



Dipartimento di Produzione Vegetale
XIX ciclo del Dottorato di Ricerca in Ortoflorofrutticoltura
Settore scientifico-disciplinare: AGR-02

Tesi di dottorato

Studio dell'aumento della sostenibilità nella gestione del tappeto erboso

Coordinatore del corso
Prof. Francesco Saccardo

Relatore
Prof. Francesco Rossini

Correlatore
Prof. Carlo F. Cereti

Dottorando
Dr. Francesco Nassetti

Ringraziamenti

Al Prof. Cereti, che con pazienza mi ha guidato in questi anni.

Al Prof. Rossini, sempre pronto a fornire un consiglio.

Ai colleghi, con cui ho condiviso tanti momenti.

Ad Anna e Giovanni, per l'affetto dimostratomi.

Alla mia famiglia.

Indice

1.	INTRODUZIONE	1
1.1	L'ANTROPOCENE	1
1.2	LA PRESA DI COSCIENZA.....	3
1.3	“OUR COMMON FUTURE”	5
1.4	CRITICA E DIFESA DELLO SVILUPPO SOSTENIBILE	11
1.5	MISURAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ	13
1.6	VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ AGRICOLA	20
1.7	I TAPPETI ERBOSI.....	24
1.7.1	<i>Specie da tappeto erboso</i>	26
1.7.2	<i>Taglio</i>	27
1.7.3	<i>Irrigazione</i>	30
1.7.4	<i>Fertilizzazione</i>	32
1.7.4.a	Azoto.....	32
1.7.4.b	Potassio	35
1.7.4.c	Fosforo	37
1.7.5	<i>Bioattivatori naturali</i>	39
1.7.5.a	Estratti di alghe	39
1.7.5.b	Le sostanze umiche	40
1.7.6	<i>Difesa dalle malattie</i>	41
1.7.7	<i>Lotta alle infestanti</i>	43
1.7.8	<i>I tappeti erbosi e l'ambiente</i>	45
1.8	SCOPO DELLA RICERCA	46
2.	MATERIALI E METODI.....	49
2.1	DEFINIZIONE DEGLI ITINERARI TECNICI.....	49
2.1.1	<i>Scelta delle specie e varietà</i>	49
2.1.1.a	<i>Festuca arundinacea Schreb.</i>	50
2.1.1.b	<i>Poa pratensis L.</i>	54
2.1.1.c	<i>Cynodon dactylon (L.) Pers.</i>	57
2.1.2	<i>Taglio</i>	60
2.1.3	<i>Irrigazione</i>	60
2.1.4	<i>Fertilizzazione</i>	61
2.1.5	<i>Bioattivatori</i>	62
2.1.6	<i>Difesa dalle malattie</i>	62
2.1.7	<i>Lotta alle infestanti</i>	65
2.2	SCHEMA SPERIMENTALE.....	66
2.3	PREPARAZIONE DELLE PROVE.....	67
2.3.1.a	Test di germinazione	70
2.3.1.b	Analisi idrofisiologica	71
2.3.1.c	Impianto di irrigazione	73
2.3.1.d	Ammendamento	74
2.4	SEMINA.....	75
2.5	RILIEVI SPERIMENTALI	75
2.5.1	<i>Aspetto estetico globale</i>	76
2.5.2	<i>Velocità d'insediamento</i>	77

2.5.3	<i>Densità</i>	77
2.5.4	<i>Feltro</i>	77
2.5.5	<i>Presenza di infestanti</i>	78
2.5.6	<i>Danni da malattie</i>	78
2.5.7	<i>Produzione di clipping</i>	78
2.5.8	<i>Analisi del suolo</i>	79
2.5.8.a	Contenuto di sostanza organica.....	79
2.5.8.b	Contenuto di azoto totale	80
2.6	ANALISI STATISTICA	81
2.7	ANDAMENTI CLIMATICI	82
3.	RISULTATI E DISCUSSIONE	84
3.1	FESTUCA	84
3.1.1	<i>Velocità d'insediamento</i>	84
3.1.2	<i>Aspetto estetico globale</i>	86
3.1.3	<i>Densità dei culmi</i>	92
3.1.4	<i>Feltro</i>	93
3.1.5	<i>Presenza di infestanti</i>	94
3.1.6	<i>Danni da malattie</i>	96
3.1.7	<i>Produzione di clipping</i>	98
3.1.8	<i>Contenuto di sostanza organica del terreno</i>	99
3.1.9	<i>Contenuto di azoto totale del terreno</i>	101
3.2	CYNODON DACTYLON.....	103
3.2.1	<i>Velocità d'insediamento</i>	103
3.2.2	<i>Aspetto estetico globale</i>	104
3.2.3	<i>Densità dei culmi</i>	108
3.2.4	<i>Spessore del feltro</i>	109
3.2.5	<i>Presenza di infestanti</i>	110
3.2.6	<i>Danni da malattie</i>	111
3.2.7	<i>Produzione di clipping</i>	112
3.2.8	<i>Contenuto di sostanza organica del terreno</i>	114
3.2.9	<i>Contenuto di azoto totale del terreno</i>	115
4.	CONCLUSIONI.....	117
4.1	FESTUCA ARUNDINACEA SCHREB.	117
4.2	CYNODON DACTYLON (L.) PERS.	118
5.	BIBLIOGRAFIA.....	120

Indice delle figure

Figura 1. Rappresentazione, ampiamente diffusa in letteratura, del concetto di sostenibilità, che individua come obiettivo la zona di sovrapposizione delle tre sfere.	7
Figura 2. Schema generale del modello pressione-stato-risposta (modificato da OECD).....	18
Figura 3. Rappresentazione dello schema DPSIR.....	19
Tabella 1: schema delle concimazioni azotate effettuate sulla prova.....	62
Tabella 2: principali caratteristiche fisico-chimiche del compost utilizzato nel maggio 2006, prodotto presso lo stabilimento AMA di Maccarese (% del peso secco, se non diversamente specificato).....	63
Tabella 3: analisi granulometrica e del contenuto in plastica del compost utilizzato nel maggio 2006 prodotto presso lo stabilimento AMA di Maccarese anno 2006 (Pieruccetti, com. pers.).....	64
Figura 4. Panoramica del campo dove sono avvenute le prove sperimentali.....	66
Tabella 4: caratteristiche granulometriche del terreno della prova.....	67
Tabella 5: composizione media del compost utilizzato per l'ammendamento del terreno	69
Tabella 6: analisi granulometrica e del contenuto in plastica del compost utilizzato per l'ammendamento del terreno in fase di pre-impianto (Pieruccetti, com. pers.)	69
Figura 5: andamento dell'indice di fertilità in funzione della percentuale, in volume, di compost nel substrato (% sabbia=100-% compost). La freccia indica la massima percentuale di compost distribuito in campo.....	73
Figura 7. Aspetto estetico globale (AEG) nelle parcelle di festuca in scala 1-9 (1=aspetto pessimo; 9=aspetto eccellente) durante il 2005. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie.....	89
Figura 8. Aspetto estetico globale (AEG) nelle parcelle di festuca, in scala 1-9 (1=aspetto pessimo; 9=aspetto eccellente)durante il 2006. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. Se non diversamente indicato (NS) le medie sono differenti per $P \leq 0,05$ all'interno di ogni data.	89
Figura 9. Febbraio 2007, si dimostra la netta differenza di colore nelle parcelle di festuca con itinerario sostenibile (A) e tradizionale (B).....	90
Figura 10. A ottobre 2006 si dimostra l'eccellente aspetto estetico globale di una parcella di festuca gestita con itinerario sostenibile. Sullo sfondo, al centro, una parcella di gramigna anch'essa in eccellenti condizioni.....	91

- Figura 11. Densità dei culmi (n° culmi cm^{-2}) nelle parcelle di festuca durante il 2005 e 2006. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. Se non diversamente indicato, le medie sono differenti per $P \leq 0,05$ 92
- Figura 12. Spessore del feltro (cm) nelle parcelle di festuca durante il 2005 e 2006. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. Se non diversamente indicato, le medie sono differenti per $P \leq 0,05$ 94
- Figura 13. Presenza di infestanti nelle parcelle di festuca durante il 2006 in scala 1-9 (1=superficie completamente infestata; 9=prato non infestato). Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie..... 96
- Figura 14. Danni da malattie nelle parcelle di festuca durante il 2006 in scala 1-9 (1= prato gravemente malato; 9=prato sano). Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. 97
- Figura 15. Produzione cumulata di *clipping* (g s.s. m^{-2}) nel 2006 nelle parcelle di festuca con itinerario tecnico sostenibile e tradizionale. Le medie sono differenti statisticamente solo per $P \leq 0,055$. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. 99
- Figura 16. Sostanza organica (%) del terreno in festuca, negli strati 0-20 cm e 20-40 cm (novembre 2006). Lettere diverse indicano medie differenti per $P \leq 0,05$. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie..... 100
- Figura 17. Sostanza organica (%) del terreno (0-20 cm) in festuca sostenibile, nell'agosto 2005 e novembre 2006. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. Le medie sono differenti statisticamente per $P \leq 0,05$ 101
- Figura 18. Azoto totale (g N Kg^{-1}) del terreno nelle parcelle di festuca, in due strati di terreno (0-20 cm e 20-40 cm), nel novembre 2006. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. Lettere diverse indicano differenze significative per $P \leq 0,01$ 102
- Figura 19. Velocità di insediamento di *C. dactylon*, in scala 1-9 (1=copertura nulla; 9=copertura completa). 103
- Figura 20. Aspetto estetico globale (AEG) di *Cynodon dactylon* durante il 2005 in scala 1-9 (1=aspetto pessimo; 9=aspetto eccellente). Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. 107
- Figura 21. Aspetto estetico globale (AEG) di *C. dactylon* durante il 2006 in scala 1-9 (1=aspetto pessimo; 9=aspetto eccellente). Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. Se non diversamente indicato le medie sono differenti per $P \leq 0,05$ 107

- Figura 22. Densità dei culmi delle parcelle di *C. dactylon* in scala 1-9 (1=tappeto erboso molto rado; 9= tappeto erboso molto fitto), nel novembre 2006. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie.....108
- Figura 23. Spessore del feltro (cm) nelle parcelle di *C. dactylon* nel novembre 2006. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie.109
- Figura 24. Presenza di infestanti in *C. dactylon* durante il 2006 in scala 1-9 (1=superficie completamente infestata; 9=prato non infestato). Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. Se non diversamente indicato, le medie sono differenti per $P \leq 0,05$111
- Figura 25. Danni da malattie nelle parcelle di *C. dactylon*, durante il 2006, in scala 1-9 (1= prato gravemente malato; 9=prato sano). Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. 112
- Figura 26. Produzione cumulata di clipping (g s.s. m⁻²) nelle parcelle sostenibili e tradizionali di *C. dactylon*, nel 2006. Lettere diverse indicano medie differenti per $P \leq 0,05$. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. 113
- Figura 27. Sostanza organica (%) del terreno nelle parcelle di *Cynodon dactylon* in due strati di terreno (0-20 cm e 20-40 cm), nel novembre 2006. Lettere diverse indicano medie differenti per $P \leq 0,05$. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie.114
- Figura 28. Sostanza organica (%) del terreno (0-20 cm) nelle parcelle di gramigna nell'agosto 2005 e novembre 2006. Lettere diverse indicano differenze significative per $P \leq 0,05$. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. 115
- Figura 29. Azoto totale (g N Kg⁻¹) del terreno in due strati di terreno (0-20 cm e 20-40 cm) in *C. dactylon* nel novembre 2006. Lettere diverse indicano differenze significative per $P \leq 0,05$. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie.....116

Premessa

*"Sotto la terra che calpestiamo
ci sono gli occhi
di sette generazioni
che ci guardano,
pronte a venire al mondo.
Per questo i nostri passi
devono essere leggeri".
(Indiani d'America)*

1. Introduzione

1.1 L'Antropocene

“Un osservatore che guardasse la Terra da lontano e ne seguisse lo sviluppo da miliardi di anni, troverebbe il nostro pianeta bizzarro e interessante. Si accorgerebbe che in questi anni avvengono strani cambiamenti e non riuscirebbe a capire perché. Noterebbe che la temperatura si alza, l'atmosfera diventa insieme più luminosa e più lattiginosa, opaca, che da alcuni decenni s'è aperto nello strato esterno di ozono che avvolge il globo un enorme buco in corrispondenza del Polo Sud (...). L'osservatore extraterrestre non può saperlo con certezza, è troppo distante per cogliere i particolari, ma deduce che sulla superficie del nostro pianeta sta accadendo qualcosa, che una nuova forza ne sta modificando profondamente gli equilibri e l'aspetto. (...) Non avrebbe dubbi di trovarsi di fronte all'inizio di una nuova era geologica. E se sapesse che la causa di tutti i cambiamenti che osserva siamo noi uomini, non esiterebbe a chiamare la nuova era Antropocene, cioè l'era dell'uomo” (Crutzen, 2005).

L'uomo, una sola specie, è riuscito quindi nell'ultimo secolo a modificare così in profondità i meccanismi del sistema Terra, che la sua influenza su di esso è paragonabile a quella di forze astrofisiche o geologiche. L'assenza di precedenti simili nella storia del pianeta, rende questa situazione paragonabile ad un singolare esperimento di geofisica su larga scala (Revelle e Suesse, 1957), un esperimento gigantesco del quale non conosciamo le conseguenze (Vitousek et al., 1997).

L'inizio di questa nuova Era è collocato da Crutzen nel 1784 quando la scoperta del motore a vapore rese molto più facile lo sfruttamento delle risorse ambientali, consentendo uno sviluppo senza precedenti di attività economiche, industriali e non, che iniziarono a comportare un sensibile impatto sull'ambiente. I lavori scientifici di alcuni precursori ambientalisti testimoniano che ben presto, insieme ad uno sviluppo economico sempre più veloce, sorsero le preoccupazioni riguardanti la conservazione delle risorse ambientali (Marsh, 1864; Leopold, 1933) e la loro inadeguatezza rispetto ad uno sviluppo economico e demografico troppo veloce (Malthus, 1798).

Fu però due secoli dopo che il fiorire di attività economiche e industriali subì una fortissima accelerazione. Il momento che diede simbolicamente inizio a quella che è chiamata l'era dello sviluppo, è da molti Autori identificato nel discorso inaugurale del congresso fatto da Harry Truman¹, il 20 gennaio 1949, quando la pubblica opinione mondiale conobbe per la prima volta il termine sottosviluppo. Il modello di crescita economica statunitense fu indicato come superiore, e fu invocato come l'unico strumento possibile per combattere le malattie, la povertà, per vivere in pace e per essere felici.

L'espansione della struttura economica capitalista, sotto spinte di natura geopolitica, generò in tutto l'Occidente una sorta di generalizzata ossessione verso la crescita economica. Urbanizzazione e industrializzazione corsero di pari passo, con lo sguardo rivolto alla produzione, dando vita all'ideologia della modernizzazione. Prese forma un concetto di sviluppo come di un processo "naturale", positivo, necessario, indiscutibile. Secondo il concetto, derivato dalla biologia, che considera la storia un processo di "maturazione", la società fu paragonata ad un bocciolo che si avvia in modo irreversibile e naturale verso lo stato della fioritura (Sachs, 2000). Secondo Latouche (1993) nell'ideologia occidentale, lo sviluppo significa crescita e la crescita è buona in sé.

In sintesi, sebbene i lati negativi del modello di sviluppo capitalista fossero stati visibili sin dal XVIII secolo, si può affermare che l'ideologia della crescita generò nella società occidentale la speranza che alla fine i benefici fossero superiori ai costi. Questo ottimismo è insito nella parola stessa di progresso. Sulla base di queste premesse, dal 1950 ad oggi, l'umanità è riuscita a consumare tante risorse quante ne erano state consumate nell'intero periodo precedente della Storia.

¹ "Ci dobbiamo imbarcare in un programma coraggioso per rendere disponibili i benefici del nostro avanzamento scientifico e del nostro progresso industriale per favorire il miglioramento e la crescita delle aree sottosviluppate. (...) Più della metà della popolazione mondiale vive in condizioni prossime alla miseria. (...) Per la prima volta nella storia l'umanità possiede la conoscenza e le capacità di alleviare la sofferenza di queste persone. (...) Una maggiore produzione è la chiave della prosperità e della pace. E la chiave di una maggiore produzione è una messa in opera più ampia e più vigorosa del sapere scientifico e tecnico moderno. (...) E' sulla base di questi quattro principali insiemi di misure che noi speriamo di contribuire a creare le condizioni che in definitiva porteranno tutta l'umanità alla libertà e alla felicità personali".

1.2 *La presa di coscienza*

I difetti del modello di sviluppo capitalista erano stati evidenti fin dai primi anni del suo diffondersi. Già l'economista Mill (1806-1873) aveva, infatti, esposto il concetto che la crescita economica non era sinonimo di miglioramento della qualità della vita². Fu però negli anni '50 del secolo scorso che, di pari passo con il consumo crescente delle risorse ambientali, l'alterazione degli equilibri naturali e dei paesaggi e l'uso indiscriminato di nuove sostanze chimiche, iniziarono a svilupparsi le preoccupazioni di carattere ambientale preconizzate con largo anticipo da Marsh (op. cit.) nel XIX secolo. Nei due decenni seguenti il tema ambientale acquisì risonanza mondiale. Sorsero in quel periodo numerosi movimenti ambientalisti volti alla protezione del patrimonio naturale della Terra, quali il World Wildlife Fund (WWF) e Greenpeace. Un momento di grande importanza, soprattutto per la coscienza ambientalista statunitense, fu l'uscita di un libro destinato a diventare famoso, "Primavera silenziosa" di Rachel Carson, un pesante atto di accusa sull'industrializzazione delle campagne e sull'uso dei pesticidi³ (Carson, 1962).

Non furono solo le preoccupazioni ambientaliste di salvare la naturalità del Pianeta a mettere in discussione il modello capitalista. Di fronte al rapido aumento dell'uso di risorse prime naturali, molti studiosi iniziarono a chiedersi se fosse conciliabile la crescita illimitata, insita nell'idea di progresso dell'economia capitalistica, con la finitezza delle risorse del Pianeta. Questa preoccupazione era già stata espressa, molto tempo prima, da Malthus (op. cit.)⁴.

² "Non c'è molta soddisfazione a contemplare un mondo che non contiene più traccia dell'attività spontanea della natura; con la messa a coltura di ogni fazzoletto di terra (...), la distruzione di tutti i quadrupedi e gli uccelli non domestici (...), lo sradicamento di ogni siepe o albero superfluo (...) difficilmente un cespuglio o un fiore selvatico potrebbero crescere senza essere estirpati come un'erba infestante. Se la Terra dovesse perdere gran parte del fascino per l'accumulazione illimitata di ricchezza al solo scopo di sostenere una popolazione più numerosa, ma non migliore o più felice, io spero che ci si accontenterà di essere stazionari prima che la necessità ci costringa a diventarlo."

³ Su zone sempre più vaste del suolo statunitense, la primavera non è ormai più preannunziata dagli uccelli, e le ore del primo mattino, risonanti una volta dal loro bellissimo canto, appaiono stranamente silenziose. L'uomo (...) lascia dietro di sé una spaventosa scia di distruzioni (...) il massacro dei bisonti nelle pianure occidentali degli Stati Uniti; lo sterminio degli uccelli costieri, (...) la distruzione diretta di uccelli, mammiferi, pesci e di ogni altra forma di vita selvatica, per mezzo degli insetticidi chimici cosparsi indiscriminatamente al suolo"

⁴ Malthus afferma che, tenuto conto dei limiti naturali, e soprattutto delle terre coltivabili, la crescita demografica comporta un declino del capitale e della produzione e quindi della crescita

Nel 1972 un gruppo di studio del Massachusetts Institutes of Technology (MIT) produsse su richiesta del Club di Roma un rapporto destinato a diventare storico, "The Limits of growth", che presentò per la prima volta una visione critica su scala mondiale dello sviluppo economico (Meadows et al., 1992). Fu messa in discussione l'ideologia "sviluppista", la convinzione che fosse possibile continuare una crescita economica illimitata e che la soluzione per risolvere i problemi dei paesi poveri fosse l'industrializzazione. Il gruppo di ricerca del M.I.T. sostenne, allora ed oggi (Meadows et al, 2002), che le risorse naturali disponibili siano un limite invalicabile alla crescita economica mondiale suggerendo quindi lo "stato stazionario".

Sul finire degli anni '70, fu presentata anche una teoria originale, poggiata su basi scientifiche (Lovelock, 1979) secondo cui la Terra é un unico sistema autoregolante capace di mantenere le sue caratteristiche chimico-fisiche in condizioni idonee alla presenza della vita proprio grazie al comportamento degli organismi viventi. La Terra sarebbe quindi capace di omeostasi e pertanto paragonabile ad un essere vivente (Gaia). Semplificando, secondo tale ipotesi, la Terra è un sistema capace di autoregolarsi e di mantenere stabili le proprie condizioni, provvedendo quindi a ristabilire l'equilibrio, qualsiasi cosa facciamo. E' opinione di Crutzer che Lovelock si sbagliasse. Sarebbe nondimeno interessante scoprire se l'autoregolazione di Gaia preveda necessariamente la presenza della specie umana.

Nei primi anni '70 a Stoccolma fu organizzata la prima conferenza mondiale sull'ambiente umano. Alla Conferenza si richiamò per la prima volta l'attenzione sulla necessità di salvaguardare le risorse naturali per migliorare in modo duraturo le condizioni di vita. Si affermò, inoltre, che per raggiungere questo obiettivo è necessaria una collaborazione internazionale. Nella Dichiarazione di Stoccolma compare l'obbligo di pensare alle generazioni future⁵.

economica: non tutti potranno accedere al loro "banquet de la nature". Questa idea che mette in evidenza la "porzione" di risorse naturali che ciascun abitante della Terra consuma è molto vicina al concetto oggi espresso dall'impronta ecologica (Wackernagel e Rees, 1996).

⁵ "L'uomo è al tempo stesso creatura e artefice del suo ambiente (...) Difendere e migliorare l'ambiente per le generazioni presenti e future, è diventato per l'umanità un obiettivo imperativo, (...) La Conferenza chiede ai governi e ai popoli di unire i loro sforzi per preservare e migliorare l'ambiente nell'interesse dei popoli e delle generazioni future".

Fu invece la “Strategia Mondiale per la Conservazione” prodotta nel 1980 dall'IUCN (World Conservation Union), dal Programma Ambiente delle Nazioni Unite (UNEP) e dal Fondo Mondiale per la Natura (WWF) il primo documento ufficiale internazionale che riportò chiaramente nel suo titolo il concetto di sviluppo sostenibile⁶. Furono introdotti i concetti di mantenimento dei cicli vitali e dei processi ecologici essenziali e di conservazione della diversità genetica.

Il problema della tutela dell'ambiente e gli aspetti economici correlati furono affrontati negli USA in uno storico studio effettuato da un gruppo di ricercatori incaricati dal governo americano presieduto da Jimmy Carter, pubblicato nel 1980 (*The Global 2000 Report to the President*). In quello studio erano analizzati i problemi della popolazione e il rapporto tra le attività umane e le risorse naturali: "Se continueranno le tendenze attuali il mondo del 2000 sarà più popolato, più inquinato, meno stabile ecologicamente e più vulnerabile alla distruzione rispetto al mondo in cui ora viviamo. Le gravi difficoltà che riguardano popolazione, risorse ed ambiente progrediscono visibilmente. Nonostante la maggiore produzione mondiale, sotto molti aspetti la popolazione mondiale sarà più povera in futuro di adesso. Per centinaia di migliaia di persone disperatamente povere, le prospettive di disponibilità di cibo e di altre necessità vitali non miglioreranno, per molti aspetti peggioreranno (.....) a meno che le nazioni del mondo agiscano in maniera decisiva per modificare l'andamento attuale."

1.3 “Our common future”

Nel 1983 fu istituita la World Commission on Environment and Development (WCED) che quattro anni dopo, per conto dell'ONU fece una relazione sullo stato dell'ambiente a livello globale, intitolato “Our Common Future” (WCED, 1987), passato alla storia anche come “Rapporto Brundtland” dal nome dell'allora presidentessa della commissione norvegese, Gro Hareem Brundtland. In questa relazione si affermò che lo sviluppo delle attività umane doveva "soddisfare i bisogni delle generazioni presenti senza compromettere lo sviluppo e l'ambiente delle future generazioni". Fu introdotto così il concetto dello sviluppo sostenibile.

⁶ “World Conservation Strategy of the Living Natural Resources for a Sustainable Development”.

La definizione di sostenibilità della Commissione Brundtland divenne da subito una pietra miliare per lo sviluppo della scienza della sostenibilità, generando in breve tempo un consenso pressoché universale sul concetto di sostenibilità. E' interessante notare che non il rapporto Brundtland non usa il termine reddito come fine ultimo delle attività umane, ma preferisce riferirsi ai bisogni delle popolazioni. Questi ultimi possono essere diversi da cultura a cultura. Si supera così la visione classica degli economisti che definiscono il benessere di un individuo come il paniere di beni a sua disposizione (o il reddito che è un suo equivalente). Rimane escluso dal concetto di sviluppo sostenibile anche il tema della globalizzazione.

In pochi anni la letteratura, scientifica e non, ha contribuito con migliaia di articoli allo sviluppo di questo affascinante concetto. Il mondo scientifico, le istituzioni e le imprese, soprattutto le multinazionali, hanno mostrato interesse e investito risorse, per indagare la sostenibilità dello sviluppo.

E' bene precisare che un simile entusiasmo, potrebbe essere stato dovuto al fatto che lo sviluppo sostenibile, così definito, non scontenta nessuno. La sostenibilità è introdotta come un insieme di valutazioni di carattere ambientale, economico e sociale, che devono coesistere. Questa è la novità teorica che ha affascinato centinaia di studiosi che si sono gettati alla ricerca della formula per conciliare sviluppo economico, rispetto dell'ambiente, soddisfacimento dei diritti umani, ecc.. In altre parole, ogni interesse umano è tutelato, al pari degli altri, senza riferimento ad una serie di priorità. Essa è quindi una definizione tanto universale (e quindi affascinante) quanto generica e forse astratta.

Con il concetto di sostenibilità si è cercato di abbracciare tutte le esigenze delle presenti e future generazioni, "di estendere a tutti la possibilità di attuare le proprie aspirazioni a una vita migliore". Un obiettivo di tale respiro, senza un sistema di priorità, ha creato un labirinto di strade che per portare alla sostenibilità non portano da nessuna parte. Si è creato a mio avviso una sorta di intoppo teorico, che pur non soffocando lo sviluppo delle idee che stavano nascendo, le ha depistate. E' rimasta tuttora molta vaghezza nella concezione di sostenibilità creando anche notevole confusione, ad esempio quando si collega la crescita alla sostenibilità. La parola stessa di sviluppo può intendersi sia in termini quantitativi che qualitativi, od entrambi.

Nel Rapporto Brundtland si afferma inoltre che "il concetto di sviluppo sostenibile comporta limiti, ma non assoluti, bensì imposti dall'attuale stato della tecnologia e dell'organizzazione sociale alle risorse economiche e dalla capacità della biosfera di assorbire gli effetti delle attività umane. La tecnica e l'organizzazione sociale possono però essere gestite e migliorate allo scopo di inaugurare una nuova era di crescita economica". In queste parole persiste un'ottimistica fiducia nella tecnologia che porterà ad una nuova era di "crescita economica" (Bologna, 2005). Di fatto sembra che si possano gestire le risorse del pianeta, tramite una migliore organizzazione. Il Rapporto Brundtland ha avuto in ogni caso l'indiscutibile merito di aprire la strada a una regolamentazione sovranazionale dell'utilizzo delle risorse naturali, e ha portato alla grande conferenza delle Nazioni Unite su ambiente e sviluppo tenutasi a Rio de Janeiro nel 1992.

