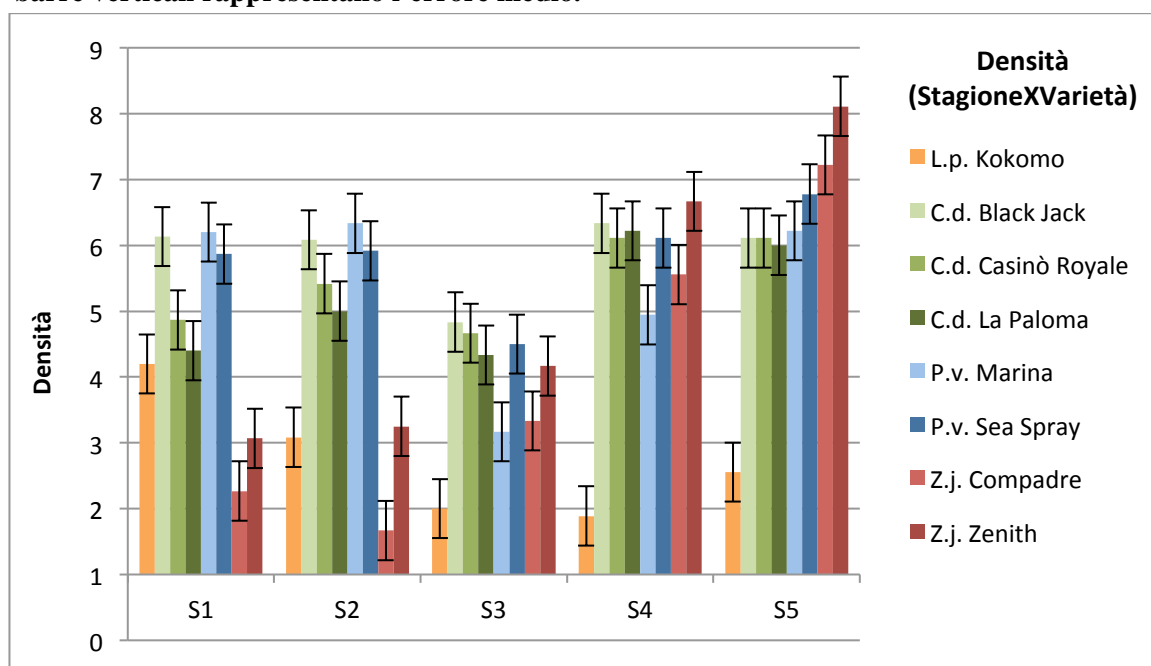
basta pensare all'influenza che può avere sulla giocabilità e sul rotolamento della palla un tappeto sportivo non omogeneo e che presenta zone di suolo scoperto e ciuffi di erba sparsi.

Il metodo della stima della densità attraverso punteggi visivi applicato in questo studio è una tecnica speditiva ma efficace utilizzata negli ultimi anni, al posto della metodologia di tipo distruttivo normalmente impiegata che prevede l'accertamento della densità mediante conta del numero dei culmi per unità di superficie. Dalla Figura 5.8. si evincono le densità medie di ciascuna varietà nel biennio di osservazione.

Confrontando l'istogramma con quello relativo all'AEG (Figura 5.3.) si nota come gli andamenti tendano ad essere molto simili. Questo è sicuramente dovuto al fatto che la densità dell'erba è uno dei parametri che influisce maggiormente sull'aspetto estetico globale del tappeto erboso. A tale proposito si può verificare che per entrambe le varietà di *Z. japonica* l'AEG sembra essere strettamente collegato alla densità mostrando lo stesso andamento. La cultivar Zenith è quella che ha fatto registrare i valori più elevati per questo carattere a partire dall'estate del secondo anno di prova.

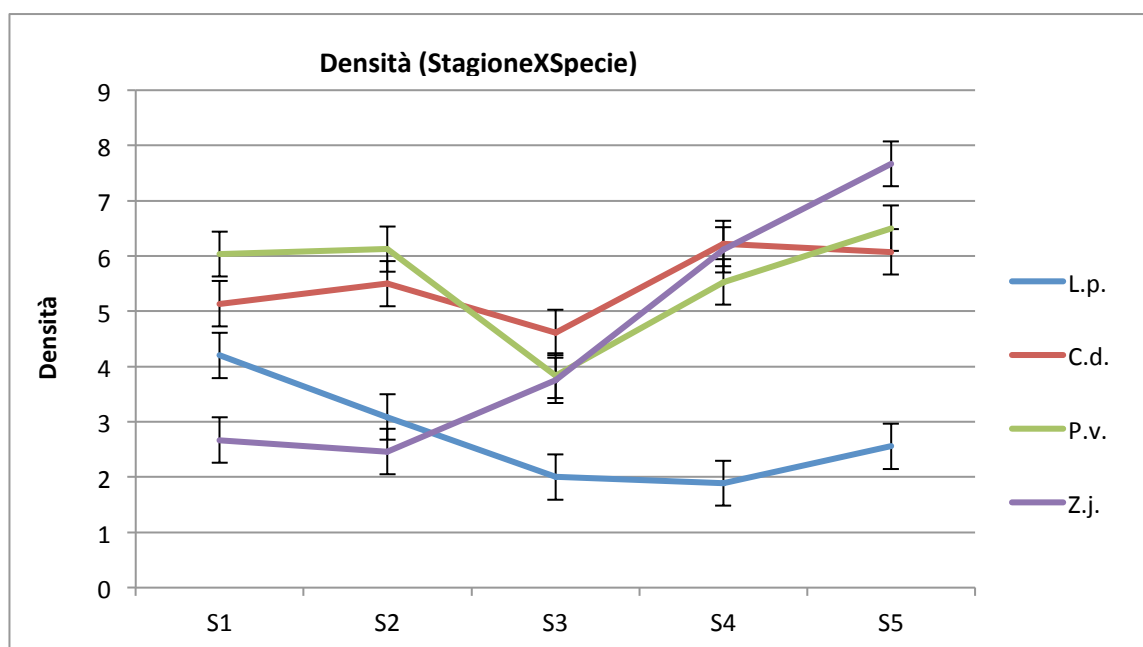
Durante il primo anno di prova sono evidenti differenze più marcate tra varietà appartenenti alla stessa specie, attribuibili a peculiarità nella velocità di germinazione e insediamento, più che a caratteristiche proprie della varietà, che invece influiscono in maniera rilevante una volta che il tappeto erboso si è insediato.

Figura 5.8 Valori di densità medi delle singole specie/varietà, in scala 1-9 (1=minimo; 9=massimo) ottenuto durante le stagioni vegetative dei due anni di sperimentazione. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



In Figura 5.9. si possono osservare gli andamenti dei valori di densità accorpata per specie. Le macroterme mostrano dei valori tendenzialmente crescenti nei due anni di prova, rispetto a *L. perenne* che ha mostrato una densità mediamente elevata solo inizialmente e in netta diminuzione già a partire dalla fine del primo anno. *Paspalum vaginatum* ha messo in evidenza un andamento molto simile a quello già visto per l'AEG, con marcata diminuzione dei valori qualitativi alla ripresa del secondo anno e un lento recupero dovuto ai danni invernali da freddo. *C. dactylon* conferma la tendenza, già vista in precedenza, risultando essere la specie con andamento più stabile nel tempo e raggiungendo, nell'estate 2012, valori mediamente superiori a 6. *Zoysia*, che aveva mostrato un comportamento scarso durante il primo anno, è stata caratterizzata invece da un incremento di densità graduale e uniforme a partire dalla primavera del secondo anno di prova, raggiungendo valori di densità eccezionali. Questo dato è in linea con risultati conseguiti da studi effettuati da Volterrani et al. (1996).

Figura 5.9. Andamento medio stagionale della densità delle quattro specie analizzate. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



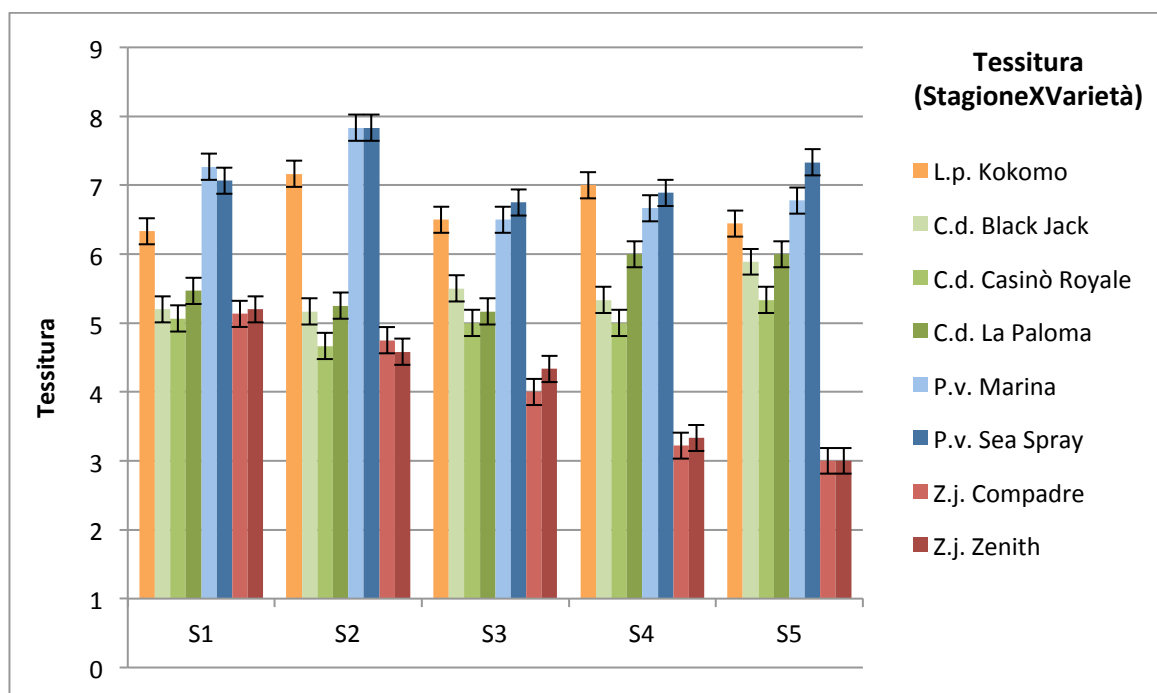
5.2.2.4. TESSITURA

La tessitura o larghezza della lamina fogliare è un parametro importante nella valutazione estetico-qualitativa di un tappeto erboso. Una lamina fogliare fine è, infatti, un carattere pregiato e trasmette omogeneità e ordine all'osservatore. Questo parametro è nettamente influenzato dalle caratteristiche intrinseche della specie. Di conseguenza, analizzando l'istogramma di Figura 5.10. e soprattutto il grafico a linee di Figura 5.11. è immediato constatare che, rispetto ai grafici dei parametri visti in precedenza, i valori assunti dalle varietà e dalle specie tendono a rimanere costanti nel corso delle cinque stagioni.

Un'eccezione a questa regola viene messa in evidenza da *Z. japonica* che, nel corso del primo anno, ha fatto registrare valori comparabili alle cultivar di gramigna mentre, dalla primavera del secondo in poi, ha mostrato valori in netta diminuzione e inferiori di quasi due punti nell'autunno 2012 rispetto all'estate del primo anno. Questo comportamento atipico potrebbe trovare una spiegazione nel fatto che, come già detto, le cultivar di *Zoysia* hanno subito un lentissimo insediamento iniziale, di conseguenza, hanno raggiunto la piena vegetazione solamente nel corso del secondo anno.

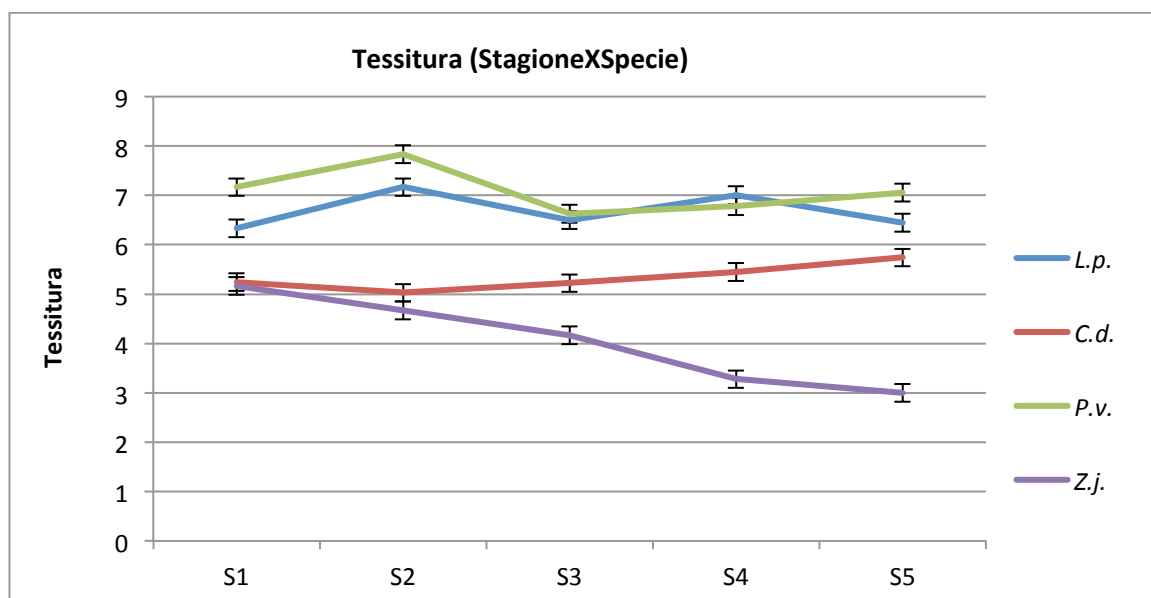
Nel corso della sperimentazione, le specie con tessitura migliore sono risultate essere sempre *P. vaginatum* e *L. perenne*, che hanno mantenuto un andamento stabile durante l'arco delle due stagioni vegetative.

Figura 5.10. Valori di tessitura medi delle singole specie/varietà, in scala 1-9 (1=minimo; 9=massimo) ottenuti durante le stagioni vegetative dei due anni di sperimentazione. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



Per questo parametro *C. dactylon*, invece, ha ottenuto valori crescenti nell'arco dei due anni, evidenziando alcune differenze tra le cultivar durante il secondo: valori medi più vicini a 6 per Black Jack e La Paloma e più vicini a 5 per Casinò Royale. Valori medi superiori a tutti sono stati fatti registrare da *P. vaginatum* nell'autunno 2011 (S2).

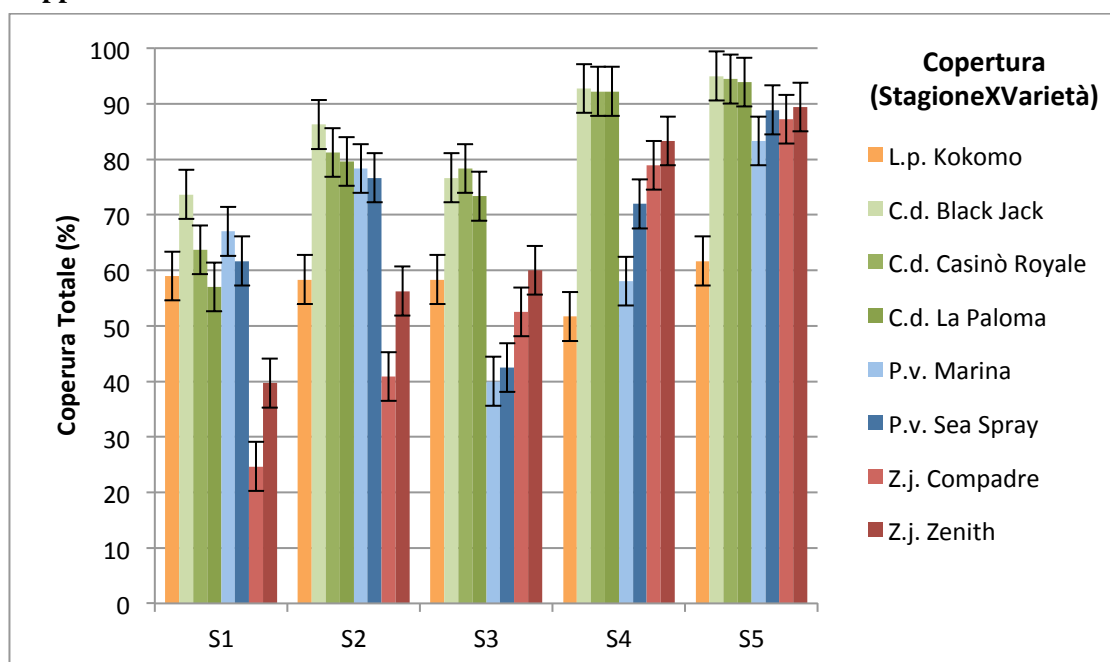
Figura 5.11. Andamento medio stagionale della tessitura delle quattro specie analizzate. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



5.2.2.5. COPERTURA TOTALE

Nelle Figure 5.12 e 5.13 sono riportati i valori medi di copertura al lordo delle infestanti per ogni stagione, rispettivamente alle singole varietà e alle specie.

Figura 5.12. Valori di copertura medi delle singole varietà, espressi in percentuale di copertura, ottenuti durante i due anni di sperimentazione. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



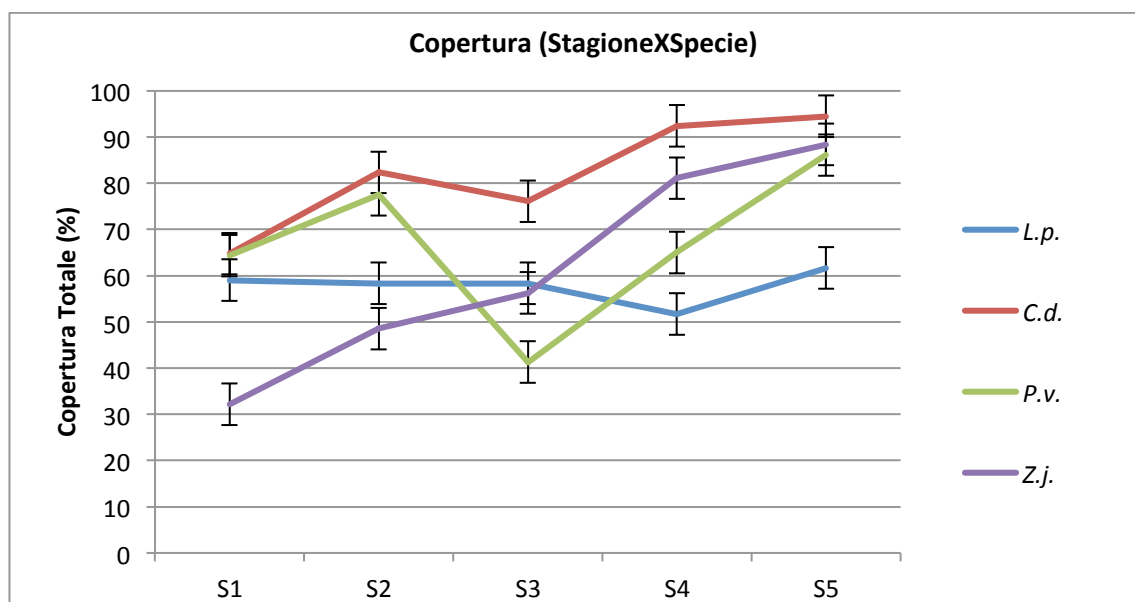
È evidente come ogni specie macroterma abbia aumentato nel tempo la propria superficie di copertura, mentre *L. perenne* sia rimasto più o meno invariato, con copertura che si è limitata a mantenersi sulle percentuali iniziali (circa 50-60%).

P. vaginatum, per le stesse ragioni dei danni da freddo già discusse per gli altri parametri, dalla primavera del secondo anno in poi, ha dovuto iniziare un nuovo insediamento ripartendo dai pochi stoloni rimasti vitali e mostrando quindi un netto calo di copertura alla ripresa vegetativa. Tra le due cultivar, la Sea Spray è stata quella che ha mostrato le performance migliori.

C. dactylon presenta, durante entrambe le stagioni vegetative, valori di copertura costanti e superiori alle altre specie.

Z. japonica presenta invece l'andamento tipico di questa specie, raggiungendo valori ottimi a fine stagione del secondo anno.

Figura 5.13. Andamento medio stagionale della copertura delle quattro specie analizzate. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



5.2.2.6. INFESTANTI

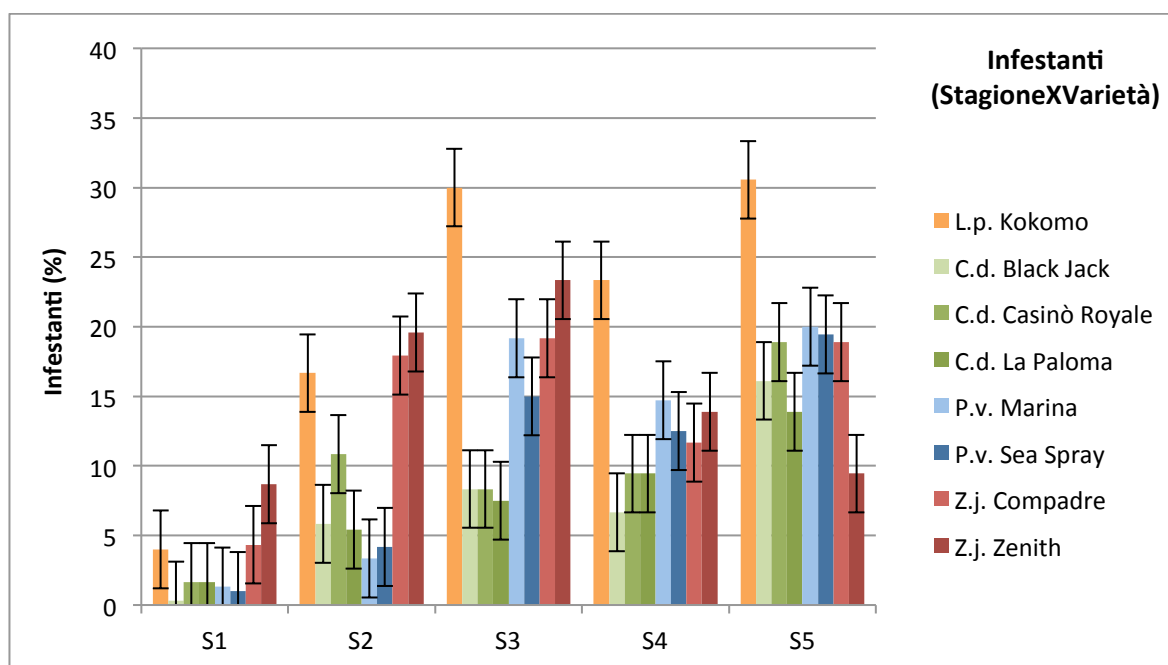
La presenza di infestanti è riportata nelle Figure 5.14. per ogni singola cultivar e 5.15. per ogni specie.

Le infestanti si sono diffuse rapidamente durante il primo anno nelle parcelle di *L. perenne* e di *Z. japonica*. Per quanto riguarda la specie *Lolium*, l'alta presenza di specie invasive è da ricondursi al fatto che questa specie, a differenza delle macroterme poste sotto sperimentazione, è caratterizzata da un habitus cespitoso. Tale caratteristica influenza la densità che, come abbiamo visto precedentemente, risulta essere modesta per

questa specie e comporta una minore competitività con le specie opportuniste. Inoltre, le alte temperature estive hanno messo sotto stress la microterma, che ne ha risentito riducendo ulteriormente la propria copertura. Questa tendenza è andata ad aumentare nel corso del secondo anno di prova, anche a causa del fatto che, durante l'inverno, quando è stato effettuato il trattamento con glyphosate, questa specie si trovava in piena vegetazione, per cui non sono stati effettuati controlli chimici.