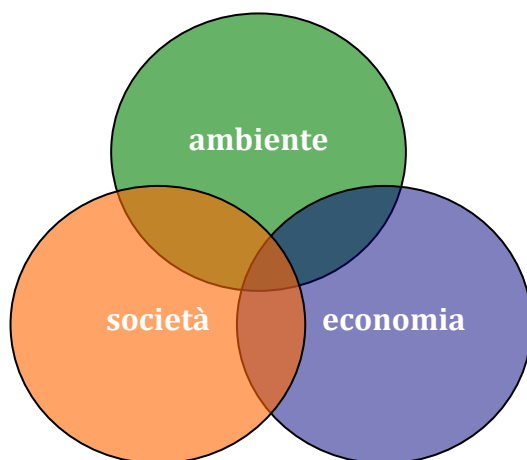


Figura 1. Rappresentazione, ampiamente diffusa in letteratura, del concetto di sostenibilità, che individua come obiettivo la zona di sovrapposizione delle tre sfere.

Prima del vertice di Rio, nel 1991 il rapporto *Caring for the Earth* (WWF/IUCN/FAO) ritenne opportuno correggere la definizione di sviluppo sostenibile come il soddisfacimento della qualità della vita mantenendosi entro i limiti della capacità di carico degli ecosistemi che ci sostengono. In questo modo la sostenibilità è caratterizzata dal rispetto dei limiti della natura e della sua capacità di sopportare il prelievo di risorse e assorbire i nostri scarti (emissioni gassose, rifiuti ecc.) senza compromettere le capacità rigenerative degli ecosistemi naturali". Esso ha priorità, non per ideologia ambientalista ma perché se si vuole

esser certi di lasciar un mondo alle generazioni che verranno, dobbiamo necessariamente limitarci alle risorse che attualmente conosciamo e che sappiamo sfruttare. Inoltre, non si assume per scontato che la capacità di carico degli ecosistemi possa crescere in maniera indefinita e ciò si traduce nella necessità di raggiungere lo “stato stazionario” o addirittura, come alcuni Autori suggeriscono, la “decrescita”.

Nello stesso anno Daly (1991) suggerì che per valutare se un processo di sviluppo sia sostenibile si devono tenere presenti: le risorse rinnovabili, quelle non rinnovabili e il grado di inquinamento. In altre parole, ogni attività umana deve rispettare i seguenti requisiti:

- le emissioni devono essere contenute nei limiti della capacità di assorbimento dell'ambiente, e non devono provocare un degrado delle sue future capacità d'assorbimento;
- il consumo di risorse rinnovabili deve essere inferiore o uguale alla capacità rigenerativa dell'ecosistema;
- il consumo di risorse non rinnovabili non può essere maggiore della capacità di rigenerazione delle risorse rinnovabili che le possono sostituire.

L'approccio della Commissione Brundtland fu ripreso e portato alla pubblica attenzione al Summit della Terra (Conferenza sull'Ambiente e lo Sviluppo delle Nazioni Unite, 1992) a Rio de Janeiro, dove si cercò di integrare le questioni economiche e quelle ambientali in una visione intersettoriale e internazionale, definendo strategie ed azioni per lo sviluppo sostenibile.

Il summit di Rio del 1992 produsse due importanti documenti: la Dichiarazione di Rio e l'Agenda XXI⁷, cruciali per l'impatto sullo sviluppo sostenibile. Il merito principale del vertice di Rio è il progresso teorico di legare indissolubilmente

⁷ La Dichiarazione di Rio contiene 27 principi, che evidenziano il legame tra protezione ambientale e sviluppo, la necessità di sradicare la povertà e di tenere conto delle necessità dei paesi in via di sviluppo e la necessità di eliminare modelli di produzione e consumo non sostenibili. Il documento riporta inoltre importanti principi quali: la partecipazione pubblica in decisioni ambientali, l'accesso alle informazioni ambientali, la valutazione di impatto ambientale.

⁷ Agenda XXI è composta di 40 capitoli che affrontano tutti i campi nei quali è necessario assicurare l'integrazione tra ambiente e sviluppo. E' un vero e proprio piano di azione per lo sviluppo sostenibile. Indica le linee direttrici per uno sviluppo sostenibile, affrontando, oltre le tematiche specifiche (foreste, oceani, clima, deserti, aree montane), anche quelle generali (demografia, povertà, fame, risorse idriche, urbanizzazione) ed intersettoriali (trasferimenti di tecnologie).

ambiente e sviluppo. Prendendo atto che in un'economia di mercato globale, la razionalità degli agenti economici non sempre coincide con i principi ambientali e che per questo motivo le politiche internazionali e statali sono spesso sacrificate sull'altare della crescita economica, in alternativa al modello a crescita illimitata fu confermato il modello di sviluppo sostenibile.

La conferenza di Rio spinse anche l'Unione Europea a prendersi carico della questione dello sviluppo sostenibile. Il Libro Verde della Commissione Europea sull'ambiente urbano (1990) rappresentò un momento chiave nella presa di coscienza, presentando uno schema generale comune per tutte le attività umane e chiedendo a tutte le autorità nazionali e subnazionali, di contrastare il declino della qualità di vita nelle aree urbane. Il Trattato di Maastricht (Wilkinson, 1992), affermò che una crescita sostenibile e non inflazionistica nei confronti dell'ambiente dovesse essere una pietra d'angolo delle ambizioni europee.

“Sviluppo sostenibile” divenne quindi il simbolo della necessità di coniugare economia ed ecologia senza relegare la seconda a puro fattore di vincolo della prima. Il Trattato di Amsterdam della UE (1997) prevede di promuovere uno “sviluppo sostenibile, armonioso ed equilibrato delle attività economiche, un alto livello di occupazione e della sicurezza sociale, l'eguaglianza tra donne e uomini, una crescita economica sostenibile e non inflattiva (...) un alto grado di protezione e miglioramento dell'ambiente, la crescita degli standard e della qualità della vita, la solidarietà e la coesione sociale ed economica tra gli Stati membri”.

Nel luglio 2001, i programmi internazionali di ricerca International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP), World Climate Research Programme (WCRP) e l'International Programme of Biodiversity Science (DIVERSITAS) hanno stilato una mozione comune che ha preso il nome di Dichiarazione di Amsterdam con l'obiettivo di sensibilizzare i governi e l'opinione pubblica mondiale sulla realtà dei cambiamenti globali e l'urgente bisogno di azione in questo senso. In sintesi, in tale dichiarazione si afferma che:

- il Sistema Terra funziona come un unico sistema autoregolato.;
- i cambiamenti indotti dalle attività antropiche nel suolo, negli oceani, nell'atmosfera, nel ciclo idrologico e nei cicli biogeochimici dei principali

elementi, oltre alla biodiversità, sono comparabili, per intensità e scala spaziale di azione, alle grandi forze della natura;

- i cambiamenti globali non possono essere capiti in termini causa-effetto;
- la dinamica del Sistema Terra è caratterizzata da soglie critiche e cambiamenti inattesi. Le attività antropiche hanno la capacità potenziale di fare transitare il Sistema Terra verso stati che possono dimostrarsi irreversibili e non adatti a supportare la vita umana e quella delle altre specie viventi;
- la natura di questi cambiamenti, che hanno luogo simultaneamente nel Sistema Terra, la loro intensità e la velocità con cui si manifestano non hanno precedenti nella storia della Terra. Il pianeta sta in questo momento operando in uno stato senza precedenti confrontabili.

Il dibattito politico e scientifico è proseguito nel 2002, al Summit mondiale di Johannesburg, dove il tema dello sviluppo sostenibile fu al centro dell'attenzione. La Dichiarazione del Millennio (2002), al termine dei lavori del summit, raggruppò le priorità da seguire con l'acronimo "WEHAB" (*water, energy, health, agriculture, biodiversity*). Nel corso degli ultimi anni il dibattito sulla sostenibilità dello sviluppo non è stato certo abbandonato, anzi è stato ripreso da istituzioni internazionali, governi nazionali e locali, e imprese, dimostrando un vero e proprio fermento culturale sui temi messi in discussione dal concetto di sostenibilità.

Il fascino insito nel concetto della sostenibilità, unito alla mancanza di una fonte di riferimento ufficiale, ha lasciato campo aperto al contributo di centinaia di studiosi che si sono appassionati all'elaborazione del concetto teorico, delle metodologie di applicazione e delle procedure di valutazione della sostenibilità dello sviluppo. Ad oggi in letteratura sono state proposte ben 87 definizioni di sviluppo sostenibile (Pearce e Walrath, 2006).

E' interessante notare come tra i numerosissimi contributi in letteratura vi sia un generale consenso sugli obiettivi da raggiungere per la sostenibilità sociale ed economica. Essi investono la sfera della salute, dell'educazione, dell'accesso all'acqua, della sanità, della fame e della povertà. Gli obiettivi da raggiungere, ad eccezione del solo settore lavoro, sono stati ben definiti e a riguardo molte agenzie delle Nazioni Unite vi lavorano. Non così è avvenuto invece nella

definizione e messa in pratica della sostenibilità ambientale. I trattati internazionali sono generici e con obiettivi vagamente definiti, ad eccezione dei protocolli di Montreal e Kyoto che incontrano tuttora molti ostacoli sulla strada della loro applicazione. Anche le istituzioni che si occupano di ambiente hanno fondi molto più limitati di quelle che si occupano dei diritti umani. Oltre alle motivazioni politiche, è possibile che a determinare questa situazione vi sia anche una reale difficoltà di comprensione del meccanismo di funzionamento dei sistemi naturali.

1.4 Critica e difesa dello sviluppo sostenibile

Nel dibattito scientifico scaturito dalla proposta del concetto di sviluppo sostenibile, molti economisti hanno affermato che, a certe condizioni, si possono considerare compatibili l'incremento demografico, del consumo ed il patrimonio naturale. Questa affermazione, che ha dato origine al concetto di "sostenibilità debole" poggia sull'idea che si può reagire all'esaurimento del patrimonio naturale, sostituendolo con il capitale prodotto dall'uomo. Tale concezione è stata tuttavia controbattuta perché mostra alcuni evidenti limiti.

Il primo limite deriva dalle complessità delle "funzioni economiche svolte dalla natura" (Costanza et al., 1997; Immler, 1993), le quali non sono assolutamente limitate alla fornitura di input naturali necessari alla produzione. Gli ecosistemi forniscono una serie di servizi di vitale importanza quali il controllo dell'erosione del suolo, la regolazione e la depurazione dell'acqua, la produzione di risorse agricole ed alimentari, la conservazione evolutiva delle risorse genetiche, dell'habitat e delle zone umide, la conservazione degli spazi naturali (una vera risorsa non rinnovabile), l'assorbimento dei residui, le grandi funzioni di regolazione del clima e della composizione chimica dell'atmosfera, il mantenimento delle condizioni di equilibrio nei cicli dei nutrienti. Tale complessità delle funzioni svolte dagli ecosistemi non rende credibile che si possa sostituire il capitale naturale con il capitale prodotto. Già Leopold (1949), aveva affermato che "un sistema di conservazione basato unicamente sull'interesse economico è irrimediabilmente sbilanciato. Esso tende ad ignorare, e così presumibilmente a eliminare, molti elementi della comunità della terra che

mancono di valore commerciale ma che sono essenziali al suo buon funzionamento”.

Il secondo limite deriva dall'impossibilità di considerare solo gli impatti ambientali in relazione diretta con il consumo delle risorse, giacché esistono impatti che non hanno un rapporto lineare con tale consumo (ad esempio, l'alterazione dei cicli biogeochimici, l'emissione di gas climalteranti, la riduzione della biodiversità, la bioaccumulazione degli inquinanti nella catena alimentare,...) bensì retroagiscono sull'intero sistema. E' semplicistico quindi pensare che la questione ambientale riguardi solo la scarsità di elementi naturali senza tenere conto dei fenomeni di alterazione delle funzioni ambientali di supporto alla vita.

Infine, alla teoria economica dell'eco-efficienza secondo cui la tecnologia permetterà di produrre determinati prodotti o servizi sempre con un minor quantità di input (risorse naturali) è stato risposto che qualsiasi macchina, per essere prodotta e per funzionare, richiede energia e materia. In altre parole è solo la natura produce ricchezza (energia primaria), mentre il ciclo economico di produzione-distribuzione-consumo è in realtà organizzatore e consumatore di risorse già create (Immler, op. cit.).

Sul fronte opposto, il concetto di sviluppo sostenibile è stato contestato da un movimento formato da economisti e sociologi quali Latouche, Sachs e Illich noti con il nome di antisviluppisti. Secondo Latouche il concetto di sviluppo sostenibile rappresenta un ossimoro⁸. Questi studiosi propongono quindi la necessità di abbandonare l'idea dello sviluppo, contro il quale sono estremamente critici e, riconoscendo l'esistenza di limiti naturali allo sviluppo globale, sostengono che si debba diminuire il ritmo di sviluppo di paesi ricchi avviando l'economia verso una “sana” decrescita. Secondo Latouche, il concetto di crescita, così come avviene oggi, diverge sempre di più dal concetto di benessere.

In sintesi, il termine “sviluppo sostenibile” è diventato un riferimento obbligato di tutti i documenti di politica sociale e ambientale di livello internazionale. La

⁸ “L'ossimoro, o antinomia, è una figura retorica che consiste nella contrapposizione di due termini contraddittori, come l'«oscuro chiarore», così caro a Victor Hugo. Questo procedimento, creato da poeti per esprimere l'inesprimibile, è sempre più utilizzato dai tecnocrati per far credere all'impossibile: a una guerra pulita, a una mondializzazione a misura d'uomo, a un'economia solidale o sana, ecc. Lo sviluppo sostenibile è una di queste antinomie...” (Latouche, 2004).

sostenibilità appare come una parola magica in grado di possono risolvere i gravi problemi che incombono sul nostro futuro e già attuali. Ma quando una parola inizia ad assumere troppi significati non ne assume nessuno e ciò ha generato, dopo una fase di entusiasmo, una serie di contributi critici nei confronti di tale concetto. La sostenibilità dello sviluppo rimane tuttavia una grande sfida alle capacità del genere umano di gestire il sistema Terra, che sono oggi messe alla prova. Secondo Odum (1983), fino ad oggi l'uomo è vissuto come parassita del suo ambiente autotrofo, prendendo ciò che gli occorre senza preoccuparsi del benessere del suo ospite. Gli agglomerati urbani crescono e diventano parassiti dell'ambiente rurale limitrofo che deve fornire cibo, acqua e aria e deve degradare enormi quantità di rifiuti. L'uomo deve evolvere verso uno stadio di mutualismo con la natura, altrimenti proprio come un parassita "malaccorto" o "inadatto" sfrutterà il suo ospite fino ad uccidere se stesso.

1.5 Misurazione della sostenibilità

La presentazione al pubblico del concetto di sviluppo sostenibile (WCED, op. cit.) e il successivo inserimento della sostenibilità tra gli obiettivi dei programmi degli organismi politici nazionali ed internazionali, fece nascere l'esigenza di stabilire dei criteri per la valutazione delle azioni intraprese in tale ambito. Heinen (1994) afferma che " la sostenibilità deve essere resa operativa in ogni specifico contesto, in scale appropriate al suo raggiungimento e devono essere stabiliti dei metodi per la sua misurazione sul lungo periodo".

Innumerevoli tentativi sono stati fatti in questa direzione, indagando separatamente la sfera economica, sociale o ambientale, o analizzando le tre dimensioni della sostenibilità contemporaneamente. Molti di questi sforzi sono stati supportati dagli organismi politici e non (EPA, APAT, UE,...) e sono state prodotte centinaia di pubblicazioni scientifiche. Sono stati rivolti più sforzi alla sostenibilità economica e sociale, forse perché più facilmente misurabile, rispetto a quella ambientale. Tuttavia ad oggi non vi è un generale accordo sui metodi per misurare la sostenibilità e ciò si deve al fatto che:

- la sostenibilità è un concetto intrinsecamente vago e complesso e le 87 definizioni di sviluppo sostenibile riportate da Pearce e Walrath (op. cit.) lo confermano;

- la sostenibilità richiede l'integrazione di elementi tra loro distanti (dimensione economica, sociale e ambientale). Si è fatto ricorso a molteplici approcci quali, ad esempio, la teoria dei sistemi, i sistemi fuzzy (Phillis e Andriantiatsaholainaina, 2001), o la teoria della stazionarietà degli elementi fluidi, ma nessuno di questi ha trovato un consenso universale;
- l'ambiente naturale e sociale costituisce un sistema evolutivo complesso in cui operano molteplici sottosistemi evolutivi, interagenti, e dove ogni componente possiede una propria autonomia e può svolgere funzioni necessarie alla esistenza di altri sistemi.
- per misurare la sostenibilità si devono adottare scale temporali e spaziali (Fresco e Kroonenberg, 1992; Spencer e Swift, 1992), la cui scelta è alquanto complessa perché le scale sono tra loro interconnesse (Niu et al., 1993). Più piccolo è il sistema in cui si opera e più difficile è tracciare una linea di confine del sistema da misurare; e ammesso che una linea si possa tracciare, tutto ciò che rimane all'esterno può essere di grande importanza (Bell e Morse, 2000). All'interno di uno stesso sistema possono esserci sottounità che richiedono valutazioni su scale temporali diverse.

Assumendo come obiettivo il raggiungimento della sostenibilità generale, assicurata quando sussiste l'equilibrio generale spaziale e la stabilità temporale (CNEL, 2005), si devono avere dei metodi per stabilire se questo sia raggiunto.

La descrizione e la quantificazione dei fenomeni rilevanti per lo sviluppo sostenibile ha quindi richiesto l'uso sistematico di indicatori. Gli indicatori sono parametri che si misurano e creano a loro volta valori utili per la comprensione dei fenomeni, fornendo "informazioni su altre variabili che sono meno facilmente accessibili. Inoltre servono da guida per assumere delle decisioni (Gras et al., 1989). La funzione di tali strumenti è quella di fornire informazioni sullo stato di funzionamento di un sistema. Gli indicatori aiutano a descrivere lo stato di un sistema e a valutare il progressivo raggiungimento degli obiettivi preposti. Mitchell (1995) e Girardin (1999) hanno proposto un metodo per costruire gli indicatori e la loro convalida.

La complessità dell'ambiente naturale e sociale rende impossibile mettere a punto un insieme di indicatori capaci di fornire tutte le informazioni necessarie al controllo della stabilità e della sostenibilità dell'intero sistema e delle sue

componenti. Pertanto si devono scegliere alcuni indicatori che rappresentino solo alcune componenti del sistema studiato e le relazioni tra loro esistenti.

Uno studio importante di tipo olistico, per la individuazione di insiemi di indicatori di sostenibilità fu proposto dal “Gruppo Balaton” (Bossel, 1999). Tale studio poggiava sulla base dei principi di Bellagio⁹ (Hardi e Zdan, 1997). Bossel

⁹ I principi di Bellagio:

Visione guida e obiettivi. La valutazione del progresso verso lo sviluppo sostenibile dovrebbe essere guidata da una visione chiara di sviluppo sostenibile e da obiettivi che definiscano tale visione.

Prospettiva di sistema. La valutazione del progresso verso lo sviluppo sostenibile dovrebbe: includere l'analisi del sistema nella sua globalità e delle sue componenti; considerare il benessere dei sottosistemi sociale, ecologico ed economico, il loro stato così come la direzione ed il ritmo di cambiamento dello stato, delle parti che lo compongono, e le interazioni tra le parti; considerare sia le conseguenze negative sia quelle positive dell'attività umana in modo che possano evidenziarsi i costi e i benefici dei sistemi umano ed ecologico, sia in termini economici che non economici.

Elementi essenziali. La valutazione del progresso verso lo sviluppo sostenibile dovrebbe: considerare le uguaglianze e le disuguaglianze all'interno della popolazione attuale e tra le generazioni presenti e future, occupandosi di problemi quali l'uso delle risorse, il consumo eccessivo e la povertà, i diritti umani, e l'accesso ai servizi; considerare le condizioni ecologiche dalle quali dipende la vita; considerare lo sviluppo economico ed altre attività non economiche che contribuiscono al benessere umano e sociale.

4. *Campo d'azione adeguato.* La valutazione del progresso verso lo sviluppo sostenibile dovrebbe: adottare un orizzonte temporale sufficientemente ampio da abbracciare le scale temporali umana e dell'ecosistema, che assicuri che le decisioni politiche di breve periodo soddisfino anche le necessità delle future generazioni;

definire un ambito di studio grande abbastanza che includa gli impatti sulle popolazioni e sugli ecosistemi locali e generali; costruire sulla base delle condizioni passate ed attuali per anticipare le condizioni future: dove vogliamo andare, dove potremmo finire;

5. *Punti focali pratici.* La valutazione del progresso verso lo sviluppo sostenibile dovrebbe essere basata su:

un esplicito insieme di categorie o una struttura organizzativa che unisca visioni e scopi a indicatori e criteri di valutazione;

un numero limitato di questioni fondamentali per l'analisi;

un numero limitato di indicatori o di combinazioni di indicatori che forniscano un più chiaro segnale di progresso;

misure standardizzate, laddove sia possibile, che permettano confronti;

valori di confronto degli indicatori rispetto agli obiettivi, valori di riferimento, campi di variazione, valori di soglie o valutazioni sulla direzione degli andamenti.

6. *Trasparenza.* La valutazione del progresso verso lo sviluppo sostenibile dovrebbe:

rendere i metodi e i dati utilizzati accessibili a tutti;

rendere espliciti tutti i giudizi, le ipotesi e le incertezze nei dati e nelle interpretazioni.

7. *Comunicazione efficace.* La valutazione del progresso verso lo sviluppo sostenibile dovrebbe:

essere progettata in modo da rivolgersi alle necessità del pubblico e di tutti coloro che ne usufruiscono;

utilizzare indicatori ed altri strumenti che possano servire da stimolo ed impegnare le autorità competenti;

puntare, fin dall'inizio, alla semplicità nella struttura e nell'uso di un linguaggio semplice e chiaro.

8. *Ampia partecipazione.* La valutazione del progresso verso lo sviluppo sostenibile dovrebbe:

considera tre sistemi: il sistema umano, composto dai sottosistemi individuale, sociale, e direzionale; il sistema di supporto, composto dai sottosistemi economico e delle infrastrutture; e il sistema naturale, composto dal sottosistema delle risorse e dell'ambiente. Le risorse, in termini di capitale, di questi tre componenti debbono essere mantenute stabili al fine di garantire la sostenibilità del sistema globale.

Sulla base di questa visione Bossel giunge poi ad aggregare gli indicatori relativi ai sistemi, basandosi sulla considerazione che la loro vitalità, e quindi sostenibilità, dipende da sei condizioni indipendenti fra loro:

- la conservazione dell'equilibrio, lo stato ambientale "normale";
- la disponibilità delle risorse;
- la varietà o diversità dei sottosistemi;
- la variabilità o la dinamica di ognuno;
- la transizione a un nuovo stato di equilibrio;
- i rapporti inter-sistemici.

Sebbene l'approccio di tipo olistico alla sostenibilità sia il più appropriato dal punto di vista teorico (Allen et al., 1991), l'estrema complessità di tale operazione ha giustificato un approccio più pragmatico che valuti le tre dimensioni separatamente, rimandando una eventuale integrazione delle tre componenti all'ultima fase del procedimento. In questo modo, vi è la possibilità di derivare gli indicatori dal basso, da un livello di conoscenza più approfondita dei processi

prevedere un'ampia partecipazione di gruppi professionali, tecnici e sociali, inclusi i giovani, le donne e i gruppi etnici, perché siano riconosciuti valori diversi e mutevoli;
assicurare la partecipazione delle autorità di governo per rinsaldare il legame tra scelte politiche ed azioni conseguenti.

9. *Valutazioni periodiche.* La valutazione del progresso verso lo sviluppo sostenibile dovrebbe: sviluppare la capacità di replicare le misurazioni al fine di determinare gli andamenti; essere iterativa, adattabile e reattiva ai cambiamenti ed all'incertezza perché i sistemi sono complessi e cambiano frequentemente; tarare gli obiettivi gli schemi e gli indicatori ogni volta che si acquisisce un nuovo punto di vista; promuovere lo sviluppo dell'apprendimento collettivo che produca un ritorno nel processo decisionale.

10. *Potere istituzionale.* La continuità della valutazione del progresso verso lo sviluppo sostenibile dovrebbe essere assicurata da:

una chiara assegnazione delle responsabilità e dalla garanzia di un continuo supporto al processo decisionale;

l'apporto di capacità istituzionale nella raccolta dei dati, nel loro mantenimento e documentazione;

un supporto allo sviluppo della capacità di valutazione locale.

fisici, per poi cercare una loro aggregazione in funzione di finalità comuni (equità, stabilità, equilibrio, sicurezza, ecc.) e, al livello superiore, della sostenibilità.

Tale operazione è stata tentata ricercando delle possibili equivalenze, tra le quali:

- equivalenti monetari (ad es.: *willingness to pay*, o *willingness to accept*);
- equivalenti fisici (ad es.: l'energia, l'impronta ecologica, l'emergia, la quantità di energia solare contenuta, lo spazio ambientale);
- flussi di materiali e di energia in input ai sistemi;
- Il parere degli esperti;
- consultazione del pubblico;
- livelli di sostenibilità in funzione delle distanze dai target definiti (sempre tramite valutazione di esperti);
- costo del recupero ambientale;

Gli approcci monetaristici hanno mostrato alcune artificiosità e l'incapacità di spiegare i fenomeni nei quali contano valori non esprimibili in prezzi. Gli approcci basati sul parere degli esperti hanno fornito buoni risultati, tuttavia al crescere del numero di esperti il peso mediato di un indice tende a diventare eguale a tutti gli altri, vanificando di fatto il ruolo dell'esperto. Alcuni approcci basati su equivalenti fisici esogeni, come l'impronta ecologica, hanno avuto grande diffusione; la loro sintesi tuttavia sacrifica la complessità e la visibilità interna al sistema.

Per questa ragione la soluzione oggi più diffusa nella valutazione dello sostenibilità è quella dell'esposizione di un insieme esteso di indicatori, che sono confrontati con i livelli target fissati per il sistema globale e per ciascun sottosistema.

Sono stati quindi prodotti numerosi schemi di lavoro (*framework*) tesi a facilitare il compito dei valutatori della sostenibilità indirizzando il percorso logico da seguire e gli elementi indispensabili da analizzare per individuare gli indicatori da utilizzare.

Anche in merito al numero di indicatori da utilizzare in campo ambientale esistono due approcci differenti. Molti Autori sostengono che occorrono molti indicatori perché la complessità dei fenomeni ecosistemici ed ambientali è grande. Altri osservano che un numero elevato di indicatori è difficilmente interpretabile.

Esistono molte liste di indicatori sviluppate dai diversi organismi nazionali ed internazionali. Un contributo che ebbe molto seguito fu fornito dallo schema OCSE di Pressione-Stato-Risposta (PSR) che cercò di risolvere il problema dell'identificazione sistematica degli indicatori necessari alla valutazione della sostenibilità ambientale.

Tale schema, derivato dallo schema stress-risposta sviluppato per l'analisi degli ecosistemi, si basa sul concetto di causalità: le attività umane esercitano pressioni sull'ambiente e ne cambiano lo stato. La società risponde a questi cambiamenti attraverso politiche ambientali, economiche e sociali. Tali azioni esercitano pressioni, chiudendo il ciclo (Figura 2).

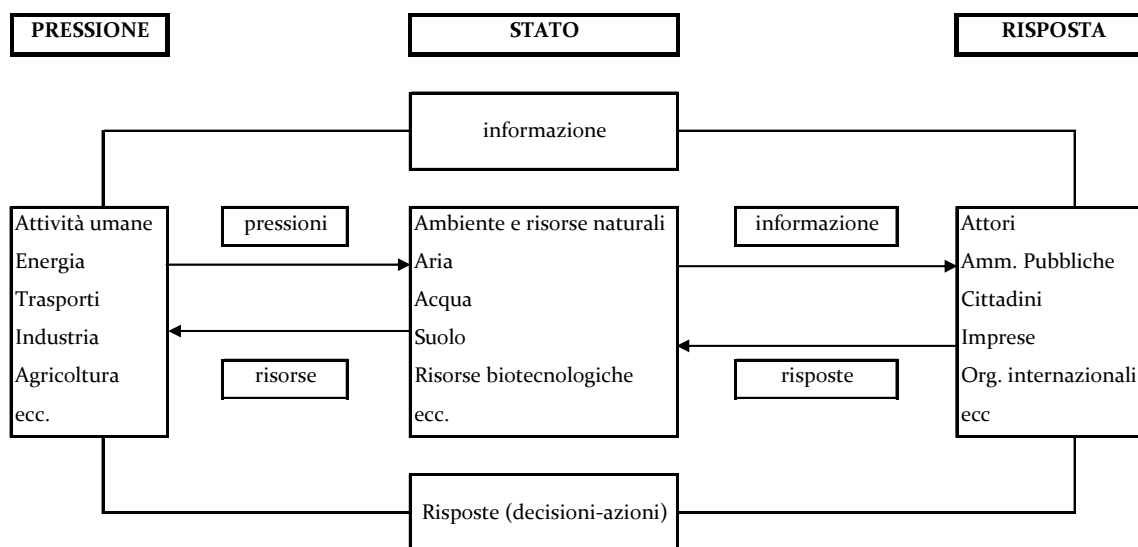


Figura 2. Schema generale del modello pressione-stato-risposta (modificato da OECD).

In linea con questo approccio lo schema PSR ha tre tipi di indicatori: quelli che misurano la pressione ambientale derivante dalle attività umane (emissioni, rifiuti), indicatori di stato che misurano i parametri ambientali e quelli di risposta che misurano le politiche sociali (politiche, tasse, leggi, gestione, ...).

Tra gli aspetti negativi dello schema PSR vi è la mancata aggregazione degli indicatori in un solo indice e le difficoltà che nella pratica sorgono nel distinguere tra stato e pressione. Inoltre, vi è il rischio di fornire una relazione lineare del processo causa-effetto, mentre nella realtà può essere molto più complessa. Sulla base di queste considerazioni, l'Agenzia Europea per l'Ambiente, ha modificato lo

schema PSR in quello DPSIR (Determinanti – Pressioni – Stato – Impatto – Risposta). Il modello DPSIR (Fig. 3) amplia il PSR aggiungendo i Determinanti e gli Impatti, e focalizzando l'attenzione sul rapporto di causalità fra attività antropiche e effetti ambientali.

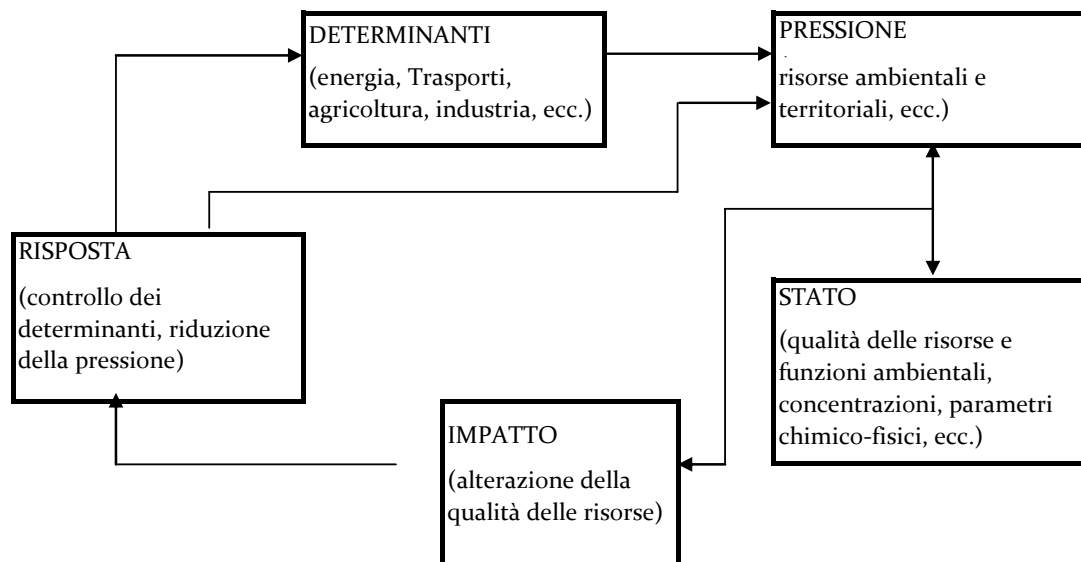


Figura 3. Rappresentazione dello schema DPSIR.

Questo modello evidenzia l'esistenza di forze motrici (o determinanti) che agiscono “a monte” delle pressioni, e possono essere identificate con le attività e i comportamenti umani derivanti da bisogni individuali, sociali, economici, stili di vita, processi economici, produttivi e di consumo, che causano le pressioni sull'ambiente. A “valle” delle pressioni è posto lo stato della natura, che comprende la qualità dell'ambiente e delle risorse ambientali. Il modificarsi dello stato della natura a tutti i livelli comporta impatti sul sistema antropico. Quando tali impatti sono negativi, la società e l'economia reagiscono fornendo risposte che possono interessare un determinante, una pressione, uno stato, un impatto, ma anche una risposta pregressa da correggere; le risposte possono assumere la forma di obiettivi, di target, di programmi, di piani di finanziamento, di interventi, di priorità, di standard, di indicatori da adottare, di autorizzazioni, di verifiche, di controlli, ecc.; in questo modo la società risponde consapevolmente alle conseguenze negative del suo stesso sviluppo. Ogni determinante ha vari fattori di pressione che vanno a modificare lo stato di diverse matrici ambientali.

Organizzazioni come ONU, la Banca Mondiale e altri hanno usato lo schema DPSIR per sviluppare indicatori di sostenibilità ambientale. Rogers et al., (1997) identificò 79 indicatori per una vasta scala di attributi (qualità dell'aria, qualità dell'acqua, cambiamenti nell'uso del territorio, consumo di energia, biodiversità, benessere sociale ed economico e salute. L'analisi delle componenti principali (PCA) fu usata per ridurre il numero di variabili a quattro componenti (indici) indicativi qualità dell'aria, qualità dell'acqua, qualità della terra e qualità dell'ecosistema. Gli indici furono integrati graficamente in diamanti ambientali e in misurazioni numeriche, elasticità ambientale e indice del costo di recupero.

Recentemente è stato proposto l'*Environmental Sustainability Index* (ESI) che raggruppa gli indicatori, derivati dallo schema DPSIR, in cinque categorie tematiche: sistemi ambientali, stress ambientali, vulnerabilità umana, capacità sociale e istituzionale, e conservazione globale. Ogni componente comprende da 3 a 6 indicatori e ogni indicatore è a sua volta misurato da 2 a 6 variabili. In tutto ci sono 21 indicatori e 76 variabili per le 5 componenti. I 21 indicatori sono pesati alla stessa maniera nel calcolare l'ESI quindi implicitamente pesando di più le componenti con maggior numero di indicatori.

La valutazione ambientale è quindi passata dai primi tentativi con scelte arbitrarie degli indicatori e del loro peso verso la derivazione di indicatori da schemi analitici predefiniti e il loro confronto con gli obiettivi fissati.

1.6 Valutazione della sostenibilità agricola

L'apporto dell'agricoltura al soddisfacimento dei bisogni delle generazioni passate e presenti è stato enorme. E' sufficiente pensare che negli ultimi 40 anni la produzione mondiale di cereali è raddoppiata. Un simile aumento della produttività delle colture è stato raggiunto grazie anche ad un aumento notevole degli input esterni apportati agli agroecosistemi (Tilman et al., 2002).

Gli ecosistemi che l'agricoltura sfrutta come medium di produzione ma anche come input di risorse biotiche e abiotiche, forniscono tuttavia anche altri servizi alla società (Daily, 1997) quali, ad esempio, la regolazione del clima, la purificazione dell'acqua e la ricarica degli strati acquiferi, la difesa dall'erosione e dalle inondazioni, ecc. Pratiche agricole intensive possono ridurre la capacità degli ecosistemi di fornire questi servizi.

Entro il 2050, si stima che la popolazione mondiale aumenti del 50% con una modificazione della dieta a favore delle proteine animali. Se l'aumento di produttività delle colture agrarie dovesse avvenire mediante un apporto indiscriminato di input, i servizi forniti dagli ecosistemi naturali potrebbero essere compromessi. Oggi le pratiche agricole sono quindi oggetto di analisi in base al paradigma della sostenibilità.

E' evidente da subito che la valutazione della sostenibilità agricola è ancora una volta un procedimento complicato, poiché complessi sono i sistemi ambientali in cui essa opera, gli agroecosistemi. Molti Autori hanno quindi proposto metodi differenti, a volte guidati da priorità e pratiche locali, oppure volti a sviluppare delle strutture sistematiche di valutazione di ciò che nella realtà è immisurabile (Bell e Morse, op. cit.).

La Banca Mondiale e la FAO per derivare indici di sostenibilità specifici per le risorse naturali, quali il *Land Quality Index* (LQI), *Soil Quality Index* (SQI), *Biodiversity Index* (BI), ecc. hanno fortemente sostenuto lo schema FESLM (*Framework of Evaluation of Sostenibile Land Management*), che identifica 5 pilastri di gestione del territorio: produttività, sicurezza protezione, fattibilità e accettabilità, in tal modo inglobando le tre dimensioni della sostenibilità. FAO e Banca Mondiale hanno poi tentato di allineare il FESLM alle linee del PSR/DPSIR raggruppando gli indicatori per la qualità del territorio in indicatori di pressione, stato e risposta. Il gruppo di indicatori di pressione include quelle attività collegate al grado di intensivizzazione e diversificazione degli usi agricoli del territorio e che producono aumento di pressione sulla qualità del territorio. (numero di colture per anno o per ha, tipo e intensità di lavorazione, integrazione con i sistemi zootecnici, quantità di cibo e fibre prodotte annualmente). Gli indicatori di stato includono quelli che esprimono un cambio della produttività biologica, del grado e diffusione del degrado del suolo, del bilancio annuale e a lungo termine dei nutrienti, dell'inquinamento, della sostanza organica, della capacità di trattenuta dell'acqua, ecc. Gli indicatori di risposta includono il numero e tipo di organizzazioni di agricoltori per la conservazione del suolo, il grado del cambiamento delle tecnologie agricole, le strategie di gestione del rischio, programma incentivanti per l'adozione delle tecnologie di conservazione. Il FESLM non prevede di aggregare gli indicatori in indici. In alcuni casi tale

processo è di tipo qualitativo sotto forma di poligoni multidimensionali o diagrammi ameba. L'applicazione degli schemi formali come PSR or DPSIR non è tuttavia comune ed è piuttosto limitata a livello aziendale.

Lynam e Herdt (1989) hanno proposto un secondo approccio, basato sulla produttività totale (TFP), che prevede il TFP come rapporto tra il valore totale di tutti gli output misurabili rispetto al valore totale di tutti gli input per un dato sistema di produzione. Può essere applicato sia a livello regionale che aziendale. La sua premessa base è che un trend non negativo nel TFP indica un sistema sostenibile. Questo approccio è stato criticato giacché non internalizza le esternalità, come il degrado ambientale. Per far fronte a ciò, il fattore totale di produttività sociale (TSFP) è stato suggerito come indicatore migliore. Il TSFP include i costi ambientali di produzione, ma la loro valutazione è complessa e spesso inconcludente. Entrambi gli approcci (TFP and TSFP) rispondono prontamente ad aumenti della produzione, definendo la sostenibilità come la capacità di un sistema di mantenere gli output ad un livello pari o maggiore della loro media storica e la tecnologia contribuisce alla sostenibilità se fa aumentare la pendenza del trend.

Infine vi sono gli approcci basati sugli agroecosistemi, che partendo da una lista di attributi, derivano specifici indicatori. Un esempio di questi set, molto citato in letteratura, è stato proposto da Gomez, et al. (1996) ed è basato su sei variabili facilmente misurabili: resa, profitto, frequenza di insuccessi, profondità del suolo, carbonio organico e copertura permanente del suolo. Il sistema di produzione è considerato sostenibile se ogni indicatore passa un certo livello soglia. I sei indicatori sono stati poi aggregati in un indice di sostenibilità a livello azienda facendo la media dei singoli valori degli indicatori. Questi indicatori sono stati usati per valutare la sostenibilità agricola a livello aziendale e regionale dall'USDA.

Tra i molteplici contributi che si sono succeduti, recentemente è stato proposto il metodo IDEA (Zahm et al., 2006), che, partendo dalla definizione di agricoltura sostenibile come quella "agricoltura che è ecologicamente sana, economicamente fattibile, socialmente giusta e umana" (Francis e Younberg, 1990, in Bonny, 1994), tenta di valutare, il funzionamento sostenibile dell'azienda agricola in base ai parametri di fattibilità, vivibilità, trasferibilità e riproducibilità" (Landaïs, 1998).

Il metodo IDEA adotta tre scale di sostenibilità, suddivise in un totale di 10 componenti, a loro volta espressione di un totale di 41 indicatori. Definisce quindi sedici obiettivi, ognuno dei quali può contribuire al miglioramento di vari componenti della sostenibilità. Gli obiettivi della scala agroecologica si riferiscono ai principi agronomici dell'agricoltura integrata, quelli della scala socio-territoriale si riferiscono di più all'etica ed allo sviluppo umano, quelli della scala economica specificano le informazioni essenziali sull'aspetto imprenditoriale dell'attività. Il metodo di calcolo, è basato su un sistema dei punti con un limite superiore. Le tre scale di sostenibilità sono di peso uguale e vanno da 0 a 100 punti. Tutti i dati sono tradotti in unità di base di sostenibilità che determinano il segno assegnato ad ogni indicatore. Ogni indicatore ha un limite massimo di unità di sostenibilità da assegnare. Nel sintetizzare le informazioni delle tre scale, gli Autori assegnano alla sostenibilità generale il valore più basso delle tre scale come valore numerico finale di sostenibilità, applicando così la regola dei vincoli chiave come richiesto nella dinamica degli ecosistemi. Così facendo si evita anche un effetto di compensazione fra i risultati delle tre scale. Le inchieste condotte dagli Autori di questo metodo hanno dimostrato che si tratta di uno strumento in grado di valutare la sostenibilità nei differenti sistemi d'agricoltura e che permette il loro confronto nell'ambito di un determinato territorio.

In sintesi, in letteratura sono stati proposti finora decine di metodi per la misurazione della sostenibilità in agricoltura, ma nessuno di questi ha un consenso universale. Alcuni autori hanno elaborato una serie di indici (Pieri et al., 1995; Bockstaller et al., 1997), che tuttavia richiedono una notevole mole di dati, e non tengono in considerazione le interazioni tra i diversi indicatori. Molti lavori hanno combinato gli indicatori in indici per un confronto dei quali si può consultare Van der Werf e Petit (2002), ma un aspetto contestato è il peso relativo da dare alle singole componenti e il cosiddetto "effetto di compensazione". Questo si realizza quando una o più pratiche agronomiche pienamente sostenibili, nascondono l'eventuale effetto negativo sull'ambiente di un'altra pratica agronomica, dannosa da un punto di vista ambientale. Per contro, la valutazione della sostenibilità basata su un singolo parametro cerca di giudicare i sistemi come un insieme intero e tale visione è coerente sia con la moderna teoria degli ecosistemi sia con il paradigma teorico della sostenibilità.

1.7 I 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). Le piante da tappeto erboso formano una copertura vegetale variamente continua che persiste in condizioni regolari di taglio e calpestamento. La comunità interconnessa di piante da tappeto erboso ed il suolo aderente alle loro radici ed altri organi sotterranei, forma il tappeto erboso (Turgeon, 1985).

Si tratta di colture in espansione nei paesi a sviluppo economico avanzato dove forniscono un luogo idoneo alla pratica di sport così come a momenti di riposo, oppure volte alla valorizzazione di complessi monumentali, architettonici o residenziali, oppure volti a funzioni meramente tecniche (controllo dell'erosione, copertura di scarpate, di piste da sci, inerbimento margini delle piste aeroportuali, assorbimento del rumore o della polverosità, ecc.).

Dal punto di vista storico, i tappeti erbosi si diffusero dapprima in ambienti reali e aristocratici, alla fine del XVIII secolo, quando l'architetto André LeNotre disegnò piccole aree a prato tra i giardini del Palazzo di Versailles. Il gradevole effetto estetico di queste coperture fu apprezzato dalla nobiltà inglese, che non esitò ad importare questo modello di giardino in Inghilterra. I colonialisti inglesi esportarono in seguito i tappeti erbosi negli Stati Uniti, nel tentativo di rendere quelle terre selvagge più simili al "vecchio mondo". L'architetto Lancelot Brown creò così migliaia di acri di magnifici parchi. I primi tappeti erbosi domestici sorsero nel 1868, quando Law Olmsted ebbe l'incarico di disegnare il quartiere di Riversdale, alla periferia di Chicago (Pollan, 2000).

Al giorno d'oggi negli Stati Uniti le superfici ricoperte con cotici erbosi sono stimate in circa 18 milioni di ettari (Balogh et. al., 1992). Il 70% di questa enorme superficie, è occupato dai prati intorno alle abitazioni, il 10% da parchi cittadini, il 9% da percorsi di golf, il 9% da strutture educative, il 2% da chiese e cimiteri. Negli USA i problemi connessi ai tappeti erbosi assumono anche un elevato interesse politico, per il loro contributo al raggiungimento della tranquillità psicologica, una delle più forti aspirazioni dell'uomo moderno (Hull, 1990; Roberts, 1990). Altri Paesi dove si registra una forte diffusione dei tappeti erbosi sono l'Australia (180.000 ettari), la Gran Bretagna (110.000 ettari), la Nuova Zelanda (100.000 ettari) ed il Canada (Aldous, 2000). Nell'Europa continentale i

tappeti erbosi sono più diffusi in Francia e Germania. In Italia, negli ultimi anni, si sta manifestando un certo interesse nei confronti del tappeto erboso, non solo ad uso sportivo ma anche tecnico e ricreativo. Questa crescente attenzione non è però ancora supportata da un'adeguata attività di ricerca condotta a livello nazionale (Cereti, op. cit.).

Grazie alla loro crescente espansione, la coltivazione dei tappeti erbosi sta assumendo una rilevante importanza economica. Negli USA la spesa per la costruzione di nuovi prati e il mantenimento di quelli esistenti, è stimata in circa 25 miliardi di euro. Questa spesa è assorbita per il 68% dai tappeti erbosi ad uso domestico, per il 26% da parchi, scuole, autostrade, cimiteri e per il 6% dai percorsi di golf (Balogh et. al., op. cit.). Il comparto dei tappeti erbosi è quello in massima espansione nell'agricoltura americana; in alcuni stati USA esso è ormai la prima o seconda fonte di reddito del settore agricolo. Negli USA lavorano nel comparto più di 500.000 persone. (Grounds Maintenance, 1996).

Le finalità per cui si coltivano i tappeti erbosi sono molto diverse tra di loro e caratterizzate da differenti livelli di input. Si distinguono tappeti erbosi:

- ornamentali: vi rientrano i prati di prestigio e di rappresentanza, con funzione, quindi, prevalentemente estetica. Generalmente sono tagliati ogni tre-quattro giorni, concimati, irrigati e diserbati frequentemente;
- ricreativi: offrono momenti di riposo e contribuiscono ad incrementare la qualità della vita. Sono generalmente tagliati ogni tre o quattro giorni, fertilizzati una o due volte all'anno, irrigati e diserbati quando necessario;
- sportivi: costituiscono il luogo idoneo allo svolgimento di attività sportive, contribuendo a ridurre l'incidentalità del sito. I livelli di mantenimento sono, in genere, molto elevati. Necessitano di cure continue per rimediare ai danni provocati dal calpestamento;
- tecnici: in genere non subiscono calpestamento e non devono avere necessariamente un elevato valore estetico. I livelli di input sono pertanto bassi: taglio una o due volte l'anno, concimazioni saltuarie, assenza di irrigazione e di controllo delle erbe infestanti (Panella et. al., 2000).

1.7.1 Specie da tappeto erboso

Le specie adatte ad essere usate per costituire tappeti erbosi appartengono quasi esclusivamente alla famiglia delle *Gramineae* (graminacee), originatasi circa 70 milioni di anni fa, nel periodo Cretaceo dell'era Mesozoica. L'evoluzione di questa famiglia ebbe un particolare impulso nel Miocene, durante il quale si differenziò anche la famiglia animale dei *Bovidae*. La selezione naturale determinò lo sviluppo di specie adatte a sopravvivere all'azione di pascolo degli animali, favorendo di fatto piante con internodi corti e/o habitus strisciante.

Nell'ambito delle *Graminae*, le sottofamiglie a cui appartengono le specie adatte a costituire tappeti erbosi, sono le sottofamiglie *Festucoideae*, *Eragrostidae* e *Panicoideae*. Alle *Festucoideae* appartengono le specie comunemente chiamate microterme, in quanto l'optimum di temperatura è compreso tra i 16 e i 25 °C (Turgeon, 1985). Tra queste le specie interessanti per costituire tappeti erbosi rientrano nelle tribù:

- *Agrostideae*: l'infiorescenza è a panicolo, raramente a racemo, a volte stretto e simile ad una spiga; le spighe sono, in genere, perfette e uniflore; l'articolazione è di solito sopra le glume, che non sono ridotte. I generi più interessanti sono *Agrostis*, *Ammophila* e *Phleum*;
- *Festuceae*: l'infiorescenza è un panicolo od un racemo, a volte stretto e simile ad una spiga; le spighe hanno due o più fiori. Sono interessanti i generi *Bromus*, *Festuca* e *Poa*;
- *Hordeae*: l'infiorescenza consiste di una o più spighe simmetriche; l'articolazione è sopra le glume o con il rachide a volte disarticolato. Sono interessanti i generi *Agropyron* e *Lolium*.

Ai generi appena indicati appartengono circa venti specie utilizzabili come essenze da tappeto erboso. Tuttavia, le specie di primario interesse sono soltanto sei: *Lolium perenne* L., *Poa pratensis* L., *Festuca arundinacea* Schreb., *Festuca rubra* ssp., *Agrostis stolonifera* L. e *Agrostis tenuis* Sibth.

Alle sottofamiglie *Eragrostidae* e *Panicoideae* appartengono invece le specie comunemente chiamate macroterme, con optimum di temperatura tra i 25 e i 35 °C, originatesi in regioni a clima caldo, sia umide che aride (Panella et al., 2000). Nella sottofamiglia *Eragrostidae* si distinguono le tribù:

- *Chlorideae*: vi appartengono i generi *Cynodon*, *Bouteloua*, *Buchloe*. Tra questi la specie più importante è sicuramente *Cynodon dactylon* (L.) Pers. diffusissima come infestante ma di cui sono state selezionate varietà, ibride e non, adatte all'utilizzo come tappeto erboso.
- *Zoysiae*: cui appartiene il genere *Zoysia*, dove spiccano le specie *Z. japonica* Steud., *Z. matrella* (L.) Merr., di ampia diffusione come tappeti erbosi in svariati Paesi a clima caldo, soprattutto laddove è richiesta una elevata resistenza al calpestamento.

Alla sottofamiglia *Panicoideae* invece rientrano le tribù:

- *Paniceae*: generi *Paspalum*, *Stenotaphrum*, *Pennisetum* e *Axonopus*. Le specie più importanti per l'utilizzo da tappeto erboso sono *Paspalum vaginatum* Swartz., usato soprattutto in ambienti ad elevata salinità, e *Stenotaphrum secundatum* (Walter) Kuntze, favorito laddove siano minimi gli input destinati alla coltura.
- *Andropogoneae*: genere *Eremochloa*.

1.7.2 Taglio

Il taglio è la più importante tra le pratiche colturali a cui è sottoposto il tappeto erboso, poiché influenza la maggior parte delle altre operazioni (Turgeon, op. cit.). Si tratta di un intervento periodico indispensabile poiché l'assolvimento delle funzioni estetiche, ornamentali, sportive o tecniche di un tappeto erboso, richiede il mantenimento dell'altezza del cotico erboso in un determinato intervallo. Si tratta quindi di un'operazione colturale onerosa in termini di lavoro, costi energetici ed asportazione di elementi nutritivi.

Da un punto di vista strettamente botanico il taglio è un'operazione dannosa alla salute delle piante del tappeto erboso, poiché determina un arresto della crescita radicale, riduce la produzione di carboidrati e la loro accumulazione, crea porte d'ingresso ai patogeni, aumenta temporaneamente le perdite d'acqua dai margini fogliari tagliati e riduce l'assorbimento radicale di acqua (Turgeon, op. cit.).

L'altezza raggiunta con il taglio, la frequenza e le modalità con cui si svolge l'operazione di variano in funzione della tipologia di tappeto erboso (e quindi indirettamente, anche della specie) e dell'ambiente di coltivazione. Mentre nei *green* dei percorsi di golf è necessaria un'altezza di pochi mm, nei tappeti erbosi

tecnici l'altezza è invece di parecchi cm. Molti autori hanno indagato gli effetti di differenti altezze di mantenimento sul tappeto erboso. E' quindi noto che ad una maggiore altezza di taglio corrisponde un approfondimento degli apparati radicali (Madison e Hagan, 1962; Shearman e Beard, 1973), cui segue un aumento dell'acqua disponibile, il cui effetto positivo compensa e supera quello negativo dovuto all'aumento dell'evapotraspirazione causato dalla maggiore superficie traspirante. Una maggiore altezza di taglio crea inoltre un minore stress sulle piante (Christians, 1998), favorendo la resistenza agli stress.

Sebbene le piante da tappeto erboso si siano in origine evolute per resistere alle condizioni di pascolamento, e quindi di periodica asportazione di parte dell'apparato epigeo, è stato accertato che alcune frequenze di taglio sono specificamente preferibili. Se da un lato una ridotta frequenza di taglio è correlata ad una maggiore profondità degli apparati radicali (Shearman e Beard, op. cit.), essa non deve determinare l'asportazione di più del 33-40% dell'apparato fogliare, pena l'impoverimento delle riserve radicali.

Il taglio rappresenta anche la maggior parte dei costi di manutenzione dei tappeti erbosi (Bladon, 1994). Ciò è dovuto alla manodopera richiesta, alle attrezzature necessarie per il taglio, ma anche alla gestione del materiale di risulta che può raggiungere quantità molto elevate (Harivandi et al., 2001). Lo smaltimento dei residui vegetali derivanti dal taglio inoltre non è semplice perché essi per essere compostati devono prima essere miscelati con parti più legnose. Il loro trasporto in discarica d'altra parte comporta alti costi di smaltimento e trasporto e, laddove i tappeti erbosi sono molto diffusi, occupa troppo volume. Negli USA durante i mesi estivi, fu stimato che il 15-20% dei rifiuti domestici poteva essere costituito dai residui del taglio dell'erba (Graper e Munk, 1994). La necessità di limitare gli apporti di rifiuti alle discariche ha fatto sì che in molti Stati USA oggi molte discariche non accettano più i residui del taglio (Shanoff, 1989; Young, 1992).

Questa situazione fece nascere delle riflessioni e delle ricerche sulle modalità di gestione di questi rifiuti (*clipping*), che hanno indagato a fondo gli effetti della restituzione al tappeto erboso dei residui di taglio finemente sminuzzati grazie ad un tipo particolare di falciatrici *recycling*. All'interno del carter di queste macchine l'erba è tagliata più volte e quando raggiunge dimensioni minime cade a

terra, infiltrandosi nel cotico, senza creare in superficie ammassi di erba antiestetici quanto dannosi.