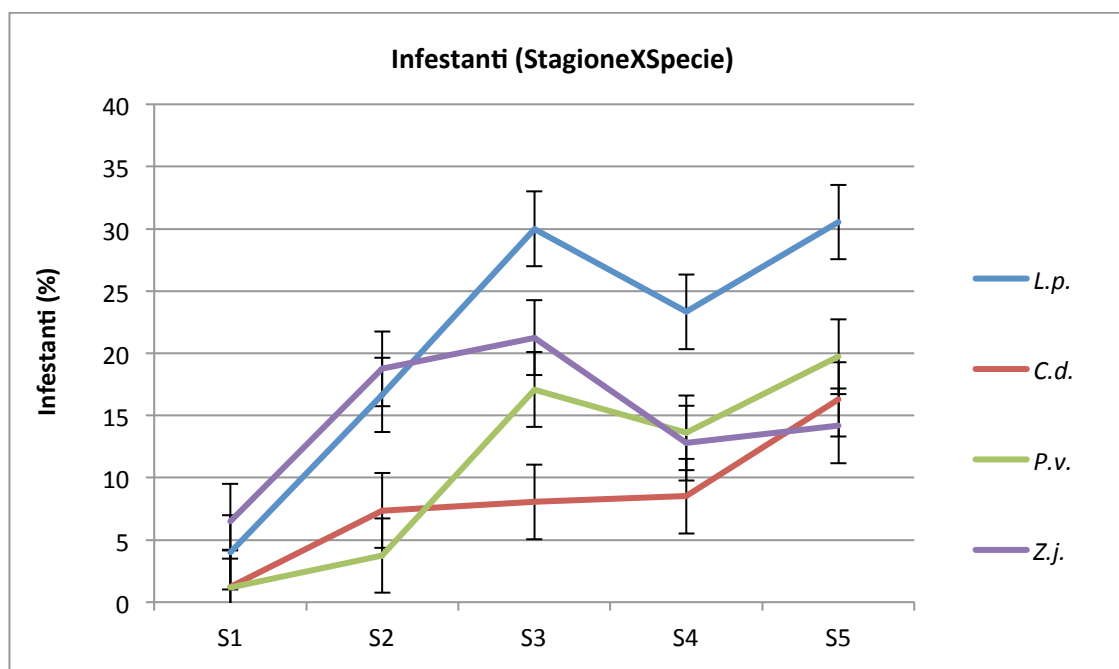
Per quanto riguarda *Zoysia*, l'infestazione è facilmente riconducibile al suo lento e stentato insediamento iniziale che ha lasciato ampi spazi alle specie invasive. Per le macroterme in generale, nonostante il controllo invernale effettuato con glyphosate, le infestanti sono aumentate a partire dal secondo anno e ciò ha reso necessario sia un intervento di controllo manuale che uno contro le specie a foglia larga.

Figura 5.14. Valori di presenza di infestanti medi relativi ad ogni singola varietà, espressi in percentuale di copertura, ottenuti durante le stagioni vegetative dei due anni di sperimentazione. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



Dopo tali interventi i valori di infestanti sono tornati ad essere soddisfacenti, anche grazie alla capacità di queste specie di controllare le invasive con il loro habitus stolonifero, prostrato e denso.

Figura 5.15. Andamento medio stagionale della presenza di infestanti delle quattro specie analizzate. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



5.2.2.7. COPETURA NETTA

La copertura netta è la percentuale di ricoprimento della parcella al netto delle infestanti. A differenza di tutti gli altri, questo parametro non è stato stimato, ma ricavato dalla differenza tra la copertura totale e la presenza di infestanti.

Osservando i grafici delle coperture nette (Figure 5.16. e 5.17.) e comparandoli con quelli delle coperture lorde (Figure 5.12. e 5.13.), si nota come non vi siano in generale evidenti differenze tra le due percentuali di copertura, indice che la presenza di infestanti si è mantenuta su percentuali modeste. Un'eccezione piuttosto rilevante, come già visto, si nota per le specie *L. perenne* e *Z. japonica*, soprattutto durante il primo anno.

Ad esclusione di *L. perenne* e le cultivar di *Zoysia*, quindi, ciò che è stato rilevato ed esposto per la copertura lorda è da considerarsi vero anche per la copertura netta.

Figura 5.16. Valori medi di copertura al netto delle infestanti, relativi ad ogni singola varietà, espressi in percentuale di superficie totale, ottenuti durante le stagioni vegetative dei due anni di sperimentazione. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.

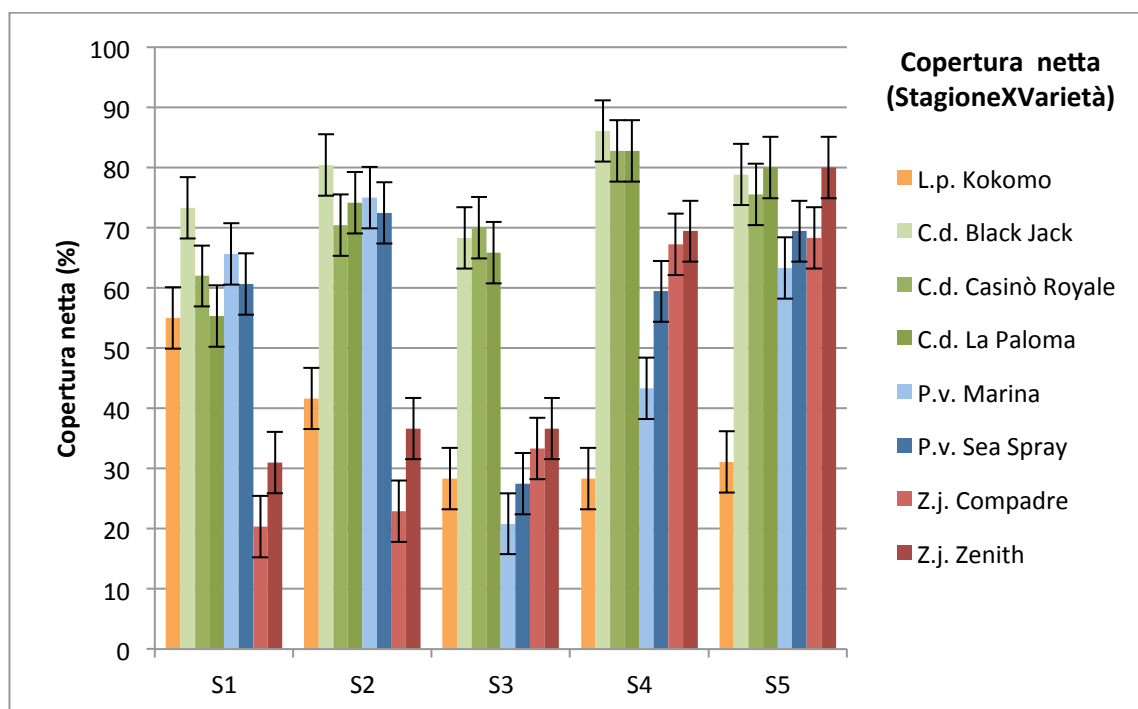
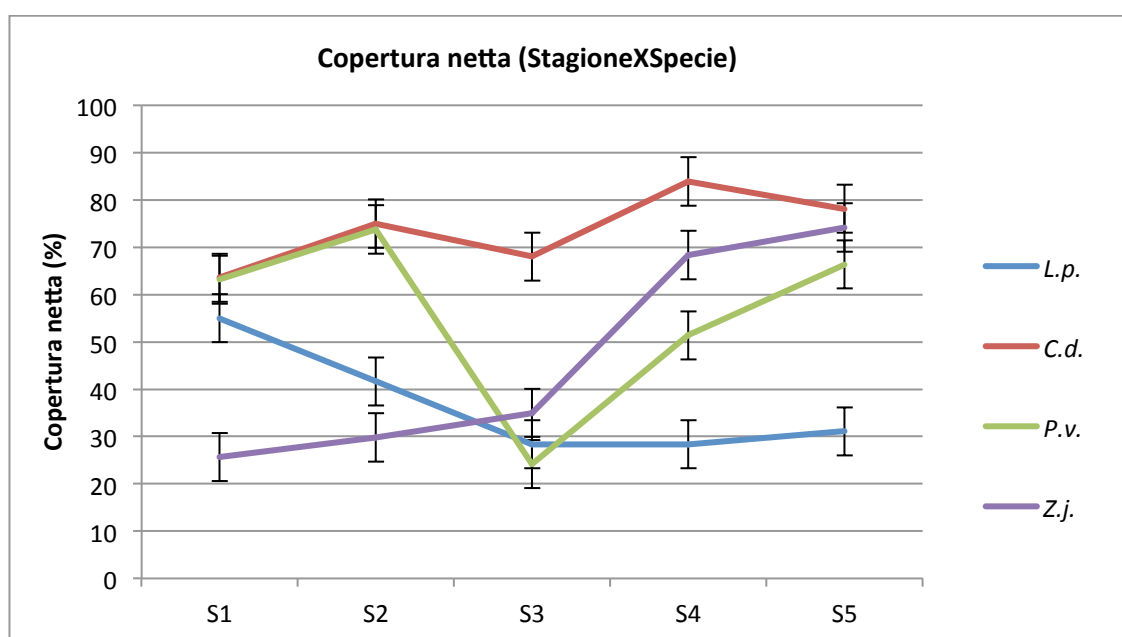


Figura 5.17. Andamento medio stagionale della copertura netta delle quattro specie analizzate. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



5.2.3. Prova di confronto a Marciano della Chiana

La sperimentazione a Marciano della Chiana ha avuto una peggior riuscita, in termini di sviluppo e sopravvivenza delle specie, rispetto all'altra prova in campo. Alcune cultivar, infatti, non sono sopravvissute al passaggio del primo inverno e risultano, pertanto, assenti nel corso del secondo anno, per motivi che possiamo ricondurre prevalentemente ad eventi climatici avversi e fattori edafici. A subire danni maggiori sono state le cultivar di *Zoysia* che, come visto, manifestano un lento insediamento che può aver compromesso la loro possibilità di sopravvivenza, e *Paspalum*, più sensibile ad alcuni stress di tipo abiotico rispetto, ad esempio, alle cultivar di *Cynodon*.

Ad ogni modo, i dati raccolti in parte confermano quanto visto per la località precedente e le discrepanze mettono in evidenza caratteristiche comunque importanti relative a queste specie. Di seguito si riportano i risultati dello studio svolto presso Marciano.

Anche per la località Marciano della Chiana, tutti caratteri rilevati durante i sopralluoghi in campo (AEG, colore, densità, tessitura, copertura, infestanti, copertura netta) sono stati sottoposti ad analisi della varianza. In Tabella 5.2.3. è possibile osservare, per ogni carattere valutato, la significatività degli effetti delle fonti di variazione analizzate.

Tabella 5.2.3. Significatività degli effetti delle fonti di variazione analizzate (Marciano).

Fonti di Variazione	AEG	COLORE	DENSITA'	TESSITURA	COPERTURA	COPERTURA NETTA	INFESTANTI
Stagione	**	**	**	n.s.	**	**	n.s.
Specie	**	**	**	**	**	**	**
StagioneXSpecie	**	**	**	n.s.	*	**	n.s.

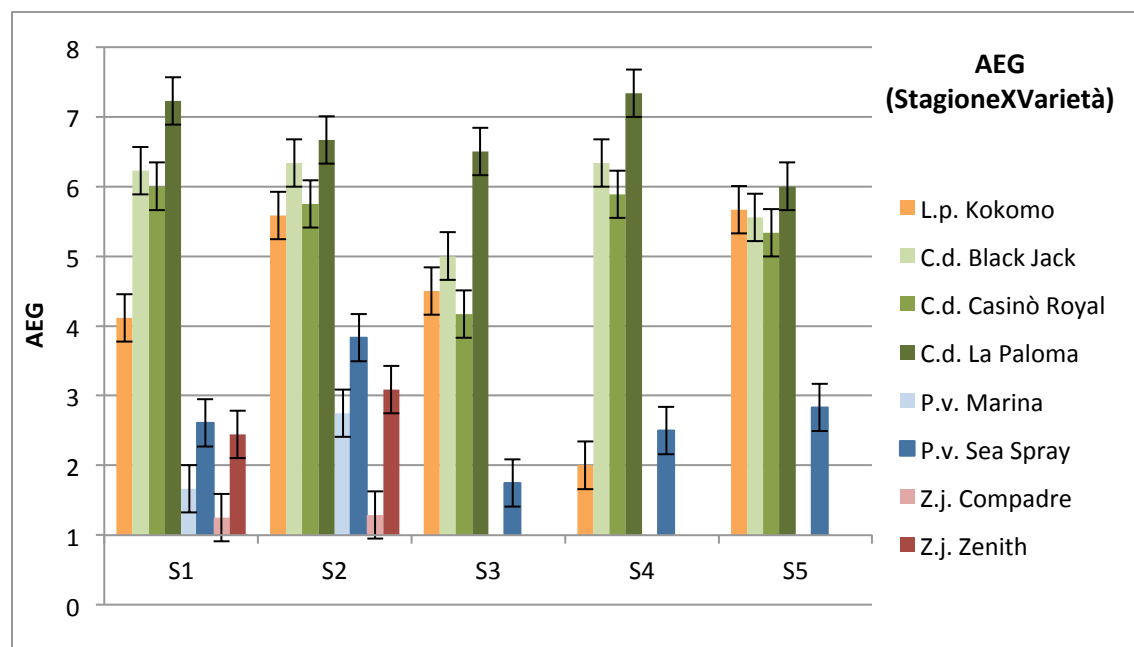
* significativo per $p \leq 0.05$; ** altamente significativo per $p \leq 0.01$; n.s. non significativo.

Si riportano nelle pagine successive i grafici relativi all'analisi dell'interazione e non quelli relativi ai fattori singoli, in modo da vedere la variazione di ogni parametro studiato per ogni specie/varietà in relazione alla stagione. Non si riportano i parametri risultati non significativi. Pertanto, per i parametri che mostrano una significatività solo per i fattori singoli, si riportano le tabelle con i dati medi del singolo fattore. A causa della morte di alcune cultivar, è stato inoltre deciso di riportare solo i grafici relativi alle varietà e non le medie per specie, visto che per la maggior parte delle essenze queste tendevano a coincidere con i valori attribuiti alle cultivar sopravvissute.

5.2.3.1. ASPETTO ESTETICO GLOBALE

Il grafico in Figura 5.18. riporta la media per stagione e per cultivar dei punteggi attribuiti nel corso della sperimentazione per quanto riguarda l'aspetto estetico globale.

Figura 5.18. Aspetto estetico globale (AEG) medio delle singole specie/varietà, in scala 1-9 (1=aspetto pessimo; 9=aspetto eccellente) ottenuto durante le stagioni vegetative dei due anni di sperimentazione. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



Il grafico mostra come la specie che ha ottenuto punteggi più elevati e costanti sia stata *Cynodon dactylon*. In questo senso vediamo che i dati confermano in parte quelli ottenuti nel campo di Antria. Tutte e tre le cultivar di *Cynodon* mostrano, infatti, un buon valore di AEG a partire dall'estate del primo anno fino all'autunno del secondo, in particolare la cultivar La Paloma si è distinta positivamente in tutte le stagioni, soprattutto in S1, S3 e S4. *Lolium perenne* mostra un andamento tutto sommato in linea con la letteratura relativa a questa specie, mostrando due ben distinti picchi qualitativi, legati all'andamento di crescita, nel corso delle stagioni intermedie. Rispetto al campo di Antria la microterma ha ottenuto valori migliori per questo parametro.

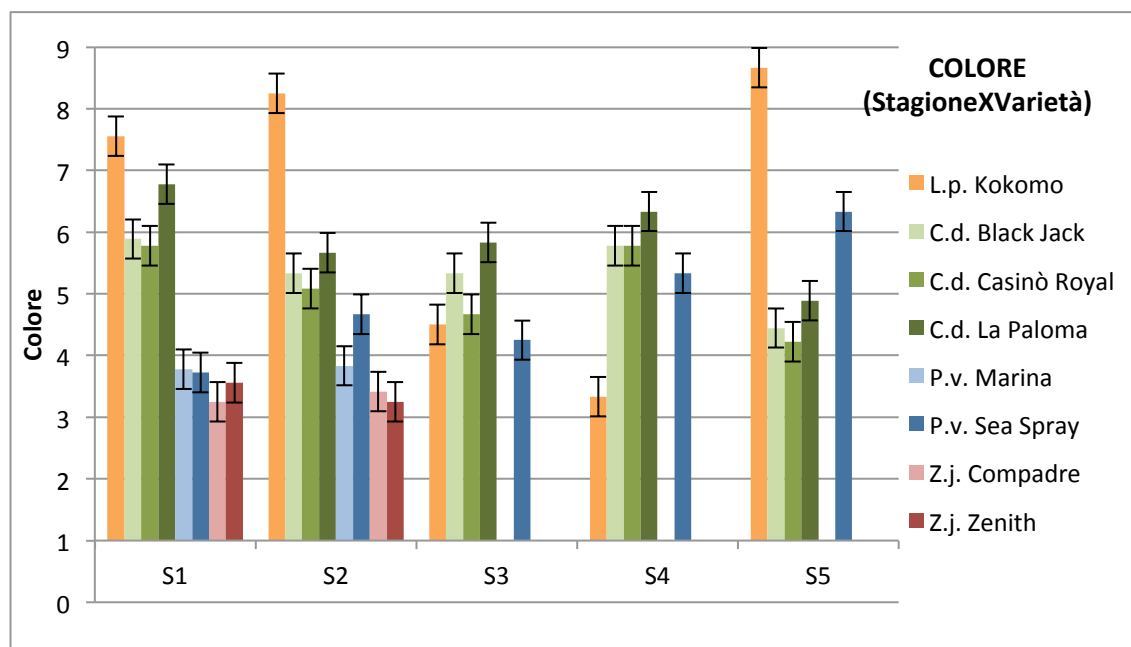
I dati parziali di *Zoysia* mostrano un andamento analogo alle performance mostrate nello stesso periodo nel campo sperimentale di Antria. Per quanto riguarda *Paspalum vaginatum*, invece, gli istogrammi al primo anno riportano un andamento simile, ma i valori ottenuti sono, nel caso di Marciano, minori rispetto a quelli ottenuti in località Antria. Questa differenza qualitativa potrebbe attribuirsi al ritardo e alla maggior difficoltà riscontrata da questa specie al momento della germinazione, problema che potrebbe essere stato causato dal troppo anticipo nella semina e da un brusco

abbassamento della temperatura minima riscontrato a seguito di un forte evento atmosferico verificatosi in località Marciano.

5.2.3.2. COLORE

Anche in questo caso, come già visto per il sito di Antria, *Lolium perenne* è la specie che ha ottenuto i risultati migliori in tre delle cinque stagioni analizzate (Figura 5.19.). Il valore del colore del *Lolium* decresce nel periodo primaverile del secondo anno e tocca valori di grave insufficienza nella stagione estiva. Sicuramente le alte temperature e la siccità eccessiva dell'estate 2012 hanno influito negativamente sulla brillantezza del colore di questa specie, che però è tornata prontamente su valori ottimi nel corso dell'autunno, in concomitanza con condizioni di temperature ed umidità favorevoli.

Figura 5.19. Valori di colore medi delle singole specie/varietà, in scala 1-9 (1=per giallo paglierino; 9=verde scuro brillante) ottenuto durante le stagioni vegetative dei due anni di sperimentazione. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



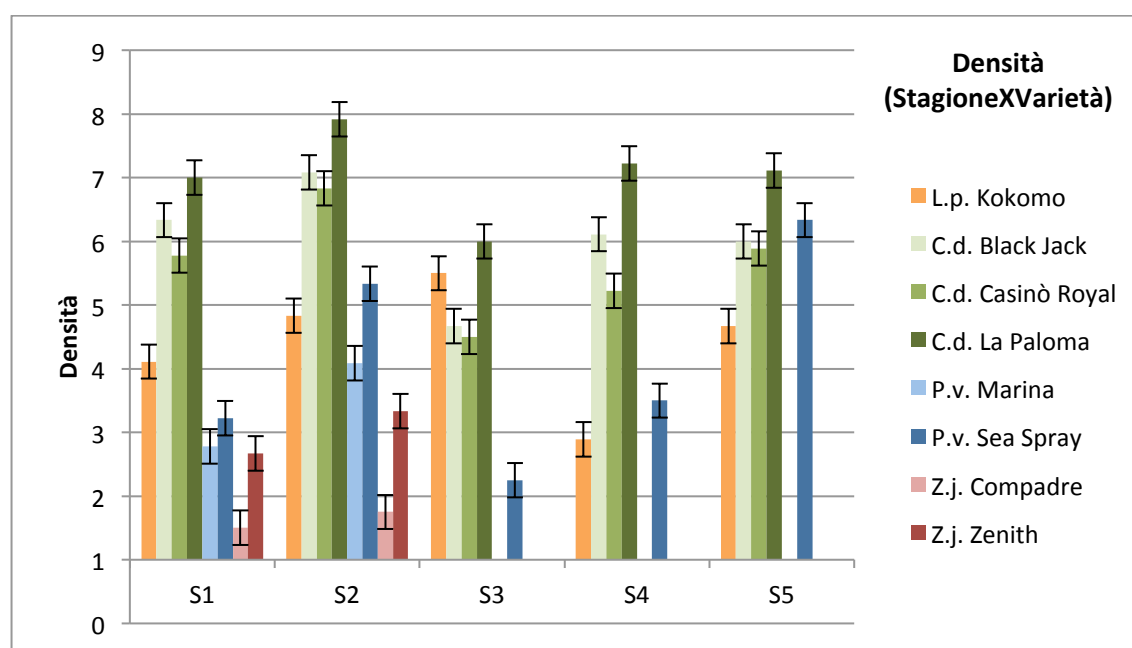
Cynodon dactylon ha fatto registrare valori abbastanza costanti nel corso della sperimentazione, mettendo però in evidenza un calo qualitativo all'avvicinarsi di entrambi i periodi autunnali, con il sopraggiungere cioè del periodo di dormienza. Per quanto riguarda invece *Paspalum vaginatum* Sea Spray, si nota chiaramente come, con l'inoltrarsi dell'autunno, si sia addirittura verificato un miglioramento del colore, e questo perché questa specie è risultata più suscettibile alla siccità e alle alte temperature estive e quindi, con il diminuire delle temperature, anche il colore ne ha risentito in maniera

positiva. Inoltre, è stato visto che rispetto a *Cynodon*, *Paspalum* ha una miglior ritenzione invernale della colorazione, dati in accordo con vari autori (Geren et al., 2009; Volterrani et al., 1996).

5.2.3.3. DENSITÀ

La densità è, come già detto, un parametro molto importante, perché influenza, oltre all'aspetto estetico, anche la fruibilità e le caratteristiche tecniche di un tappeto erboso. Le specie cespitose, come *Lolium perenne*, generalmente non riescono a raggiungere le elevate densità delle specie stolonifere e rizomatose e, in caso si diradino, necessitano di essere rinfoltite attraverso la trasemina. Nel grafico relativo alla densità (Figura 5.20) si nota come il *Lolium* ottenga infatti valori meno elevati rispetto alle cultivar di *Cynodon* e rimanga più o meno costante nel tempo, mostrando un peggioramento nel periodo estivo del secondo anno. Risultati analoghi per questa specie sono stati ottenuti in uno studio effettuato su microterme vicino a Palermo da Leto et al., (2004). Ad ogni modo, la densità mostrata dalla specie microterma è sicuramente migliore in questa località rispetto alle performance viste per Antria. Si suppone che questo sia dovuto a differenze di carattere ambientale tra i due siti.

Figura 5.20. Valori di densità medi delle singole specie/varietà, in scala 1-9 (1=minimo; 9=massimo) ottenuto durante le stagioni vegetative dei due anni di sperimentazione. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



Cynodon dactylon, invece, presenta buoni valori di densità già a partire dalla prima stagione dopo la semina e subisce solo un lieve decremento nella primavera del secondo anno, dopo cioè il periodo di dormienza.