Landschoot (1991) ha dimostrato che in un periodo di tre anni il clipping di *Poa pratensis*, ha rilasciato tra il 46 ed il 59% dell'azoto applicato come fertilizzante. Heckman et al. (2000) hanno mostrato che lasciando in situ i residui del taglio il colore del tappeto erboso è migliorato rispetto alla rimozione degli stessi e che la riduzione del 50% della fertilizzazione azotata non determina un peggior colore del tappeto erboso quando i residui del taglio sono lasciati in situ. Starr e DeRoo (1981) inoltre hanno riportato che i residui del taglio influenzano chiaramente la cattura di azoto da parte del tappeto erboso dal sistema. Qian et al. (2003) in una simulazione attraverso un modello hanno evidenziato che la gestione del clipping può avere un ruolo importante nel sequestro di N e di C e quindi nella sostenibilità dell'agroecosistema. Il sequestro netto dell'azoto e del carbonio può essere infatti aumentato restituendo i residui del taglio al tappeto erboso. Gaussoin e Branham, (1989) infine hanno trovato che la pratica del *recycling* aiuta nel contenimento delle infestazioni di *P. annua* L.

Il rischio della formazione di feltro evidenziato da alcuni Autori non è stato sempre confermato da altri studi se la frequenza di taglio è appropriata (Beard, 1976; Haley et al., 1985; Johnson et al., 1987), e questo anche nei nostri ambienti su *F. arundinacea* (Cereti et al., 2005) e può comunque essere controllato tramite l'esecuzione periodica di operazioni di topdressing e sfeltratura.

Naturalmente anche il tipo di attrezzature per compiere l'operazione di taglio ha importanti risvolti sulla qualità e la salute del tappeto erboso. Le macchine di tipo elicoidale operano un taglio più netto, che comporta minori rischi fitosanitari ed un minor essiccamento antiestetico della parte distale superiore della lamina dopo il taglio. Queste macchine sono tuttavia costose e di difficile utilizzo su altezze del prato superiori ai 2 cm, e sono quindi usate quasi esclusivamente in situazioni di elevato pregio, dove è richiesta una bassa altezza di taglio ed è prevista una elevata frequenza di taglio. In alternativa alle falciatrici di tipo elicoidale vi sono quelle di tipo rotativo, usate nella maggior parte dei casi, che presentano un minor costo, una maggior flessibilità di utilizzo (svariate altezze di taglio) ma una peggiore qualità del taglio (Cereti, 2002). La foglia è più sfrangiata dopo il taglio ed è quindi più esposta a malattie e a disseccamenti nella parte

superiore della lamina. Per questo motivo ai fini della riduzione dei trattamenti di difesa fitosanitaria e per limitare lo stress da taglio è fondamentale che il tosaerba sia mantenuto in efficienza, tramite l'affilamento periodico delle lame e la pulizia con getto d'acqua al termine del lavoro (ATTRA, 2003).

1.7.3 Irrigazione

L'acqua è una risorsa solo parzialmente rinnovabile perché il suo tasso di rinnovamento dipende dal livello delle precipitazioni locali (bacino idrografico). Per questo motivo il Capitolo 18 dell'Agenda 21 (Summit della Terra, 1992) prevede una gestione razionale delle risorse di acqua potabile in tutti i Paesi.

Gli stress idrici sono un'importante preoccupazione nella gestione dei tappeti erbosi dato che l'acqua per irrigazione è sempre più limitata. Insieme agli stress termici dovuti al riscaldamento globale, limitano lo sviluppo dei tappeti erbosi (Huang, 2004). Questa situazione si riflette anche nel nostro Paese e soprattutto nelle regioni del Centro-Sud (Marchione, 2004_a).

Le specie graminacee presentano apparati radicali fascicolati e prevalentemente superficiali che rendono le piante sensibili agli stress idrici laddove le condizioni climatiche causano il disseccamento per più giorni degli orizzonti superficiali del terreno. In tali condizioni, si riduce la crescita degli apparati radicali negli strati più superficiali, ma incrementa quella negli strati più profondi, in *Z. japonica*, *B. dactyloides*, *F. arundinacea* e *P. pratensis* (Huang, 1999). Il rapporto biomassa radici/biomassa culmi aumenta considerevolmente in condizioni di stress idrico (Carrow, 1996_a) e ciò è soprattutto dovuto alla minore crescita dei culmi e ad una maggiore accumulazione di C nelle radici negli strati umidi sottostanti a quelli asciutti (Huang e Fu, 2000).

Lo stress idrico interrompe anche molti processi fisiologici quali fotosintesi, respirazione, sintesi di ormoni e assorbimento di nutrienti e acqua (Huang e Gao, 1999). La siccità determina inoltre stress di tipo ossidativo nelle piante da tappeto erboso, e questo è associato a un decremento nell'attività degli enzimi antiossidanti e ad un incremento nella perossidazione delle membrane lipidiche (Zhang e Schmidt, 2000; Jiang e Huang, 2001). In condizioni di stress idrico grave si può verificare la rottura delle membrane per danni di tipo ossidativo e la conseguente morte cellulare.

A partire soprattutto dagli anni '70 del secolo scorso molte ricerche sono state condotte per cercare di ottenere tappeti erbosi di qualità accettabile in condizioni di una gestione attenta e responsabile della risorsa acqua.

Meyer ed altri. (1985) individuarono i coefficienti colturali mensili per le specie microterme e macroterme, affermando che si può risparmiare il 20-40% dei fabbisogni idrici calcolando la ETM con K_c pari a 0,6-0,8.

Fry e Butler (1989) hanno affermato che su *F. arundinacea* irrigata al 75 o 100% dell'ETP la qualità migliore è stata osservata quando l'intervallo di irrigazione era 2 o 4 giorni rispetto a 7 o 14 giorni, benché l'intervallo di 7 giorni fornisse risultati accettabili. In condizioni di irrigazione al 50% dell'ETp, la qualità migliore è stata osservata con frequenza pari a 2 giorni. Richie et al., (2002), in California, con restituzioni pari all'80% dell'ETm, hanno ottenuto risultati migliori con due turni di irrigazione a settimana rispetto a 3 e 4 interventi. Nell'ambiente del litorale laziale si è visto che i valori di ETM non compensata da pioggia da restituire ad un tappeto erboso di *F. arundinacea* senza che vi sia un peggioramento dell'aspetto estetico sono compresi tra il 66% e 80% (Cereti et al., 2004).

Molti Autori hanno indagato gli effetti della frequenza d'irrigazione, evidenziando che se è troppo elevata si induce uno sviluppo radicale poco profondo (Hagan, 1955; Shearman e Beard, 1973; Qian and Fry 1996; Davies and Zhang, 1991; Hull, 1996) e aumenta lo sviluppo di malattie e infestanti (McDonald e David, 1999), mentre una programmazione meno frequente può migliorare i meccanismi di resistenza alla siccità, così come la profondità dell'apparato radicale (Youngner, 1985). Su *F. arundinacea*, altri Autori hanno dimostrato che i meccanismi di difesa dagli stress idrici dipendono in gran parte dalla profondità degli apparati radicali (Sheffer, et al., 1987; Qian et al., 1997; Ervin e Koski, 1998; White et al., 1993). La correlazione tra ridotta frequenza di irrigazione ed allungamento degli apparati radicali è stata riportata anche da Doss et al., (1960) su specie macroterme, da Bennett e Doss (1960) su *F. arundinacea*, da Mantell (1966) su *Pennisetum clandestinum* Hochst ex Chiov da Qian e Fry (1996) su *Z. japonica*.

E' stato evidenziato come anche i livelli di evapotraspirazione dei tappeti erbosi sono influenzati dalla frequenza di irrigazione (Mantell, 1966; Shearman e Beard, 1973) e dalle quantità di acqua irrigua distribuita (Doss et al., 1964). Richie et al. (op. cit.) hanno trovato un maggior contenuto idrico nei primi 30 cm di suolo,

nelle parcelle irrigate due volte a settimana rispetto a quelle irrigate tre volte a settimana.

Suoli ben aerati e con buon tenore di sostanza organica consentono ulteriori riduzioni dei livelli irrigui perché permettono una buona infiltrazione dell'acqua, un buon assorbimento e trattenuta della stessa durante i periodi caldi (ATTRA, 2003). La scelta di compiere irrigazioni infrequenti consente inoltre di ridurre le perdite di acqua per evaporazione, più elevate con suolo molto umido.

La scelta del momento della giornata in cui irrigare influisce oltre che sulle perdite per evaporazione e deriva da vento, sullo stato fitosanitario delle piante. Irrigando nelle ore prima dell'alba si riducono al minimo le ore di bagnatura fogliare e quindi l'insorgenza di malattie (Gullino et al., 2001).

1.7.4 Fertilizzazione

La fertilizzazione è insieme al taglio e all'irrigazione una delle pratiche con un'influenza primaria sulla persistenza e la qualità del tappeto erboso (Turgeon, op. cit.). Se da un lato è poco impegnativa dal punto di vista finanziario e della manodopera che richiede, è però un momento chiave per indirizzare la gestione del tappeto erboso verso una maggiore sostenibilità.

I tappeti erbosi asportano dal terreno elementi nutritivi necessari alla crescita ed alle ordinarie attività fisiologiche, che devono essere reintegrati. Le quantità di elementi nutritivi asportati dipendono dal clima, la specie, il tipo di utilizzazione e manutenzione. Il numero di interventi con cui distribuire gli elementi minerali dipende principalmente dal tipo di substrato. Mentre sui *green* da golf i substrati sabbiosi e le frequenti irrigazioni rendono necessarie numerose distribuzioni, in substrati a tessitura più fine e dove il prato è sottoposto a utilizzi meno intensi, possono essere sufficienti uno o due interventi l'anno. Un piano di concimazione deve prevedere gli apporti dei macroelementi azoto, fosforo e potassio ma non deve tralasciare l'eventuale necessità di un apporto di altri macro e microelementi.

1.7.4.a Azoto

L'azoto è l'elemento minerale più consumato nella gestione del tappeto erboso (Beard, 1973). Ciò si deve alla presenza di questo elemento all'interno delle più

importanti molecole (clorofilla, aminoacido, proteine, enzimi, vitamine, ecc.). In quantità adeguate l'azoto promuove il vigore, la qualità visiva, il recupero da danni e la salute generale. La quantità di N disponibile nella maggior parte dei terreni è insufficiente per sostenere il tappeto erboso di alta qualità e le applicazioni normali di concime azotato sono pertanto necessarie.

L'azoto è una sostanza nutriente dinamica e subisce le trasformazioni ed il movimento numerosi all'interno del sistema del tappeto erboso (Petrovic, 1990). Entra nell'agroecosistema come fertilizzante e può uscire attraverso non solo i residui del taglio, ma anche per trasformazione gassosa in N_2O , NO_x e NH_3 , lisciviazione, ruscellamento, e raramente per erosione.

Il protossido d'azoto (N_2O) è un "gas serra" con potenziale di riscaldamento globale 310 volte maggiore della CO_2 (IPCC, 1997). Nel suolo l' N_2O si sviluppa soprattutto per effetto dei processi di nitrificazione e denitrificazione e la quantità di N_2O prodotto è strettamente legata alla disponibilità di Azoto minerale nel suolo. Le emissioni di ossido nitrico e diossido d'azoto contribuiscono ad acidificazione delle piogge e alla qualità dell'aria. Il fattore principale dell'emissione di NO è rappresentato dalla concentrazione di azoto minerale (Skiba et al., 1997).

Rispetto alla lisciviazione, le ricerche condotte fino ad oggi hanno evidenziato in linea generale un basso potenziale di perdita di ione nitrato da un sistema tappeto erboso correttamente gestito (Starr e DeRoo, 1981; Petrovic, 2004a). Le perdite per lisciviazione sono state associate a parecchi fattori quali la gestione dell'irrigazione, l'insediamento, la specie e la varietà del tappeto erboso. Un'irrigazione in eccesso rispetto all'evapotraspirazione determina un movimento dell'acqua verso il basso che inevitabilmente porta con sé ioni nitrato, sia in tappeti erbosi di *P. pratensis* (Morton ed altri., 1988) che di varietà ibride di gramigna (Snyder ed altri., 1984). Una successiva prova ha mostrato come mentre con l'irrigazione quotidiana si possono avere perdite di NO_3 per lisciviazione dal 22 al 56% dell'azoto distribuito, mentre se l'irrigazione è basata sul rilievo dell'umidità del terreno, le perdite si riducono a meno dell'1%. Bowman et al. (1998) hanno documentato come ritardando l'irrigazione per 5 giorni dopo la distribuzione di azoto rispetto all'irrigazione il giorno dopo la fertilizzazione, le perdite di N lisciviato si sono ridotte fino al 90%. Geron et al. (1993) hanno

evidenziato una significativa lisciviazione durante la fase di insediamento (primo anno di vita) che tuttavia diminuiscono al secondo anno, quando i tappeti erbosi seminati subiscono meno perdite rispetto a quelli trapiantati. Gli autori hanno attribuito la differenza ad uno sviluppo maggiore degli apparati radicali. Liu et al. (1997) hanno trovato differenze nella lisciviazione di ioni nitrato tra le principali specie microterme con *P. pratensis* > *L. perenne* > *F. arundinacea* attribuendo queste differenze ad una diversa efficienza di assorbimento dello ione nitrato. Questa ipotesi è stata rafforzata dal lavoro di Bowman et al. (1998) che hanno confrontato due genotipi di *A. stolonifera* differenti per densità di apparati radicali. Nel tappeto erboso con il più vasto sistema di apparati radicali le perdite per lisciviazione erano ridotte di circa il 50%. Bowman et al. (2002) hanno infine trovato differenze significative fra le più comuni specie macroterme con un recupero dell'azoto dal tappeto erboso variabile dal 63% in *Z. japonica* all'84% nelle varietà ibride di gramigna, attribuendo la differenza ad una diversa distribuzione degli apparati radicali. Petrovic (2004b) ha trovato che nella fertilizzazione azotata tardo-autunnale, nelle zone costiere con terreni sabbiosi la lisciviazione di nitrati può variare dal 29 al 47% della dose distribuita se si utilizza urea, mentre da 0 a 12% se si utilizzano forme a lento rilascio.

I livelli di nutrizione azotata da distribuire al tappeto erboso devono comunque essere valutati con cura, e mirare alle effettive necessità, non solo per ridurre l'apporto di input i conseguenti rischi di fuoriuscita dal sistema, ma anche per altre specifiche considerazioni. Un'eccessiva nutrizione azotata, infatti, comporta un minor rapporto radici/culmi (Adams et al., 1973), un minor accumulo di carboidrati a livello radicale e un ridotto spessore della cuticola (Christians, 1998). Il lussureggiamento dei tessuti che consegue le fertilizzazioni azotate eccessive aumenta inoltre la suscettibilità agli attacchi di agenti fungini, quali *Rhizoctonia solani* Kühn, *Microdochium nivale* (Fries) Samuels & Hallett, *Pythium* spp. (Gullino et al., op. cit.). Al contrario, un'eventuale carenza di questo elemento nel terreno oltre a riflettersi immediatamente in una minor intensità del colore, un importante parametro di qualità del tappeto erboso, determina un ridotto accumulo di carboidrati e quindi scadimento delle caratteristiche estetiche. Una carenza azotata causa attacchi di *Sclerotinia homeocarpa* F.T. Bennett, *Laetisaria*

fuciformis (McAlpine) Burdsall, *Limonomyces roseipellis* Stalpers & Loerakker, *Puccinia* spp. e *Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wils (Gullino et al., op. cit.).

Su *Cynodon*, nelle zone di transizione, Bruneau et al. (2004) consigliano $5 \text{ g m}^{-2} \text{ N}$ ogni quattro-sei settimane durante la stagione di crescita, con l'accortezza di non distribuire più di $5 \text{ g m}^{-2} \text{ N}$ nelle 6 settimane precedenti l'entrata in dormienza di questa specie per evitare che si verifichino danni da freddo.

1.7.4.b Potassio

Sebbene il potassio non sia presente direttamente nei più importanti costituenti biochimici cellulari (clorofilla, proteine, vitamine,...) questo elemento ha un importantissimo ruolo di cofattore, essendo direttamente implicato nella formazione dei carboidrati, nella crescita meristematica, attivazione enzimatica e formazione delle proteine (Christians, op. cit.). Poiché generalmente il tappeto erboso assorbe il potassio in quantità pari a circa la metà dell'azoto, è opinione comune che si debbano apportare questi elementi in un rapporto di 2/1 (N/K) (Turgeon, 1985). Tuttavia sul tappeto erboso a quest'elemento sono stati attribuiti una serie di effetti benefici quali una positiva influenza sullo sviluppo radicale e sulla resistenza agli stress biotici (Tisdale e Nelson, 1975) ed abiotici (Sandburg e Nus, 1990), quali stress da freddo (Beard, 1973; Juska e Murray, 1974), da caldo e da calpestamento (Turner e Hummel, 1992). Per questo motivo oggi molti operatori del settore consigliano dosi di potassio maggiori rispetto al passato, laddove la capacità di scambio cationica consenta di trattenere elevate quantità di questo elemento.

I risultati ottenuti dalle numerose ricerche svolte non sono tuttavia concordi. Alcuni studi hanno indicato che la var. ibrida di gramigna 'Tifway' non risponde positivamente al potassio (Barrios e Jones, 1980) o risponde solo alle dosi più basse pari a 4.9 (Carrow et al., 1987) o $12,5 \text{ g K m}^{-2}$ (Horn, 1969). Quando i residui del taglio sono restituiti, il tasso di accrescimento di 'Tifway' non risponde alle concimazioni potassiche (Sartain, 1993). In un altro studio Johnson et al. (1987) hanno concluso che la qualità e la densità del tappeto erboso di *C. dactylon* erano ugualmente buone alla dose di 5 e 30 g K m^{-2} . Peacock et al. (1997) non hanno notato un miglioramento nella qualità, colore, radicazione, tolleranza al freddo del tappeto erboso di gramigna 'Tifgreen' in seguito a dosi crescenti di K. Carrow

et al. (1987) hanno piuttosto visto che la malattia chiamata *dollar spot* (*Sclerotinia homoeocarpa* F.T. Bennett) su *C. dactylon* 'Tifway' era minore con concimazioni di 4.9 g K m⁻², rispetto 9.8 e 19.6 g K m⁻². Johnson et al. (1987) non hanno osservato minori danni della macchia a forma di dollaro in 'Tifway' passando da 0.5 a 30 g K m⁻². Snyder e Cisar (2000) su 'Tifgreen' aumentando la concimazione potassica oltre il rapporto N/K pari a 2:1 non hanno visto effetti sulla qualità, la crescita epigea e radicale, la resistenza al declino della gramigna [*Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx. & D. Oliver var. *graminis*].

Turner e Hummel (1992) hanno trovato pochi effetti benefici sulla crescita dei tappeti erbosi di microterme in seguito a fertilizzazioni potassiche, anche quando le concentrazioni estraibili di K del terreno erano relativamente basse. Sartain (1993) ha notato in seguito a fertilizzazioni di K un aumento della produzione di clipping (se asportati) su var. ibride di gramigna, mentre nessun effetto sul loietto inglese.

Fertilizzazioni potassiche non hanno avuto effetto su *P. pratensis* cresciuti in terreni con bassi valori di K nel terreno, indipendentemente dalla dose di K distribuita (Ebdon et al., 1999).

Christians et al. (1981) ed Ebdon et al. (1999) hanno osservato un'interazione fra N e K su tappeti erbosi di *P. pratensis*: la densità di culmi è aumentata in risposta al potassio ai bassi livelli di N ma è diminuita ai livelli elevati di N. Pellet e Roberts (1963) ottennero un aumento della resistenza al caldo di *P. pratensis* con elevate fertilizzazioni di N e K, ma non con elevate dosi di N e bassi livelli di K.

Sparks (1980) non ha segnalato risposte positive del rendimento di *Zea mays* L. a fertilizzazioni di K a causa della presenza nel terreno di grandi riserve di feldspato e di mica, che liberano K sufficiente per soddisfare le esigenze del raccolto. Fitzpatrick e Guillard (2004) non ottenendo una risposta del tappeto erboso a fertilizzazioni di K anche in presenza di bassi valori di K nel terreno, ma registrando comunque elevati valori di K nei tessuti, hanno dedotto come le riserve del terreno fossero comunque sufficienti ai fabbisogni del tappeto erboso di *P. pratensis* e che pertanto le attuali raccomandazioni circa gli adeguati valori di K estraibile dal terreno debbano essere modificate e/o che i livelli estraibili di K da soli non predicono adeguatamente la quantità di K disponibile per *P. pratensis*.

Riguardo ai diversi tipi di fertilizzante, Horn (1965) ha segnalato che K_2SO_4 ed il K_2CO_3 inducono una maggiore qualità superiore in 'Tifway' rispetto ad altre fonti di K. Snyder e Cisar (1990) non hanno invece ottenuto differenze significative di sviluppo in var. ibride di *C. dactylon* rispetto alle varie fonti di K.

Per quanto attiene l'epoca di distribuzione, è noto che il potassio al contrario dell'azoto, tende a favorire le specie leguminose, antagoniste delle graminacee, e pertanto è bene che il potassio sia distribuito in epoca sfavorevole alle prime, ovvero durante la stagione autunnale (Christians, op. cit.).

1.7.4.c Fosforo

Il fosforo è un elemento essenziale per tutte le forme di vita, in particolare perché è coinvolto nell'immagazzinamento ed il trasferimento di energia (Havlin ed altri., 1999). Questo elemento è, infatti, contenuto all'interno delle molecole di adenosintrifosfato (ATP) e si trova più abbondantemente nelle cellule meristematiche, dove maggiore è il fabbisogno di energia metabolica. Il fosforo è inoltre un costituente degli acidi nucleici e delle membrane citoplasmatiche. I rifornimenti sufficienti di P sono necessari per il seme e aiutano la formazione delle radici. Il fosforo è quindi un elemento essenziale per la crescita e lo sviluppo e la sua importanza è massima nella fase di insediamento del tappeto erboso, quando eventuali carenze si manifestano chiaramente. (Turgeon, op. cit.). 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 P favoriscono la diffusione dell'infestante più temibile dei tappeti erbosi, *P. annua*, probabilmente perché ne aumenta la resistenza agli stress (Escritt e Leg, 1970; Turner e Hummel, 1992; Varco e Sartain, 1986). La percentuale di fosforo contenuta nel clipping è circa pari allo 0,5% del peso secco (Turgeon, op. cit.).

Per molto tempo si è ritenuto che il P fosse completamente immobile nel terreno e ciò ha favorito l'aumento delle quantità distribuite di questo elemento¹⁰ senza la preoccupazione che eventuali eccessi andassero perduti dal profilo del terreno (Haygarth e Jarvis, 1999). Oggi è tuttavia noto che il P, accumulato nei terreni o applicato tramite fertilizzazione, può essere perso dal terreno soprattutto

¹⁰ L'uso dei fertilizzanti fosforici è aumentato da circa 873 milione tonnellate di P nel 1913 a circa 16.591 milioni di tonnellate di P verso la fine degli anni 80 (Wild, 1988).

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 spesso persistente per una difficoltà dei sistemi acquatici a ripristinare lo stato iniziale (Carpenter et al., 1998).

Nell'ambito dei tappeti erbosi una eccellente *review* degli studi condotti sul destino dei fertilizzanti distribuiti è stata condotta da Petrovic (1990). La pubblica opinione e quella scientifica ha rivolto particolare attenzione alle aree gestite in maniera intensiva con alti input di fertilizzanti, diserbanti ed antiparassitari quali i percorsi di golf e il verde privato a scopi commerciali (Shuman, 2002). I risultati delle ricerche condotte hanno evidenziato che il P non liscivia in grande misura, ma può essere trasportato alle acque di superficie dai canali di scolo (Gachter et al., 1998; Hooda et al., 1999; Sims et al., 1998). Il meccanismo di movimento è soprattutto quello della dissoluzione in acqua e solo in parte per adsorbimento su particelle del terreno erose (Sharpley ed altri., 1994).

La quantità di P che può essere perso per scorrimento superficiale è fortemente correlata con l'intensità di pioggia (Chichester, 1977) e l'umidità del terreno al momento dell'evento piovoso (Cole et al., 1997). Eventi piovosi prolungati che mantengono saturo il terreno a lungo, possono determinare elevate perdite di nutrienti per ruscellamento anche in tappeti erbosi densi e ben insediati (Linde et al., 1995). Le perdite di azoto e fosforo sono tuttavia in genere piccole rispetto alle perdite di colture agronomiche impiantate a file (Gross et al., 1990). Ciò si deve al fatto che il tappeto erboso costituisce un efficace filtro: l'habitus di crescita fitto e il feltro creano un ambiente tortuoso che rallenta i fenomeni di ruscellamento, la perdita di particelle per erosione, e aumenta l'infiltrazione di acqua nel terreno (Linde et al., 1995, 1998; Krenitsky et al., 1998).

I substrati sabbiosi sono ovviamente più sensibili a perdite di P per lisciviazione. Tuttavia, i suoli sabbiosi in genere diminuiscono i fenomeni di scorrimento perché caratterizzati da una maggiore capacità d'infiltrazione. Ulteriori ricerche hanno poi confermato che il P si muove preferenzialmente nei macropori e quindi su terreni ben strutturati (Akhtar et al., 2003) ma anche nelle spaccature dei terreni argillosi (Turner e Haygarth, 2000).

Kussow (2003) in un esperimento di 6 anni sulle perdite di P per ruscellamento, ha trovato nessun effetto da parte del calpestamento, maggiori perdite nei tappeti

erbosi non fertilizzati a causa della loro ridotta densità, maggiori perdite nei tappeti erbosi sottoposti a *mulching* e una ridotta influenza della dose di P apportata.

Gli ammendamenti con letame e compost possono essere fonte di inquinamento da P per il loro alto contenuto di questo elemento. (Ebeling et al., 2002; Gaudreau et al., 2002).

1.7.5 Bioattivatori naturali

Le piante che crescono in ambienti difficili sono sottoposte all'azione dei radicali liberi, tra i quali il super-ossido, il perossido di idrogeno ed i radicali idrossilici. Queste molecole, molto aggressive, danneggiano molti componenti cellulari tra cui i pigmenti, le membrane cellulari, i mitocondri e i cloroplasti, le proteine e il Dna. Come conseguenza diminuisce l'attività fotosintetica e metabolica delle cellule e la pianta stessa può soccombere. Le piante si difendono da tali agenti aggressivi tramite l'azione delle sostanze antiossidanti, naturalmente presenti nelle cellule in determinate quantità. Queste sono capaci di reagire con i radicali di ossigeno e trasformarli ottenendo come prodotti finali sostanze non tossiche quali acqua e ossigeno molecolare.

Alcune sostanze di origine organica determinano un aumento della produzione di molecole antiossidanti da parte delle piante che pertanto divengono più resistenti alle condizioni di stress e per tale ragione considerate bioattivatori. Tali sostanze sono in genere attivatori del metabolismo vegetale, e hanno un'attività di tipo pseudo-ormonale, che permette loro di esplicare un'azione favorevole a basse o bassissime concentrazioni. Anche nei tappeti erbosi, alcune sostanze di origine naturale quali gli estratti di alghe e gli acidi umici hanno mostrato di poter migliorare la qualità del tappeto erboso incrementando la resistenza a vari stress ambientali quali siccità, salinità e basse temperature (Schmidt, 1990).

1.7.5.a Estratti di alghe

I prodotti a base di alghe utilizzati in agricoltura derivano da alcuni generi (*Ascophyllum* spp., *Durvillaea* spp., *Ecklonia* spp., *Fucus* spp., *Laminaria* spp., *Macrocystis* spp., *Sargassum* spp.) appartenenti al phylum *Heterokontophyta*.

A questo gruppo di sostanze sono stati attribuite molte proprietà. Tra le più importanti vi è la capacità di stimolare nella pianta la produzione di fitoalessine, incrementando quindi i sistemi endogeni di protezione nei confronti di stress biotici (funghi, insetti, nematodi) e abiotici (freddo, siccità ecc.). Tale azione di elicitore sembra essere riconducibile ad alcuni oligosaccaridi, tra i quali il β -1,3-1,6-glucano (laminarina).

I prodotti a base di alghe possiedono inoltre proprietà citochinino-simile e auxino-simile per cui possono stimolare le attività citochininiche endogene delle piante (Crouch, 1990). Tale azione si deve alla presenza negli estratti di auxine, citochinine, dal loro rapporto e da altre sostanze quali le poliammine e le beatine, che in alcune condizioni si comportano come le citochinine, stimolando la crescita dei tessuti. Tale rapporto dipende strettamente dal tipo di alghe e dal processo di lavorazione utilizzato¹¹. Altre azioni importanti svolte dai prodotti a base di alghe sono un'azione veicolante degli elementi minerali, sia per via radicale sia per via fogliare, un miglioramento della fotosintesi, della respirazione e della sintesi proteica. (Bona e Gallo, 2005).

Tutte le azioni sopra riportate sono state dimostrate anche sui tappeti erbosi, dove si è evidenziata quindi una maggiore crescita radicale, un ritardo della senescenza, un aspetto estetico migliore durante i periodi di siccità e un'azione di regolazione sui componenti delle membrane cellulari in condizioni di stress (Nabati et al., 1991).

Generalmente i prodotti a base d'alghe, sono più efficaci se sono applicati in modo preventivo e con applicazioni ripetute a basso dosaggio rispetto a pochi interventi con dosi consistenti.

1.7.5.b *Le sostanze umiche*

Si tratta di sostanze estratte dal suolo, dalle torbe, dalla leonardite e dalla lignite, utilizzando soluzioni alcaline. Gli estratti ottenuti si separano in acidi umici e

¹¹ La specie, lo stadio fenologico in cui vengono raccolte e le condizioni ambientali in cui crescono le alghe influenzano il contenuto dei diversi composti attivi presenti: ormoni e loro precursori, alginati, microelementi, vitamine, nonché il rapporto tra le loro concentrazioni. Anche i metodi di produzione possono influenzare la composizione degli estratti: temperature superiori ai 40°C, idrolisi alcalina e disidratazione (che promuove i fenomeni ossidativi) riducono sensibilmente il contenuto di auxine.

fulvici tramite trattamento acido: la prima frazione precipita a pH 2, mentre quella fulvica è solubile anche a pH inferiore, ha dimensioni molecolari più piccole ed è biologicamente più attiva della prima.

Sia gli acidi umici che quelli fulvici determinano una maggiore crescita delle piante, in particolare dell'apparato radicale, attraverso un'azione pseudo-ormonale di tipo auxinico, ma migliorano anche l'assorbimento dei nutrienti e la resistenza agli stress. Gli studi condotti su numerose colture hanno evidenziato un effetto positivo degli acidi umici sull'assorbimento di alcuni nutrienti (ad es. ferro e zinco) grazie alle loro proprietà complessanti, sulla respirazione cellulare, sul ciclo di Krebs, sul contenuto di clorofilla, un aumento nella velocità di sintesi degli acidi nucleici, un loro effetto selettivo sulla sintesi proteica e su varie attività enzimatiche (Bona e Gallo, op. cit.). Sul tappeto erboso, i trattamenti con acidi umici sembrano avere una maggiore utilità quando la crescita radicale è un fattore limitante la qualità del tappeto erboso (Wells et al., 2003).

1.7.6 Difesa dalle malattie

I tappeti erbosi sono soggetti ad attacchi da parte di organismi crittogamici che determinano un danno che si manifesta in diminuzioni dell'aspetto estetico (colore, uniformità, densità) o degli aspetti tecnici-funzionali del tappeto erboso (densità, resistenza al calpestamento, ecc.). In Italia, la malattia più diffusa è la macchia a forma di dollaro (causata da *Sclerotinia homeocarpa*), la macchia bruna (causata da *Rhizoctonia solani*) e il Pythium blight (causato da *Pythium* spp.). La difesa chimica da questi attacchi è molto frequente su alcuni tappeti erbosi quali i percorsi di golf (Mocioni et al., 2004). I prodotti biologici e naturali provati fino ad oggi forniscono interessanti risultati in serra ma non in campo.

I rischi di contaminazione ambientale di pesticidi connessi con il tappeto erboso sono tuttavia incerti (Haith e Rossi, 2003). La vegetazione densa dei tappeti erbosi e la sostanza organica associata favorisce fortemente la ritenzione dell'acqua e lo scorrimento superficiale in un tappeto erboso è molto meno comune rispetto ad altri usi del terreno agricolo urbano. Il maggior rischio di contaminazione delle acque si superficie e sotterranee si verifica generalmente nelle prime 24 ore (Shuman, 2000) o al primo evento di ruscellamento dopo il trattamento (Ma et al., 1999) per poi decrescere molto rapidamente (Watschke et al., 2000). Fanno

eccezione i principi attivi con emivita lunga che possono ritrovarsi nel tappeto erboso anche dopo 10 mesi (Petrovic, 2004).

Un'indagine condotta negli USA sui bacini idrici urbani (United States Geological Survey, 1999), ha tuttavia indicato la presenza diffusa di antiparassitari usati tipicamente nei prati, giardini e percorsi di golf. Anche Cohen et al. (1999) hanno rilevato molti antiparassitari nelle acque di superficie all'interno o vicino ai percorsi di golf, alcuni oltre le concentrazioni massime permesse dalla normativa locale sulla protezione delle specie acquatiche.

In sintesi sembra che le perdite per ruscellamento di molecole antiparassitarie possono essere notevoli se avvengono forti eventi meteorici o con irrigazioni abbondanti dopo la distribuzione (Cole ed altri., 1997; Evans ed altri., 1998; Hong e Smith, 1997; Ma ed altri., 1999; Smith e Bridges, 1996; Watschke ed altri., 2000).

Un corretto approccio agronomico per un'efficace e responsabile difesa dalle malattie prevede naturalmente di operare prima con mezzi agronomici, e in ultima istanza con mezzi chimici. Il controllo con mezzi agronomici deve:

- evitare di creare condizioni favorevoli allo sviluppo dei patogeni;
- determinare una soglia d'intervento;
- limitare la diffusione dei patogeni.

La formazione delle condizioni microambientali favorevoli allo sviluppo delle malattie può essere attenuata tramite la tecnica di irrigazione infrequente, nelle prime ore del mattino, al fine di limitare il numero di ore di bagnatura fogliare. Allo stesso tempo le operazioni di corretta manutenzione delle macchine tosaerba possono limitare al massimo i siti di infezione (ATTRA, op. cit.). Infine è opportuno un corretto programma di fertilizzazione e l'utilizzo di concimazioni mirate alla cura di determinati patogeni (ad es.: azotate per *Laetisaria*, solfato di potassio per *Rhizoctonia ceralis*) e il topdressing con compost¹² di determinate caratteristiche. E' stato infatti accertato che compost maturo, non sterilizzato o decomposto fino alla completa utilizzazione dei suoi elementi, svolge un'azione di

¹² "Il compostaggio è quel processo ossidativo biologico, esotermico e controllato, di decomposizione e stabilizzazione di substrati organici eterogenei, che si trovano allo stato solido o semisolido, con liberazione temporanea di fitotossine, sotto condizioni che permettono lo sviluppo di temperature della gamma termofila, e che porta alla produzione di diossido di carbonio, acqua, minerali e materia organica sufficientemente stabile da essere immagazzinata nel suolo, senza effetti avversi per l'ambiente" (Haug, 1980).

soppressione nei confronti di alcuni patogeni (*Sclerotinia homeocarpa*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp., *Typhula* spp., *Laetisaria fuciformis*, *Leptosphaeria korrae* Walker and Smith pari a quella dei fungicidi tradizionali. La durata di questo effetto è di 30-60 gg. Tale effetto sembra essere dovuto da una parte all'elevata concentrazione di popolazioni di organismi antagonisti, dall'altra alla presenza di sostanze che favoriscono lo sviluppo di organismi antagonisti. Il compost migliore a questi fini è quindi quello che proviene da materiale succulento come foglie tagliate, foglie verdi, residui di cibo e letame, perché favoriscono alte popolazioni microbiche (ATTRA, op. cit.).

Paplomatas et al. (2004) hanno valutato l'efficacia di diverse tipologie di compost per la soppressione della macchia bruna in *F. arundinacea* e hanno rilevato che varia in funzione dell'aggressività del patogeno.

1.7.7 Lotta alle infestanti

“Un infestante è qualsiasi pianta viva non desiderata. Quando è presente all'interno di una comunità di piante da tappeto erboso, la sua definizione può essere estesa a una pianta indesiderabile a causa del suo effetto distruttivo dell'aspetto estetico, della capacità di stabilizzazione, o dell'utilità generale del tappeto erboso. Una particolare specie può essere infestante in alcuni cotici erbosi, ma desiderabile in altri. Esempi di potenziali infestanti sono *F. arundinacea*, *C. dactylon* e *A. stolonifera*” (Turgeon, op. cit.).

Il livello e il tipo di infestanti presenti in un tipo di tappeto erboso sono espressione soprattutto di due fattori interagenti: le condizioni ambientali e quelle di crescita della specie. Quando una specie non è ben adattata alle condizioni ambientali o di coltivazione, necessita di attenti programmi di input tra i quali molto importanti sono quelli di fertilizzazione e diserbo.

La gestione chimica delle malerbe nei tappeti erbosi è iniziata nel 1895 (Hansen, 1921). In seguito alla scoperta della tossicità selettiva dei diserbanti organici sintetici quale 2,4-D (Marth e Mitchell, 1944) è iniziata una considerevole ricerca sulla gestione chimica delle malerbe documentata da più di 750 pubblicazioni fino al 2002 (Busey et al., 2003). Nel tempo, una corretta gestione delle infestanti può rendere il prato libero dalle infestanti, mentre interventi troppo frequenti possono rendere la situazione non più migliorabile con il solo intervento chimico

(Turgeon, op. cit.). Il controllo chimico è di solito facile per quanto riguarda le specie infestanti dicotiledoni, per la presenza sul mercato di una vasta gamma di diserbanti di buona selettività per le specie del tappeto erboso e con ampio spettro di attività. Data la relativa facilità di intervento, in questo caso si fa ricordo generalmente a prodotti di post-emergenza. Diversamente, nel caso di infestanti monocotiledoni, la non elevata selettività dei principi attivi di post-emergenza, rende necessario l'uso di principi attivi con modalità di azione in pre-emergenza. Nel caso di infestanti graminacee perenni insediate, la lotta chimica non consente di eliminarle in maniera selettiva. Alcuni principi attivi tra cui il fenoxaprop-p-ethyl hanno comunque dimostrato di riuscire a contenere il grado di infestazione (Johnson e Carrow, 1993).

In un approccio integrato, la lotta alle infestanti, deve invece basarsi sulle seguenti strategie (Busey, op. cit.):

- scelta di specie adatte all'ambiente e al tipo di utilizzazione, resistenti a stress biotici ed abiotici, competitive;
- insediamento fitto e rapido (elevata densità di semina);
- uso di tutti i mezzi agronomici a disposizione per il contenimento della diffusione delle infestanti;
- determinazione di una soglia d'intervento;
- uso di prodotti naturali ad azione erbicida;
- uso di prodotti fitoiatrici di sintesi solo in ottica curativa e mai a scopo preventivo.

I mezzi agronomici più rilevanti per limitare la diffusione sono il taglio, la fertilizzazione e l'irrigazione. L'incremento dell'altezza di taglio ad esempio, consente un miglior contenimento, tra le altre, di *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. (Hall, 1980; Dernoeden et al., 1993; Voigt et al., 2001). La modalità *mulching* di taglio, inoltre, ha un moderato effetto di contenimento delle infestanti in quanto i residui vegetali tagliati contengono sostanze allelopatiche per alcune infestanti (Sachs et al., 2002). Nella fertilizzazione, come già descritto, si deve aver cura di non effettuare interventi nei periodi in cui il tappeto erboso non cresce. In caso di infestazioni di *Poa annua*, la concimazione fosforica deve essere limitata mentre i concimi contenenti zolfo devono essere favoriti (Goss, 1974). Per quanto attiene l'irrigazione, interventi abbondanti ed infrequenti hanno effetti positivi anche sul

contenimento delle infestanti, mantenendo relativamente asciutti i primi cm di terreno, e ostacolando di fatto la germinazione delle infestanti annuali. Ridotti apporti idrici su *Cynodon* sono inoltre correlati a bassi livelli di infestazione di *Poa annua*.

Nell'ambito di mezzi alternativi a quelli chimici di sintesi, negli ultimi anni è stata individuata una sostanza naturale, il glutine di mais, che contiene il 10% di azoto e quindi svolge anche una funzione fertilizzante, che ha azione erbicida di pre-emergenza e consente una riduzione delle infestanti annuali (*Digitaria*) pari al 60% nel primo anno, 80% nel secondo anno e 90% il terzo anno (McDade, 2001). Attualmente tuttavia il suo costo è notevole, pari a circa tre volte un trattamento con erbicidi di sintesi.

1.7.8 I tappeti erbosi e l'ambiente

Il notevole aumento delle superfici destinate ai tappeti erbosi, l'esaltazione di modelli colturali intensivi, coerenti con i principi della cosiddetta "rivoluzione verde", rendono attuale la questione dell'impatto sull'ambiente di questo genere di copertura erbosa. Numerosi studi sono stati compiuti per conoscere e limitare l'entità dell'impatto ambientale dei tappeti erbosi; negli USA, la United States Golf Association (USGA), a partire dal 1983 ha finanziato ricerche a riguardo per 18 milioni di euro (Kenna, 2000). I potenziali danni all'ambiente, dovuti alla coltivazione di tappeti erbosi, possono essere riassunti in:

- contaminazione delle acque di superficie con elementi chimici minerali e particelle di terreno durante la fase di costruzione;
- contaminazione delle acque di scolo e di percolazione con fertilizzanti e/o fitofarmaci;
- sviluppo di popolazioni d'insetti resistenti al controllo chimico;
- effetti negativi e/o tossici su piante e animali dell'ambiente circostante;
- spreco delle risorse d'acqua in zone aride e semiaride;
- perdita o degradazione delle aree umide durante la costruzione ed il mantenimento (soprattutto per i campi da golf) (Balogh et. al., op. cit.).

All'interno dei campi da golf, le zone sottoposte ad elevati livelli di input sono i green. Queste aree occupano circa il 3% della superficie di un campo di golf, ma ricevono il 60-70% dell'intero consumo di fertilizzanti e fitofarmaci che viene

fatto all'interno di tutta l'area destinata al gioco. E' stato, inoltre, stimato che si spendono da 500 a 1000 euro l'anno per mantenere libero da infestanti un ettaro di green. (Diversity, 2000). E' necessario, in ogni caso, osservare che i percorsi di golf, negli USA, dove vi sono 25 milioni di giocatori, coprono solo il 6% dell'intera superficie a tappeto erboso (Balogh, et. al., op. cit.).

Recenti ricerche sugli input ed output dei tappeti erbosi che circondano le tipiche abitazioni americane, hanno posto l'attenzione sul forte impatto ambientale di questi prati. In particolare, è stato evidenziato che:

- il consumo di acqua per irrigare i tappeti erbosi, nelle città degli USA, varia dal 30 al 60% del totale dell'acqua consumata;
- la spesa annuale per l'acquisto di fertilizzanti e fitofarmaci è di 1,15 miliardi di euro; in dettaglio, sui prati e giardini domestici sono distribuite 70 milioni di tonnellate di fertilizzanti, 12.000 tonnellate di insetticidi (molecole attive), 45 milioni di tonnellate di diserbanti (molecole attive) e 5.400 tonnellate di fungicidi (molecole attive) (Diversity, 2000).
- il consumo di gasolio delle falciatrici, adoperate per il taglio dei tappeti erbosi, supera i 2,2 miliardi di litri.

Le cifre appena riportate sono all'origine degli attuali ripensamenti sulle tecniche di gestione agronomica dei tappeti erbosi, che portano ad accantonare le tecniche di manutenzione più intensive a favore di quelle a bassi e medi livelli di input. Una loro gestione non responsabile, può avere un rilevante effetto sull'ambiente. I tappeti erbosi sono quindi un tipo di sistema colturale che rientra tra quelli messi in discussione dai principi della sostenibilità e che, sulla base di tali principi, devono essere messi in discussione e, se necessario, modificati.

1.8 Scopo della ricerca

Lo sviluppo economico capitalistico-industriale che prosegue negli Stati già industrializzati e accelera in Stati quali Cina e India, rende ancora più pressante ed inquietante la domanda se è possibile conciliare le aspettative di benessere, e quindi di consumo, illimitate, con le risorse limitate del pianeta. La sfida dello sviluppo sostenibile è un tentativo di trovare un compromesso tra le diverse esigenze degli abitanti della Terra di oggi e quelli di domani, tentando di superare quella che può apparire una contraddizione intrinseca. Secondo i suoi più accesi

sostenitori, lo sviluppo sostenibile deve conciliare tre esigenze: la crescita, la riduzione della povertà, e la tutela degli ecosistemi. Ma come si è visto nell'analisi degli accordi internazionali, la crescita economica è sempre vista come condizione necessaria dello sviluppo.

Il paradigma della sostenibilità mette in discussione tutte le attività ad elevato livello di input e quelle con elevate (quantitativamente e/o qualitativamente) emissioni di sostanze inquinanti, in quanto non sostenibili da un punto di vista ambientale, ma molto spesso anche sociale. Il comparto agricolo non è esente da realtà di questo tipo, soprattutto a causa del processo di intensivizzazione verificatosi in seguito alla cosiddetta "rivoluzione verde" (Evenson e Gollin, 2003). Il paradigma di Rio impone quindi oggi un ripensamento delle tecniche di coltivazione, che deve avvenire senza compromettere la sostenibilità sociale né quella economica. L'approccio dell'agricoltura integrata è quello più adatto ad essere sfruttato per raggiungere tale obiettivo. Questo è definito come un approccio olistico all'uso del territorio, che integra nelle attività agricole i processi naturali di regolazione, al fine di raggiungere la massima sostituzione degli input esterni all'azienda e per sostenerne la redditività (El Titi, 1992).

La presente ricerca nasce dall'attenzione crescente attribuita oggi all'agricoltura sostenibile, per le sua potenzialità di rispondere efficacemente alle questioni inerenti gli effetti negativi dell'agricoltura tradizionale sull'ambiente (Hansen, 1996). Il compito arduo di ottenere il mantenimento delle caratteristiche ambientali, soddisfacendo allo stesso tempo i bisogni delle popolazioni, richiede una sorte di nuova rivoluzione verde (Horne e McDermott, 2001) dove il termine "verde" non è più inteso nella sua accezione di luogo quanto di metodo. Tramite questa strada l'agricoltura oggi può essere non solo sostenibile ma puntare ad un'azione rigenerativa nei confronti dell'ambiente (O'Connell, 1991).

Anche nell'ambito dei tappeti erbosi una buona gestione può infatti ribaltare completamente le relazioni tra questa particolare coltura agraria e l'ambiente, riportando in luce la sua natura di coltura prativa (Beard e Green, 1994). Le dimostrate capacità di fitodepurazione dei tappeti erbosi ne forniscono una conferma (Balogh et al., op. cit.). E' utile inoltre citare l'effetto diretto che esercitano sulla tranquillità psicologica delle popolazioni (Hull, 1990; Roberts, 1990). Soddisfacendo tale esigenza, i tappeti erbosi contribuiscono quindi a

migliorare la qualità della vita delle popolazioni (Beard e Green, op. cit.) e possono quindi, a ragione, essere visti come parte di uno sviluppo sostenibile. Nell'impostazione di questa ricerca si è quindi mirato in particolare a studiare le possibilità, nella coltivazione dei tappeti erbosi, di conservare le caratteristiche ambientali, senza tuttavia comprometterne l'accettabilità sociale, la fattibilità economica della gestione e le caratteristiche funzionali del tappeto stesso. La ricerca è stata indirizzata a sviluppare un itinerario tecnico a maggior livello di sostenibilità ambientale (d'ora in avanti indicato come sostenibile) rispetto ad un itinerario tecnico standard di riferimento (d'ora in avanti indicato come standard o tradizionale). In particolare, gli itinerari tecnici messi a confronto si riferiscono ad un tappeto erboso con funzione ricreazionale. Tale scelta è stata fatta considerando la sempre maggiore importanza che stanno assumendo i grandi parchi e giardini, proprio per le motivazioni in precedenza descritte. A fronte di minori livelli di input per unità di superficie rispetto agli impianti sportivi, i parchi e giardini si estendono su superfici molto più grandi e pertanto è necessario che la loro gestione si ispiri ai principi di conservazione delle risorse, indicati nel concetto di sostenibilità cui si richiamano le politiche ambientali nazionali e non.

2. Materiali e metodi

2.1 Definizione degli itinerari tecnici

L'attività di ricerca svolta è consistita in due prove sperimentali, ognuna delle quali ha previsto lo sviluppo e l'applicazione di un itinerario tecnico sostenibile per una specie da tappeto erboso adatta all'ambiente mediterraneo. Tali itinerari sono stati sviluppati individuando ed integrando le soluzioni agronomiche fino ad oggi proposte in letteratura per abbassare il livello di input ed output nella gestione del tappeto erboso. Gli itinerari tecnici sostenibili sono stati confrontati con due itinerari tecnici standard, uno per specie, messi a punto sulla base di una attenta lettura della più autorevole letteratura didattica (Beard, 1973; Turgeon, 1985; Adams e Gibbs, 1994; Panella et al., 2000; Cereti, 2002), che oggi rappresenta il punto di riferimento per la formazione degli operatori del settore. Di seguito sono descritti gli itinerari tecnici confrontati nell'ambito delle due prove sperimentali.

2.1.1 Scelta delle specie e varietà

La scelta delle specie da coltivare rappresenta il primo, fondamentale, passo da compiere per raggiungere l'obiettivo di sistemi agricoli sostenibili. Una specie ben adattata all'ambiente di coltivazione ed alla tipologia d'utilizzazione, è più competitiva verso le specie infestanti, ha un miglior stato fitosanitario, e richiede pertanto un minor fabbisogno di input esterni al sistema. Al contrario, questi ultimi sono tanto più necessari quanto più una specie non è adattata al luogo o all'uso che se ne fa. In ambiente mediterraneo, dove le elevate temperature e la carenza idrica del periodo estivo, le specie con la capacità genetica di offrire un buon risultato tecnico con limitati apporti di input si definiscono "rustiche".

Nel settore dei tappeti erbosi si è assistito negli ultimi anni ad una evoluzione della scelta di specie che il mercato offre ai consumatori. Negli scorsi decenni le specie più utilizzate erano quelle tipiche degli ambienti anglosassoni (principalmente *Lolium perenne* L. e *Poa pratensis* L.). La difficoltà di adattamento delle specie citate al periodo critico estivo tipico dei nostri ambienti mediterranei ha tuttavia determinato spesso l'insuccesso dei tappeti erbosi a pochi anni dal loro

impianto (Cereti et al., 2005). La necessità di una maggiore rusticità nelle specie da tappeto erboso per l'Italia ha fatto rivolgere lo sguardo verso due altre specie che sono diventate, rispettivamente tra le microterme e macroterme, le specie più coltivate e vendute al pubblico nelle regioni italiane del Centro Sud (Bindi, com. pers.):

- *F. arundinacea*;
- *C. dactylon*.

Nelle prove sperimentali condotte, si è quindi scelto di valutare queste specie (una specie per prova). Al fine di conferire al miscuglio la capacità di ricoprire zone di tappeto erboso eventualmente divenute prive di vegetazione, a *F. arundinacea* si aggiunge una piccola percentuale (10%_p) di *P. pratensis*, specie ad habitus rizomatoso. Il tappeto erboso risultante è in ogni modo pienamente definibile come prato di festuca e come tale vi si fa riferimento in questo lavoro in alternativa al nome della specie. *C. dactylon* è stata invece seminata in purezza data la sua spiccata capacità di ricopertura di eventuali zone di terreno nudo.

2.1.1.a *Festuca arundinacea* Schreb.

F. arundinacea è una specie perenne originaria del Nord Europa, successivamente diffusasi in ampie fasce climatiche. E' una pianta perenne, senza rizomi o con rizomi molto rudimentali, che a volte forma larghi e densi cespi. I culmi sono eretti, in genere grossi e robusti, con 2-5 nodi. La guaina è arrotondata nella parte dorsale, liscia o rugosa, con auricole aperte, minutamente pelosa sulle auricole e alla giunzione con la lamina; le ligule sono lunghe fino a 2 mm, membranose; la lamina è affusolata fino all'apice, piatta, larga da 3 a 12 mm, spessa, rugosa, o liscia solo nella pagina inferiore.

I tappeti erbosi di *F. arundinacea* sono, tra le microterme, quelli con la tessitura più grossolana, soprattutto in tappeti erbosi radi e la densità è in genere minore delle altre specie microterme. Il colore può essere intenso ma non brillante.

Festuca arundinacea è oggi la specie microterma più usata nei nuovi impianti di tappeti erbosi nel Centro-Italia. Questo dato si deve al fatto che, tra le microterme, è la specie più resistente alle condizioni di siccità (Beard, 1989_b); grazie alle sue discrete doti di tolleranza alle alte temperature, si adatta bene alle zone climatiche di transizione, e a volte in aree colonizzate da specie macroterme.

F. arundinacea presenta un certo grado di sensibilità alle basse temperature, accompagnata da perdita di colore: questo fenomeno si deve all'entrata in dormienza della specie (Vengris e Torello, 1980). In caso di forti abbassamenti di temperatura, occorrono, inoltre, rilevanti cali di densità. *F. arundinacea* è la specie microterma più adatta alle zone climatiche di transizione, in virtù dell'elevata resistenza alle alte temperature. In merito a questo carattere, esistono tuttavia delle differenze tra le varietà (Razmjoo et al., 1997).

Molto buona è la resistenza di *F. arundinacea* alla siccità, nonostante presenti il maggior tasso di evapotraspirazione di tutte le specie da tappeto erboso; se coltivata in condizioni ideali, l'evapotraspirazione può raggiungere valori superiori ai 10 mm d⁻¹ (Beard, op. cit.). E' possibile spiegare questa anomalia con la elevata profondità delle radici e con meccanismi di resistenza agli stress idrici (Turgeon, op. cit.), quali differenti sviluppi degli apparati radicali (Carrow, 1996_b). Per contro, a causa della maggiore profondità degli apparati radicali, sono necessari maggiori volumi d'acqua per ottenere una buona ripresa vegetativa dopo periodi di siccità.

Esiste un certo grado di variabilità per questo carattere tra le varietà di questa specie (Huang e Fry, 1998).

Un altro aspetto positivo di questa specie è la buona ritenzione del colore in caso di siccità, maggiore di quella delle altre specie microterme (Funk e Clarke, op. cit.). In Italia, sul litorale laziale, con restituzioni irrigue pari al 66% dell'ETM, non si verificano riduzioni di qualità del tappeto erboso significative (Cereti et al., 2004).

Medio-buono è l'adattamento di *F. arundinacea* alle zone ombreggiate (Beard, 1965). In Italia, con riduzione dell'intensità luminosa del 70%, è importante la lunghezza del periodo di ombreggiamento: con un rapporto 1:4 tra periodi di pieno sole e di ombreggiamento la qualità del tappeto erboso è buona; invertendo la durata dei periodi di luce ed ombra, invece, non si ottengono risultati soddisfacenti (Cereti e Rossini, 1997). In ambiente ombreggiato, le foglie di *F. arundinacea* si presentano più sottili e morbide; sono quindi più attraenti e compatibili in miscuglio con specie a tessitura fine.