Paspalum vaginatum Sea Spray ha fatto registrare valori di densità molto altalenanti a seconda dell'andamento stagionale, come già visto per quanto riguarda l'AEG nel campo sperimentale di Antria. Anche in questo caso il valore decresce a primavera 2012 a causa della lenta ripresa vegetativa, per poi aumentare gradualmente nel periodo estivo e raggiungere valori più che sufficienti nel corso della tarda estate e inizio autunno. La sperimentazione portata avanti nel sito di Antria ha messo in evidenza come entrambe le cultivar di *Zoysia japonica* abbiano raggiunto ottimi valori di densità al secondo anno, dopo una partenza estremamente scarsa. Sarebbe stato interessante valutarne le performance anche presso il sito di Marciano della Chiana, ma sfortunatamente la scomparsa della specie al secondo anno non ci ha consentito di avere un dato che comprovasse e convalidasse i dati di Antria. Ad ogni modo il trend parziale fatto registrare al primo anno è decisamente analogo in entrambi i siti.

5.2.3.4. TESSITURA

Per quanto riguarda la tessitura, come mostrato nella Tabella 5.2.3. riassuntiva della significatività degli effetti delle varie fonti di variazione, l'unico fattore che ha messo in evidenza un effetto significativo è stato la specie. Quanto detto non ci deve sorprendere dato che sappiamo che la tessitura è un parametro nettamente influenzato dalle caratteristiche intrinseche della specie e non dalle variazioni stagionali.

Nel caso di Antria l'interazione tra i fattori era risultata significativa, probabilmente perché sull'analisi aveva influito l'andamento particolare della *Zoysia* al secondo anno. In questo caso, dato che entrambe le cultivar di *Zoysia* si sono estinte alla fine del primo anno di sperimentazione, la tessitura risulta influenzata solamente dal tipo di essenza e non dalla stagione. Di conseguenza, in Figura 5.21. sono riportate le medie dei valori di tessitura per ogni varietà.

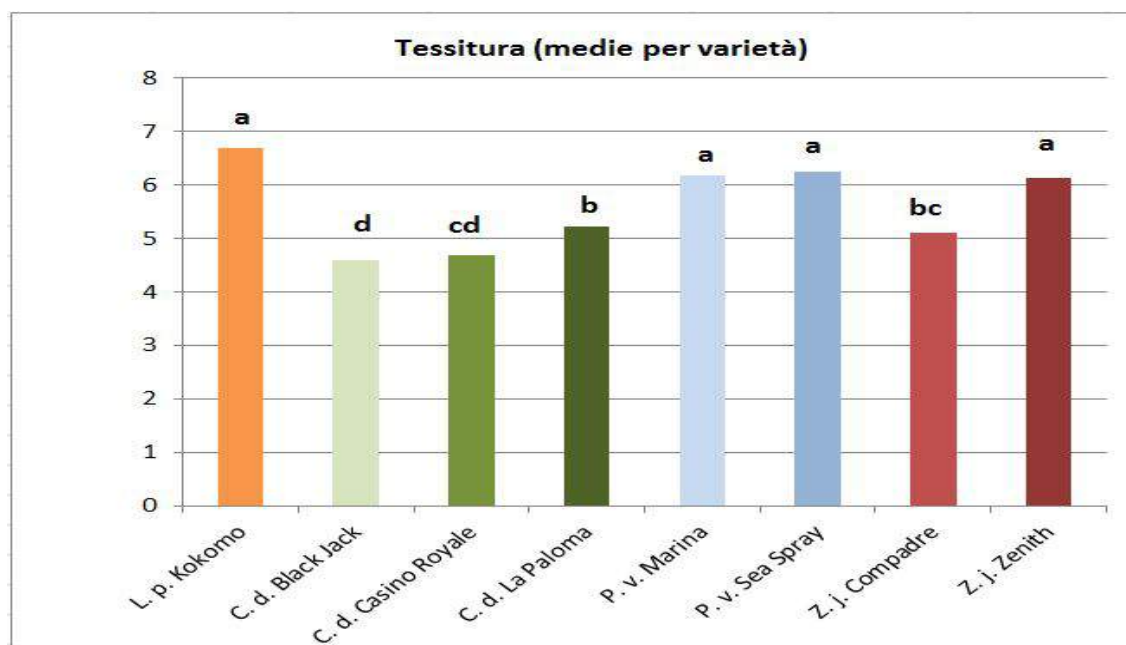
Come si può notare, analizzando la figura, le varietà che hanno mostrato le peggiori performance sono state le tre cultivar appartenenti a *Cynodon*, con una media di punteggi tra il 4 e il 5, e la cultivar Compadre di *Zoysia*, in linea con quanto già ottenuto nel corso dell'analisi nel sito di Antria.

Le specie che, invece, hanno totalizzato un punteggio di tessitura più elevato sono state *Lolium perenne*, le due cultivar di *Paspalum vaginatum* e la cultivar Zenith di *Zoysia*.

Se per *Lolium* e *Paspalum* troviamo conferme anche in quanto già illustrato per il campo catalogo di Antria, un comportamento atipico viene messo in evidenza in merito a *Zoysia japonica* cv Zenith. Nel campo sperimentale di Antria, alla fine della sperimentazione, questa specie ha fatto registrare in assoluto valori di tessitura peggiori rispetto alle altre, ma in realtà possiamo assumere che il dato non si discosti molto da quello rilevato nell'altra area sperimentale. Come già sottolineato, infatti, anche nella sperimentazione ad Antria al primo anno le performance della *Zoysia* erano soddisfacenti, mentre un netto

calo qualitativo è stato registrato solo a partire dal secondo anno, con l'ingresso di piena vegetazione della specie. Nel presente caso, però, i dati che vanno a determinare il valore medio di tessitura sono solo quelli relativi al primo anno, a causa della morte delle parcelle al secondo. Di conseguenza, non possiamo affermare con certezza che i valori di tessitura al secondo anno sarebbero stati simili a quanto visto per il sito di Antria, ma possiamo ipotizzare che, probabilmente, avrebbero seguito un trend analogo.

Figura 5.21. Tessitura media per ogni specie/varietà, anni 2011-2012. I valori contrassegnati dalle stesse lettere non sono significativamente differenti per $p \leq 0.05$.

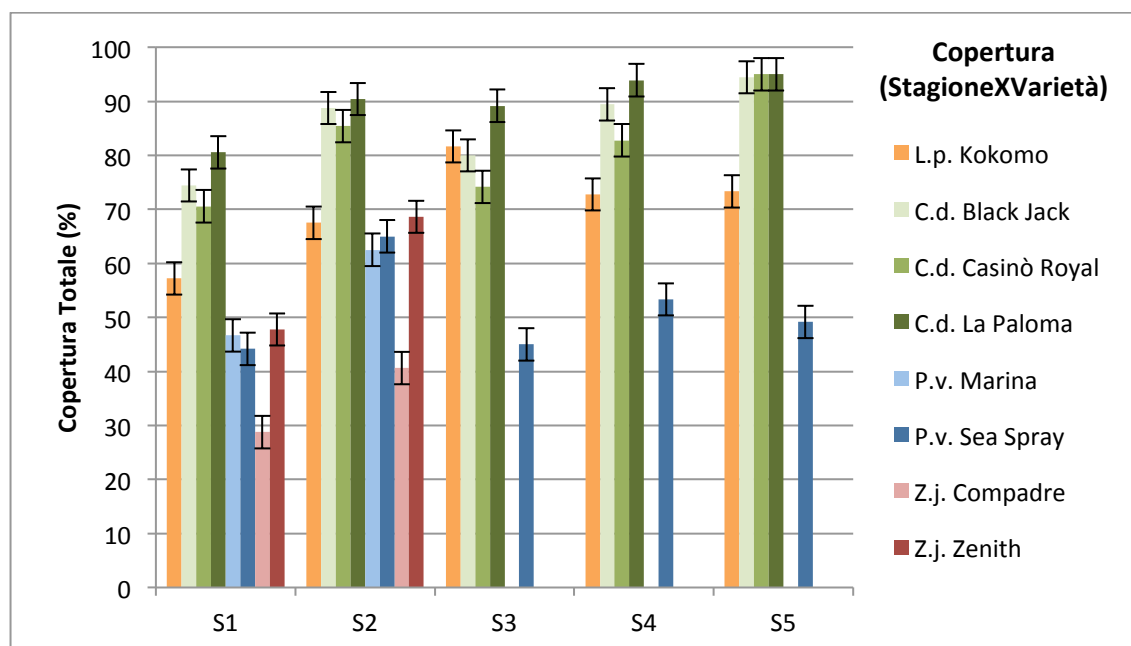


5.2.3.5. COPERTURA TOTALE

Nella Figura 5.22. sono riportati i valori medi di copertura al lordo delle infestanti per ogni stagione delle singole varietà. È evidente come *C. dactylon* abbia aumentato nel tempo la propria superficie di copertura raggiungendo ottimi valori di ricoprimento totale delle parcelle. Tutte e tre le cultivar, infatti, alla fine del secondo anno mostrano coperture del 95%.

L. perenne, invece, ha mostrato dei valori abbastanza costanti nel corso della sperimentazione e la sua copertura si è assestata su valori di circa il 70% a fine del secondo anno. Mettendo a confronto il grafico di Antria con quello appena presentato, si può notare come le parcelle di *Lolium* abbiano manifestato un trend migliore presso Marciano, dato confermato anche dalla maggiore densità, attribuita alla specie, in questo sito.

Figura 5.22. Valori di copertura medi delle singole specie/varietà, espressi in percentuale di copertura, ottenuti durante i due anni di sperimentazione. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.

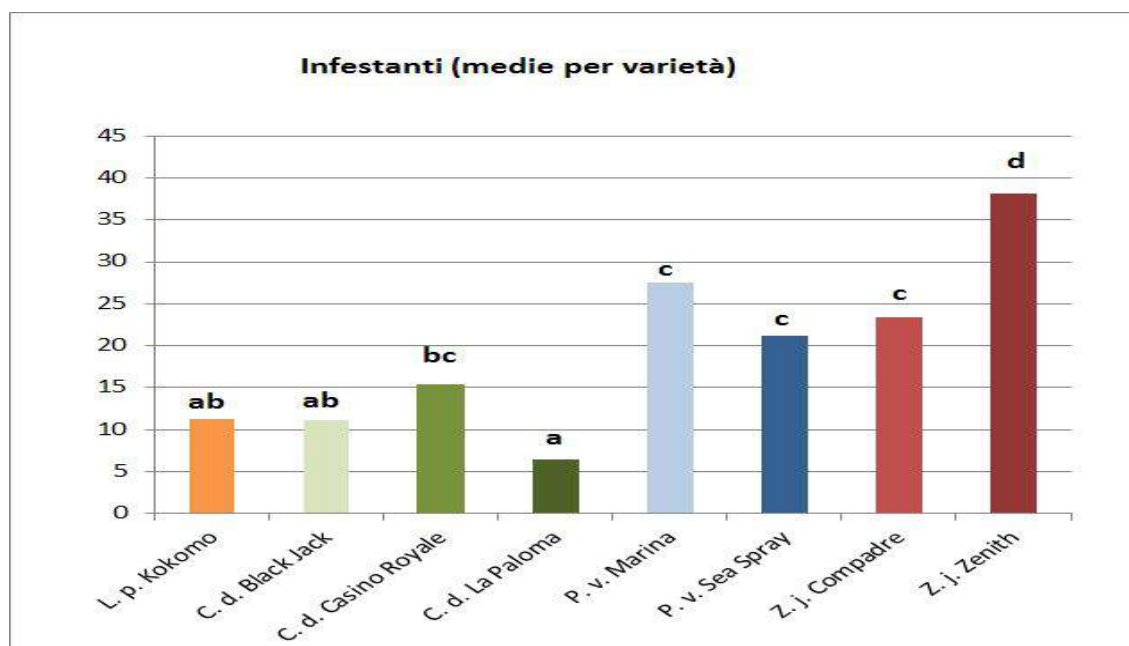


5.2.3.6. INFESTANTI

La presenza di infestanti è risultata essere legata solamente al fattore specie. Pertanto nell'istogramma di Figura 5.23. si riportano le medie dei due anni di sperimentazione per le 8 tesi testate.

Anche in questo caso appare evidente come la presenza di infestanti sia inversamente proporzionale alla densità e alla vitalità delle specie. Se confrontiamo l'istogramma sottostante con quello riportato in Figura 5.20., possiamo constatare che *Lolium perenne* e le tre cultivar di *Cynodon* mostrano, infatti, i più alti valori di densità e i minori di presenza di specie invadenti. Anche in questo caso quindi, come già messo in evidenza durante lo studio di Antria, le specie meno dense, con rapidità di insediamento limitata e, di conseguenza, periodi di scarsa competitività, risultano quelle maggiormente infestate. Sebbene evidenzino qualche differenza a livello di varietà, entrambe le cultivar di *Paspalum* ed entrambe le cultivar di *Zoysia* mostrano, per questo parametro, le performance peggiori.

Figura 5.23. Presenza media di infestanti per ogni specie/varietà, anni 2011-2012. I valori contrassegnati dalle stesse lettere non sono significativamente differenti per $p \leq 0.05$.



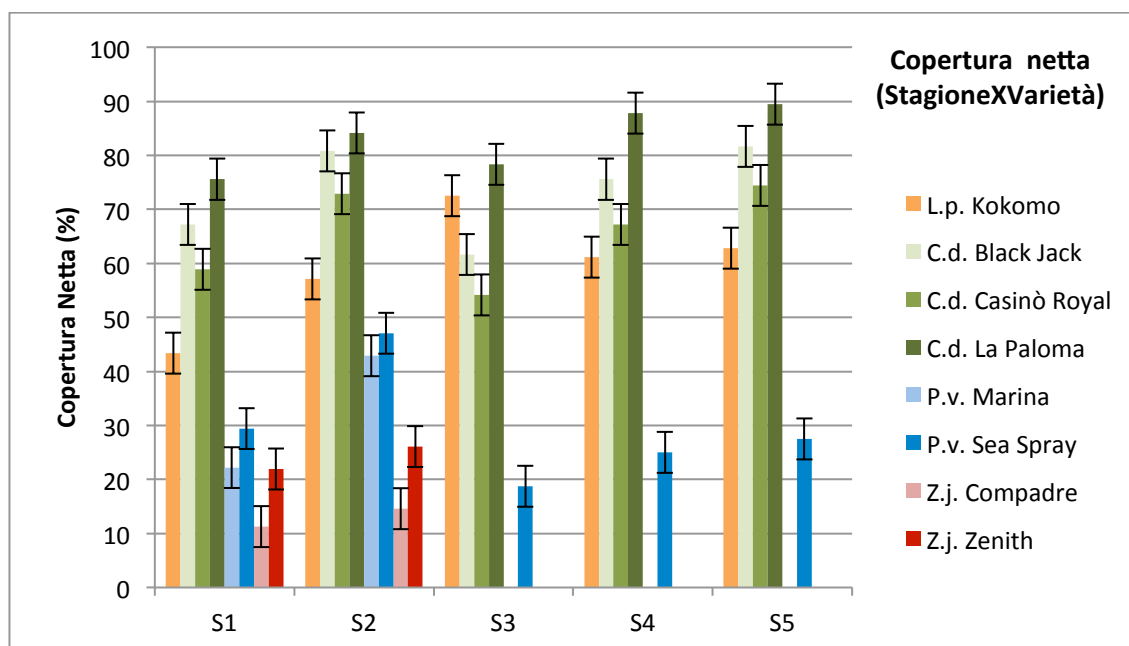
5.2.3.1. COPETURA NETTA

Per differenza tra copertura totale ed infestanti, otteniamo la copertura netta (Figura 5.24.). Questo parametro conferma ancora una volta come le cultivar di *Cynodon* siano le essenze che mediamente mostrano le migliori performance nell'ambiente di sperimentazione.

Per queste varietà, infatti, la differenza tra copertura lorda e netta si aggira intorno al 5-10%, eccettuato per il periodo primaverile del secondo anno (S3) durante il quale la diminuzione temporanea di copertura è stata dovuta al reingresso in vegetazione dopo il periodo di dormienza.

Anche *Lolium perenne* mette in evidenza una buona copertura, piuttosto stabile nel tempo, mentre è evidente come le coperture lorde di *Paspalum* e *Zoysia* siano composte in gran parte da specie infestanti. L'alta presenza di specie invasive, altamente competitive con le specie seminate, è sicuramente uno dei fattori che ha comportato l'estinzione delle parcelle al secondo anno.

Figura 5.24. Valori di copertura netti medi delle singole specie/varietà, espressi in percentuale di copertura, ottenuti durante i due anni di sperimentazione. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



5.2.4. Correlazione lineare: valutazione del metodo di stima della tessitura

Al fine di valutare l'attendibilità della stima visiva di questo carattere, la tessitura è stata rilevata anche direttamente, misurando con un calibro la larghezza dell'ultima foglia completamente espansa di un campione di 15 foglie per parcella. La raccolta delle foglie è avvenuta una volta per stagione vegetativa. Le misure rilevate sulle 15 foglie sono state mediate ottenendo un unico valore per ogni parcella. Questi valori sono stati confrontati con quelli attribuiti nello stesso giorno tramite stima visiva, per le stesse parcelle, mediante l'analisi di correlazione.

In Tabella 5.2.4. sono riportati gli indici di correlazione per ogni specie. Come è possibile osservare, gli indici risultano tutti negativi e questo indica l'esistenza di una correlazione negativa tra le due variabili. In pratica, all'aumentare della larghezza della lamina fogliare diminuisce il punteggio della stima e, viceversa, al diminuire della larghezza aumenta il punteggio stimato. Verificando poi la significatività dei dati ci si accorge che solo l'indice di correlazione relativo a *Z. japonica* indica una correlazione significativa, per $p \leq 0.05$, probabilmente dovuto ad una maggiore facilità di stima della tessitura delle foglie di *Z. japonica* particolarmente silicee, rigide e ben stese.

Tabella 5.2.4. Indice di correlazione lineare valori stimati/valori misurati per ogni specie.

Specie	Indice di correlazione lineare valori stimati/valori misurati
<i>Cynodon dactylon</i>	-0,3356
<i>Paspalum vaginatum</i>	-0,5040
<i>Zoysia japonica</i>	-0,7215

Inoltre è stato calcolato l'indice di correlazione generale, totale dei due anni di prova che riunisce tutte le specie, risultato significativo.

Si evidenzia invece una certa differenza tra i due anni: il primo non significativo (indice di correlazione lineare = -0.2096), mentre il secondo altamente significativo (indice di correlazione lineare = -0.8050). Questi risultati così discordanti sono dovuti probabilmente al fatto che al primo anno non era stato raggiunto un livello di esperienza sufficiente, da parte degli operatori, nella stima sintetica di questo parametro, cosa che è avvenuta con la pratica a partire dal secondo anno di prova.

5.2.5. Attività vegetativa e durata della stagione di crescita

La durata dell'attività vegetativa e del periodo di dormienza sono stati valutati mediante l'attribuzione di alcuni indici, secondo il metodo descritto nella sezione materiali e metodi.

Lo studio sulla durata del periodo vegetativo ha interessato solamente il campo catalogo di Antria in quanto, come visto in precedenza, a partire dalla primavera del 2012 la scomparsa di alcune specie ha impedito che l'analisi venisse svolta anche presso Marciano della Chiana.

L'analisi non ha messo in evidenza nessuna differenza significativa tra varietà all'interno della stessa specie, per questa ragione si riportano i dati medi aggregati per specie.

In Tabella 5.2.5. sono riportate le date di inizio e fine stagione vegetativa per le specie durante gli anni di prova, in particolare è riportata la data di entrata in dormienza per l'anno 2011, la ripresa e l'ingresso in stasi per il 2012 ed infine le nuove date di ripresa vegetativa per il 2013.

Tabella 5.2.5. Durata media registrata del periodo vegetativo e dello stato di dormienza delle specie macroterme per i due anni di prova.

Specie	Inizio	Fine	Vegetazione (gg)	Dormienza (gg)
<i>Cynodon dactylon</i>		16/11/2011		124
<i>Paspalum vaginatum</i>		26/11/2011		151
<i>Zoysia japonica</i>		08/11/2011		137
<i>Cynodon dactylon</i>	20/03/2012	08/11/2012	233	
<i>Paspalum vaginatum</i>	26/04/2012	20/11/2012	208	
<i>Zoysia japonica</i>	25/03/2012	16/11/2012	236	
<i>Cynodon dactylon</i>	17/04/2013			160
<i>Paspalum vaginatum</i>	28/04/2013			159
<i>Zoysia japonica</i>	07/04/2013			142

L'ingresso in stasi vegetativa, alla fine della prima stagione di sperimentazione, è avvenuto nel mese di novembre per tutte le specie, con differenze di circa 2 settimane tra la più precoce (*Zoysia*) e la più tardiva (*Paspalum*).

Il periodo di dormienza durante l'inverno 2011-2012 è risultato particolarmente lungo per il *Paspalum*, come è possibile vedere analizzando le date in cui è avvenuta la ripresa vegetativa. Per quanto riguarda la primavera 2012, infatti, *Cynodon* e *Zoysia* hanno mostrato una pronta ripresa, iniziata già a fine marzo, mentre *Paspalum* si è mostrato decisamente più tardivo, iniziando l'attività vegetativa con circa un mese di ritardo rispetto alle altre macroterme. Ritardi nel reingresso in vegetazione da parte di questa specie sono stati riportati anche in altri contesti ambientali (Duncan, 1996; Volterrani et al., 2001; Miele et al., 2000), in aree sia litoranee che interne della Toscana (Volterrani et al., 2000; Pardini et al., 2002) e in provincia di Roma (Croce et al., 2001).

Se andiamo a valutare la durata del periodo vegetativo dell'anno 2012, esaminando le date di ripresa e ingresso in dormienza in autunno 2012, possiamo affermare che il periodo di vegetazione più lungo è stato quello di *Z. japonica* (236 giorni), grazie alla precoce ripresa vegetativa e alla permanenza del colore delle foglie dovuta alla maggiore resistenza al freddo. Questa specie, infatti, è entrata in dormienza a metà novembre 2012, superata per pochi giorni solo da *Paspalum vaginatum*.

Quasi la stessa durata ha avuto periodo vegetativo delle varietà di *C. dactylon* (233 giorni), con maggiore precocità nella ripresa vegetativa, ma con anticipata perdita della colorazione verde rispetto alle altre specie per l'anno 2012.

Il più breve periodo vegetativo, come prevedibile dai risultati della ripresa vegetativa di primavera 2012, è stato quello di *P. vaginatum* (208 giorni), nonostante l'entrata in dormienza più tardiva.

La durata del periodo di dormienza durante l'inverno 2012-2013 mostra una sostanziale analogia rispetto all'anno precedente per le specie *Zoysia* (137 giorni nel 2011/2012 e 142 nel 2012/2013) e *Paspalum* (151 giorni a fronte dei 159), ma un netto allungamento per *Cynodon* (124 giorni a fronte dei 160 nel secondo anno). Questo risultato non deve in realtà destare grandi perplessità. Infatti, andando ad effettuare un confronto tra l'andamento climatico primaverile degli anni 2012 e 2013, è possibile notare che al momento della ripresa vegetativa

delle macroterme, le temperature tra i due anni sono state decisamente diverse. Nella Tabella 5.2.6. sono riportate le minime, le medie e le massime temperature dei mesi marzo e aprile degli anni 2012/2013, mediate per ogni decade.

Tabella 5.2.6. Temperature massime, minime e medie del periodo marzo e aprile per gli anni 2012 e 2013 mediate per decadi.

Periodo	Anno 2012			Anno 2013		
	T Max	T Min	T media	T Max	T Min	T media
1 ^a decade Marzo	15,8	2,8	9,3	13,6	4,0	8,8
2 ^a decade Marzo	19,1	3,4	11,2	11,9	3,0	7,4
3 ^a decade Marzo	22,2	6,0	14,1	14,7	5,1	9,9
1 ^a decade Aprile	18,2	6,2	12,2	15,7	5,0	10,4
2 ^a decade Aprile	14,8	6,5	10,7	23,2	8,2	15,7
3 ^a decade Aprile	21,0	7,6	14,3	22,6	9,5	16,0

Come si può notare dalla tabella, le temperature medie e massime primaverili dell'anno 2013 sono state più basse rispetto allo stesso periodo dell'anno precedente, mentre le minime si sono attestate sugli stessi livelli.