F. arundinacea è una specie che offre un'ottima resistenza al calpestamento anche negli ambienti mediterranei (Cereti et al., 2005; Macolino et al., 2004).

F. arundinacea è in grado di adattarsi bene a suoli poveri; ciò nonostante, i migliori risultati si ottengono con terreni a grana fine, ben dotati da un punto di vista idrico e nutrizionale, con elevati livelli di sostanza organica e con pH compreso tra 5,5 e 6,5. Il fabbisogno di azoto è medio: 2-4,5 g m⁻² per mese di crescita.

Generalmente quest specie non richiede interventi di sfeltratura.

La maggior parte delle varietà di *F. arundinacea* in ambienti secchi o freschi in estate sono suscettibili a *Rhizoctonia solani* Kühn, agente causale del marciume bruno; la vecchia varietà K-31 e alcune nuove varietà presentano un certo grado di resistenza (Funk e Clarke, op. cit.). Altri patogeni, a volte pericolosi per questa specie, sono *Puccinia coronata* Corda e *Puccinia graminis* Pers.

I danni da insetti sono minori rispetto a quelli che possono subire le altre specie microterme; in particolare, *F. arundinacea* risulta meno sensibile ad attacchi di *Sphenophorus* ssp. e *Blissus leucopterus hirtus* Montandon.

La velocità di emergenza di *F. arundinacea* è buona, in genere compresa tra 7 e 15 giorni. Questa caratteristica la rende una specie particolarmente adatta per usi tecnici, soprattutto in terreni soggetti ad erosione.

F. arundinacea può essere usata in giardini, campi sportivi, aree ricreative e funzionali (banchine stradali e piste di aeroporti). Nei percorsi di golf può essere usata nei *roughs*. Si comporta bene in miscuglio con *P. pratensis*, purché l'altezza di taglio sia superiore a 35 mm; se è minore, infatti, il tappeto si dirada favorendo l'entrata in campo delle infestanti. Damiani et al. (2004) hanno verificato una differenza tra le varietà, spiegata da una differente accumulazione di fruttani nelle lamine fogliari e nei culmi.

L'evoluzione varietale di questa specie è iniziata nei primi anni '40 dello scorso secolo con la costituzione, delle varietà 'Alta' e 'Kentucky-31'. 'Alta' fu selezionata da un campo in Oregon, mentre 'Kentucky-31' fu ritrovata nel 1931 in una fattoria del Kentucky, dove era presente perlomeno dal 1887. K-31 è tuttora la varietà di *F. arundinacea* più diffusa negli Stati Uniti, sia in tappeti erbosi che in prati per produzione di foraggio. Entrambe queste varietà hanno una tessitura grossolana e producono un tappeto erboso con bassa densità; oggi, queste varietà hanno solo importanza foraggera. Le prime varietà specifiche per tappeti erbosi hanno iniziato a comparire nel 1970: 'Rebel', 'Olympic', 'Houndog', 'Falcon' e 'Adventure'

sono alcune di queste. Fino ad oggi si sono succedute quattro generazioni di cultivar migliorate (*turf-type tall fescues*). I progressi ottenuti su colore, densità e tessitura sono stati evidenziati dall'analisi dei dati NTEP svolta da Morris e Murray (1993). I difetti che ne limitavano la diffusione, come la tessitura grossolana ed i margini fogliari taglienti, sono stati notevolmente ridotti dal miglioramento genetico e oggi ne consentono l'uso dove non si tratti di tappeti erbosi ornamentali di elevato pregio. Attualmente il lavoro di miglioramento genetico internazionale sta cercando di creare varietà che sviluppino meglio i rudimentali rizomi, per fornire al tappeto erboso di questa specie un maggiore potenziale di recupero da danni. Un ulteriore campo di ricerca riguarda la selezione di varietà nane o a lenta crescita poiché *F. arundinacea* è una specie abbastanza alta. Negli USA, sono state recentemente sviluppate varietà che raggiungono minori altezze, con minori tassi di crescita e quindi con ridotte esigenze manutentive di taglio. Queste varietà presentano inoltre una maggiore densità del tappeto erboso; questo carattere, in condizioni di alti livelli di mantenimento, può risultare negativo, in quanto può favorire attacchi di *Pythium* spp. e *Rhizoctonia solani*, in ambienti caldi ed umidi. Le nuove varietà presentano però un ottimo comportamento in condizioni aride e semi-aride (Funk e Clarke, op. cit.).

Nelle ricerche in corso a Viterbo dal 1998, la variabilità intraspecifica è stata piuttosto limitata; altre ricerche condotte in Italia hanno mostrato per *F. arundinacea* variabilità solo per quanto riguarda l'intensità del colore verde (Veronesi et. al., 1997). La densità è stata inferiore a quella delle altre specie microterme. Secondo Volterrani et. al (op. cit.) il ritmo di crescita non differisce sensibilmente tra le varietà. Nel mese di novembre i valori medi sono pari a 4,8 cm; nel mese di dicembre si verifica una sensibile riduzione, arrivando a valori minimi a gennaio (0,3 cm). Nei mesi successivi si ha un incremento della velocità di crescita fino a giugno, con una media di 12,2 cm. In luglio si registra il valore più ridotto del periodo estivo (3,6 cm) mentre ad agosto si raggiungono 6,1 cm.

Per la scelta delle varietà da utilizzare nella prova sperimentale su questa specie, ci si è basati sulle informazioni disponibili in letteratura riguardanti prove svolte sia in Italia (Russi et al., 2001) ed all'estero (Morris, 2001 e 2006). Tra le molte varietà provate, due di queste fornivano sufficienti garanzie di buone

caratteristiche genetiche e di un buon grado di adattamento alle condizioni climatiche di Viterbo: sono state quindi utilizzate la varietà Farandole e Tar Heel, in un miscuglio nelle proporzioni 50%-50%. Si è scelto di usare due varietà piuttosto che una perché il tappeto erboso che ne deriva è geneticamente più adatto a sopportare stress biotici ed abiotici rispetto a *stand* monovarietal (Watschke and Schmidt, 1992).

2.1.1.b *Poa pratensis* L.

P. pratensis è una specie originaria della regione eurasiatica, naturalizzata in quasi tutte le regioni freddo umide del mondo. E' una pianta perenne, alta da 10 a 90 cm, con rizomi vigorosi, che forma tappeti erbosi molto compatti. I culmi sono eretti, o incurvati alla base, da esili a relativamente grossi, con 2-4 nodi, lisci. Le foglie hanno colore da verde a verde-blu; le guaine sono lisce, quella inferiore è compressa, con un rilievo nella parte dorsale; le ligule sono membranose, quella situata più in basso è molto corta, quella all'apice ha lunghezza da 1 a 3 mm; le lamine hanno apice appuntito ed incurvato verso l'alto, da molto corte a 30 cm, ripiegate od aperte, larghe da 2 a 4 mm, ruvide o quasi lisce (Hubbard, 1968).

L'habitus di crescita della *P. pratensis* è tipicamente rizomatoso. Il tappeto erboso formato da questa specie è generalmente caratterizzato da media tessitura e buona densità.

P. pratensis è una specie molto utilizzata nelle zone climatiche di transizione. La resistenza al freddo di questa specie è notevole, seconda solo ad *Agrostis stolonifera* e a *Poa trivialis*. Il processo di acclimatazione nelle regioni più fredde inizia già a fine luglio (White e Smithberg, 1977). Secondo gli stessi autori, concimazioni azotate tardive non riducono le capacità di resistenza della specie, purché siano effettuate dopo il periodo dell'indurimento; analogamente questo carattere non è influenzato dall'altezza di taglio. I rizomi presenti nel terreno sono piuttosto vigorosi, fornendo alla specie un'elevata capacità di recupero. Sono invece pericolosi i ritorni di freddo all'inizio della primavera, quando i meccanismi di difesa della pianta sono meno efficienti, per consentire la ripresa vegetativa.

In condizioni di elevate temperature *P. pratensis* entra in uno stato di dormienza con parziale decolorazione. Le differenze di comportamento tra le varietà sono

consistenti. Queste possono essere attribuite a differenti livelli di sviluppo dell'apparato radicale (Beard, 1973) e a maggiori livelli di carboidrati e minore assorbimento di nitrati (Watschke, 1969). Alcuni fattori di gestione agronomica possono incrementare la resistenza alle alte temperature. In particolare, risultano utili concimazioni autunnali, per indurre una crescita radicale durante l'autunno e l'inverno, e maggiori altezze di taglio per ridurre lo stress estivo e per limitare l'evaporazione di acqua dal terreno (Powell et. al., 1967).

La resistenza a stress idrici di *P. pratensis* è mediocre con notevole variabilità, però, all'interno della specie (Beard, 1989). Il fattore genetico è più importante dei parametri colturali quali la concimazione azotata e la frequenza d'irrigazione (Schmidt e Everton, 1985). In particolare, il consumo di acqua è influenzato più dalla "canopy" che dalle dimensioni dell'apparato fogliare. In seguito a siccità si assiste alla perdita di qualità del tappeto erboso (Youngner et. al., 1981); la ripresa è favorita quando i due terzi della concimazione azotata sono distribuiti in autunno piuttosto che in primavera (Schmidt e Breuninger, 1981). Il tasso di evapotraspirazione, se la specie è coltivata nel proprio ambiente e in condizioni ottimali, può superare i 10 mm d⁻¹ (Beard, op. cit.).

L'altezza di taglio ottimale per *P. pratensis* è di 25-30 mm, anche se alcune nuove varietà tollerano tagli più bassi, fino a 20 mm. Se si scende sotto a questi valori, si hanno perdite di densità, riduzione della longevità e peggioramento della qualità del tappeto erboso.

P. pratensis vegeta molto bene in ambienti soleggiati; viceversa non si adatta a situazioni d'ombreggiamento (Beard, 1969).

Il fabbisogno di azoto varia da 2 a 4 g m⁻² per mese di crescita. E' una specie che tende a formare feltro e pertanto necessita di interventi di sfeltratura periodici.

I caratteri negativi di *P. pratensis* sono i lunghi tempi di insediamento, un comportamento eccessivamente aggressivo in associazione con altre specie, e una certa suscettibilità alle malattie. La velocità d'insediamento di *P. pratensis* è la più bassa tra tutte le microterme: l'emergenza completa si ottiene, in genere, in 20-25 giorni. Questa lentezza nel coprire il terreno comporta problemi dovuti all'invasione di infestanti, ma anche al sopravvento che possono prendere le altre specie del miscuglio, più rapide ad insediarsi (soprattutto *L. perenne*). A riguardo della composizione dei miscugli, Brede (1993) ha studiato il comportamento delle

nuove cultivar di *P. pratensis* in miscuglio con *F. arundinacea* e ha trovato che le pratiche colturali, così come le differenze tra le varietà, hanno un effetto determinante sulle caratteristiche d'insediamento del tappeto erboso. La malattia più pericolosa per *P. pratensis* è l'elmintosporiosi, causata da *Drechslera poae* (Baudys) Shoem, che può causare seri danni (Gullino et. al., 2000). *P. pratensis* non è una specie particolarmente adatta a situazioni con bassi livelli di input tecnici (Ebdon e Skogley, 1985).

P. pratensis è una specie particolarmente adatta ad essere impiegata nei tappeti erbosi domestici per il colore gradevole e la capacità di mantenere il terreno sempre coperto, grazie all'esteso sistema dei rizomi. Questa stessa caratteristica, rende *P. pratensis* molto adatta alla coltivazione di tappeti erbosi da trapiantare, fornendo elevata consistenza e resistenza allo strappo alle zolle (Juska e Hanson, 1959). L'elevata capacità di recupero e la buona resistenza allo strappo della lamina fogliare, rendono *P. pratensis* adatta ad essere usata anche nei campi sportivi e nelle aree ricreative sottoposte a calpestio, soprattutto se in condizioni di terreno bagnato. In generale, si può affermare che quando si prevede un uso intenso del tappeto erboso, è bene inserire *P. pratensis* nel miscuglio, eventualmente anche in piccole quantità. Grazie al caratteristico colore verde-blu, *P. pratensis* è adatta anche a tappeti erbosi ornamentali, se non è richiesta una tessitura particolarmente fine. Può essere utilizzata anche nei campi di golf, ma non nei *green*; più adatte sono le aree sottoposte ad intenso passaggio come i *fairways* ed i *tees*.

Nel miglioramento genetico di *P. pratensis*, la selezione è partita dai tipi da foraggio, ottenendo piante con habitus di crescita più decumbente, internodi più corti, tolleranza ad alti livelli di mantenimento e a tagli ravvicinati, resistenza all'elmintosporiosi (*Drechslera* spp., *Bipolaris* spp., *Curvularia* spp.).

Le prime prove varietali condotte su *P. pratensis*, negli Stati Uniti, risalgono agli anni 1968-1977 (Morris e Murray, op. cit.). I risultati di tali ricerche evidenziarono una notevole variabilità tra le varietà, dovuta all'ambiente ed alle modalità di manutenzione. Gli stessi autori in seguito, sulla base dei dati NTEP 1980-1992, mostrarono come l'aspetto estetico delle varietà cambia sensibilmente durante l'anno (Morris e Murray, op. cit.).

Nel 1997 sono stati pubblicati i risultati di un confronto realizzato in Italia tra 16 varietà di *P. pratensis*, (Veronesi et. al., op. cit.). I dati riportati hanno evidenziato che tra le varietà esistono differenze significative in merito a tessitura, densità, spessore del feltro e intensità del colore verde.

Per la prova in oggetto, si è scelta la var. Brilliant, una delle varietà più promettenti sul mercato, classificatasi molto bene nelle prove svolte negli USA a cura del National Turfgrass Evaluation Program (Morris, 2000).

2.1.1.c *Cynodon dactylon* (L.) Pers.

C. dactylon appartiene ad un genere originatosi nel Corno d'Africa (Hanson, 1969), largamente presente dal 45° parallelo Nord al 45° Sud, ben adattato a tutti i climi caldi, e a cui appartengono nove specie (Taliaferro, 1995), tra le quali *C. dactylon* è la più usata. Hanna (1999) ha documentato la sua presenza fino a 50°N in Europa e fino a 4000 m di altitudine nell'Himalaya.

Cynodon dactylon è la specie macroterma da tappeto erboso più diffusa nel mondo ed anche in Italia, per utilizzazioni ricreazionali, domestiche e sportive. Ciò si deve a caratteristiche sia estetiche che funzionali molto buone. Si tratta inoltre di una specie rizomatosa e stolonifera, in grado quindi di ricoprire in poco tempo eventuali zone di terreno che dovessero risultare scoperte in seguito a calpestamento (Beard, 1973). E' una specie molto competitiva che rende difficile l'insediamento di specie infestanti e ciò si traduce nella possibilità di riduzione del consumo di erbicidi (Bindi, com. pers.).

C. dactylon, come tutte le specie macroterme, è sensibile alle basse temperature. Quando la temperatura del suolo scende sotto i 10°C la pianta cessa di crescere, perde la clorofilla, assume un colore bruno. La pianta rimane in queste condizioni fino a che la temperatura del suolo a 10 cm di profondità non risale sopra i 10°C.

La crescita dei rizomi e delle radici incrementa sostanzialmente solo con temperature superiori a 15,5-20°C con optimum tra i 25 e 35°C (Christians e Engelke, 1994). In Italia il periodo di dormienza inizia a ottobre-dicembre (da Nord a Sud) e termina a marzo-maggio (da Sud a Nord).

Davis and Gilbert (1970) hanno dimostrato che in autunno e inizio inverno nelle zone climatiche di transizione avviene un periodo di acclimatamento alle basse temperature attraverso un processo di indurimento. Tale processo diminuisce a

inizio primavera. Zhang et al. (2006) studiando questi processi hanno concluso che la tolleranza al freddo è correlata alla velocità di accumulo di composti ricchi in carbonio e azoto.

Nelle zone climatiche di transizione, una nota dolente di questa specie sono i danni da freddo il primo anno dopo l'insediamento, sia nelle varietà ibride propagate che in quelle da seme. Tra queste ultime, all'interno delle varietà ad elevato valore estetico, 'Yukon' fornisce i migliori risultati (Richardson et al. , 2004). Alcuni autori hanno mostrato che la resistenza al freddo può essere influenzata da: 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. Reeves et al. (1970) hanno affermato che si deve evitare la concimazione tardo-autunnale di azoto, per favorire 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., 1994b, 1998) e nemmeno di quella potassica a fine stagione nelle specie macroterme (Miller e Dickens, 1996_{a,b}).

I danni invernali possono verificarsi come effetto diretto o indiretto del congelamento, in funzione della condizione della pianta, e delle condizioni ambientali (Fry, 1990). I danni da freddo indiretti portano alla morte delle cellule vegetali, non per congelamento ma per disseccamento o disidratazione cellulare, dovuta a un deficit di pressione di vapore tra l'acqua all'interno delle cellule e i cristalli di ghiaccio che si formano all'esterno delle cellule all'interno dei tessuti, di solito a livello della corona. I danni da congelamento nascono dalla formazione di cristalli di ghiaccio all'interno delle cellule e occorrono se a un periodo caldo nel tardo inverno, che stimola la ripresa dell'attività vegetativa, segue un ritorno di freddo (Kenna, 1989).

La resistenza agli stress idrici è variabile in funzione della varietà, con quelle ibride generalmente più sensibili. In ogni modo è una specie in grado di resistere a stress idrici elevati, entrando in dormienza. Tollera molto bene il calpestamento ed anche il compattamento (Christians e Engelke, op. cit.). Per contro, richiede alti apporti di azoto per ottenere elevati livelli estetici e non tollera condizioni di ombra.

La gramigna è una specie ad elevata velocità di crescita (Busey e Myers, 1979), e la sua crescita risponde fortemente alla concimazione azotata, se luce e temperatura sono adeguate.

In commercio esistono varietà da seme, selezionate dalla gramigna comune, che fino a pochi anni fa avevano caratteristiche estetiche e funzionali inferiori rispetto ad altre varietà in commercio, selezionate da incroci interspecifici della gramigna comune con *C. dactylon transvaalensis* Burt-Davy sterili (la loro propagazione avviene per via vegetativa). A questo secondo gruppo appartengono, tra le altre, alcune delle varietà più famose negli USA quali Champion, FloraDwarf, Tifgreen, Tifdwarf, TifEagle (TW-72), Tifway (Beard e Sifers, 1996). Da alcuni anni sono disponibili sul mercato varietà selezionate di gramigna da seme con caratteristiche estetiche e tecniche paragonabili e a volte superiori a quelle ibride (Morris, 2002). Tra queste le più diffuse sono Princess e Yukon. Attualmente è in corso un'attività di selezione genetica su alcune accessioni di germoplasma italiano originario della Sardegna con buone caratteristiche estetiche e funzionali (Romani et al. 2004).

Su questa specie sono poco diffusi gli attacchi di patogeni fungini fogliari (Panella et al., op. cit.), 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).

Sono stati segnalati in alcuni casi attacchi di batteri (*Xanthomonas campestris*) e micoplasmi. Come tutte le macroterme, presenta invece 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.

In questa prova si è scelto di usare la varietà 'Princess', già conosciuta in Italia da una precedente ricerca (Volterrani et al. 1997), prima classificata nei test svolti negli Stati Uniti (NTEP, 2001) e che quindi garantiva una certa sicurezza di buon

adattamento alle condizioni climatiche italiane. In una prova svolta nel Sud Italia, (Marchione, 2004b) 'Princess' oltre ad ottenere i più alti punteggi estetici, ha esibito anche la minor crescita cumulata tra dodici varietà da seme, caratteristica molto interessante sia che il clipping sia asportato, sia che si adotti la tecnica del *mulching* e si lascino quindi i residui in campo.

2.1.2 Taglio

L'altezza di taglio per le parcelle sostenibili è stata determinata ricercando la massima altezza resa possibile dalla funzione del tappeto erboso, per i già ricordati effetti benefici che ne derivano, in termini di approfondimento degli apparati radicali, minore stress sulle piante e quindi maggiore resistenza agli stress biotici ed abiotici. Nelle parcelle ad itinerario standard si sono scelte le altezze più consigliate e diffuse nella pratica. Per *F. arundinacea* l'altezza di taglio è stata quindi di 4,8 cm per l'itinerario sostenibile e 3,8 cm per quello tradizionale, mentre per *C. dactylon* si sono adottate altezze più basse, cui si adatta meglio, di 2,8 cm per l'itinerario sostenibile e 1,8 cm per quello tradizionale.

La frequenza di taglio, coerente con una tipologia di tappeto erboso ad uso ricreazionale, è stata di 1 intervento a settimana, quando il prato aveva raggiunto un'altezza tale da asportare il 30-35% dell'apparato fotosintetizzante. In caso contrario si è aspettato fino al raggiungimento di tale altezza.

Il taglio è stato compiuto con modalità *mulching* nelle parcelle sostenibili per evitare la produzione di residui vegetali difficili da smaltire, e limitare gli apporti nutritivi ed il consumo di carburanti. Il taglio è stato invece eseguito con asportazione del tagliato nelle parcelle tradizionali. La macchina tosaerba era di tipo rotativo (Toro, serie Recycler), con larghezza di lavoro di 48 cm.

2.1.3 Irrigazione

Altri Autori hanno già dimostrato come sia possibile ottenere tappeti erbosi di qualità con restituzioni dell'evapotraspirazione minori del 100% e turni di irrigazione maggiori di quelli giornalieri (Richie et al., op. cit.; Cereti et al., op. cit.). Ciò si riflette anche in una maggiore profondità degli apparati radicali e in una riduzione delle perdite di acqua per evaporazione. In virtù di questi risultati si è scelto di restituire il 66% dell'ETP non compensata da pioggia utile con due

irrigazioni a settimana nelle parcelle sostenibili, mentre si è restituito il 100% dell'ETP non compensata da pioggia utile con interventi giornalieri alle parcelle standard. Questi valori sono giustificati anche dal buon tenore di sostanza organica dei terreni della prova che assicurano una buona infiltrazione dell'acqua, un buon assorbimento e trattenuta della stessa durante i periodi caldi (ATTRA, 2003).

L'irrigazione è stata compiuta poco prima dell'alba (ora di inizio 4:30) nelle parcelle sostenibili per limitare al massimo il numero di ore di bagnatura fogliare e limitare quindi lo sviluppo di malattie (Gullino et al., 2001). Nelle parcelle tradizionali si è invece fatto ricorso alla più tradizionale irrigazione serale, molto diffusa sul territorio italiano.

Per il calcolo dell'evapotraspirazione potenziale si sono usati i dati ottenuti da una centralina meteorologica elettronica fornita di sensori per temperatura, umidità, pressione atmosferica, precipitazioni, velocità e direzione del vento e impiegando la formula di stima di Thornthwaite.

2.1.4 Fertilizzazione

Al fine di ridurre od eliminare i rischi di percolazione in falda di elementi nutritivi, e per limitare il livello di input energetici necessari alla gestione, in un'ottica di sostenibilità è evidentemente necessario che le concimazioni siano limitate alle effettive necessità. Queste considerazioni sono di importanza crescente quanto più il substrato ha scarsa capacità di trattenuta degli elementi nutritivi, ovvero, in linea di massima, quanto più è sabbioso. Parallelamente si è registrato soprattutto negli USA grande interesse negli ultimi anni per la tecnica di concimazione azotata tardo-autunnale, già descritta, e che rischia di distribuire la maggior parte di N nel periodo da noi più piovoso (Christians, 1998). Nel tentativo di trovare una sintesi tra questi due approcci, si sono scelti, per i due itinerari, i livelli e periodi di concimazione indicati in Tab. 1. Il concime utilizzato è stato il solfato ammonico (titolo=20,5%).

Per quanto riguarda la nutrizione fosfo-potassica date le caratteristiche chimiche del terreno della prova, si sono ritenuti ampiamente sufficienti le quantità contenute nella concimazione di pre-impianto e pertanto non si è provveduto ad apporti annuali di questi elementi.

Tabella 1: schema delle concimazioni azotate effettuate sulla prova

data	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Cynodon dactylon</i>	
	sostenibile	tradizionale	sostenibile	tradizionale
Metà aprile	2,5 g m ⁻²	5 g m ⁻²	-	-
Metà maggio	-	5 g m ⁻²	4 g m ⁻²	5 g m ⁻²
Fine giugno	-	-	4 g m ⁻²	5 g m ⁻²
Metà agosto	-	-		5 g m ⁻²
Metà settembre	2,5 g m ⁻²	2,5 g m ⁻²	2,5 g m ⁻²	-
Inizio dicembre	2,5 g m ⁻²	-	-	-

2.1.5 Bioattivatori

Negli itinerari tecnici sostenibili è stato previsto un apporto di bioattivatori di origine organica al fine di mettere le piante in grado di compensare gli effetti delle minori concimazioni e di incrementare la resistenza ai momenti di maggiore stress. In un'ottica quindi preventiva, nel novembre 2005, a inizio giugno e inizio novembre 2006 è stata distribuita una miscela contenente i seguenti prodotti commerciali (Eurovix), a base rispettivamente di acidi umici, estratti di alga ed amminoacidi, nelle dosi indicate:

- “Eurohumic simplex” alla dose di 15,4 l ha⁻¹ (acidi umici = 8,1% t.q.);
- “EuroAlg” alla dose di 0.88 l ha⁻¹ (37% s.s.);
- “Euroflorid” alla dose di 5 l ha⁻¹ (5,1% di azoto organico).

La distribuzione di questi prodotti è stata sempre compiuta nelle ore fresche del mattino, tramite pompa a spalla.

2.1.6 Difesa dalle malattie

Il controllo delle malattie fungine negli itinerari sostenibili è stato impostato in un'ottica dapprima agronomica e solo in caso di necessità chimica. La soglia d'intervento è stata fissata al 10% della superficie. La formazione delle condizioni microambientali favorevoli allo sviluppo delle malattie è stata ridotta tramite la tecnica di irrigazione infrequente, nelle prime ore del mattino. Tra i mezzi agronomici, oltre ad una corretta fertilizzazione azotata, ed eventuali

concimazioni mirate alla cura di determinati patogeni (azotate per *Laetisaria fuciformis*, solfato di potassio per *Rhizoctonia ceralis*, vedi Gullino et al, op. cit.), si sono effettuate nel 2006 due operazioni di topdressing nel maggio e novembre 2006 alla dose di 3 Kg m⁻² con un mix 70%_p compost e 30%_p sabbia nelle parcelle sostenibili, e con un mix 70%_p sabbia e 30%_p compost nelle parcelle tradizionali. Per tale operazione si è usato il mezzo Toro GroundsPro 2000 con spandiconcime montato anteriormente. A questo scopo si è utilizzato un ammendante compostato misto¹³ maturo prodotto nell'impianto AMA di Maccarese (RM), le cui principali caratteristiche chimico-fisiche sono riportate nella tabelle seguenti.

Tabella 2: principali caratteristiche fisico-chimiche del compost utilizzato nel maggio 2006, prodotto presso lo stabilimento AMA di Maccarese (% del peso secco, se non diversamente specificato) (Pieruccetti, com. pers.)

Parametro	Valori misurati	Parametro	Valori misurati
Umidità totale	31,5	Ceneri	33,9
Azoto totale a	2,63	Sostanze volatili	65,2
Azoto organico % su N tot.	82	Carbonio organico	39,2
Azoto ammoniacale	< 0,1	Acidi umici e fulvici (HA+FA)	30,73
Azoto nitrico	< 0,1	Fosforo totale (P ₂ O ₅)	1,54
pH	8,6	Potassio totale (K ₂ O)	2,70
Plastica	0,9	HR	84,9
Vetro	0,2	Rapporto C/N	13,8
Inerti resistenti a 650°C	0,51	C.E.S. (dS m ⁻¹)	4,75

¹³ Secondo il D.lgs. 217 del 29 aprile 2006 si tratta di un “prodotto ottenuto attraverso processo di trasformazione e stabilizzazione controllato di rifiuti organici che possono essere costituiti dalla frazione organica degli RSU proveniente da raccolta differenziata, da rifiuti di origine animale compresi liquami zootecnici, da rifiuti di attività agroindustriali e dalla lavorazione del legno e del tessile naturale non trattato, da reflui e fanghi, nonché dalle matrici previste per l'ammendante compostato verde” (vedi paragrafo 2.3).

Tabella 3: analisi granulometrica e del contenuto in plastica del compost utilizzato nel maggio 2006 prodotto presso lo stabilimento AMA di Maccarese anno 2006 (Pieruccetti, com. pers.)

Granulometria: diametro (mm)	Percentuale sul peso secco (%)	Contenuto in plastica (% sul peso secco della frazione granulometrica)
>10	0	-
10-5	2,8	12,5
5-3	20,7	1,4
3-2	4,7	1,8
2-1	16,0	0,7
1-0,5	23,8	0,1
<0,5	32,0	-

Le caratteristiche del compost usato sono quelle dei compost originati da analoghe matrici di scarto. Il rapporto C/N indica un compost stabile e con un buon equilibrio nutrizionale, parametro importante per garantire che non vi siano fenomeni di competizione tra le colture e la popolazione microbica del suolo. La stabilità biologica del compost può essere valutata mediante la determinazione delle sostanze umiche; questo valore è ben superiore al limite minimo di legge (valore >7%). La reattività di questo compost si attesta al limite superiore previsto dalla normativa per i compost di elevata qualità (pH compreso tra 6,0 e 8,5). La conducibilità elettrica specifica registra dei valori elevati, tipici di questa tipologia di compost (Genevini e Zaccheo 1998). Il valore del potassio è circa il doppio rispetto alla media, mentre il fosforo risulta essere leggermente al di sopra della media per questa tipologia di compost misti derivati dal trattamento di scarti alimentari, rispettivamente: 1,3 ed 1,4 % sulla s.s. (Genevini e Zaccheo 1998). Si evidenzia inoltre (Tab. 3) una composizione granulometrica di particelle fini e molto fini (particelle con diametro < 1 mm) piuttosto alta (55,8 % della composizione totale del compost) che ha causato qualche difficoltà nella distribuzione in campo per l'elevata volatilità.

Negli itinerari tecnici standard si è deciso di intervenire chimicamente non appena fosse superata la soglia d'intervento per ciascuna patologia.

2.1.7 Lotta alle infestanti

Come per la difesa dalle malattie, le parcelle sostenibili si sono differenziate da quelle standard per l'approccio integrato della strategia intrapresa piuttosto che sul mero approccio chimico. Sulla base delle linee guida riassunte da Busey (2003, op. cit.), la messa a punto degli itinerari tecnici sostenibili ha previsto: la scelta di specie adatte all'ambiente e al tipo d'utilizzazione, resistenti a stress biotici ed abiotici, competitive; l'uso di tutti i mezzi agronomici a disposizione per contenere la diffusione; la determinazione di una soglia d'intervento; l'uso di prodotti fitoiatrici di sintesi solo in ottica curativa.

I mezzi agronomici più rilevanti per limitare la diffusione sono stati il taglio, la fertilizzazione e l'irrigazione. L'incremento dell'altezza di taglio ha mirato al contenimento di *Digitaria sanguinalis*, mentre la tecnica del *mulching* ha un moderato effetto di contenimento delle infestanti per la presenza di sostanze allelopatiche per alcune infestanti nei residui vegetali tagliati (Sachs et al., 2002). Il programma di fertilizzazione, in precedenza descritto, ha puntato a non favorire infestanti leguminose con concimazioni potassiche e infestazioni di *Poa annua* con la concimazione fosforica (Christians, 1998). Per quanto attiene l'irrigazione, la scelta di compiere interventi infrequenti ma consistenti per volume ha consentito di mantenere relativamente asciutti i primi cm di terreno, ostacolando di fatto la germinazione delle infestanti annuali. Ridotti apporti idrici su *Cynodon* sono inoltre correlati a bassi livelli di infestazione di *Poa annua*, specie molto sensibile alla siccità per il suo apparato radicale estremamente superficiale (Beard, 1973).

La possibilità di usare sostanze naturali che agiscono efficacemente come erbicidi di preemergenza sulle infestanti estive annuali, quali il glutine di mais (McDade e Christians, 2001) non è stata valutata in quanto il suo costo, tre volte superiore a quello di un trattamento con erbicidi di sintesi e lo spettro d'azione non completo, è di dubbia sostenibilità economica.

Nel corso del 2005 si sono resi necessari un intervento di controllo chimico delle infestanti, ed alcuni interventi di scerbatura manuale a carico di infestanti estive presenti in elevatissima quantità (soprattutto *Digitaria sanguinalis* in festuca e *Portulaca oleracea* L. in gramigna). La causa di ciò è da ricercarsi nell'operazione di livellamento della superficie eseguita nell'autunno 2004, che ha comportato il

movimento dei primi cm di terreno dai bordi del campo verso il centro del campo stesso (vedi paragrafo 2.3). Tali orizzonti presentavano una banca semi ricchissima di flora infestante specifica dei tappeti erbosi selezionatasi negli anni. A causa di questa situazione anomala, si è ritenuto opportuno non compiere in tale anno i rilievi sulle percentuali di infestazione che avrebbero fornito risultati poco attendibili. Si è quindi proceduto a:

- sulle parcelle di *F. arundinacea*, in entrambi i trattamenti: in maggio, n. 1 trattamento con una miscela contenente fluroxipir (160 g ha⁻¹), clopiralid (80 g ha⁻¹) e MCPA estere (800 g ha⁻¹);
- sulle parcelle di *C. dactylon*, in entrambi i trattamenti: n. 1 trattamento, il 21/07/2005, con una miscela contenente fluroxipir (160 g ha⁻¹), clopiralid (80 g ha⁻¹) e MCPA estere (800 g ha⁻¹).

Negli itinerari tecnici standard l'itinerario tecnico prevedeva di intervenire chimicamente non appena fosse superata la soglia d'intervento.

2.2 Schema sperimentale

Lo schema sperimentale, in entrambe le prove sperimentali, è stato quello a blocco randomizzato a quattro repliche. Le parcelle avevano una dimensione di 9 x 4 metri ed erano separate da zone buffer di rispetto di larghezza pari a 0,5 e 2,5 m, per essere certi che non potessero esservi trasferimenti idrici da un blocco all'altro, per via del vento o del movimento laterale dell'acqua nel terreno.



Figura 4. Panoramica del campo dove sono avvenute le prove sperimentali.

2.3 Preparazione delle prove

Entrambe le prove sperimentali si sono svolte all'interno dell'Azienda Agraria Didattico Sperimentale dell'Università della Tuscia (42°25'42"N, 12°4'58"E). Il clima di quest'area è sub-mediterraneo (Blasi, 1993), la temperatura media è di 14,4 °C e la piovosità media è di 777 mm.

Le due prove si sono svolte su un appezzamento di terreno delle dimensioni di 45 x 18 m, precedentemente coltivato a tappeto erboso, le cui caratteristiche fisiche ottenute mediante le tradizionali analisi del terreno, dal prelievo di sei campioni ognuno a tre diverse profondità (0-10, 10-20 e 20-30 cm) sono riportate in Tab. 4.

Tabella 4: caratteristiche granulometriche del terreno della prova

	Profondità (cm)		
	0-10	11-20	21-30
Argilla (%)	20,3	21,0	21,2
Limo (%)	19,1	21,0	19,4
Sabbia fina (%)	35,2	33,3	34,0
Sabbia grossa (%)	25,4	24,6	25,4

Nell'autunno 2004 è iniziata la prova su *F. arundinacea*. I lavori in campo preliminari alla semina sono iniziati il 27/07/2004, con un'operazione di diserbo al fine di devitalizzare il prato e le infestanti presenti sul terreno (*C. dactylon*, *Digitaria sanguinalis* e *Setaria spp.* al fine di eliminare ogni residuo della coltura precedente. Il prodotto commerciale utilizzato è stato Hopper Blu (30,8% glifosate) alla dose di 3 l/100 l di H₂O. Una settimana dopo la semina si è ripristinata l'irrigazione al fine di stimolare la ripresa di eventuali parti vive di tappeto erboso e il 26/08/2004 si è proceduto ad un nuovo intervento di diserbo con le stesse modalità del primo, al fine di devitalizzare la gramigna sopravvissuta al primo trattamento e le nuove emergenze di *Digitaria sanguinalis* e *Setaria spp.* Il 07/09/2004 si è quindi proceduto ad una fresatura superficiale per distruggere ed interrare il precedente cotico disseccato.

Il terreno in questione presentava il rischio di fenomeni di ristagno superficiale dovuti ad un imperfetto spianamento del terreno e si è quindi proceduto, a fine

settembre 2004, a compiere un livellamento della superficie al fine di eliminare tali rischi. Ci si è avvalsi dell'ordinaria attrezzatura topografica, stadia e livello, e tramite una serie di battute ogni 25 m², si sono calcolati i volumi di terra da prelevare o apportare in ciascuna area, per creare una pendenza dell'1,5‰ in entrambe le direzioni. Gli spostamenti di terra sono stati compiuti con un mezzo cingolato dotato di pala anteriore. L'operazione di livellamento, ha comportato prevalentemente il prelevamento di terra dai margini dell'appezzamento (tra cui i passetti di bordo campo ed i fossi) ed il suo riporto al centro dell'area utilizzata. Ciò ha determinato la movimentazione di una notevole banca semi di infestanti specializzate, selezionatisi nel corso dei precedenti anni di coltivazione del tappeto erboso sui bordi del campo, sottoposte a taglio periodico ma non a diserbo chimico.

La messa a nudo di orizzonti del suolo prima in profondità ha reso necessario effettuare un intervento correttivo della disomogenea fertilità del terreno che ne era conseguita. Dopo le operazioni di livellamento, è stata eseguita l'analisi del tenore in sostanza organica nello strato 0-20 cm, su 8 campioni di terreno, ottenuti da 3 subcampioni l'uno. Come ci si aspettava, il contenuto di sostanza organica era alquanto disomogeneo, variando dal 1,96% al 4,05%.

Si è quindi deciso di ammendare il terreno in quantità tale da portare il tenore in sostanza organica del terreno ad un valore medio del 4%. La scelta di un valore così alto è stata fatta per uniformare il grado di fertilità all'interno dell'appezzamento, perché trattandosi di una coltura poliennale il tappeto erboso può avvantaggiarsi molto di una buona concimazione di fondo, e perché il costo in rapporto ai costi di gestione della coltura è limitato, se calcolato su tutta la durata della stessa. La scelta dell'ammendante è caduta sull'ammendante compostato verde¹⁴ prodotto nello stabilimento AMA di Maccarese (Roma), le cui caratteristiche chimico-fisiche sono riportate di seguito (Tab. 5 e 6).

¹⁴ Secondo il D.lgs. 217 del 29 aprile 2006 si tratta di un "prodotto ottenuto attraverso processo di trasformazione e stabilizzazione controllato di rifiuti organici che possono essere costituiti da scarti di manutenzione del verde ornamentale, residui delle colture, altri rifiuti di origine vegetale con esclusione di alghe e altre piante marine".

Tabella 5: composizione media del compost utilizzato per l'ammendamento del terreno (Pieruccetti, com. pers.)

Elementi e/o sostanza utili	Unità di misura	Analisi
Umidità	%	28.21
Reazione	pH	7.58
Salinità	dS m ⁻¹	2.52
Carbonio organico	% s.s.	40.1
Acidi umici e fulvici	% s.s.	15.2
Azoto totale (N)	% s.s.	2.5
Azoto organico	% N totale	92
Fosforo (P ₂ O ₅)	% s.s.	1.1
Potassio (K ₂ O)	% s.s.	1.9
Rapporto C/N		16
Rame totale	Ppm	60
Zinco totale	Ppm	128

Tabella 6: analisi granulometrica e del contenuto in plastica del compost utilizzato per l'ammendamento del terreno in fase di pre-impianto (Pieruccetti, com. pers.)

Granulometria: diametro (mm)	Percentuale sul peso secco (%)	Contenuto in plastica (% sul peso secco della frazione granulometrica)
>10	0	-
10-5	2,7	3,13
5-3	16	0,93
3-2	6,2	0,60
2-1	17,4	0,12
1-0,5	13,8	-
<0,5	43,9	-

Le caratteristiche riportate sono sostanzialmente in linea con quelle tipiche dei compost originati da analoghe matrici di scarto. Il rapporto C/N e la quantità di sostanze umiche, ben al di sopra del limite minimo di legge, assicurano una buona stabilità biologica. La reattività rientra nei limiti previsti dalla normativa per i compost di elevata qualità. Si evidenzia una composizione granulometrica

piuttosto alta di particelle fini e molto fini che ha causato qualche difficoltà nella distribuzione in campo per l'elevata volatilità.

Data la possibilità che un compost non maturo contenga sostanza fitotossiche (Zucconi e de Bertoldi, 1987), prima della distribuzione in campo sono state compiute su un campione del suddetto ammendante compostato le seguenti analisi:

- test di germinazione;
- analisi idrofisiologica.

2.3.1.a Test di germinazione

Il saggio di fitotossicità si basa sull'uso di semi di diverse specie vegetali per valutare la potenziale tossicità di campioni liquidi (acque superficiali, effluenti) o solidi (suoli, sedimenti, fanghi di depurazione, compost). La metodica prevede di calcolare l'indice di germinazione (Ig) dal numero di semi germinati in un dato intervallo di tempo e dal corrispondente allungamento radicale, in un medium contenente un estratto liquido dalla composta (Zucconi, et al., 1981). L'indice di germinazione è considerato una prova della maturità del compost e riflette la fitotossicità degli estratti della composta nelle fasi differenti di concimare con la composta. La composta è considerata matura quando l'indice di germinazione è superiore a 60%, confrontato al controllo ad acqua distillata (Zucconi e de Bertoldi, 1987).

Il saggio è stato condotto secondo le linee guida raccomandate dalla Regione Piemonte (1998). Si è quindi proceduto a portare il campione (200 g) a tenore di umidità dell'85%, successivamente lo si è lasciato a contatto per due ore con l'acqua aggiunta e si è proseguito producendo estratti acquosi tramite centrifugazione a 6000 rpm per 15 minuti, successivamente diluiti con acqua distillata fino ad ottenere una concentrazione dell'estratto acquoso pari al 75% e al 50%. Dalle due concentrazioni sono stati prelevati rispettivamente 5 ml e posti in 5 capsule Petri, per ognuna delle concentrazioni, di diametro 90 mm, contenenti carta bibula, in ragione di 1 ml per capsula. Il testimone è stato costituito da 5 capsule Petri contenenti carta bibula ad ognuna delle quali è stato aggiunto 1 ml di acqua distillata. In ogni capsula sono stati posti a germinare 10 semi di *Lepidium sativum* L. fatti precedentemente rigonfiare in acqua distillata

per 1 h. Tutti I trattamenti sono stati fatti in 3 repliche e sono stati messi a germinare a 27°C. Al termine della incubazione la germinazione è stata interrotta mediante aggiunta di alcool etilico (0,5 ml per piastra). Dopo 24, 48, 96, e 144 ore si sono contati i numeri dei semi germinati e si è misurata la lunghezza delle radichette. Per entrambe le concentrazioni si è calcolato l'Indice di germinazione (Ig) come :

$$Ig (50 \text{ o } 75\%) \% = \frac{Gc \times Lc}{Gt \times Lt} \times 100$$

dove:

Gc= numero medio dei semi germinati (campione)

Gt = numero medio dei semi germinati (testimone)

Lc = lunghezza radicale media (campione)

Lt = lunghezza radicale media (testimone)

Infine si è effettuata la media aritmetica tra i valori ottenuti alle due concentrazioni. Il valore ottenuto di Ig è stato di 0,89, per cui si è ritenuto il compost sufficientemente stabile e non fitotossico.

2.3.1.b *Analisi idrofisiologica*

L'analisi idrofisiologica è stata invece condotta secondo le linee guida dettate dal Sasso (1978). Tale metodo utilizza il mais come pianta indicatore, per ottenere informazioni sulle caratteristiche agronomiche di un terreno. La scelta di tale specie si basa sul fatto che si tratta di una pianta in grado di completare regolarmente il suo sviluppo con un'illuminazione di 5000 lux, e per l'evidenza dei sintomi con cui si manifestano stati di sofferenza. La prova è avvenuta in un ambiente privo di luce naturale, equipaggiato con piani di coltura illuminati con lampade fluorescenti di tipo tubolare con potenza di 40 W. In funzione della densità delle lampade l'illuminazione era pari a 3000 lux a 70 cm dalle lampade, 4000 lux a 50 cm e 5000 lux a 20 cm. I parametri climatici di funzionamento sono stati i seguenti: durata di illuminazione: 12 ore; temperatura massima (diurna) 28°C, e minima (notturna (23°C).

Si sono utilizzati contenitori di coltura rettangolari in materiale plastico a fondo chiuso di area 335 cm^2 e volume di 2.615 cm^3 riempiti con quattro differenti substrati: 100% sabbia (testimone), 66% sabbia e 33% compost, 33% sabbia e 66% compost, 100% compost (% espresse in volume). Ogni trattamento è stato replicato due volte. Nei contenitori sono stati posti a germinare 20 semi di mais (2 file di 10 cariossidi distanziate di 7 cm disposte sul lato più lungo del contenitore a circa 3 cm dai bordi) ad una profondità di 1 cm, cui è seguita una leggera compressione del substrato. Sono state quindi impostate le condizioni di temperatura e illuminazione su riportate. Tramite successivi apporti di acqua si è raggiunto lo stato idrico ottimale (accertato, dopo aver effettuato una fenditura nel substrato con una spatola, dalla mancanza di acqua sul fondo e dalla presenza di acqua libera sulla superficie della spatola). Raggiunto lo stato idrico ottimale si è annotato il peso lordo del contenitore e lo si è mantenuto costante mediante apporti ogni due giorni di acqua deionizzata mantenuta alla temperatura ambiente.

La durata dell'analisi è stata di 30 giorni durante i quali si è proceduto anche al conteggio del numero delle emergenze, ed all'osservazione delle sintomatologie di appassimento. Al 30° giorno dall'emergenza si è proceduto al prelievo di 10 piante per la determinazione della sostanza secca (indice di fertilità). Il prelievo delle piante è avvenuto sulle due file, scartando quelle minorate, tagliando le piante a livello della superficie del substrato, e determinando la sostanza secca con essiccazione in stufa a 105°C . L'indice di fertilità è stato espresso come il valore ponderale medio delle 10 piante (grammi di sostanza secca). I risultati ottenuti dal calcolo di tale indice (Fig. 5) hanno evidenziato che, rispetto al testimone, l'indice di fertilità è diminuito in maniera pressoché lineare al crescere della percentuale di compost presente nel substrato. La retta di regressione è apparsa rassicurante dato che nelle condizioni di campo si è raggiunta una concentrazione di compost massima del $3,1\%_p$, pari a circa il $9,6\%_v$ (nei primi 15 cm) a cui corrisponde un indice di fertilità pari a 0,286 (Ig testimone solo sabbia = 0,293).

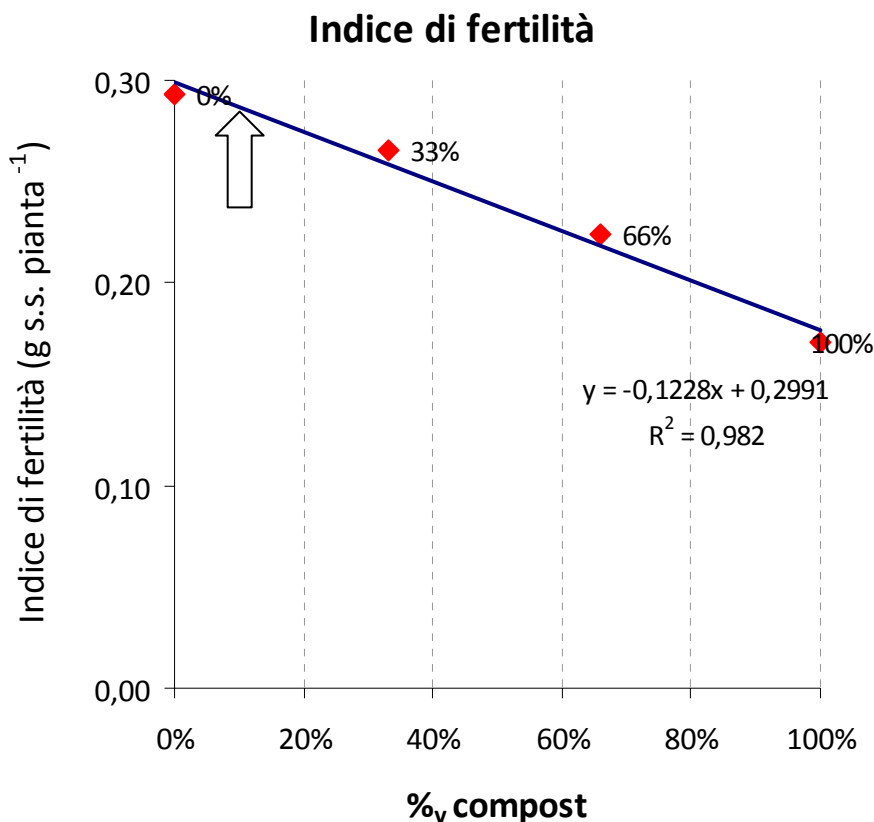


Figura 5: andamento dell'indice di fertilità in funzione della percentuale, in volume, di compost nel substrato (% sabbia=100-% compost). La freccia indica la massima percentuale di compost distribuito in campo.

2.3.1.c *Impianto di irrigazione*

In seguito alle operazioni di livellamento, si è proceduto nei primi giorni di ottobre 2004 alla realizzazione dell'impianto di irrigazione. La realizzazione di tale impianto è stata compiuta scavando una trincea ad una profondità di circa 40 cm dove sono state interrate tubature di polietilene PN12, di diametro 50 mm per le linee principali, e 32 mm per le linee secondarie. Sono stati così realizzati quattro settori indipendenti, comandati da quattro elettrovalvole, ognuno dei quali impiegato per addurre acqua ad un totale di quindici irrigatori statici suddivisi su tre linee secondarie. Gli irrigatori utilizzati erano del tipo Rain Bird serie 1800 con testine ad alta uniformità (serie U della stessa ditta), ovvero con un doppio getto di uscita, al fine di minimizzare le disformità di irrigazione all'interno delle parcelle ed al contempo incrementare l'efficienza d'uso dell'acqua distribuita. A monte dell'impianto era stato montato un filtro a dischi per eliminare le impurità dell'acqua prelevata dal pozzo. A livello delle elettrovalvole

sono stati invece predisposti dei regolatori di pressione per preservare l'impianto dai rischi di eventuali sbalzi della pressione nelle condutture. La gittata degli irrigatori era di 4,5 m, con portata di $3,50 \text{ l min}^{-1}$ con angolo di erogazione di 90° , $7,0 \text{ l min}^{-1}$ con angolo di erogazione di 180° e 14 l min^{-1} con angolo di erogazione di 360° . Ogni anno sono state compiute delle prove sulla reale intensità di pioggia e sull'uniformità della distribuzione dell'acqua degli irrigatori sulle parcelle. A questo fine, si sono utilizzati contenitori a volume noto, disposti diagonalmente sulle parcelle, e distanziati di 2 m l'uno dall'altro. La distribuzione è stata sempre sufficientemente omogenea. Tutto l'impianto era sotto il controllo di un programmatore elettronico, il "Dialog 24" della Rain Bird, capace di regolare le operazioni irrigue dei vari settori.

2.3.1.d *Ammendamento*

Dato l'esito rassicurante dei test di fitotossicità eseguiti sul compost scelto per l'ammendamento, il 09/11/2004, ovvero non appena il terreno si presentava nelle condizioni migliori, si è proceduto alla distribuzione in campo dell'ammendante compostato verde prima descritto. Il calcolo delle quantità da apportare è stato fatto dividendo l'appezzamento in due fasce omogenee per contenuto in sostanza organica (corrispondenti ad una diversa entità di movimento terra effettuato in fase di livellamento), e sulla base dei valori medi di sostanza organica in ciascuna fascia, si è calcolata per ognuna delle due zone la quantità di compost da apportare per portare il tenore in sostanza organica a valori del 4%. Sono state quindi distribuite dosi variabili da 1 a $4,9 \text{ Kg m}^{-2}$ di compost. La distribuzione in campo è stata compiuta avvalendosi di un trattore Lamborghini 45 CV, trainante un carro spandiletame a capacità di carico nota senza azionamento delle ventole per limitare la dispersione del prodotto in aria, ma avvalendosi della sola azione del nastro trasportatore. In seguito alla distribuzione in campo sono stati eseguiti ripetuti passaggi con erpice a denti elastici, al fine di uniformare la distribuzione del compost negli strati superficiali del terreno. Al termine si sono ripetute le analisi del suolo (12 campioni per alla profondità di 10 cm) che hanno confermato l'ottenimento di valori medi della sostanza organica pari a circa il 4% nell'intero appezzamento su tale strato di suolo.

2.4 Semina

Il 22/11/2004 si è quindi proceduto alla semina alla dose di 45 g m^{-2} di un miscuglio 90% *F. arundinacea* (50% var. 'Tar Heel', 50% var. 'Farandole') e 10% *P. pratensis* var. 'Brilliant' su 8 parcelle, con esecuzione di rullatura pre-semina, semina a spaglio, rastrellatura per interrimento del seme e rullatura post-semina. La semina della parcella di gramigna è invece avvenuta a inizio estate 2005, per permettere un veloce insediamento della coltura. La preparazione del terreno nelle otto parcelle sperimentali ha previsto:

- intervento diserbante con glifosate alla dose di 3 l/100 l di acqua, al fine di devitalizzare le infestanti presenti sul campo (soprattutto le nuove emergenze di *Digitaria sanguinalis* e *Setaria* spp.);
- fresatura superficiale per distruggere il cotico erboso disseccato e preparare il letto di semina;
- semina gramigna alla dose di $7,5 \text{ g m}^{-2}$ in data 28/06/2005 e 01/07/2005.

2.5 Rilievi sperimentali

Gli itinerari tecnici in precedenza descritti sono stati confrontati al fine di identificare e quantificare le eventuali differenze a livello estetico e funzionale. La valutazione delle specie e varietà da tappeto erboso è difficile e complessa. La qualità di un tappeto erboso non è, infatti, una misura di resa o di valore nutritivo, ma generalmente si tratta di un processo soggettivo basato sulle valutazioni visive di fattori quali colore, densità dei culmi, tessitura, uniformità. La qualità dei tappeti erbosi è una misura dell'estetica (cioè densità, uniformità, struttura, scorrevolezza, habitus di sviluppo e colore) ed uso funzionale (Morris e Shearman, 1998).

Il rilevamento delle caratteristiche dei tappeti erbosi può essere effettuato sia tramite stime visive, sia tramite metodologie di telerilevamento, quali, ad esempio, gli scanner nelle lunghezze d'onda dell'infrarosso (termografia IR). A livello internazionale, tuttavia, sia il National Turfgrass Evaluation Program (NTEP) negli USA, che lo Sports Turf Research Institute di Bingley (STRI), effettuano prove varietali basate su stime visive basate sul giudizio di un esperto allenato. Questa metodologia è usata anche in altri centri di ricerca, è stata adottata nel recente progetto di ricerca MiPAF sui tappeti erbosi (Russi et al., op.

cit.) e pertanto è stata usata anche in queste prove sperimentali. Le misure soggettive di questo tipo sono sempre soggette a critica, tuttavia, è stato accertato che osservatori correttamente addestrati possono discernere efficacemente differenze sottili fra i tappeti erbosi, usando il sistema visivo di valutazione (Morris e Shearman, 1998).