Si suppone che ad aver influenzato la ripresa vegetativa siano state soprattutto le temperature massime, risultate notevolmente ridotte fino alla seconda decade di aprile del 2013. Questo andamento ha sicuramente influito sulla ripresa vegetativa delle specie più precoci, che non sono riuscite ad entrare prontamente in vegetazione a differenza della primavera 2012. Questo fatto mette in evidenza la notevole importanza che le temperature massime rivestono per le specie macroterme nel periodo primaverile.

5.2.6. Stima dell'AEG attraverso l'analisi di regressione multipla.

Come già precedentemente illustrato, l'AEG è un parametro che racchiude una stima sintetica della qualità estetica totale di un tappeto erboso. Come tale, questo indice ci dà un giudizio globale anche sul livello degli altri parametri che racchiude. È per tanto ipotizzabile che l'AEG si possa calcolare a posteriori a partire dagli altri parametri valutati in campo.

Attraverso l'analisi di regressione multipla è stato possibile vedere quali dei parametri presi in considerazione durante la sperimentazione (*colore, densità, copertura, tessitura ed infestanti*) sono maggiormente correlati all'AEG e quali, invece, ne influenzano i valori in maniera marginale e non significativa. Infatti, il modello applicato (modello stepwise), presenta un meccanismo di uscita di variabili, quando la rimozione delle stesse non provoca un calo della capacità esplicativa del modello nel suo insieme. L'eliminazione delle variabili dal modello viene effettuata in modo automatico tramite il confronto con un valore soglia di significatività, che nel nostro caso è stato posto uguale a 0,05.

Dall'analisi è stata ricavata una formula che permette di calcolare il valore dell'AEG di un cotico del quale siano stati valutati *colore*, *densità*, *copertura* ed *infestanti*.

La formula è la seguente:

$$\text{AEG} = -1,326 + 0,387 * \text{densità} + 0,049 * \text{copertura} - 0,053 * \text{infestanti} + 0,26 * \text{colore}$$

$$R^2 = 0,841$$

Dove:

densità e colore sono stimati attraverso un indice variabile da 1 a 9, mentre copertura ed infestanti sono espressi in percentuale.

Dalla formula è possibile notare che:

- Dalla sperimentazione risulta che i parametri maggiormente correlati all'AEG sono densità e copertura, mentre il colore è il parametro meno influente (nella formula i parametri sono ordinati da quello maggiormente correlato a quello che influenza in maniera minore il calcolo).
- Il parametro tessitura non è presente nella formula e questo perché la sua assenza all'interno del modello non provocava un calo della capacità esplicativa e non influenzava l'accuratezza del calcolo dell'AEG;
- R^2 elevato mette in evidenza un'alta accuratezza del calcolo;
- Il parametro infestanti, come prevedibile, assume un valore negativo, in quanto correlato in maniera inversa all'aspetto estetico del tappeto.

Attraverso questa formula, di conseguenza, è possibile calcolare il valore dell'AEG derivandolo dai valori degli altri parametri. È bene tener presente, però, che la formula è scaturita dallo studio svolto in una specifica area geografica, ciò non toglie che eventuali nuovi dati provenienti da altre sperimentazioni (per le stesse specie) potrebbero migliorarne l'accuratezza. In tal caso sarebbe possibile rendere la formula più generale e applicabile anche ad altri contesti ambientali.

Lo studio della regressione lineare è stato effettuato anche per ciascuna delle tre specie macroterme. Per tutte le specie troviamo che i parametri più importanti che condizionano l'AEG sono la copertura e le infestanti, presenti in tutte le formule, e la densità, presente per *Paspalum* e *Zoysia*. In Tabella 5.2.7. si riportano le formule ottenute durante lo studio. Come è possibile notare, gli R^2 delle equazioni sono molto alti, per tanto le formule risultano molto attendibili.

Tabella 5.2.7. Formule di regressione lineare per la stima dell'AEG per le varie specie macroterme prese in esame.

Cynodon dactylon

$$\text{AEG} = -1,908 + 0,584 * \text{colore} + 0,064 * \text{copertura} - 0,053 * \text{infestanti}$$

$$R^2 = 0,760$$

Paspalum vaginatum

$$\text{AEG} = -3,297 + 0,551 * \text{densità} + 0,04 * \text{copertura} + 0,389 * \text{tessitura} - 0,021 * \text{infestanti}$$

$$R^2 = 0,849$$

Zoysia japonica

$$\text{AEG} = -0,307 + 0,390 * \text{densità} + 0,049 * \text{copertura} - 0,047 * \text{infestanti}$$

$$R^2 = 0,912$$

5.3. Risultati della prova di confronto tra tecniche di gestione (Linea 2)

5.3.1. Influenza di livelli differenziati di irrigazione e fertilizzazione sulle specie presenti.

L'indagine sulle tecniche di gestione, ha permesso di valutare l'incidenza di tre diversi livelli di irrigazione (100% (I1), 75% (I2) e 50% (I3) dell'ETP calcolata per l'area di prova) e tre diversi livelli di fertilizzazione sulle due specie selezionate: *Cynodon dactylon* (cv. La Paloma) e *Paspalum vaginatum* (cv. Sea Spray).

Come per la prova di confronto varietale, è stato effettuato il test ANOVA per ogni parametro rilevato durante i sopralluoghi in campo, analizzando l'influenza dei singoli trattamenti (stagione, irrigazione, fertilizzazione e specie) e delle loro interazioni. In tabella 5.3.1. è possibile osservare per ogni carattere valutato la significatività degli effetti delle fonti di variazione analizzate.

Tabella 5.3.1. Significatività degli effetti delle fonti di variazione analizzate.

Fonti di Variazione	AEG	COLORE	DENSITA'	TESSITURA	COPERTURA	COPERTURA NETTA	INFESTANTI
Stagione	**	**	**	**	**	**	**
Irrigazione	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
StagioneXIrrigazione	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fertilizzazione	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fertiliz.XStagione	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fertiliz.XIrrigazione	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
Specie	**	**	**	**	**	**	**
SpecieXStagione	**	**	**	**	**	**	**
SpecieXIrrigazione	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
SpecieXFertilizzazione	*	*	*	*	*	*	n.s.

* significativo per $p \leq 0.05$; ** altamente significativo per $p \leq 0.01$; n.s. non significativo.

Come si può verificare dalla tabella, tra i trattamenti adottati, l'irrigazione e la fertilizzazione sono risultati quelli meno in grado di influire sui parametri di giudizio dei tappeti erbosi. In particolare, l'irrigazione è risultata influente solo sulla presenza di infestanti e la fertilizzazione solo sul colore. La stagione e la specie, invece, hanno dimostrato di avere un ruolo fondamentale nel condizionamento delle performance dei tappeti erbosi, avendo influito in modo altamente significativo ($p \leq 0.01$) su tutti i parametri di giudizio presi in considerazione nella valutazione qualitativa dei tappeti. Stessa cosa vale per l'interazione dei due fattori (specieXstagione), risultata anch'essa altamente significativa, con probabilità di errore minore

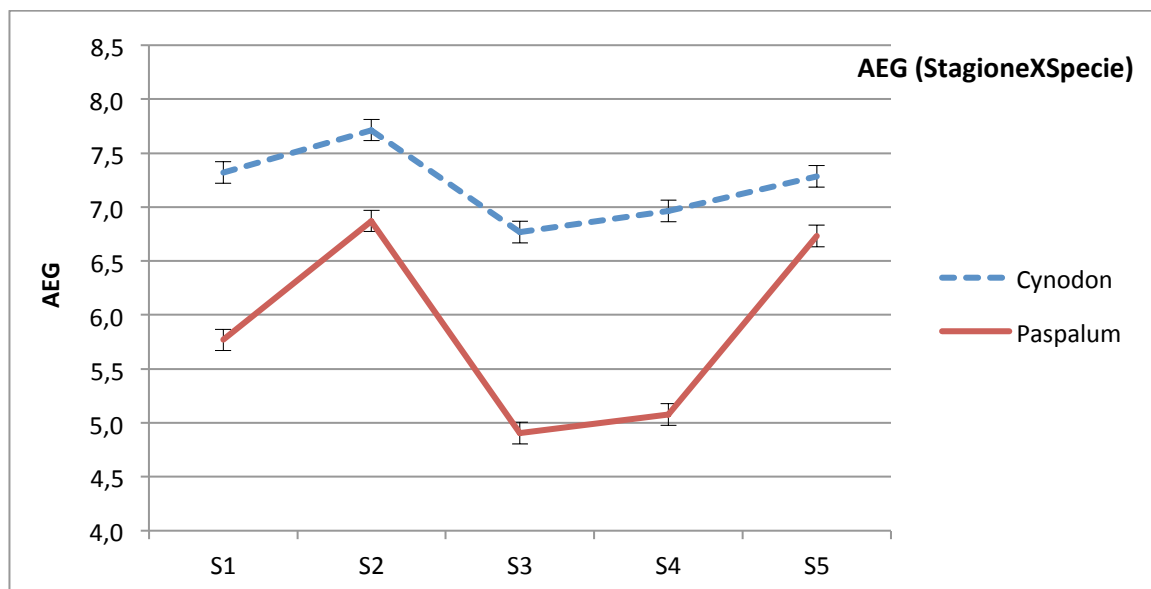
o uguale all'1%. Per quanto riguarda l'effetto dell'interazione dei trattamenti "specieXirrigazione" non si sono riscontrate differenze significative, mentre ce ne sono state per l'interazione "specieXfertilizzazione", che ha influito su tutti i caratteri studiati ad esclusione della presenza di infestanti con probabilità di errore minore o uguale a 5%. Infine l'interazione "fertilizzazioneXirrigazione" ha influito significativamente sulla variabilità della tessitura.

Di seguito sono esposti, per ciascun parametro rilevato, i grafici che riportano i dati risultati significativi all'analisi statistica.

5.3.1.1. ASPETTO ESTETICO GLOBALE

Osservando il grafico di Figura 5.25. che esprime l'influenza dell'interazione tra stagione e specie sull'AEG, si evince che, per questo parametro rappresentante la sintesi di un giudizio complessivo sul tappeto erboso, *C. dactylon* è la specie che meglio si adatta alle condizioni pedo-climatiche dell'area.

Figura 5.25. Andamento medio stagionale dell'AEG delle due specie studiate (*C. dactylon* cv. La Paloma e *P. vaginatum* cv. Sea Spray). Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



C. dactylon, infatti, mostra un livello dell'aspetto estetico globale sempre superiore rispetto a *P. vaginatum* nonostante, di per sé, alcune varietà di *P. vaginatum* selezionate per tappeti erbosi, tra cui Sea Spray, siano considerate migliori in letteratura da un punto di vista estetico rispetto a *C. dactylon*, soprattutto grazie alla loro maggiore densità e alla tessitura più sottile rispetto alla gramigna (Brosnan e Deputy, 2008a).

La curva rappresentante le medie dell'AEG di *C. dactylon* mostra un andamento stagionale che si è mantenuto sempre ad un livello superiore rispetto a quella di *P. vaginatum*, il quale si è avvicinato agli standard della gramigna solo nei due periodi autunnali (S2 e S5). Il miglioramento dell'aspetto estetico globale di *P. vaginatum* che si è verificato nel periodo di fine estate e autunno è stato riscontrato in entrambi gli anni di prova ed è risultato in linea sia con ciò che si è verificato nei siti di Antria e Marciano della Chiana, sia con quanto rilevato da altri autori (De Luca et al., 2008a).

Questo comportamento è tipico di *P. vaginatum* che, manifestando una miglior ritenzione invernale della colorazione verde delle foglie, ottiene, in questo periodo, i migliori punteggi di colore e conseguentemente anche di AEG.

Per contro, le epoche in cui si sono verificati i maggiori scostamenti tra i livelli di AEG delle due specie sono stati i primi mesi dopo la semina (S1) e il periodo primaverile-estivo del secondo anno di prova (S3 e S4). Durante l'estate 2011, *P. vaginatum* ha mostrato minore velocità di insediamento con valori di densità e copertura nettamente inferiori, come visibile nei grafici successivi (Figure 5.29. e 5.33.). Questi risultati di densità e copertura ottenuti da *P. vaginatum*, hanno influito negativamente sull'aspetto estetico delle parcelle e sul loro giudizio globale penalizzando nettamente il parametro AEG in tali periodi.

Altro periodo critico per il *P. vaginatum* è stato quello primaverile-estivo del 2012, probabilmente per i danni subiti durante il periodo invernale, che ne hanno determinato una più lenta ripresa vegetativa, come riscontrato anche nelle prove di confronto varietale. Come noto da studi effettuati da altri autori, *P. vaginatum* presenta la peculiarità di essere più suscettibile al freddo invernale rispetto alle altre macroterme, il che ne determina una dormienza prolungata e a volte anche la perdita del tappeto (Brosnan e Deputy, 2008a).

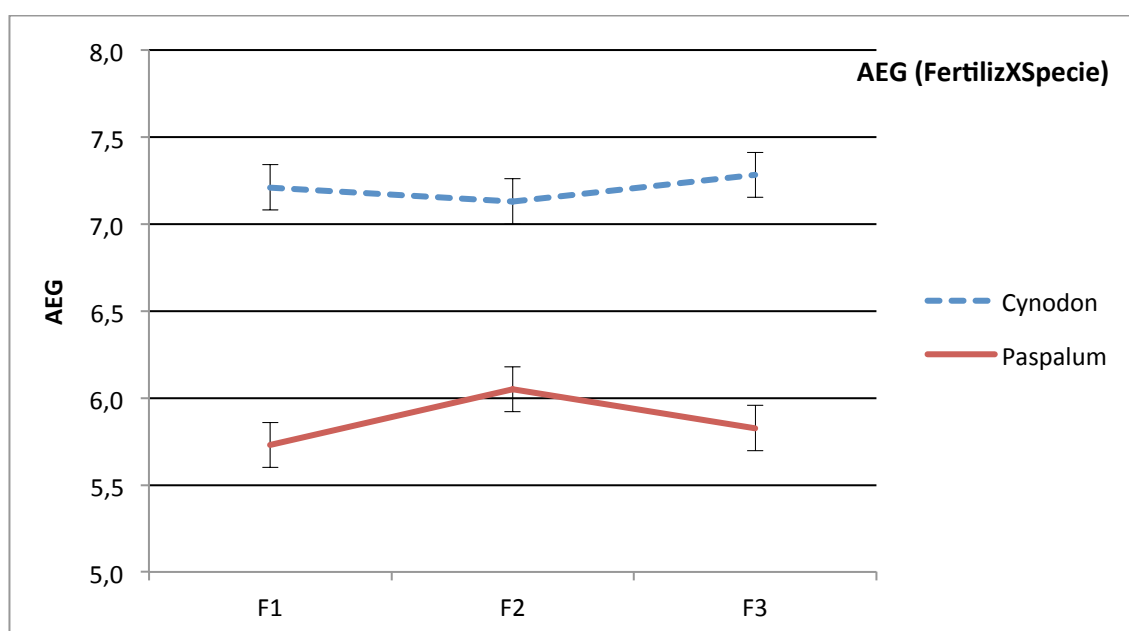
Una sperimentazione condotta da Volterrani et al. (1996) sembra essere in disaccordo con i risultati relativi a *P. vaginatum* ottenuti dalla presente sperimentazione riportando, invece, delle performance diverse da parte di questa specie nei confronti della dormienza. In questo studio, infatti, *Paspalum* ha mostrato dei buoni valori di AEG già dal mese di aprile, con ulteriori miglioramenti in giugno, raggiungendo risultati ottimi (>8). Nonostante le due sperimentazioni siano state condotte entrambe in Toscana, probabilmente, le discordanze riscontrate sono riconducibili alle condizioni climatiche decisamente diverse in cui sono state svolte le prove. La presente sperimentazione è stata portata avanti in un'area interna della Toscana caratterizzata da inverni in cui le temperature minime possono scendere diversi gradi sotto lo zero, mentre la sperimentazione sviluppata da Volterrani et al. (1996) è stata condotta in un'area litorale in provincia di Pisa dove il clima, più mite, ha permesso a *P. vaginatum* una ripresa vegetativa precoce una volta superato l'inverno.

Per quanto riguarda la risposta delle due specie alle diverse tipologie di concimazioni, nel grafico di Figura 5.26. è possibile osservare come è variato il parametro AEG delle stesse, in funzione delle tre diverse tipologie di fertilizzazioni.

P. vaginatum ha mostrato performance analoghe sia con la concimazione ordinaria (F1) che con quella con maggiorazione di potassio (F3).

C. dactylon, invece, ha messo in evidenza dei lievi miglioramenti con la concimazione F3. Questi risultati sono in linea con quelli acquisiti in uno studio condotto da Snyder e Cisar (2000) sulla gramigna, durante il quale sono stati studiati diversi piani di concimazione che prevedevano la maggiorazione del dosaggio di potassio, variando il rapporto K/N. Tale lavoro riporta che, fertilizzando con un rapporto K/N intorno a 0,5 si riesce ad influenzare aspetto estetico e crescita della gramigna, mentre risulta completamente ininfluente aumentare il potassio oltre questo rapporto. Nella presente sperimentazione, la concimazione F3 è caratterizzata da un rapporto K/N al primo anno pari a 0,39 e al secondo pari a 0,35, mentre lo standard F1 si attesta intorno allo 0,24 al primo anno e 0,16 al secondo.

Figura 5.26. Risposta delle due specie studiate (*C. dactylon* cv. La Paloma e *P. vaginatum* cv. Sea Spray) per il parametro AEG in funzione delle 3 tipologie di fertilizzazione adottate. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.

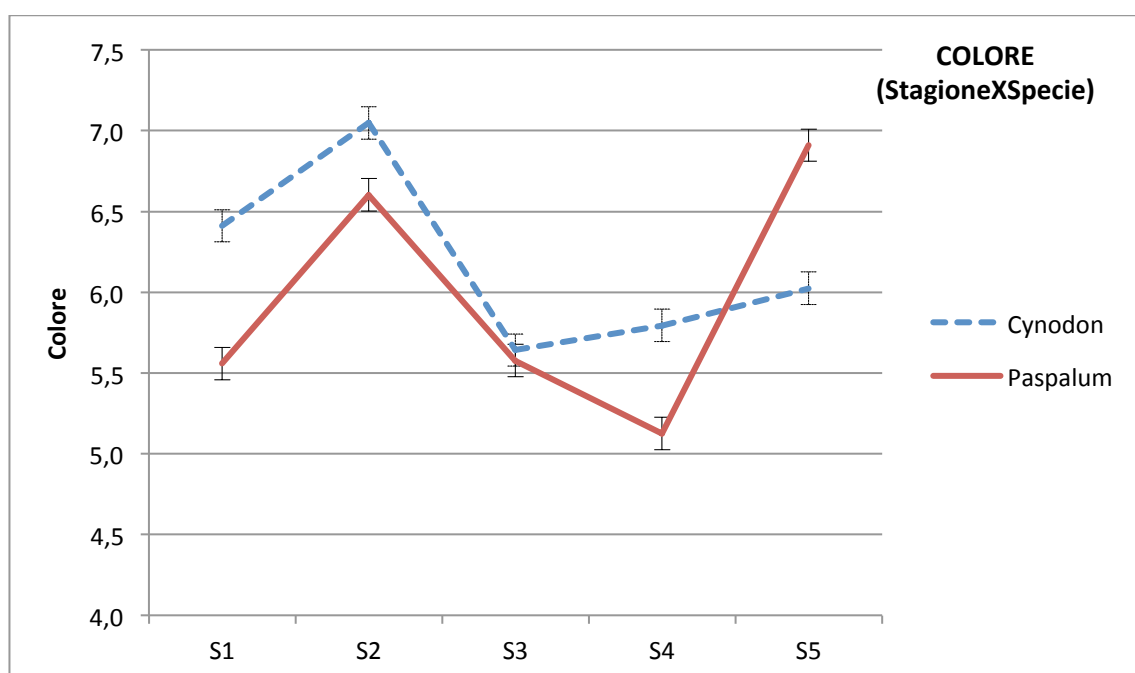


Gli standard di *P. vaginatum* sono invece migliorati in quelle parcelle alle quali è stato apportato un maggior quantitativo di azoto (F2). La stessa maggiorazione di azoto invece sembra non giovare all'aspetto estetico di *C. dactylon* che, mostra un lieve peggioramento rispetto allo standard. È quindi possibile affermare che la maggiorazione di azoto influisce sull'aspetto estetico di *P. vaginatum* in maniera positiva. Questo risultato è in linea con ciò che è stato evidenziato in uno studio di Trenholm (2001) che ha avuto lo scopo di valutare l'influenza di azoto e potassio sulla qualità di tappeti erbosi di *P. vaginatum*. Nel suddetto studio, somministrazioni di azoto hanno avuto un'influenza significativa sull'aspetto estetico del tappeto erboso, mentre si sono avute risposte minime in corrispondenza di maggiorazioni di potassio.

5.3.1.2. COLORE

C. dactylon è stata la specie che ha ottenuto i punteggi più elevati per questo carattere (Figura 5.27.), ad eccezione dell'autunno 2012 (S5). *C. dactylon*, infatti, viene descritta come una specie non di qualità eccellente, sia per l'elevata produzione di feltro che per il colore abbastanza chiaro (Holm et al., 1991), che però probabilmente in situazioni di forte stress riesce a mantenere condizioni accettabili in misura maggiore rispetto a *P. vaginatum*.

Figura 5.27. Andamento medio stagionale del colore delle due specie studiate (*C. dactylon* cv. La Paloma e *P. vaginatum* cv. Sea Spray). Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



Il maggior divario tra i livelli di colore delle due specie si evidenziano nella fase iniziale di insediamento quando *C. dactylon* ottiene punteggi più elevati di *P. vaginatum* che, invece, non raggiunge la sufficienza; nell'epoca successiva (S2), invece, le performance delle due specie migliorano, con un maggiore incremento dei punteggi di *P. vaginatum* che riduce, perciò, il distacco dalla gramigna.

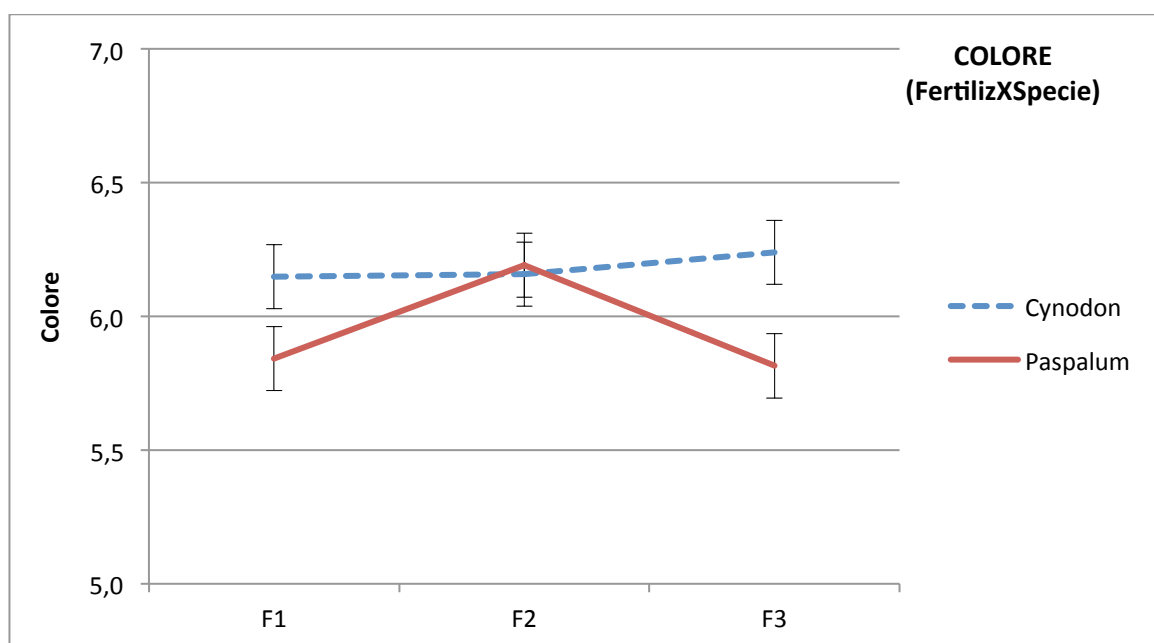
Al momento della ripresa vegetativa (S3) le medie approssimativamente si equivalgono, ma poi gli andamenti procedono in senso opposto. *C. dactylon* durante l'estate e l'autunno del secondo anno, mostra un lento ma graduale miglioramento del colore, raggiungendo a fine stagione un punteggio di sufficienza. *P. vaginatum* mostra un netto peggioramento del colore durante il periodo estivo per poi risalire a fine estate e raggiungere ottimi livelli qualitativi. Il brusco calo nella performance del *Paspalum*,

probabilmente, è stato dovuto alla maggior suscettibilità al clima particolarmente torrido e siccitoso dell'estate 2012 che, oltretutto, per carenza di acqua, ha impedito di seguire il piano di irrigazione prestabilito e quindi di irrigare quanto preventivato in funzione dell'ETc. Con le prime piogge di fine agosto, dopo circa un mese di siccità, *P. vaginatum* torna a vegetare in maniera efficiente e a mostrare un colore verde intenso, e nell'arco di alcune settimane raggiunge i livelli di *C. dactylon* oltrepassandoli di circa un punto a fine stagione.

Il punteggio del colore ottenuto dalla gramigna, quasi sempre superiore a *P. vaginatum*, non ha mai raggiunto risultati superiori a 7, ad eccezione del periodo autunnale 2011 (S2). Sicuramente, il giudizio è stato condizionato a partire dal secondo anno in poi, dalla presenza di feltro che risulta essere una caratteristica intrinseca della suddetta specie (Holm et al., 1991).

In Figura 5.28. si può osservare come è variato il colore delle specie in esame in funzione dei diversi piani di concimazione.

Figura 5.28. Risposta delle due specie studiate (*C. dactylon* cv. La Paloma e *P. vaginatum* cv. Sea Spray) per il parametro COLORE in funzione delle 3 tipologie di fertilizzazione adottate. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



Come si evince dal grafico, mentre maggiorazioni di potassio (F3) non modificano i punteggi del colore di *Paspalum*, mantenendolo sugli stessi livelli dello standard, incrementi nelle dosi di azoto (F2) ne migliorano nettamente la tonalità. Al contrario, aumenti di azoto non sembrano influire su *C. dactylon* per questo parametro, mentre incrementi nelle dosi di potassio apportano lievi miglioramenti.

Il risultato più evidente che emerge dai dati è sicuramente la maggiore risposta di *P. vaginatum*, in termini di intensità della colorazione, a dosi crescenti di azoto. Questo risultato è in accordo con le ricerche di Trenholm (2001), che ha investigato i comportamenti di *P. vaginatum* in funzione di diversi piani di concimazione, in particolare per la valutazione del colore sono stati esaminati i valori di riflettanza, che hanno mostrato miglioramenti del colore in corrispondenza di dosi di azoto maggiorate. Uno studio condotto da Volterrani et al. (2005), basato sullo spettro di riflettanza dei tappeti erbosi che ha permesso di valutare lo stato di tappeti erbosi di gramiglia in funzione di diversi livelli di concimazione azotata, mostra miglioramenti del colore fino a razioni di azoto intorno ai 300 kg/ha. Oltre questa soglia non vengono riportate variazioni nella colorazione verde. Un'altra sperimentazione portata avanti in serra sull'ibrido 'Patriot' conferma il risultato ottenuto con la presente sperimentazione, suggerendo come ingiustificate dosi di N superiori ai 380 kg/ha (Baldi, 2012).

5.3.1.3. DENSITÀ

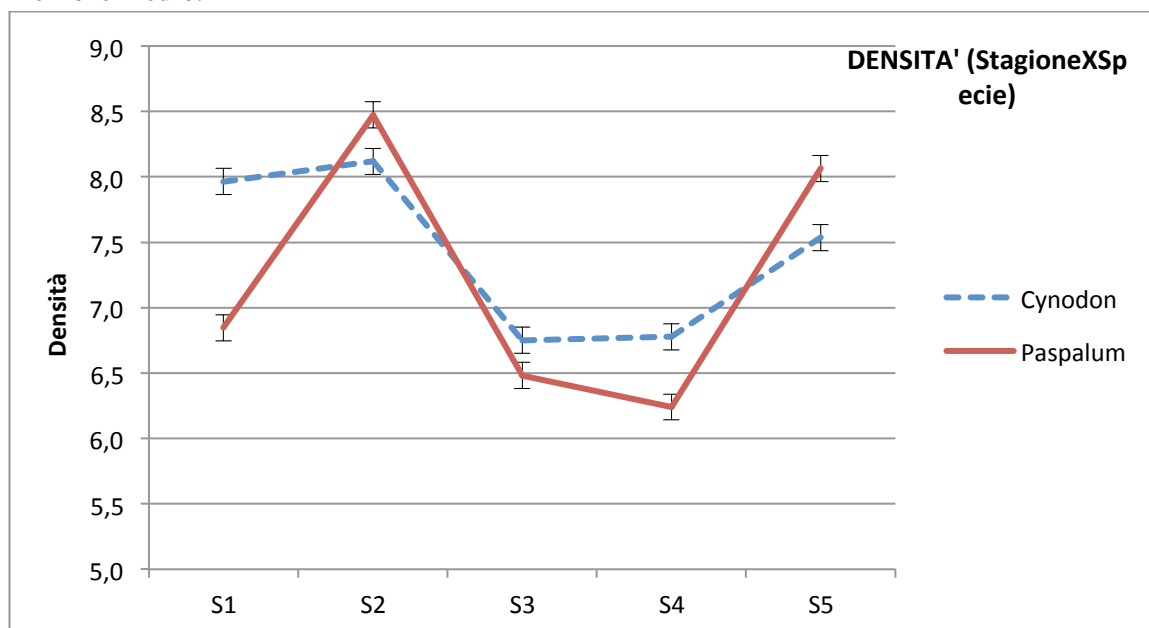
I punteggi relativi alla densità ottenuti dalle due specie hanno seguito un andamento simile (Figura 5.29.) dettato principalmente dalla stagionalità che ha condizionato la variabilità dei punteggi in modo molto marcato.

Gli scostamenti tra le due curve da attribuire in massima parte al fattore specie e dovuti a diverse tempistiche di insediamento, sono molto evidenti nella prima stagione vegetativa (S1). Differenze sono osservabili anche in entrambi i periodi autunnali (S2 e S5) dove *P. vaginatum* ha dato prova di una maggior persistenza, mentre *C. dactylon* ha mostrato una repentina entrata in dormienza, come già detto con perdita di colorazione verde e diminuzione della densità.

Per quanto riguarda la risposta delle due specie alle diverse tipologie di concimazioni, nel grafico di Figura 5.30. è possibile osservare come è variata la densità delle stesse, in funzione delle tre diverse tipologie di fertilizzazioni.

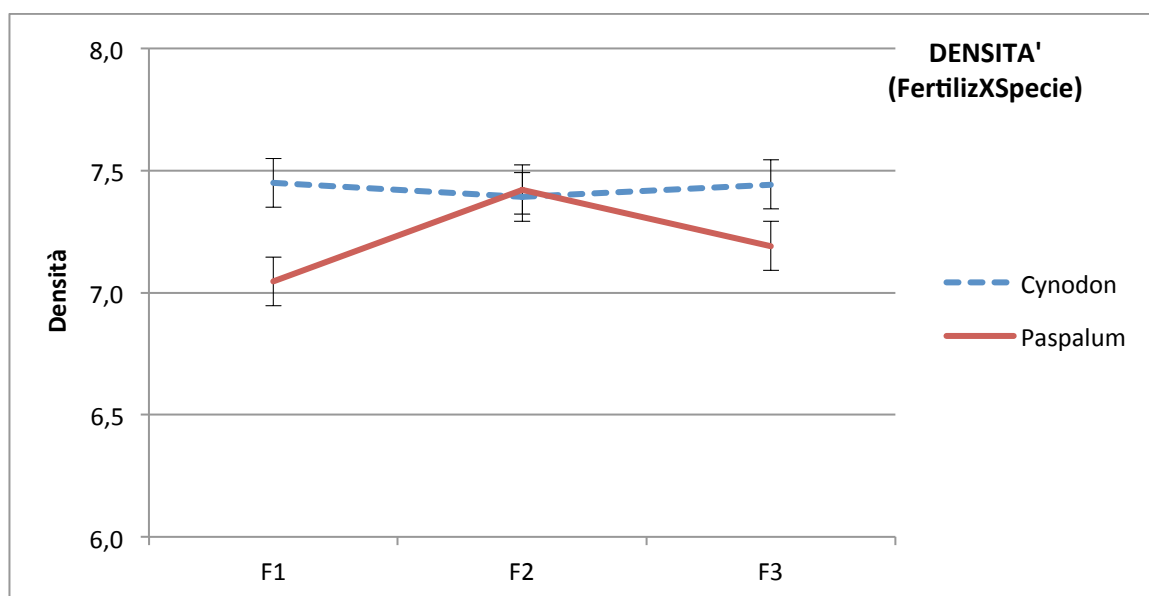
C. dactylon dimostra di essere influenzato marginalmente dai diversi piani di concimazione testati, anche per questo carattere, mettendo in evidenza solo un debole peggioramento per quantitativi di azoto superiori agli ordinari (F2). *P. vaginatum* mostra invece un evidente miglioramento della densità con incrementi nel dosaggio di azoto (F2) e molto lieve con maggiorazioni di potassio (F3).

Figura 5.29. Andamento medio stagionale della densità delle due specie studiate (*C. dactylon* cv. La Paloma e *P. vaginatum* cv. Sea Spray). Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



L'andamento di questo parametro è molto simile a quello visto in precedenza per il colore, evidenziando una diversa risposta alla fertilizzazione delle due specie, che si riflette nei due parametri più legati all'attività vegetativa, ossia il colore e la densità del tappeto erboso.

Figura 5.30. Risposta delle due specie studiate (*C. dactylon* cv. La Paloma e *P. vaginatum* cv. Sea Spray) per il parametro DENSITA' in funzione delle 3 tipologie di fertilizzazione adottate. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.

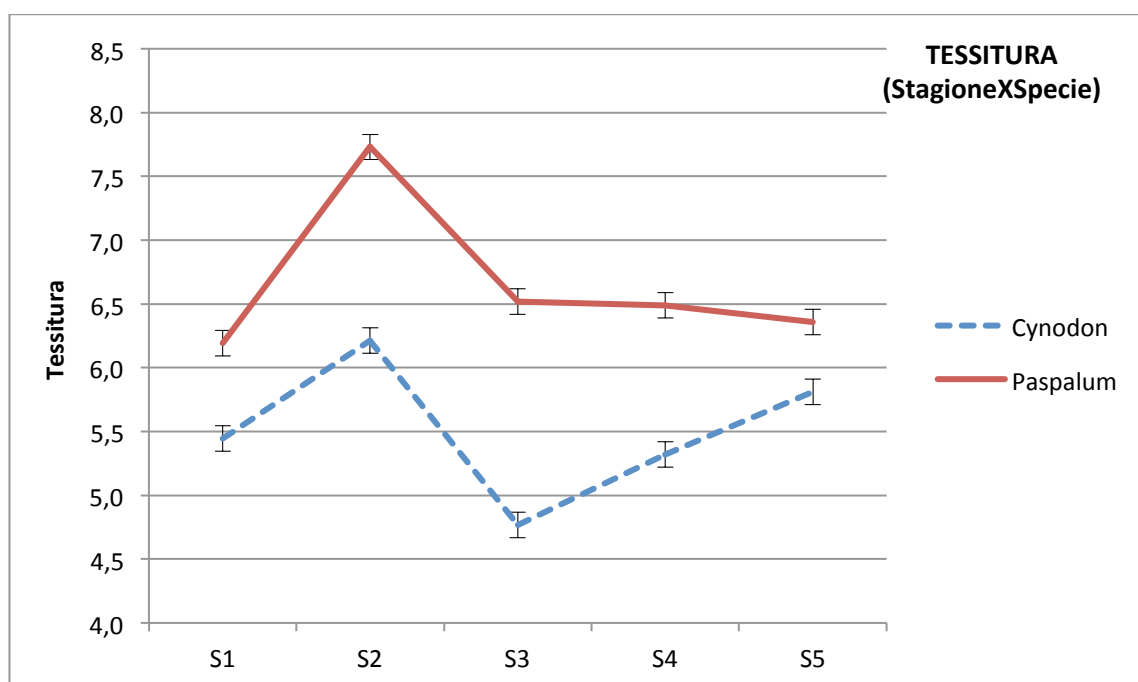


5.3.1.4. TESSITURA

Gli andamenti stagionali delle due specie visibili in Figura 5.31., molto simili tra di loro, indicano una dipendenza della tessitura dai fattori stagionali. Tuttavia ciò che più influenza questo carattere è sicuramente la specie/varietà, infatti, la curva di *P. vaginatum* sovrasta ampiamente quella di *C. dactylon* di circa un punto/un punto e mezzo, dimostrando la sua netta superiorità per questo aspetto. Questi risultati sono stati riscontrati anche in uno studio di Croce et al., (2002) che ha rilevato tessitura grossolana delle specie da seme di gramigna e medio-fine di *P. vaginatum*.

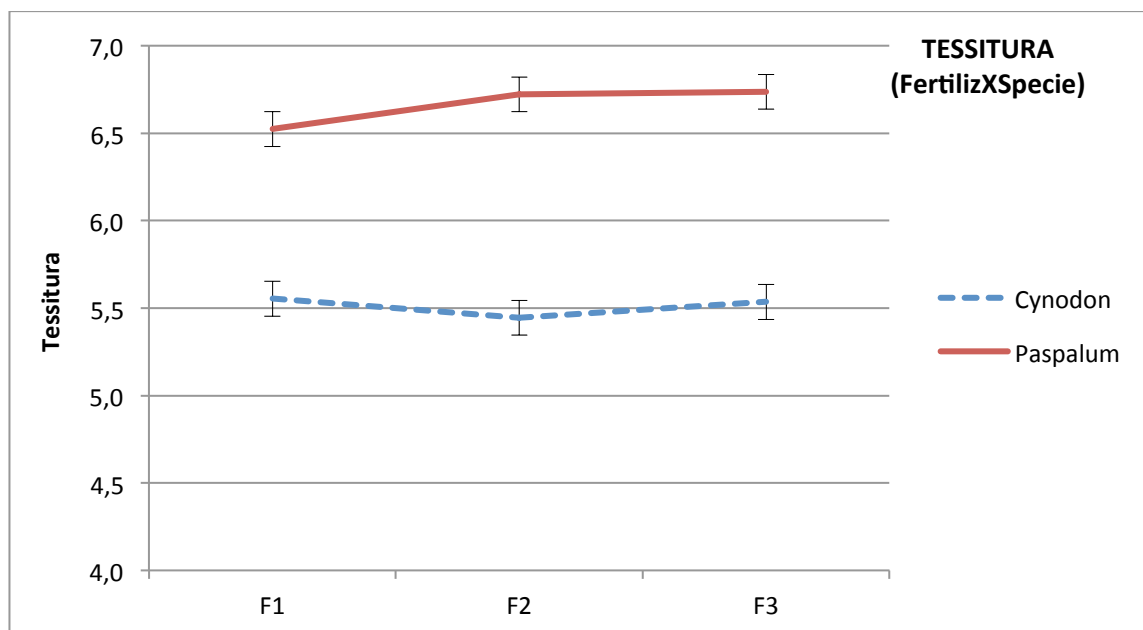
C'è da considerare anche che la stima di questo parametro è quella più influenzata dalla soggettività di chi effettua il giudizio visivo, per cui l'andamento stagionale osservato nel grafico è da considerarsi in parte falsato dagli errori commessi durante la valutazione.

Figura 5.31. Andamento medio stagionale della tessitura delle due specie studiate (*C. dactylon* cv. La Paloma e *P. vaginatum* cv. Sea Spray). Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



Nel grafico di Figura 5.32. sono messe in relazione le specie studiate e le tre diverse tipologie di concimazioni testate. In generale si può dire che esse abbiano influito quasi impercettibilmente sulla larghezza della lamina fogliare.

Figura 5.32. Risposta delle due specie studiate (*C. dactylon* cv. La Paloma e *P. vaginatum* cv. Sea Spray) per il parametro TESSITURA in funzione delle 3 tipologie di fertilizzazione adottate. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



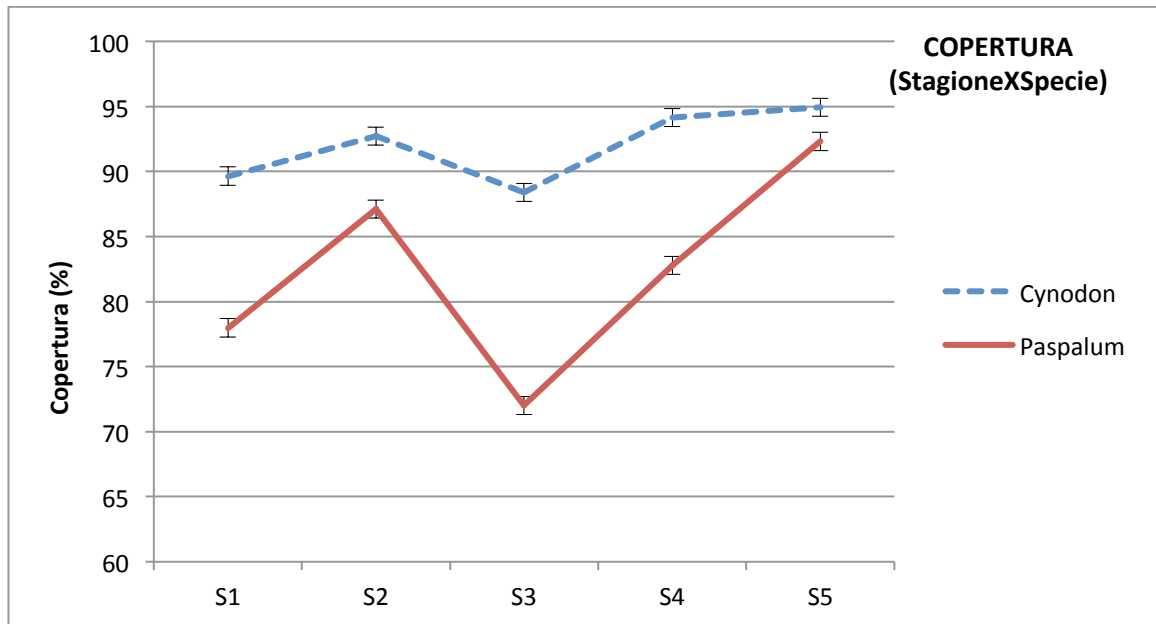
Osservando il grafico si può dedurre che il surplus di potassio non abbia determinato nessun tipo di cambiamento nella tessitura di *C. dactylon*, mentre sembra aver migliorato quella di *P. vaginatum* rispetto allo standard. L'incremento di dosaggio di azoto invece, pare aver peggiorato la tessitura di *C. dactylon*, probabilmente a causa dell'influenza che questo elemento ha sulla crescita e fogliosità di questa specie (Baldwin et al., 2009) mentre, anche in questo caso, quella del *P. vaginatum* sembra aver tratto dei leggeri giovamenti.

5.3.1.5. COPERTURA TOTALE

C. dactylon ha mostrato, durante le cinque stagioni vegetative, una percentuale di copertura maggiore (Figura 5.33.) rispetto a *P. vaginatum*. Quest'ultimo è riuscito a colmare in parte il distacco con *C. dactylon* solo a fine estate e autunno, periodo durante il quale per questa specie si sono registrati miglioramenti per tutti i parametri, ad esclusione della tessitura. Questo comportamento di *P. vaginatum*, già descritto al momento dell'analisi dei risultati ottenuti per il parametro AEG, è dovuto alla minore tolleranza alla siccità di questa specie, che riprende la piena attività vegetativa solo una volta passato il momento di intensa calura estiva. Inoltre, avendo sofferto le basse temperature durante l'inverno, *P. vaginatum* ottiene alla ripresa vegetativa (S3) i punteggi di copertura più bassi.

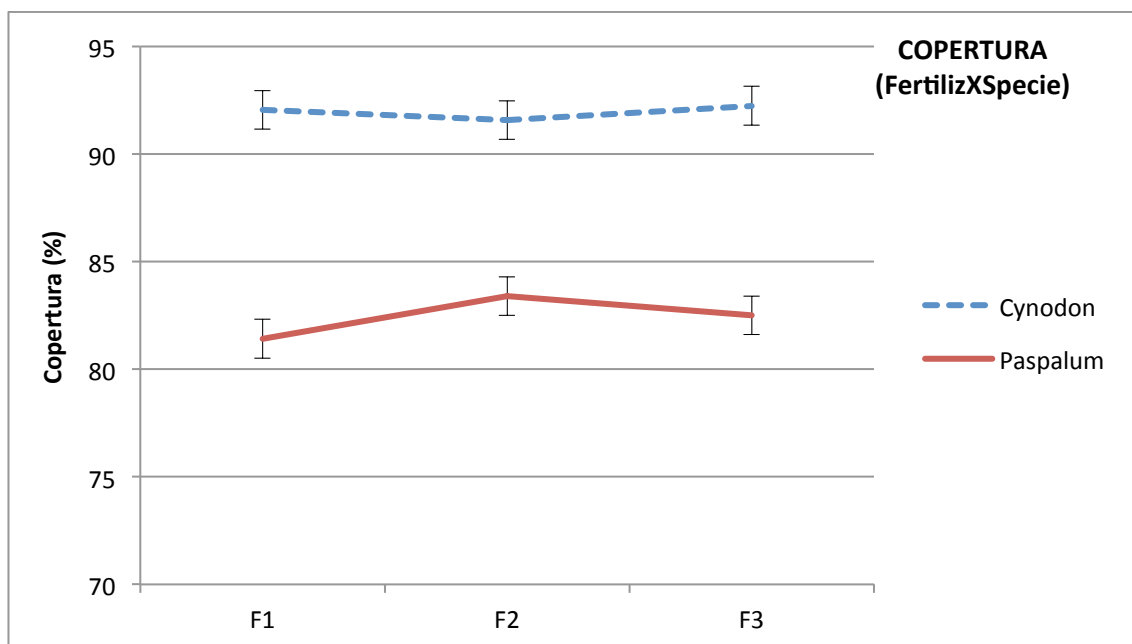
Le fertilizzazioni con maggior dosaggio di azoto, rispetto alle concimazioni ordinarie, hanno leggermente favorito ancora una volta la specie *P. vaginatum*.

Figura 5.33. Andamento medio stagionale della copertura delle due specie studiate (*C. dactylon* cv. La Paloma e *P. vaginatum* cv. Sea Spray). Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



Nel grafico di Figura 5.34., infatti, è visibile un aumento delle percentuale di copertura in corrispondenza di F2 che raggiunge una media di circa l'83%.

Figura 5.34. Risposta delle due specie studiate (*C. dactylon* cv. La Paloma e *P. vaginatum* cv. Sea Spray) per il parametro COPERTURA TOTALE in funzione delle 3 tipologie di fertilizzazione adottate. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



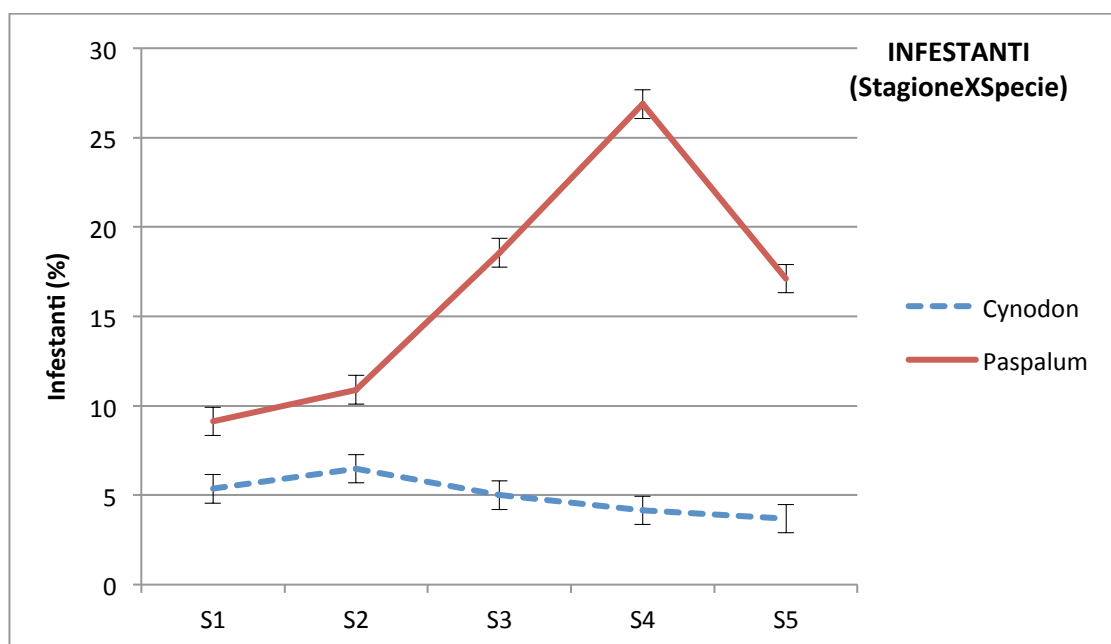
La stessa concimazione F2, invece, sembra non essere influente per la specie *C. dactylon*. Concimazioni ricche di potassio (F3) non mostrano un effetto influente su nessuna delle due specie.

5.3.1.6. INFESTANTI

Il grafico riguardante l'andamento stagionale della presenza delle infestanti di Figura 5.35. mostra come *C. dactylon* in quest'area riesca ad avere un controllo sulle infestanti più che soddisfacente, con una media di circa il 5% di infestanti sul totale della copertura. Questo valore molto ridotto è risultato in accordo con le ricerche di Nassetti (2008) e Volterrani et al., (1997) durante le quali non si sono registrate apprezzabili infestazioni nei periodi di crescita attiva, pur in assenza di trattamenti di diserbo.

P. vaginatum invece, più lento nell'insediamento e più suscettibile al freddo invernale lascia maggior spazio alla crescita di specie invadenti, particolarmente competitive nel periodo primaverile quando *Paspalum* incontra importanti difficoltà nella ripresa vegetativa. Nel periodo S3 e S4 la percentuale di infestanti aumenta in maniera notevole, raggiungendo valori molto elevati e superiori al 25%.

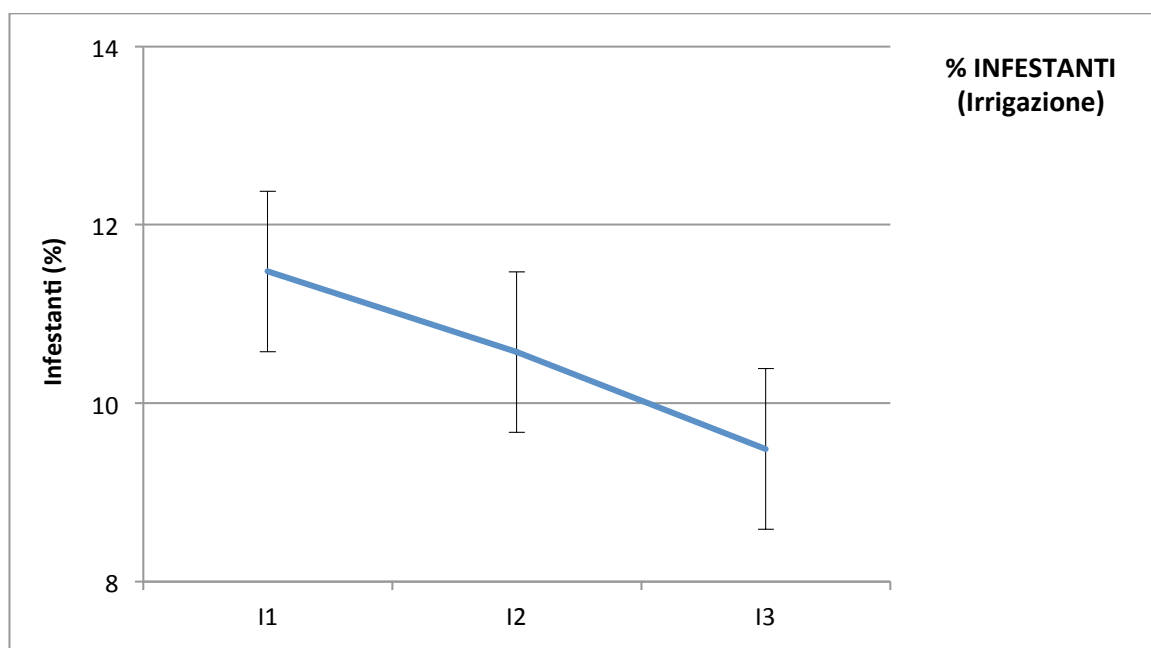
Figura 5.35. Andamento medio stagionale della presenza di infestanti delle due specie studiate (*C. dactylon* cv. La Paloma e *P. vaginatum* cv. Sea Spray). Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



Il grafico di Figura 5.36. riporta i livelli di infestazione espressi in percentuale di copertura che si sono verificati, in funzione dei diversi livelli irrigui.

Osservando il grafico appare evidente come la presenza delle specie non seminate diminuisca al diminuire del livello di irrigazione. La diminuzione della quota di infestanti avviene per gradi, passando dalla restituzione del 100% dell'ETc a reintegri del 75% e del 50%. Infatti per I1 si ottiene una presenza delle infestanti di circa 11-12%, per I2 di circa 10-11% ed infine per I3 valori inferiori al 10%. Sebbene la diminuzione sia di pochi punti in valore assoluto, in percentuale sul livello I1 la diminuzione è di circa il 16% al livello I3. Tale diminuzione, per superfici di alto livello come i tappeti erbosi, non è, di conseguenza, trascurabile.

Figura 5.36. Risposta delle specie studiate per il parametro INFESTANTI in funzione dei 3 livelli di irrigazione adottati (I1, I2, I2). Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



5.3.1.7. COPERTURA NETTA

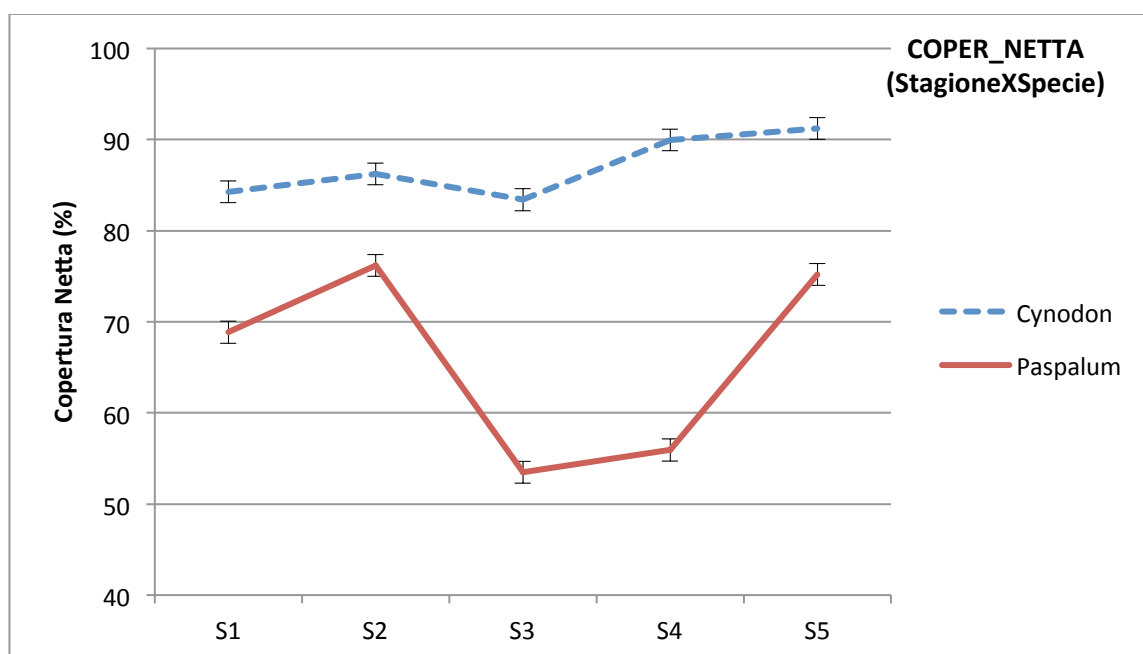
Immaginando di sovrapporre il grafico relativo alla copertura totale (Figura 5.33.) a quello della copertura al netto delle infestanti (Figura 5.37.), si osserva come le curve di *C. dactylon* siano quasi coincidenti, indicando quanto sia minimo il contributo delle infestanti sulla copertura totale.

Al contrario le due curve di *P. vaginatum* seguono un andamento simile solo durante le prime stagioni e, successivamente, intercorso l'inverno, la percentuale di infestanti sulle parcelle di *P. vaginatum* aumenta. Si può notare infatti come la curva della copertura totale a partire dalla stagione primaverile (S3) mostri crescita costante, dovuta appunto al

contributo delle infestanti; la curva della copertura netta, invece segue prima un momento di stallo, dovuto alla lenta ripresa vegetativa e più avanti un brusco aumento della copertura raggiungendo percentuali superiori al 75%.

L'elevata copertura di *Cynodon* già presente nella prima stagione vegetativa segue un graduale aumento durante la durata della prova raggiungendo risultati eccellenti a fine sperimentazione (S5), con una media superiore al 90 %.

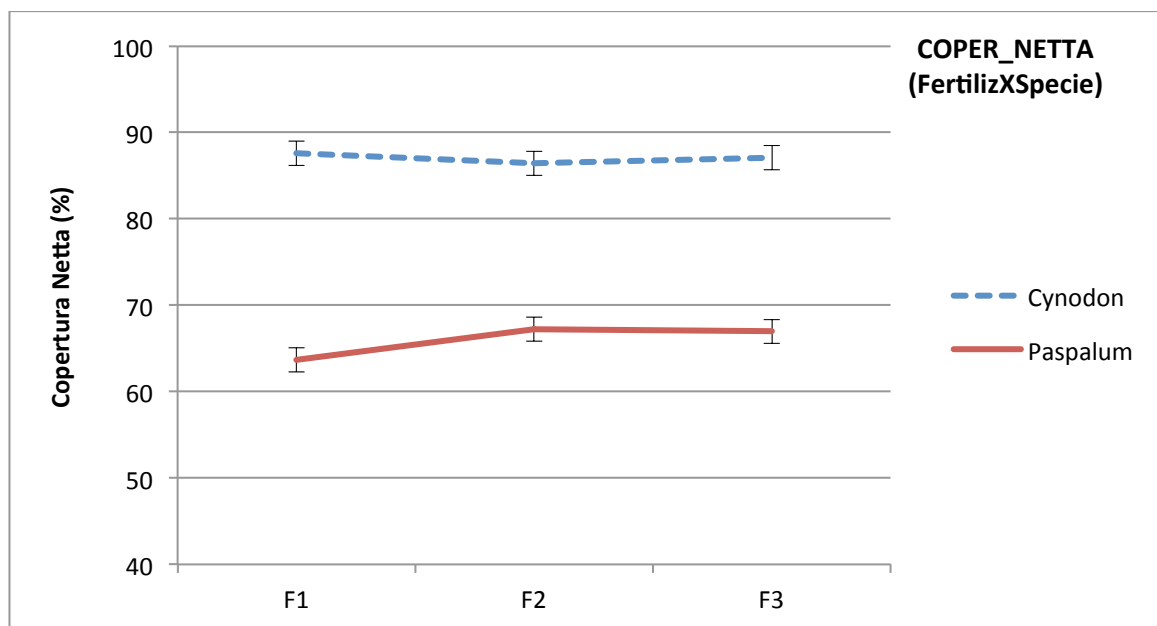
Figura 5.37. Andamento medio stagionale della copertura netta delle due specie studiate (*C. dactylon* cv. La Paloma e *P. vaginatum* cv. Sea Spray). Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



Osservando i due grafici di copertura totale (Figura 5.34.) e netta (Figura 5.38.) delle due specie in funzione delle diverse tipologie di fertilizzazione non si scorgono grandi differenze.

La copertura totale risulta leggermente più alta perché comprende anche la percentuale di ricoprimento dovuta alle infestanti presenti in percentuale maggiore nelle parcelle di *P. vaginatum* per i motivi già evidenziati.

Figura 5.38. Risposta delle due specie studiate (*C. dactylon* cv. La Paloma e *P. vaginatum* cv. Sea Spray) per il parametro COPERTURA NETTA in funzione delle 3 tipologie di fertilizzazione adottate. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.



5.3.2. Influenza di livelli differenziati di irrigazione e fertilizzazione sull'accrescimento delle specie presenti.

L'analisi sull'accrescimento è stata portata avanti a partire dal secondo anno di sperimentazione sul campo tecniche di Marciano della Chiana. Tutti i dati raccolti nel corso della sperimentazione sono stati sottoposti ad analisi statistica al fine di valutare effetto dei tre diversi livelli di irrigazione e dei tre diversi livelli di fertilizzazione sull'accrescimento delle due specie investigate.

In Tabella 5.3.2. è riportata la significatività degli effetti delle fonti di variazione analizzate sull'altezza dell'erba.

Come si può vedere dalla tabella, il fattore irrigazione è risultato essere il meno influente sull'accrescimento in altezza, mettendo in evidenza una significatività solamente come interazione con la specie. Di seguito si riportano graficamente solo gli effetti risultati significativi, ad eccezione del fattore singolo 'Data' in quanto non rappresenta uno dei fattori agronomici presi in considerazione nel corso della nostra sperimentazione.

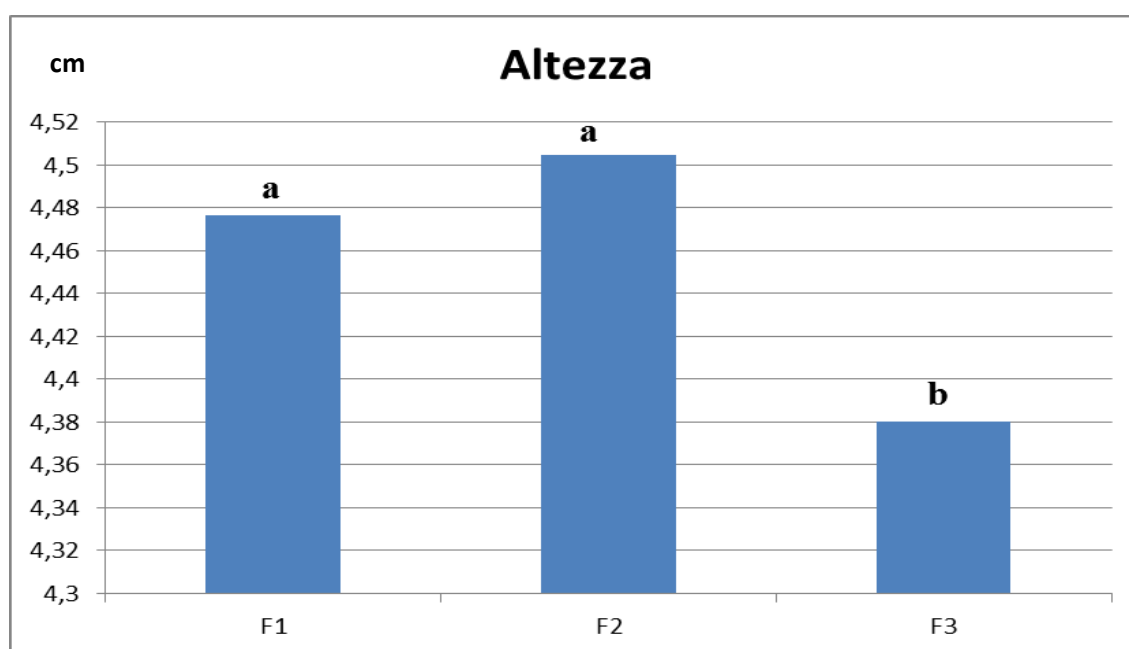
Tabella 5.3.2. Significatività degli effetti delle fonti di variazione analizzate sull'accrescimento

Fonti di Variazione	ALTEZZA
Data	**
Irrigazione	n.s.
DataXIrrigazione	n.s.
Fertilizzazione	**
FertilizzazioneXData	n.s.
FertilizzazioneXIrrigazione	n.s.
Specie	**
SpecieXData	**
SpecieXIrrigazione	**
SpecieXFertilizzazione	n.s.

* significativo per $p \leq 0.05$; ** altamente significativo per $p \leq 0.01$; n.s. non significativo.

Per quanto riguarda l'influenza della fertilizzazione (Figura 5.39) sull'altezza dell'erba, risulta evidente che la fertilizzazione con maggiori quantità di azoto non influenza l'accrescimento in modo statisticamente significativo rispetto alla gestione ordinaria, mentre, il livello di fertilizzazione F3 sembra ridurre l'accrescimento in altezza anche rispetto a F1.

Figura 5.39. Influenza dei diversi livelli di fertilizzazione sull'altezza dell'erba.

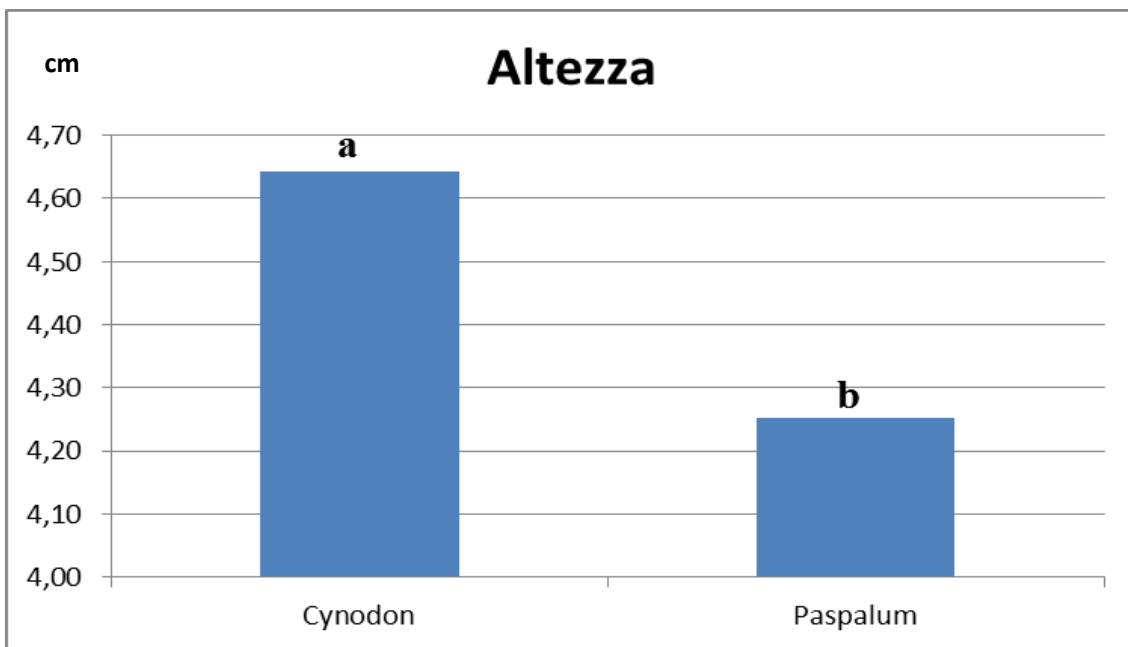


La produttività è direttamente legata allo stato fitosanitario delle piante, oltre che allo stadio fisiologico, ma nel caso dei tappeti erbosi un elevato accrescimento può comportare un aumento degli oneri legati alla gestione. Di conseguenza, gli sforzi di gestione devono concentrarsi in modo da poter mantenere il tappeto nel miglior stato di salute possibile, senza incrementare troppo l'accrescimento e, in tal senso, devono essere somministrate le concimazioni. Una raccomandazione importante sembra per tanto indicare la necessità di moderare la concimazione azotata in modo da consentire un numero minore di interventi di sfalcio e una riduzione dei costi di gestione (Baldwin et al., 2009).

Passando all'influenza della specie sull'altezza, dalla Figura 5.40. si può notare che *Cynodon dactylon* è risultata essere la specie, tra le due, con maggior accrescimento in altezza.

Anche in questo caso a maggiori accrescimenti possono corrispondere maggiori spese di gestione, quindi il *Paspalum* potrebbe essere una di quelle specie da considerare in situazioni dove si necessita di mantenere contenuto il numero degli sfalci periodici.

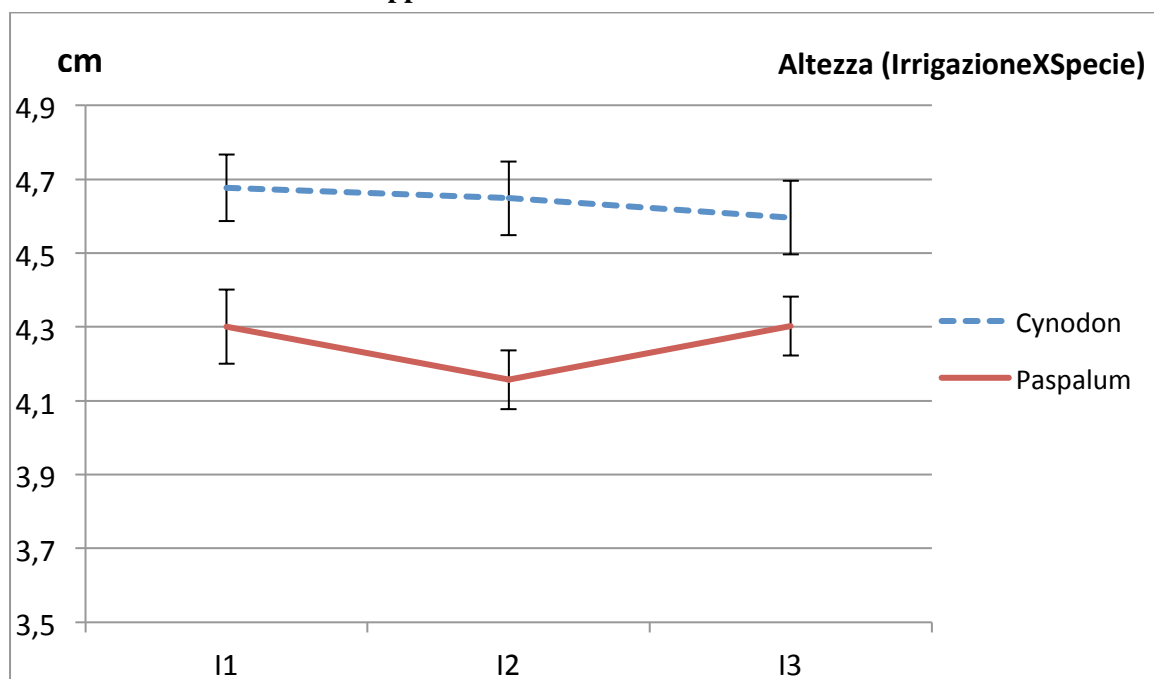
Figura 5.40. Influenza della specie sull'altezza dell'erba.



Passando ad analizzare il comportamento delle specie in funzione dei 3 diversi livelli di irrigazione (Figura 5.41.), si può notare che per *Cynodon* il ridursi delle quantità di adacquamento si traducono anche in una riduzione, seppur lieve, dell'accrescimento in altezza, mentre per il *Paspalum* il trend non è così lineare. Questa specie, infatti, ha mostrato le altezze minori per il livello di irrigazione I2 (restituzione del 75% dell'ETc), mentre al livello I3 si evidenzia un'analogia di altezza con il livello I1.

Questo comportamento del *Paspalum* mette in evidenza che, se gestito correttamente, può sostenere livelli di irrigazione minori di quelli della *Cynodon* senza ridurre il ritmo di crescita. Ad ogni modo, in termini assoluti, questa specie permette di mantenere un cotico più appressato al suolo rispetto alla gramigna, grazie al portamento prostrato e all'intensa crescita laterale.

Figura 5.41. Risposta delle due specie studiate (*C. dactylon* cv. La Paloma e *P. vaginatum* cv. Sea Spray) per il parametro ALTEZZA ERBA in funzione delle 3 tipologie di irrigazione adottate. Le barre verticali rappresentano l'errore medio.

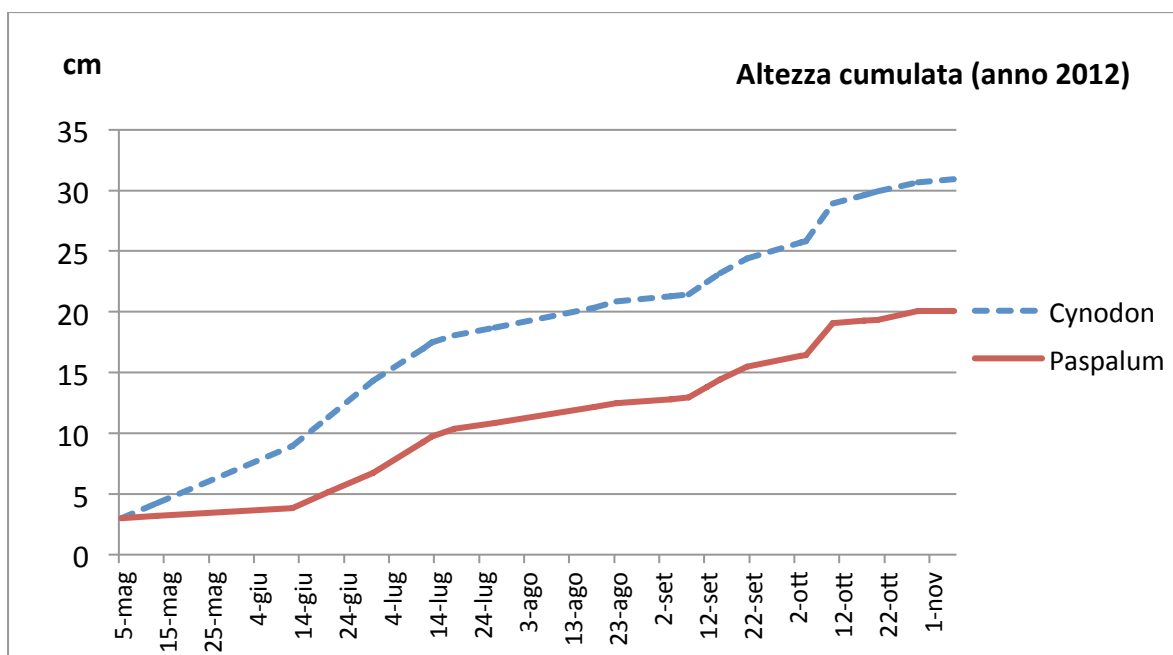


Riprova di quanto appena detto la ritroviamo analizzando le curve di altezza cumulata (Figura 5.42.), durante il periodo vegetativo, per le due specie.

Come si può vedere dal grafico, sommando tutti gli accrescimenti in altezza rilevati nel corso della sperimentazione, *Cynodon dactylon* risulta avere un'altezza cumulata più elevata rispetto al *Paspalum*. Le due curve iniziano a distanziarsi già dopo pochi giorni dalla ripresa vegetativa, per poi accumulare un differenziale di circa 11 cm totali nel corso della stagione.

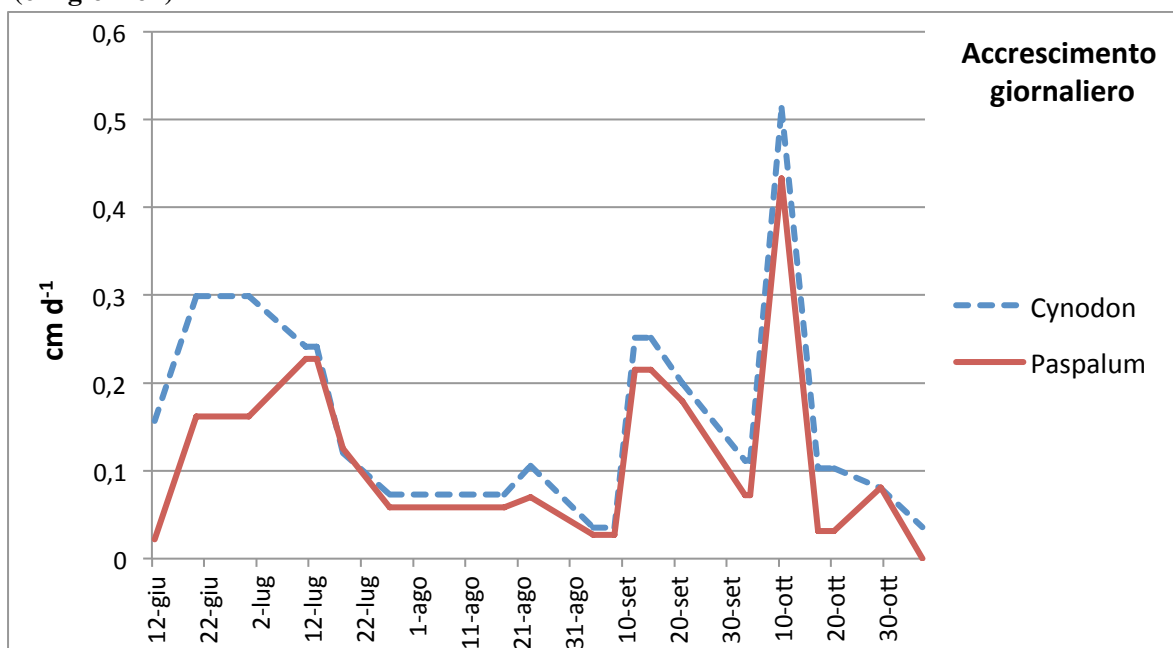
Il trend di crescita, invece, è sostanzialmente molto simile; entrambe le curve manifestano un'inclinazione elevata nel periodo primaverile, una fase di accrescimento più moderato nel corso del momento più caldo dell'estate (14 luglio/1 settembre) ed un nuovo picco di accrescimento con l'abbassamento delle temperature al sopraggiungere dell'autunno.

Figura 5.42. ALTEZZA ERBA CUMULATA per le due specie (*C. dactylon* cv. La Paloma e *P. vaginatum* cv. Sea Spray) nel corso della stagione vegetativa 2012.



Quanto appena detto è facilmente individuabile dal grafico in Figura 5.43., che mette in evidenza l'andamento dell'accrescimento giornaliero per le due specie, ottenuto dividendo l'altezza cumulata in un certo periodo per il numero dei giorni corrispondenti al periodo stesso.

Figura 5.43. Andamento dell'accrescimento giornaliero in ALTEZZA per le due specie (*C. dactylon* cv. La Paloma e *P. vaginatum* cv. Sea Spray) nel corso della stagione vegetativa 2012 (cm giorno^{-1})



Nel grafico sono ben visibili i due momenti principali di aumento dell'attività vegetativa, in tarda primavera ed inizio autunno (con massimi di 0,3 cm giorno⁻¹ e 0,5 cm giorno⁻¹ rispettivamente, sempre ascrivibili alla gramigna), mentre nel periodo centrale dell'estate la crescita è ridotta a causa delle temperature troppo elevate. La figura permette anche di rilevare alcune differenze di comportamento tra le due specie, come, ad esempio, il fatto che *Cynodon* presenta un maggior accrescimento in altezza soprattutto all'inizio della stagione vegetativa. Questo chiaramente è legato al fatto che la gramigna è entrata in vegetazione più precocemente del *Paspalum* (Tabella 5.2.5.) e di conseguenza all'inizio di giugno era già nella fase di maggior crescita. Il *Paspalum*, invece, mostra un piccolo picco di crescita nell'ultima parte del mese di ottobre, quando invece il ritmo della *Cynodon* era già discendente.

5.3.3. Risparmio idrico derivante dall'adozione di restituzioni controllate.

Dai risultati della linea 2 è emerso che la maggior parte dei parametri estetici non è stata influenzata dall'adozione di percentuali di restituzione ridotte rispetto al 100% dell'ETc. Le differenze tra le performance, infatti, non sono dovute al fattore singolo 'irrigazione', per tanto, si può affermare che, per queste specie e per queste particolari caratteristiche pedo-climatiche, riduzioni fino al 50% della restituzione standard sono ben tollerate.

Quanto appena detto risulta di rilevante importanza soprattutto in quelle situazioni dove vi è la necessità di tutelare la risorsa idrica mantenendo, contemporaneamente, la vegetazione su livelli fisiologici ed estetici ottimali.

In Tabella 5.3.3. è riportata la quantità di acqua che è stato possibile risparmiare per la stagione vegetativa 2012 restituendo il 50% e il 75% dell'ETc, facendo riferimento al periodo di maggiore interesse dal punto di vista delle pratiche irrigue (dal 1 giugno al 30 settembre). I dati relativi all'anno 2011 non vengono riportati in quanto nel corso dell'anno di impianto non è stata fornita un'irrigazione a bilancio idrico ma, per i primi mesi, l'adattamento è stato mirato a favorire il corretto insediamento del tappeto erboso. Inoltre le differenziazioni tra i livelli di irrigazione sono iniziate solo dopo il completo stabilirsi del manto e, cioè, alla fine della stagione calda.

Tabella 5.3.3. Quantità di acqua apportata attraverso i vari livelli di irrigazione e risparmio idrico (dal 1 giugno al 30 settembre 2012).

	(mm)
ETc	327
Apporti pioggia	78
Deficit idrico	249
Reintegro 75% (I2)	226
Reintegro 50% (I3)	151
Risparmio idrico (I2)	23
Risparmio idrico (I3)	98

Come si può notare dalla tabella, il risparmio idrico nel corso del 2012 per il livello 75% è risultato pari a circa 23 mm di acqua, mentre per il livello 50% il valore è pari a 98 mm. Questo risultato è coerente con quanto ottenuto da Cereti et al. (2009) nel corso di una sperimentazione su *Cynodon* nella zona di Viterbo, con risparmio consistente nell'uso dell'acqua che potrebbe, quindi, essere utilizzata per altri scopi, sia agricoli che domestici.

6. CONCLUSIONI

Al momento dell'impianto di un nuovo tappeto erboso a finalità ricreativa e ornamentale, la scelta delle specie ricopre un passo fondamentale da compiere ed è vincolato ad una serie di ipotesi preliminari da prendere in considerazione al momento della pianificazione dell'intervento. Queste ipotesi vanno dalla finalità della superficie erbosa, passando attraverso la conoscenza delle caratteristiche climatiche e pedologiche dell'area di impianto ed arrivando agli obiettivi specifici che si vogliono ottenere. Nelle aree di transizione, caratterizzate da un clima prevalentemente caldo e siccitoso in estate e periodi invernali con temperature rigide, gli obiettivi sono concentrati nella riduzione dell'impatto ambientale legato soprattutto all'utilizzo delle risorse idriche e all'impiego di fertilizzanti e fitofarmaci. In queste condizioni, la scelta di impiegare graminacee macroterme, per la realizzazione di tappeti erbosi, appare strategica. Queste specie, infatti, rispetto alle microterme esibiscono una migliore tolleranza ad alte temperature e periodi di siccità, un sistema radicale più profondo, una buona resistenza ad alte concentrazioni saline sia nel suolo che nell'acqua di irrigazione e rispondono bene alla riduzione della quantità di acqua irrigua.

Il progetto di ricerca svolto in un'area interna della Toscana, ha avuto l'intento di valutare le possibilità di impiego di alcune specie macroterme in quest'area e i risultati ottenuti nel corso della sperimentazione hanno messo in evidenza importanti caratteristiche legate alle specie oggetto di studio e alla loro gestione. Nel contesto ambientale che è stato teatro del progetto, alcune delle specie macroterme testate hanno dato, in termini generali, dei risultati soddisfacenti e possono quindi essere incluse, a tutti gli effetti, tra le possibili opzioni da prendere in considerazione al momento della realizzazione di un tappeto erboso per fini ricreativi ed ornamentali.

Dalla prova di confronto varietale è emerso che la specie *Cynodon dactylon* è stata quella che, complessivamente, ha dimostrato le capacità di adattamento migliori a questo tipo di ambiente, mantenendo standard qualitativi in maniera costante quasi sempre al di sopra di quelli delle altre specie. Questa specie, infatti, ha mostrato un buon aspetto estetico globale nel corso dei due anni, buona copertura del suolo e percentuali di infestazione piuttosto ridotti. Grande differenza di performance tra *Cynodon* e le altre macroterme è stata riscontrata nella prova di confronto varietale presso Marciano della Chiana dove, come evidenziato dai risultati, le cultivar di gramigna sono state le uniche a sopravvivere dopo il primo anno di sperimentazione. *Paspalum vaginatum* ha mostrato tonalità di colore e tessitura sempre superiori tra le macroterme e un aspetto estetico molto soddisfacente nelle prime due stagioni del primo anno e nel periodo tardo estivo del secondo, ma ha dimostrato scarsa capacità di superare l'inverno senza compromettere la stabilità del tappeto erboso. Questa caratteristica sfavorevole, non ha consentito alla specie di avere una pronta ripresa primaverile senza eccessivi decadimenti qualitativi. Per *Paspalum*, di conseguenza, la scarsa capacità di mantenersi vitale in presenza di temperature basse, anche se durante il periodo di dormienza, pone un limite al suo utilizzo in aree interne al limite del clima mediterraneo.

Zoysia japonica ha manifestato un comportamento diverso rispetto alle altre due specie, ma in

linea con la letteratura, presentando performance assai scarse nel corso del primo anno ed un incremento graduale dei caratteri di AEG, densità, colore e copertura, raggiungendo risultati notevoli alla fine del periodo vegetativo del secondo anno. Restano però i limiti legati al suo lento sviluppo ed insediamento, che rendono *Zoysia* poco competitiva nei confronti delle specie infestanti e delle altre macroterme nell'anno di impianto.

Andando ad analizzare i risultati a livello di varietà, troviamo che tra le cultivar di *C. dactylon*, Black Jack è stata quella che ha mostrato più rapida emergenza rispetto alle altre due varietà, formando un tappeto denso e con una buona percentuale di copertura del terreno in tempi brevi. Durante il secondo anno però, le tre varietà di *C. dactylon* hanno mostrato performance analoghe per quanto riguarda i parametri densità, colore, copertura e infestanti, mentre per quanto concerne la tessitura, la varietà La Paloma si è dimostrata qualitativamente la migliore delle tre. Non sono state invece riscontrate notevoli differenze fra le varietà di *P. vaginatum*, mentre in *Z. japonica* la varietà Zenith ha fornito generalmente valori migliori per i parametri analizzati durante tutto il periodo di prova. Questo dato mette in evidenza l'importanza di una oculata scelta non solo delle specie da impiantare ma anche, all'interno della stessa specie, delle varie cultivar per poter soddisfare al meglio le esigenze specifiche dell'intervento.

La stagione invernale ha messo in luce importanti differenze relativamente alla lunghezza del periodo di dormienza tra le varie specie. *P. vaginatum* è stata la specie che ha presentato il periodo di stasi invernale più lungo (circa 155 gg come media dei due anni di sperimentazione), mettendo quindi in rilievo le possibili difficoltà di impiego di questa specie nell'ambiente studiato. *C. dactylon* ha mostrato un periodo di disseccamento variabile a seconda dell'andamento delle temperature primaverili, mentre *Z. japonica* è rimasta in dormienza per circa 140 gg di media nei due anni. Per queste specie la durata della dormienza è risultata essere quindi più prolungata rispetto a quella verificata da altre sperimentazioni in aree litorali toscane o dell'Italia del sud. Per tale motivo, nel caso si preveda di estendere l'utilizzo di queste specie in ambienti al limite del clima mediterraneo, diventa necessario pianificare attentamente la gestione ed analizzare i costi e i benefici legati al loro utilizzo. Laddove infatti non sia possibile accettare l'assenza di colorazione verde durante l'utilizzo invernale dei tappeti erbosi ma venisse richiesto un intervento di compensazione, appare evidente che l'utilizzo di specie macroterme possa essere esteso a queste aree solo adottando opportuni programmi di trasemina (come viene ordinariamente fatto in molti tappeti erbosi sportivi di elevato livello). La trasemina, però, ha un impatto non indifferente sui costi di gestione e, di conseguenza, risulta ammissibile a fini ornamentali solo in contesti di alto prestigio. Tuttavia, tali costi, potrebbero essere compensati dai vantaggi sia in termini economici che ecologici legati all'utilizzo di queste specie (risparmio di acqua per irrigazione, minor uso di fitofarmaci, ecc). In definitiva la prova di confronto varietale ha messo in luce sia i punti di forza che i possibili limiti applicativi di questa tipologia di specie quando impiegate in areali al limite delle loro capacità di adattamento.

Per quanto riguarda la prova di confronto fra tecniche di gestione, i risultati ottenuti hanno fatto emergere alcune differenze tra le due specie studiate, in risposta alle diverse tipologie di fertilizzazioni applicate. Le maggiorazioni di azoto rispetto alla fertilizzazione standard, sono

risultate particolarmente influenti su colore e densità dei tappeti erbosi di *P. vaginatum*, mentre non si sono avuti impatti rilevanti su *Cynodon*. L'incremento del livello di potassio oltre il livello ordinario ha mostrato, anche in questo caso, una influenza positiva su densità in *P. vaginatum* rispetto allo standard, ma non ha portato variazioni rispetto alla fertilizzazione ordinaria per quanto riguarda *C. dactylon*. Dai risultati ottenuti, è possibile quindi affermare che in linea di massima la fertilizzazione azotata ha avuto una discreta influenza sulle performances di *P. vaginatum* mentre, per quanto riguarda *C. dactylon*, le dosi somministrate con il trattamento di controllo si sono rivelate adeguate. Tuttavia, considerato che la fertilizzazione standard partiva già da una dose piuttosto consistente di azoto e che i miglioramenti ottenuti su *Paspalum* con il livello F2 sono comunque risultati lievi, è possibile affermare che lo standard è risultato essere un buon compromesso tra un tappeto erboso di qualità e le esigenze di risparmio di fertilizzanti.

Dall'analisi sull'accrescimento emerge che la concimazione con maggior quantità di potassio riduce lo sviluppo in altezza dell'erba rispetto allo standard e a quella azotata, il che si potrebbe tradurre con una semplificazione della gestione e un risparmio in termini di costi, entrambi dettati dalla minor necessità di interventi di sfalcio.

Riguardo ai livelli differenziati di irrigazione, la prova sperimentale era stata impostata puntando a limitare gli input idrici apportati al sistema colturale, senza determinare un decadimento del risultato tecnico. Al termine dei due anni di sperimentazione, è possibile affermare che i tappeti erbosi di *C. dactylon* e *P. vaginatum* irrigati con quantità di acqua minori, non si sono qualitativamente differenziati da quelli gestiti con itinerario standard, che ha previsto la restituzione del 100% dell'ETc. L'unico parametro che ha mostrato delle differenze significative legate al livello di irrigazione è stato la presenza di infestanti, che ha registrato una diminuzione in corrispondenza del livello di restituzione minimo. Questo dato significa che, anche dimezzando le restituzioni, questi tappeti erbosi mantengono le loro performance su livelli appropriati al contesto e l'utilizzo di queste specie può risultare il giusto compromesso per salvaguardare la risorsa idrica ottenendo al contempo un cotico erboso di qualità. Dal presente lavoro è emerso che la quantità di acqua risparmiata, nel corso della seconda stagione vegetativa e per il livello minimo di restituzione, è stata pari a 98 mm. Sebbene non vada dimenticato che questo risultato è legato alla tipologia di suolo presente nell'area di prova, e che pertanto le risultanze emerse sono estendibili a tappeti situati in condizioni pedologiche simili, l'acqua potenzialmente risparmiata grazie ad un regime irriguo ridotto potrebbe venire utilizzata per altre destinazioni, sia per fini agricoli che domestici.

In definitiva la sperimentazione condotta ha permesso di ottenere informazioni utili sia relativamente alle specie e alle cultivar da impiegare che all'adozione di itinerari tecnici gestionali da utilizzare su tappeti erbosi di graminacee macroterme, tenendo sempre in debita considerazione l'influenza delle caratteristiche ambientali (soprattutto pedo-climatiche) sui risultati ottenuti. È comunque auspicabile che le indicazioni contenute nel presente lavoro possano essere riprese nell'ambito di altre sperimentazioni e ne possano costituire un punto di partenza per ulteriori approfondimenti.

APPENDICE FOTOGRAFICA

Semina. Marciano, maggio 2011.



Emergenza. Antria, luglio 2011.



Piena vegetazione. Marciano, 5 agosto.



Piena vegetazione. Antria, 29 agosto.



Parcelle in dormienza invernale. Marciano, 29 febbraio 2011.



Particelle in dormienza invernale. Antria, 3 marzo 2012.



Particolare di ripresa vegetativa di *C. dactylon*. Marciano, 3 aprile 2012.



Misurazione delle altezze.



Parcelle in piena vegetazione. Antria 21 settembre 2012.



Parcelle in piena vegetazione. Marciano 21 settembre 2012.



BIBLIOGRAFIA

AA.VV., 1999. Gruppo di lavoro Golf e Ambiente. Linee guida generali per una costruzione ecocompatibile dei percorsi di golf italiani. Federazione Italiana Golf. Roma.

Acuña A., Villalobos L., Pastenes C., 2012. Carbon Sequestration in Selected Turfgrass Species Grown in Central Chile: preliminary results. In Proceedings of the 3rd European Turfgrass Society Conference, Bioforsk Fokus 7(8):33-34.

Altissimo A., Peserico L., 2008. Effects of Different N-sources on Turf Clippings Fresh Weight Yield and Turf Quality. In Proceedings of the 1st European Turfgrass Society Conference, Pisa 19th-20th May, 41-42.

Anderson W.P., 1999. Perennial weeds: characteristics and identification of selected herbaceous species. Iowa State University Press, Ames, Iowa.

Argenti G., Staglianò N., Pardini A., 2008. Succession of Revegetated Ski Slopes in Different Alpine areas in Italy. In Proceedings of the 1st European Turfgrass Society Conference, Pisa 19th-20th May, 43-44.

Argenti G., Seppoloni I., Franci M., Staglianò N., 2011. Evoluzione di inerbimenti in piste da sci in diversi contesti ambientali. Forest@ 8: 208-215.

Assefa A., Taliaferro C.M., Anderson M.P., De Los Reyes B.G., Edwards R.M. (1999). Diversity among *Cynodon* accessions and taxa based on DNA amplification fingerprinting Genome, 42:465-474.

Baldi A., 2012. Gestione in vivaio di *Cynodon dactylon* X *C. transvaalensis* cultivar 'Patriot'. Tesi di Dottorato, Università degli Studi di Firenze.

Baldwin C.M., Liu H., McCarty L.B., Luo H., Toler J.E., 2009. Nitrogen and Plant Growth Regulator Influence on 'Champion' Bermudagrass Putting Green under Reduced Sunlight. Agronomy Journal 101:75-81.

Barton L., Colmer T.D., 2006. Irrigation and fertiliser strategies for minimising nitrogen leaching from turfgrass. Agricultural Water Management, 30(1/3):160-175.

Beard J.B., 1973. Turfgrass: Science and Culture. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, USA.

Bernardini V., 2007. I manti erbosi sportivi ad alto livello: l'esperienza dell'uso delle macroterme allo Stadio Olimpico di Roma. In Tappeti erbosi, Aspetti tecnici, ambientali e paesaggistici. I quaderni del C.I.R.A.A., Felici Editore.

Bertolini A., Sinigaglia E., 2011. Tappeti erbosi. Realizzazione, Manutenzione, Problematiche. Dario Flaccovio Editore.

- Bigelow C.A., Walker K.S., 2008. Annual Nitrogen Fertility Regime Affects Appearance and Soil Loss for Three Cool-season Lawn Species. In Proceedings of the 1st European Turfgrass Society Conference, Pisa 19th-20th May 2008, 47-48.
- Biran I., Bravdo B., Bushkin-Harav I., Rawitz E., 1981. Water consumption and growth rate of 11 turfgrasses as affected by mowing height, irrigation frequency, and soil moisture. *Agronomy Journal* 73:85-90.
- Boother L.J., 1962. Liquid Fertilization of Turfgrass - California Turfgrass Culture, July 1962 Volume 12 - Numero 3.
- Bowman D.C., Devitt D.A., Engelke M.C., Rufty T.W., 1998. The effect of root architecture on nitrate leaching from bentgrass turf. *Crop Science*, 38:1633-1639.
- Bowman D.C., Cherney C.T., Rufty T.J. Jr, 2002. Fate and transport of nitrogen applied to six warm-season turfgrasses. *Crop Science*, 42: 833-841.
- Brecke, B. J., Unruh J. B., 2002. Weed management in warm-season turfgrass with CGA 362622. *Proc. South. Weed Science Society*, Vol. 55:52.
- Brosnan, J.T., Deputy J., 2008a. Seashore Paspalum. Turf Management, TM-8*, Cooperative extension service - College of tropical agriculture and human resources University of Hawai'i at Mānoa.
- Brosnan, J. T., Deputy J., 2008b. Zoysiagrass. Turf Management, TM-8*, Cooperative extension service - College of tropical agriculture and human resources University of Hawai'i at Mānoa.
- Bruneau A.H., Peacock C.H., Cooper R.J., Erickson E.J., 2004. *Cynodon* spp. Management Programs for the Upper Transition Zone in the Southeastern United States. *Acta Horticulturae (ISHS)* 661:551-557.
- Bullitta S., Caredda S., Piluzza G., Seddaiu G., Dettori D., 2004. Valutazione varietale di specie da tappeto erboso (III) (uniformità, colore, aspetto estetico globale) campo prova Ottava (Sassari) 1999-2003. In Atti del convegno "Inerbimenti e tappeti erbosi per l'agricoltura, l'ambiente e la società". Volume 1. Comunicazioni Poster. Istituto sperimentale per le Colture Foraggere, Lodi.
- Busey P., 2003. Cultural management of weeds in turfgrass: A review. *Crop Science*, 43:1899-1911.
- Cereti C.F., 1993. Il sistema culturale 'tappeto erboso'. *Annali dell'Accademia di Agricoltura di Torino*, 135:39-52.
- Cereti C.F., Rossini F., Ruggeri R., 2009. Reduction of Irrigation on Tall fescue and Bermudagrass turfs in a Mediterranean Environment. *International Turfgrass Society Research Journal* (11):9-18.

Cereti C.F., 2002. Tappeti erbosi e inerbimenti. In *Coltivazioni erbacee – Foraggiere e tappeti erbosi*. Pàtron Editore, 335-397.

Christians N.E., Engelke M.C., 1994. Choosing the right grass to fit the environment. In: *Handbook of Integrated pest management for turfgrass and ornamentals*. Lewis publishers, Boca Raton, FL, 99-112.

Croce P., De Luca A., Mocioni M., Volterrani M., Beard J.B., 2001. Warm-season turfgrass species and cultivar characterizations for a mediterranean climate. *International Turfgrass Society Research Journal* Volume 9:3-7.

Croce P., De Luca A., Mocioni M., Volterrani M., Beard J.B., 2002. Prati per il sud – *Acer* 4/2002, 66-69.

Croce P., De Luca A., Mocioni M., Volterrani M., Beard J.B., 2004. Adaptability of warm season turfgrass species and cultivars in a Mediterranean Climate. *Acta Horticultureae* 661:365-368.

Croce P., De Luca A., Falcinelli M., Modestini F.S., Veronesi F., 2006. Tappeti erbosi – Cura, gestione e manutenzione delle aree verdi pubbliche e private. *Edagricole*.

Croce P., De Luca A., Mocioni M., 2008. Golf Courses and Traditional Crops: a Comparison on Inputs. In *Proceedings of the 1st European Turfgrass Society Conference, Pisa 19th-20th May 2008*, 71-72.

Croce P., 2012. Tecniche di propagazione vegetative delle macroterme. *Atti del Convegno Accademia dei Georgofili*, 5 luglio 2012.

Crutchfield B.A., Potter D.A., Powell A.J., 1995. Irrigation and Nitrogen Fertilization Effects on White Grub Injury to Kentucky Bluegrass and Tall Fescue Turf. *Crop Science* Vol. 35(4):1122-1126.

De Luca A., Volterrani M., Gaetani M., Grossi N., Croce P., Mocioni M., Lulli F., Magni S., 2008a. Warmseason turfgrass adaptation in northern Italy. In *Proceedings of the 1st European Turfgrass Society Conference, Pisa 19th-20th May*, 75-76.

De Luca A., Volterrani M., Gaetani M., Grossi N., Croce P., Mocioni M., Lulli F., 2008b. Warm Season Turfgrass Adaptation in Europe North of the 45° Parallel. In *Science and Golf V, Proceedings of the World Scientific Congress of Golf*.

Duncan R.R., 1996. The environmentally sound turfgrass of the future. Seashore paspalum can withstand the test. A USGA-sponsored research project.

Dymnt J.E., Bell A.C., 2008. Grounds for movement: green school grounds as sites for promoting physical activity. *Health Education Research* Vol.23(6):952–962

Easton Z. M., Petrovic A.M., 2005. Impact of Organic and Mineral Fertilizers on Run-off from Turf - *Better Crops* Vol. 89(3)

- Ferrari L., Betta G., Argenti G., 2006. Evoluzione vegetazionale in piste da sci inerbite in ambiente appenninico. In *Professione montagna* n. 88, 66-67.
- Geeson N.A., Brandt C.J., Thornes J.B., 2002. *Mediterranean Desertification: a Mosaic of Processes and Responses*. John Wiley & Sons Eds, Chichester, UK.
- Geren H., Avcioglu R., Curaoglu M., 2009. Performances of some warm-season turfgrasses under Mediterranean conditions - *African Journal of Biotechnology* Vol. 8(18):4469-4474
- Ghinassi G., Cecchi S., Gerbino M., Tavanti C., 2010. Assessment of a simplified soil-crop water balance to support irrigation management. In: 61st International Executive Council/ICID, Yogyakarta, 10-16 ottobre.
- Gibeault V.A., 2003. Zoysiagrass for California. *California Turfgrass Culture* 53:1-2.
- Gilbert W.B., Davis D.L., 1971. Influence of fertility ratios on winter hardiness of bermudagrass. *Agronomy Journal* 63:591-593.
- Goatley J.M. Jr., Maddox V.L., Lang D.J., Crouse K.K., 1994. Tifgreen bermudagrass response to late-season application of N and K. *Agronomy Journal* 86:7-10.
- Gómez de Barreda D., Bellón J., McCullough P.E., 2012. Bermudagrass Overseeding Comparison with Different Lolium Species and Commercial Varieties. In *Proceedings of the 3rd European Turfgrass Society Conference, Kristiansand 24th-26th June*, 109-110.
- Grossi N., Volterrani M., Gaetani M., Lulli F., Magri S., Croce P., De Luca A., Mocioni M., 2008. Bermudagrass putting green overseeding with cool-season turfgrass in coastal Tuscany. In *Proceedings of the 1st European Turfgrass Society Conference, Pisa 19th-20th May*, 87-88.
- Gullino M.L., Mocioni M., 1996. Le malattie fungine dei tappeti erbosi: peculiarità del settore e aspetti della difesa. Conservazione, gestione e valorizzazione dei parchi e dei giardini del Piemonte: aspetti fitopatologici relativi alle colture ornamentali e ai tappeti erbosi. Università di Torino.
- Gullino, M.L., Mocioni M., Zanin G., Alma A., 2000. La difesa dei tappeti erbosi. Malattie fungine, nemici animali ed infestanti. Edizioni L'Informatore Agrario, Verona.
- Gullino M.L., Mocioni M., Titone P., 2004. Monitoraggio di patogeni e insetti dannosi dei tappeti erbosi in Italia. *Quaderni di divulgazione scientifica vol. 4- Istituto sperimentale per le colture foraggere, Lodi*.
- Gullino M.L., 2005. Patogeni fungini ed insetti dannosi in Italia. In *Atti del Convegno "Inerbimenti e tappeti erbosi per l'agricoltura, l'ambiente e la società"*. Volume 2. Presentazioni orali. Istituto Sperimentale per le Colture Foraggere, Lodi.
- Hargreaves G.H., Samani Z.A., 1982. Estimating potential evapotranspiration. *Journal Irrig. Drain. Engin.* 108:223-230.

- Harlan J.R., De Wet J.M.J., Huffine W.W., Deakin J.R., 1970. A guide to the species of *Cynodon* (Gramineae). B.673. Ed. Oklahoma State University Agricultural Experiment Station. Stillwater, OK, USA.
- Haygarth P.M., e Jarvis S.C., 1997. Soil derived phosphorus in surface runoff from grazed grassland lysimeters. *Water Research* 31:140–148.
- Hesketh E.S., Hull R.J., Gold A.J., 1995. Estimating non-gaseous N products. That is, URE and SCU tend to enhance nitrogen losses from established turf. *Journal Turfgrass Management*, 1:17–30.
- Holm L.G., Plunknett D.L., Pancho J.V., Herberger J.P., 1991. The world's worst weeds: distribution and biology. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida.
- Horgan B.P., Watkins E., Hollman A., 2012. Alternative Grass Species for Use on Low Putting Greens. In *Reviewd Abstracts Presented at the 3rd European Turfgrass Society Conference. Quality Turf and Efficient Utilization of Resources, 24-26 June 2012- Kristiansand, Norway*.
- Hull R.J., 1990. The psychological value of turf and ornamental plants. *Agronomy Abstracts*, 175.
- Kim K.S., Beard J.B., 1988. Kim K.S., Beard J.B., 1988. Comparative turfgrass evapotranspiration rates and associated plant morphological characteristics. *Crop Science* 28:328-331.
- Kir B., Avcioglu R., Demiroglu G., Simic A., 2010. Performance of some cool season turfgrass species in Mediterranean environment: I. *Lolium perenne* L., *Festuca arundinacea* Schreb., *Poa pratensis* L., and *Agrostis tenuis* Sibth. *Turkish Journal of Field Crops* 12(2):174-179.
- Leto C., La Bella S., Sarno M., Tuttolomondo T., 2004. An Evaluation of Cool Season Turfgrasses in order to Identify the Species and Varieties most suitable for the Mediterranean Environment. *Agricoltura Mediterranea* 134:119-136.
- Linse, S.J., Mergen D.E., Smith J.L., Trlica M.J., 2001. Upland erosion under a simulated most damaging storm. *Journal of Range Management*. 54:356-361.
- Lorenzi R., 2007. Un grande prato: la cura giusta per la città. In *Tappeti erbosi, Aspetti tecnici, ambientali e paesaggistici. I quaderni del C.I.R.A.A., Felici Editore*.
- Lucas L.T., 1980. Spring dead spot of bermudagrass. In: P.O. Larsen and B.G. Joyner (ed.) *Advances in turfgrass pathology*. Harcourt Brace Jovanovich, Duluth, MN, 183–187
- Marcum K.B., Pessaraki M., 2006. Salinity Tolerance and Salt Gland Excretion Efficiency of Bermudagrass Turf Cultivars. *Crop Science* 46:2571-2574.
- Marchione V., 2003. Evaluation of Growth Rate and Aesthetic Parameters of Several Bermudagrass Cultivas in Southern Italy. In *Proceedings of the First International Conference on Turfgrass Management and Science and Sports Fields*. Ed. P.A. Nektarios *Acta Hort.* 661, ISHS 2004, 399-401.

- McCarty L.B., Lucas L.T., 1989. *Gaeumannomyces graminis* Associated with Spring Dead Spot of Bermudagrass in the Southeastern United States. *Plant Disease* 73:659-661.
- McCarty L.B., Miller G., 2002. *Managing Bermudagrass Turf: selection, construction, cultural practices and pest management strategies*. Ann Arbor Press. Chelsea, MI, USA.
- Miele S., Volterrani M., Grossi N., 2000. Warm-season turfgrasses: results of a five-year study in Tuscany. *Agr. Med.* 130:196-202.
- Miller G.L., Dickens R., 1996. Potassium fertilization related to cold resistance in bermudagrass. *Crop Science*, 36:1290-1295.
- Mocioni M., Salvi M., Gullino M.L., 1997. Prove di lotta alla fusariosi invernale (*Microdochium nivale*) nell'Italia nord-occidentale negli anni 1995 e 1996. *Informatore Fitopatologico*, 47 (12):39 – 41.
- Morris K.N., 2002. National Bermudagrass Test-1997. Final report 1997-2001. NTEP No. 02-7. USDA-ARS. Beltsville, MD.
- Nannicini M., Lenzi A., Baldi A., Pardini A., Tesi R., 2012. Response of Bermudagrass and Seashore Paspalum to Increasing Salinity Levels. In Proceedings of the 3rd European Turfgrass Society Conference, *Bioforsk Fokus* 7:(8)26-27.
- Nasetti F., 2007. Studio dell'aumento della sostenibilità nella gestione del tappeto erboso. Tesi di Dottorato, Università degli Studi della Tuscia.
- Ott P.M., 1983. Biology and ecology of *Cynodon dactylon* (L.) Pers. In: *FAO Plant Production and Protection Paper*, 74. 1986. Ecology and control of perennial weeds in Latin America. Papers presented at the Panel of Experts on Ecology and Control of Perennial Weeds held in Santiago, Chile, 339:88
- Panella A., Croce P., De Luca A., Falcinelli M., Modestini F.S., Veronesi F., 2000. Tappeti erbosi. Calderini Edagricole.
- Paplomatas E.J., Malandrakis A.A., Nektarios P.A., 2004. Compost management of brown patch disease in turfgrass. *Acta Horticulturae (ISHS)* 661:487-489.
- Pardini A., Tallarico R., Parrini D., 2002. Comportamento di cultivar di specie graminacee micro e macroterme da tappeto erboso in una località del Mugello. *Rivista di Agronomia*, 36:257-263.
- Peacock C.H., Bruneau A.H., Dipaola J.M., 1997. Response of the *Cynodon* cultivar Tifgreen to potassium fertilisation. *International Turfgrass Society Research Journal* Volume 8:1308-1313.
- Pecchioli S., 1997. Irrigazione e ottimizzazione dell'uso della risorsa idrica: strategia d'intervento. In *Tappeti erbosi aspetti tecnici, ambientali e paesaggistici*. I quaderni del C.I.R.A.A., Felici Editore.

Piano E., 2005. Inerbimenti e tappeti erbosi nella realtà italiana: motivazioni e finalità per lo sviluppo della ricerca. In Atti del Convegno “Inerbimenti e tappeti erbosi per l’agricoltura, l’ambiente e la società”. Volume 2. Presentazioni orali. Istituto Sperimentale per le Colture Foraggere, Lodi.

Piccarolo P., 2000. Creazione e cura del verde. Macchine e tecniche per la manutenzione e gestione. Calderini edagricole.

Pignatti S., 1982. *Flora d’Italia*. Edagricole, Bologna. Vol. 3:603.

Quiroga-Garza H.M., Picchioni G.A., Remmenga M.D., 2001. Ground Water Quality. Bermudagrass Fertilized with Slow-Release Nitrogen Sources. I. Nitrogen Uptake and Potential Leaching Losses. *Journal of Environment, Qual.* 30:440–448.

Reeves, S.A., McBee G.C., Bloodworth M.E., 1970. Effect of N, P, and K tissue levels and late fall fertilization on the cold hardiness of Tifgreen bermudagrass (*Cynodon dactylon* x *C. transvaalensis*). *Agronomy Journal*, 62:659-662

Regione Puglia, Assessorato all’Ambiente. Golf e Ambiente. Impatti ambientale ed indicazioni per la sostenibilità. Programma operativo regionale 2000-2006.

Reyneri A. (cord.), Bruno G., Martiniello P., D’andrea E., Maggiore T., Vigoni A., Leto C., La Bella S., Ziliotto U., Macolino S., Volterrani M., Magni S., Cereti C.F., Rossini F., 2004. In *Inerbimenti e Tappeti erbosi. Quaderni di divulgazione scientifica, volume 3. Tappeti erbosi per l’attività ricreativa e sportiva*. Istituto Sperimentale per le Colture Foraggere, Lodi.

Razmjoo K., Imada T., Kaneko S., 1995. Overseeding manilagrass *Zoysia matrella* (L) Merr. with cool-season turfgrasses. *Journal of Turfgrass Management*, 1:43-52.

Reynieri A., Brun F., Bruno G., 2005. Rilevanza agronomica ed aspetti economici di inerbimenti tecnici e tappeti erbosi in Italia. In Atti del Convegno “Inerbimenti e tappeti erbosi per l’agricoltura, l’ambiente e la società”. Volume 2. Presentazioni orali. Istituto Sperimentale per le Colture Foraggere, Lodi.

Rimi F., Macolino S., Leinauer B., Ziliotto U., 2011. Green-up of Seeded Bermudagrass Cultivars as Influenced by Spring Scalping. *Hortechology*, 21(2):230-235.

Roberts E.C., 1990. The significance of turf benefits. An overview. *Agronomy Abstract*, 174.

Robinson W.D. 2005. *Traffic tolerance and recovery of Bermudagrass*. Thesis Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas A&M University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science.

Russi L., Martiniello P., Tomasoni C., Annicchiarico P., Piano E., Veronesi F., 2001. Establishment of cool season grasses in different Italian environments. *International Turfgrass Society Research Journal* Volume 9.

Spedding C.R.W., 1979. *An Introduction to Agricultural Systems*. Applied Science Publisher, London.

- Schumann G.L., Vittum P.J., Elliott M.L., Cobb P.P., 1998 IPM handbook for golf courses. Ann Arbor Press, Chelsea MI, USA.
- Shin J.S., Raymer P., Kim W., 2006. Environmental Factors Influencing Germination in Seeded Seashore Paspalum. HortScience 41(5):1330-1331.
- Smiley R. W., Dernoeden P. H., Clarke B.B., 1992. Compendium of turfgrass diseases. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Snyder G.H., Augustin B.J., Davidson J.M., 1984. Moisture Sensor-controlled Irrigation for Reducing N leaching in Bermudagrass Turf. Agronomy Journal, 76(6):964-969.
- Snyder G. H. e Cisar J. L., 2000. Nitrogen/Potassium Fertilization Ratios for Bermudagrass Turf. Crop Science, vol. 40:1719-1723.
- Taliaferro C.M., 1994. Cold tolerance of warm season turfgrasses. Grounds Maintenance, 29(11)17-21.
- Taliaferro, C.M. 1995. Diversity and vulnerability of bermuda turfgrass species. Crop Science, 35:327-332.
- Tesi R., 2012. Importanza dei tappeti erbosi e ruolo delle poaceae macroterme. Atti del Convegno Accademia dei Georgofili, 5 luglio 2012.
- Thomas C. J., White R. H., Vorheis J. T., Harris H. G., Diehl K., 2006. Environmental Impact of Irrigating Turf with Type I Recycled Water. Agronomy journal, vol. 98:951-961.
- Titone P., Mocioni M., Landschoot P.J., Gullino M.L., 2004. Survey of ectotrophic root infecting fungi associated with turfgrass patch diseases in Italy. Acta Horticulturae (ISHS) 661:491-498.
- Trenholm, L.E., R.N. Carrow, and R. R. Duncan. 2000. Mechanisms of Wear Tolerance in Seashore Paspalum and Bermudagrass. Crop Science, 40:1350-1357.
- Trenholm, L.E., R.N. Carrow, and R. R. Duncan. 2001. Wear Tolerance, growth and quality of Seashore Paspalum in response to nitrogen and potassium. HortScience 36(4):780-783.
- Turgeon A.J., 2002. Turfgrass management, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.
- Turgeon A. J., 2010. Turfgrass management. Pearson Education International.
- Turner T.R., 1993. Turfgrass. In: Bennett W.F., ed. Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. St. Paul, MN: APS Press, 187-196.
- Turner T.R., Hummel N.W. Jr., 1992. Nutritional requirements and fertilization. In: Waddington D.V., et al. , ed. Turfgrass. Madison, WI: Agronomy Monograph 32. ASA, 408-410.

Unruh J. B., 2003. Germplasm Evaluation and Cultural Management of Seashore Paspalum. University of Florida. USGA Turfgrass and Environmental Research Summary.

Veronesi F., Falcinelli M., Panella A., 1992. Le principali specie microterme utilizzabili nell'impianto di tappeti erbosi ad uso tecnico, sportivo e ricreativo in Italia: II. Quantità di vegetazione asportabile per taglio, lunghezza della lamina fogliare e spessore del feltro. Rivista di Agronomia, 26(1):104-110.

Viggiani P., Angelini R., 2002. Erbe spontanee e infestanti: tecniche di riconoscimento - graminacee. Bayer, distribuito da: Ed agricole, Bologna.

Volterrani M., Pardini G., Grossi N., Gaetani M., Miele S., Pietrini E., 1996. Valutazione dell'adattabilità di specie graminacee macroterme da tappeti erbosi alle condizioni ambientali dell'Italia centrale. Italus Hortus 3(5):10-16

Volterrani M., Grossi N., Pardini G., Miele S., Gaetani M., Magni S., 1997. Warm season turfgrass adaptation in Italy – International Turfgrass Society Research Journal volume 8:1344-1354.

Volterrani M., Gaetani M., Grossi N., Pardini G., Miele S., Magni S., 1999. L'impiego di concimi organici su un tappeto erboso di loietto (*Lolium perenne* L.). Dinamica dell'assorbimento e delle perdite di azoto. Rivista di Agronomia, 33:34-39.

Volterrani M., Gaetani M., Miele S., 2000. La trasemina autunnale di specie microterme su tappeti erbosi realizzati con *Paspalum vaginatum* Swartz e *Cynodon dactylon* X *transvaalensis* Burt. Davy. Rivista di Agronomia, 34:28-34.

Volterrani M., Miele S., Magni S., Gaetani M., Pardini G., 2001. Bermudagrass and Seashore paspalum winter overseeded with seven cool-season turfgrasses. International Turfgrass Society Journal 9(2):957-961.

Volterrani M., Beard J.B., Croce P., De Luca A., Mocioni M., 2004a. Adaptability of Warmseason Turfgrass Species and Cultivars in Mediterranean Climate. Acta Horticulturae, 661:365-368.

Volterrani M., Gaetani M., Magni S., Miele S., 2004b. Bermudagrass autumn overseeding with annual ryegrass. Acta Horticulturae, 661:353-356.

Volterrani M., Grossi N., Foschi L., Miele S., 2005. Effects of Nitrogen Nutrition on Bermudagrass Spectral Reflectance. International Turfgrass Society Research Journal Volume 10:1005-1015.

Volterrani M., Grossi N., Magni S., Lulli F., Pompeiano A., 2010. *Zoysia Matrella* Response to Late-Fall Fertilization in the Transition Zone. In Proceedings of the 2nd European Turfgrass Society Conference, 225-227.

Volterrani M., Magni S., 2007. Il tappeto erboso ieri, oggi e domani - in "Tappeti erbosi: aspetti tecnici, ambientali e paesaggistici". I quaderni del C.I.R.A.A..

Volterrani M., 2008. Strategie di risparmio idrico nella gestione dei tappeti erbosi. Atti del convegno Acqua e Paesaggi. Cultura, gestione e tecniche nell'uso di una risorsa. Firenze, 29-30 maggio, Limonaia di Villa Strozzi.

Volterrani M., De Bertoldi C., 2012. I generi di macroterme per i tappeti erbosi nel bacino del Mediterraneo: *Cynodon*, *Paspalum* e *Zoysia*. Atti del Convegno Accademia dei Georgofili, 5 luglio 2012.

Williams C.F., Pulley G.E., 2002. Synthetic Surface Heat Studies. Brigham Young University.

Watschke T.L., Dernoeden P.H., Shetlar D.J., 1995. Managing turfgrass pests. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.

Youngner V.B., Kimball M.H., 1962. Zoysiagrass for Lawns. In California Turfgrass Culture. Formerly, Southern California Turfgrass Culture. Volume 12(3):23-24.

Youngner V.B., Marsh A.W., Strohman R.A., Gibeault V.A., Spaulding S., 1981. Water Use and Turf Quality of Warm-season and Cool-season Turfgrasses -California Turfgrass Culture Volume 31(3-4).