In linea con le raccomandazioni del NTEP, le valutazioni visive sono state sempre compiute da una sola persona, e prima di registrare i dati si è osservato il campo sperimentale al fine di individuare le eventuali differenze visive del colore, densità, uniformità, incidenza di malattie, stress ambientale o altri fattori, per essere sicuri che le valutazioni comprendessero tutte le differenze osservate. Si è quindi individuata la gamma di differenze presenti, osservando i trattamenti migliori, quelli peggiori, e quelli con parametri intermedi. Le valutazioni visive si sono basate sulla scala di valutazione 1-9 (1=trattamento peggiore, 9=valutazione migliore). Al fine di non comprimere la scala di valutazione sono stati usati solo numeri interi. Le valutazioni visive sono state eseguite, quando possibile, in giorni con il cielo coperto, e in ogni caso sempre con il sole alto e alle spalle. Sono stati invece evitati i giorni parzialmente nuvolosi, quando la copertura intermittente rende difficile valutare le differenze di trattamento. I tappeti erbosi sono stati sempre valutati prima del taglio, perché alcune differenze sono più evidenti e perché una diversa direzione del taglio determina una differente riflessione della luce, influenzando quindi il colore. Sono stati quindi eseguiti i seguenti rilievi visivi sulle parcelle in campo.

2.5.1 *Aspetto estetico globale*

L'aspetto estetico globale (AEG) è l'apprezzamento generale delle caratteristiche della copertura vegetale. E' la sintesi di una valutazione che tiene conto di numerosi caratteri, quali: uniformità della parcella, colore, densità, tessitura, presenza o meno di attacchi fungini, stress, ecc. La soggettività scaturisce dal peso che l'operatore attribuisce ai singoli caratteri. Questo carattere è stato valutato mensilmente, con stima visiva, secondo la scala 1-9 (1 = scarso; 6=accettabile; 9 = ottimo, e relativi valori intermedi). Le valutazioni di qualità non si possono usare per confronti interspecifici, perché al variare della funzione del tappeto erboso cambia il concetto di accettabilità. Le valutazioni di AEG considerano le funzioni

estetiche e funzionali del tappeto erboso. Parcelle con la stessa valutazione, possono differire per i singoli caratteri sintetizzati nell'AEG.

2.5.2 Velocità d'insediamento

Questo carattere è una valutazione visiva della copertura del suolo in percentuale, dell'altezza delle piante, ecc. che riflette la velocità relativa e l'entrata in uno stadio di tappeto erboso maturo, ovvero completamente insediato. Le valutazioni sono avvenute ogni 3 giorni, per i primi 20 giorni, e settimanalmente in seguito; la scala di valutazione è stata del tipo 1-9 (1=insediamento minimo, 9= insediamento completo).

2.5.3 Densità

La densità di un tappeto erboso esprime la quantità di culmi per unità di superficie. Le zone con danni al tappeto erboso non sono prese in considerazione. La densità dei tappeti erbosi si può valutare contando i culmi in una determinata zona campione, oppure mediante stime visive che sono risultate essere altamente correlate ai conteggi richiedendo molto meno tempo ed input di lavoro. Il rilevamento è stato effettuato una volta l'anno, in autunno. In *F. arundinacea* si è usato il metodo del conteggio manuale, su tre carote prese a caso all'interno della parcella, utilizzando un carotatore di diametro pari a 58 mm. In *C. dactylon* al metodo del conteggio si è affiancato anche quello visivo data la difficoltà oggettiva di effettuare una conta precisa del numero dei culmi.

2.5.4 Feltro

Il feltro è lo strato di materiale vegetale in decomposizione presente sulla superficie del terreno. Il suo spessore non deve essere eccessivo, poiché può creare una barriera agli scambi idrici e gassosi tra terreno e atmosfera. La misurazione dello spessore del feltro è stata eseguita una volta l'anno, in occasione del rilievo della densità del tappeto erboso, su tre carote prese a caso nella parcella, utilizzando un carotatore di diametro pari a 58 mm e misurando lo spessore senza effettuare compressione.

2.5.5 *Presenza di infestanti*

Questa valutazione esprime la capacità del tappeto erboso di soffocare le malerbe i cui semi dovessero germinare al suo interno, rimanendo quindi non infestato. Si tratta di una valutazione molto importante ai fini dell'individuazione degli input chimici di cui la specie o la varietà ha bisogno per un soddisfacente risultato tecnico. I rilevamenti sono stati compiuti una volta a stagione durante il 2006, appena prima del taglio, mediante stima visiva in scala 1-9 (1= prato completamente infestato; 9=assenza di infestazione).

2.5.6 *Danni da malattie*

Questa valutazione esprime la resistenza del tappeto erboso nei confronti degli agenti patogeni. Si tratta di una valutazione molto importante ai fini della individuazione degli input agrochimici di cui la specie o la varietà necessita per un soddisfacente risultato tecnico. I rilevamenti sono stati effettuati una volta a stagione, appena prima del taglio durante il 2006, mediante stima visiva in scala 1-9 (1=prato completamente malato; 9=assenza di prato malato).

2.5.7 *Produzione di clipping*

Il rilievo della produzione dei residui di taglio è stato eseguendo un passaggio di lunghezza 9 m e larghezza 0,48 m con la macchina tosaerba con cestello raccogliherba montato. Si pesava il campione tagliato e poi si prelevava un sub-campione del tagliato che veniva essiccato in stufa a 65°C per 72 ore al fine di rilevare la percentuale di sostanza secca. Successivamente nelle parcelle ad itinerario sostenibile l'erba tagliata veniva sparsa sul terreno da cui era stata prelevata e sottoposta ad ulteriori passaggi con la macchina tosaerba con il tappo per la funzione recycling montato per consentirne lo sminuzzamento. Nelle parcelle ad itinerario tecnico standard l'erba era invece regolarmente asportata.

Lush (1990) ha proposto di usare i valori di biomassa, da sola o divisa per il valore della densità, per valutare la resistenza al calpestamento dei tappeti erbosi. Questa tesi è avvalorata anche dai risultati di Shildrick e Peel (1984) su *P. pratensis*, di Cattani e Clark (1991) su *Agrostis stolonifera*, e Trenholm et al. (1999)

su *Paspalum vaginatum*. E' stata quindi calcolata la resistenza potenziale al calpestamento come segue (Lush, op.cit.):

$$\text{Log}c = \log_{10}b + \log_{10}(n \cdot 0,05)$$

Dove:

b= sostanza secca $\text{m}^{-2} \text{anno}^{-1}$;

n= numero di culmi m^{-2} .

2.5.8 *Analisi del suolo*

Per poter meglio interpretare i dati ottenuti nell'agosto 2005 e novembre 2006 sono state eseguite le analisi del contenuto in sostanza organica del terreno. In occasione dell'ultimo rilievo è stato anche analizzato il contenuto di azoto totale. L'interesse verso questi dati non era quello di studiare la mineralizzazione della sostanza organica introdotta con l'ammendamento eseguito in fase di pre-impianto, studio che avrebbe necessitato di ben altra mole e tipo di rilievi, quanto quello di tenere sotto controllo i principali parametri di fertilità del terreno, per valutare la necessità di eventuali modificazioni agli itinerari sostenibili sviluppati e adottati nelle due prove.

Per compiere le analisi suddette sono state raccolte, con trivella di tipo olandese di diametro pari a 65 mm, 4 carote di terreno (subcampioni) per parcella per due differenti profondità (0-20 cm e 20-40 cm). Dopo aver unito e mescolato i subcampioni, si è ottenuto n. 1 campione per parcella da utilizzare per le analisi.

2.5.8.a *Contenuto di sostanza organica*

La determinazione del carbonio organico presente nel terreno è stata compiuta ossidando la sostanza organica mediante $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (Lotti e Galoppini, 1980). L'analisi è stata condotta su campioni di terreno essiccati in stufa a 40°C per 72 ore, setacciati a 2 mm per separare lo scheletro (diametro particelle $> 2 \text{ mm}$) dalla terra fine (diametro particelle $< 2 \text{ mm}$). Sono stati quindi pesati, ponendo attenzione a eliminare frammenti di radici o altro materiale organico, i campioni di terra fine di peso pari a circa 1,5 g. Questi sono stati posti in un matraccio da 100 ml. Parallelamente si è determinato il contenuto residuo di umidità dei

campioni è stato valutato essiccando circa 20 g di terreno, in crogiolo di porcellana in stufa preriscaldata alla temperatura di 105°C per 24 h e pesando quindi il crogiolo su bilancia con precisione di 1/1000 g dopo raffreddamento in essiccatore in presenza di silica-gel.

Sono stati quindi aggiunti al matraccio, avvalendosi di una pipetta tarata, 20 ml esatti di bicromato di potassio ($K_2Cr_2O_7$ 0,3334 M) e in seguito si sono introdotti lentamente 20 ml di acido solforico concentrato (H_2SO_4 96%).

Dopo l'aggiunta dei reagenti, tutti i matracci sono stati posti in bagnomaria bollente, per permettere l'ossidazione della sostanza organica da parte del bicromato di potassio, e si è mantenuta tale condizione per un'ora e mezza, ponendo attenzione al mantenimento della completa sommersione dei matracci tramite periodiche aggiunte di acqua bollente nel bagnomaria. Trascorsa un'ora e mezza i matracci sono stati tolti dal bagnomaria e posti a raffreddare. In seguito, è stata aggiunta H_2O deionizzata all'interno dei matracci fino al volume di circa 90 ml. Dopo nuovo raffreddamento i matracci sono stati portati al volume finale di 100 ml e si sono prelevati da essi, con pipetta tarata, 25 ml di miscela di campione digerito, cui sono stati aggiunti 100 ml di H_2O deionizzata e, in successione, 4 g di sodio fluoruro e 3 gocce di indicatore (difenilamminasolforica). A questo punto il bicromato di potassio presente nel campione prelevato che non aveva reagito con il carbonio organico è stato quindi titolato con sale di Mohr (ferro ammonio solfato-oso e acido solforico 96%) sino al viraggio dal blu-viola al verde. E' stata quindi calcolata, come indicato da Lotti e Galoppini, la percentuale di sostanza organica presente nel terreno in esame. Contemporaneamente sono state compiute le due prove in bianco, allo scopo di determinare l'esatto titolo della soluzione titolante ed eventualmente effettuare le opportune correzioni ai calcoli. In un matraccio da 100 ml sono stati aggiunti 20 ml esatti di bicromato di potassio ($K_2Cr_2O_7$ 0,3334 M) e poi lentamente 20 ml di acido solforico concentrato (H_2SO_4 96%). I matracci sono stati quindi trattati come i campioni.

2.5.8.b *Contenuto di azoto totale*

La determinazione del contenuto di azoto totale presente nel terreno è stata compiuta seguendo il metodo Kjeldahl (SISS, 1985). Un quantitativo di terreno

setacciato a 2 mm (terra fine) del peso (t.q.) di circa 1,6 g è stato posto in un provettone di capacità pari a 100 ml al cui interno sono stati introdotti 10 ml di H_2SO_4 (96%) e 1 pasticca di catalizzatore (3,5 g K_2SO_4 , 0,4 g $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$) (Foss, 1000 Kjeltabs Cu/3,5). I provettoni sono stati quindi inseriti nel digestore (Digester system 40 1016 Digester, Tecator) e lasciati bollire per 8 ore fino a che il residuo solido non appariva bianco-grigiastro ed il liquido limpido. Dopo raffreddamento, i tubi sono posti all'interno dell'unità di distillazione Kieldhal (Kjeltec™ 2100, Foss) ove, dopo aggiunta in automatico di 50 ml di NaOH al 40%, i campioni sono stati distillati per 5 minuti. L'azoto distillato è stato quindi raccolto in un becker contenente 10 ml di soluzione di H_3BO_3 al 1% addizionato di 3 gocce di indicatore (0,1 g di rosso metile e 0,2 g di verde bromocresolo in 100 ml di alcool etilico al 95%). Si è proceduto quindi alla titolazione dell'ammoniaca liberata dalla distillazione, e raccolta come ammonio borato, mediante l'uso di H_2SO_4 0,0357 N. Il cambio di colore nel punto finale di viraggio era dal verde al rosa pallido. Al fine di verificare il possibile contributo dei reagenti impiegati nell'analisi, sono stati preparati, digeriti, distillati e titolati, due bianchi, costituiti dalla stessa miscela di reazione priva dei campioni di terreno. Il contenuto residuo di umidità dei campioni è stato valutato essiccando circa 20 g di terreno, in crogiolo di porcellana in stufa preriscaldata alla temperatura di 105°C per 24 h e pesando quindi il crogiolo su bilancia con precisione di 1/1000 g dopo raffreddamento in essiccatore in presenza di silica-gel.

2.6 Analisi statistica

I dati raccolti per le due specie studiate sono stati analizzati dal punto di vista statistico separatamente, poiché gli itinerari sostenibili da valutare erano diversi tra le specie. Ciò non ha consentito di valutare l'effetto dell'interazione itinerario x specie, ma questo non era tra gli obiettivi del presente lavoro. Inoltre *F. arundinacea* e *C. dactyloides* presentano campi di utilizzazione che non sempre coincidono, pertanto non è di grande interesse pratico anche lo studio del fattore specie. Tutti i dati, separati per specie, sono stati quindi sottoposti ad analisi della varianza (ANOVA) ad un fattore e 4 repliche, al fine di stimare se la variabilità osservata tra le varietà fosse o no significativa. Quando i dati non presentavano

una distribuzione normale si è proceduta a compiere opportune trasformazioni dei dati. E' stato quindi compiuto il test F che ha permesso di verificare, mediante il calcolo del rapporto tra la varianza dei trattamenti e la varianza dell'errore, se i trattamenti erano diversi per una probabilità di errore minore o uguale al 5%. Nelle prove svolte, i valori F calcolati spesso non sono stati superiori a quelli tabellari e si è ritenuto opportuno inserire nei grafici i valori dell'errore standard per chiarire se ciò fosse presumibilmente dovuto a mancanza di differenze tra i trattamenti o ad una elevata variabilità entro trattamenti. Nei confronti di più di due trattamenti le medie sono state separate mediante test di Duncan.

2.7 Andamenti climatici

In Fig. 5 sono illustrati i valori termopluviometrici verificatisi dal 2004 al 2006.

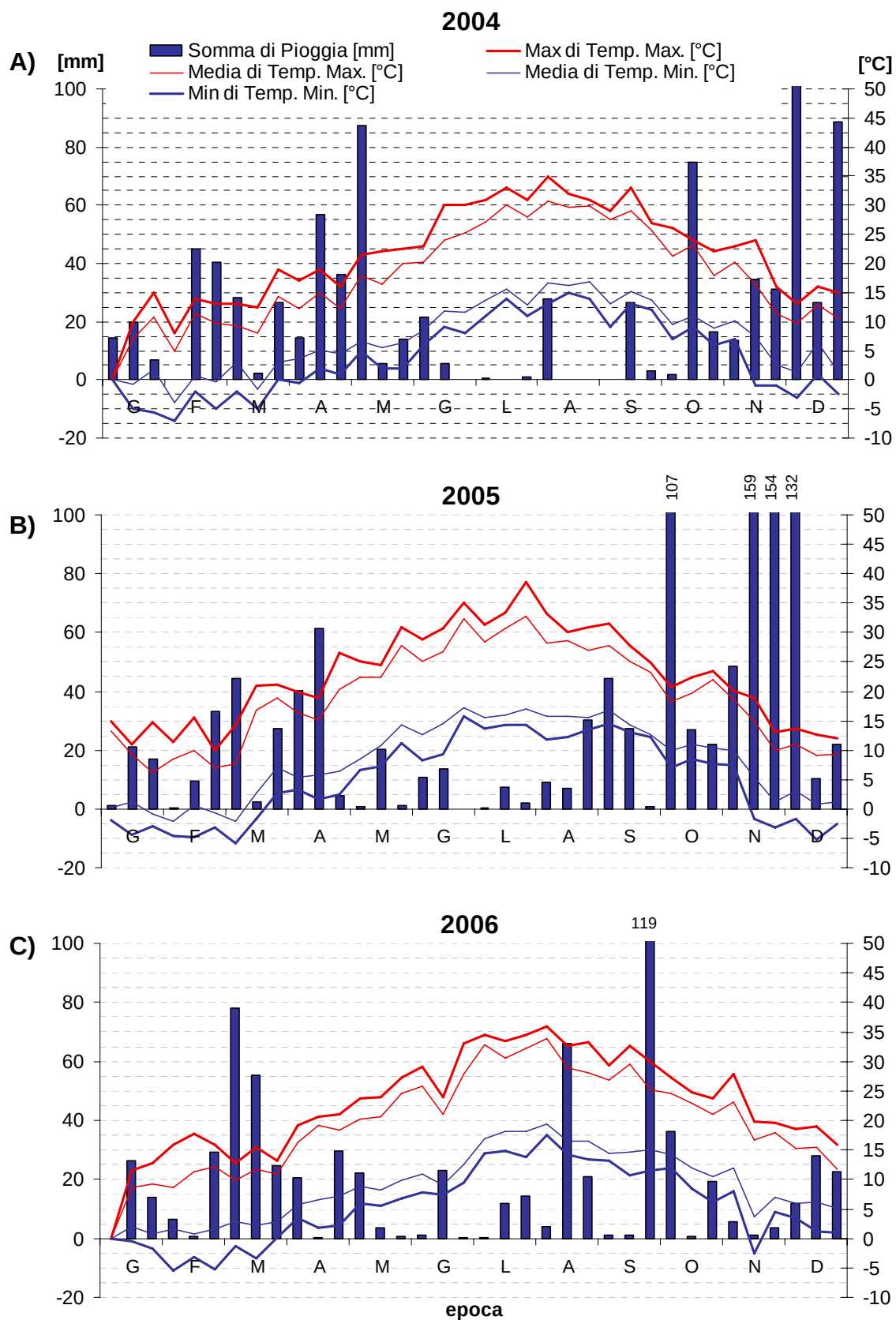


Figura 5: rappresentazione degli andamenti climatici negli anni delle prove: 2004(A), 2005 (B) e 2006 (C)

3. Risultati e discussione

3.1 *Festuca*

3.1.1 *Velocità d'insediamento*

In Fig. 6 sono riportati i valori registrati della velocità di insediamento nelle parcelle di festuca destinate ad essere sottoposte ai due differenti itinerari tecnici (sostenibile e tradizionale). Non si è registrata nessuna differenza all'interno delle parcelle di festuca, osservazione ovviamente attesa, poiché fino alla semina i due trattamenti non si erano differenziati. Ciò nonostante si riporta tale dato perché indica la presenza di condizioni iniziali analoghe tra le varie parcelle e per confrontarlo con i dati che si trovano in letteratura per questa specie.

La moderata velocità di insediamento è una delle caratteristiche negative di *F. arundinacea*, specialmente se paragonata alla specie microterma più aggressiva, *L. perenne*. Ciò rappresenta un punto critico che obbliga a adeguate riflessioni laddove la velocità di insediamento sia un fattore cruciale per la riuscita dell'inerbimento (es. stabilizzazione scarpate).

I tempi di insediamento registrati nella prova sono stati in linea con i valori tipici di *F. arundinacea* di 7-15 giorni dopo la semina che si riscontrano in letteratura (Turgeon, op. cit.; Beard, op.cit.). Coerentemente con la tardiva epoca di semina (novembre 2004) l'emergenza si è verificata tra i 10 e 15 giorni dopo la semina. E' infatti ben noto l'effetto della temperatura che su questa specie ha un effetto maggiore rispetto ad altre microterme. In una prova su 11 varietà di *F. arundinacea*, (Palazzo e Brad, 1997) il raggiungimento dell'80% delle emergenze è stato ottenuto dopo 14 giorni con $T=10^{\circ}\text{C}$, 9 giorni con $T=15^{\circ}\text{C}$, 8 giorni con $T=20^{\circ}\text{C}$ e 7 giorni con $T=25$ o 30°C . Nella stessa prova è apparso anche significativo anche l'effetto della varietà. Palazzo (1994) ha ottenuto un notevole miglioramento della velocità di insediamento nel caso di semina tardiva con coperture in poliestere su 4 cultivars di *F. arundinacea*: questo metodo tuttavia ha scarsa rilevanza pratica nel caso di semina su vaste superfici, per cui non è stato preso in considerazione.

Coerentemente con le temperature e le cattive condizioni meteorologiche successive, ad un mese dalla semina la percentuale di copertura era di circa il 40%.

F. arundinacea è in realtà poco competitiva nelle fasi successive all'emergenza, durante l'insediamento vero e proprio dei germinelli ed il loro accestimento. Brock et al. (1982) hanno identificato come elementi della differenza nella velocità di insediamento tra loietto perenne e *F. arundinacea*, minori densità di culmi e lunghezze radicali. Questi motivi e l'abbassamento delle temperature, hanno fatto sì che la percentuale di copertura delle parcelle di festuca abbia iniziato a crescere solo dalla primavera successiva, quando si è resa necessaria una trasemina, poiché alcuni giorni di forti piogge successive alla semina avevano determinato il movimento di parte del seme. Il tappeto erboso si è potuto considerare completamente insediato al termine del mese di giugno 2005.

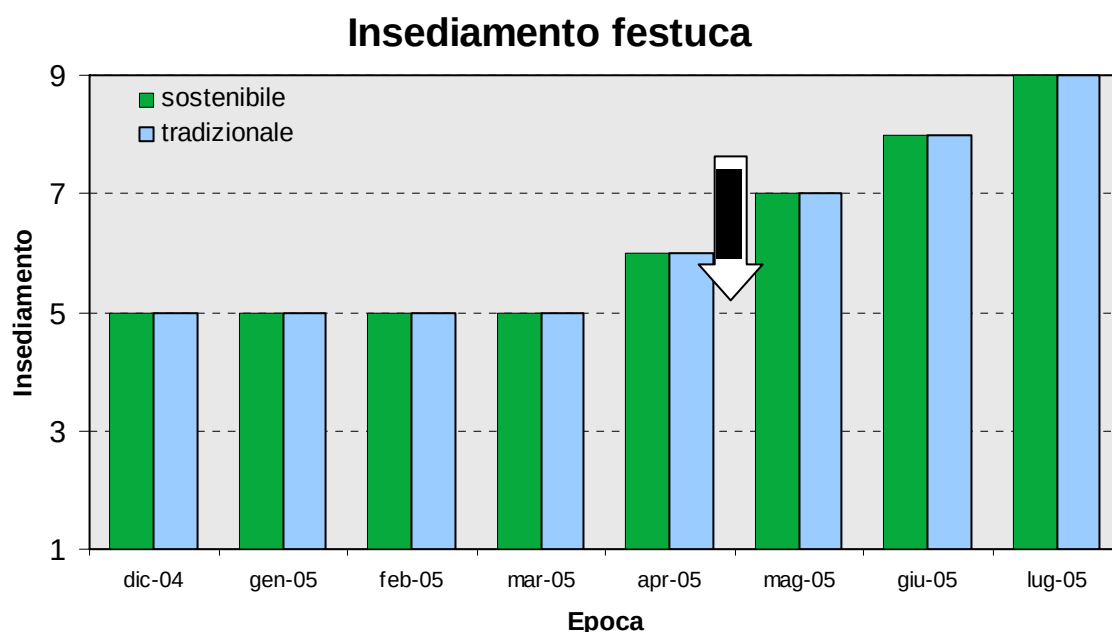


Figura 6. Velocità di insediamento di festuca sostenibile e tradizionale, in scala 1-9 (1=copertura nulla; 9=copertura completa).

3.1.2 *Aspetto estetico globale*

I dati mensili rilevati per l'aspetto estetico globale (AEG) delle parcelle seminate con il miscuglio a prevalenza di *F. arundinacea*, da luglio 2005 a febbraio 2007 sono riportati nelle Figure 7 e 8, dalla cui osservazione si nota che è possibile trarre osservazioni differenti secondo il periodo dell'anno.

Durante i mesi di primavera, estate ed autunno in entrambi i trattamenti, l'AEG è risultato buono o molto buono. Questo risultato è in accordo con tutti le ricerche di altri Autori che hanno investigato il comportamento di *F. arundinacea* in ambiente mediterraneo (Cereti et al., 2005), che hanno dimostrato come per buona parte dell'anno questa specie offra un livello qualitativo pari o superiore a quello delle altre specie microterme. L'analisi della varianza condotta sui dati di tali mesi, ha evidenziato chiaramente la mancanza di un effetto dell'itinerario tecnico sull'AEG. I valori F calcolati non sono, infatti, mai stati superiori a quelli tabellare per una probabilità di errore pari a 0,05 e pertanto si può affermare che non vi sono differenze significative tra i trattamenti. I valori dell'errore standard dimostrano una ridotta variabilità entro trattamenti.

La mancanza di differenze significative tra l'itinerario standard e quello tradizionale nei mesi freschi e caldi dell'anno è da interpretare come un risultato positivo, in quanto pur riducendo gli input apportati alla coltura, il risultato tecnico non è cambiato. E' particolarmente importante rilevare l'importanza del dato ottenuto durante le stagioni estive, quando le parcelle sostenibili ricevevano acqua soltanto due volte a settimana. In nessun momento tali parcelle hanno mostrato segni di sofferenza da stress idrico. Ciò dimostra che è possibile anche in ambiente mediterraneo ridurre contemporaneamente la frequenza di irrigazione e la percentuale dell'ETP reintegrata senza che ciò comporti effetti negativi sull'AEG del tappeto erboso di festuca, almeno per le varietà studiate. I dati ottenuti sono in accordo con quanto ottenuto da Richie et al. (2002) in California e Cereti et al. (2004) nel litorale laziale.

La mancanza di segni di stress da parte delle parcelle sostenibili ha suggerito l'idea che potrebbe essere possibile, secondo il tipo di terreno, incrementare il turno irriguo, senza significativi peggioramenti dell'AEG.

I risultati ottenuti sono possibili solo se il terreno presenta una buona capacità di ritenzione idrica. In una prova nel Sud Italia con reintegri settimanali, pari all'80% dell'evapotraspirazione non compensata da pioggia, in un terreno ad elevata percentuale di sabbia (acqua disponibile=9%), *F. arundinacea* ha ottenuto punteggi non sufficienti durante il periodo estivo (Marchione, 2004). Sebbene non sia stato possibile compiere il rilievo della profondità degli apparati radicali, sulla base di quanto presente in letteratura (Huang, 2004) è verosimile che le parcelle gestite con itinerario sostenibile abbiano sviluppato un apparato radicale più profondo.

Particolarmente interessanti sono stati i rilievi di AEG effettuati durante le stagioni invernali 2006 e 2007. In tali periodi sono emerse differenze significative tra le parcelle di festuca trattate in maniera tradizionale e sostenibile. La stagione invernale rappresenta notoriamente il tallone d'achille di questa pregevole specie. In tale periodo dell'anno essa esprime nei nostri ambienti un AEG insufficiente a causa della parziale decolorazione (Russi et al., 2002). Questo comportamento è tipico non solo dei nostri ambienti, ma è ben noto in letteratura ovunque il clima invernale sia rigido (Vengris e Torello, op. cit.). Razmjoo et al. (1997) hanno osservato che questa decolorazione potrebbe essere causata da deficit di azoto. Meno probabile per gli stessi Autori è un'influenza dei livelli di carboidrati giacché durante l'inverno i livelli di glucosio, fruttosio e fruttani sono simili rispetto alle altre stagioni dell'anno. Miele et al. (2002) hanno osservato in Italia che interventi di concimazione invernale condotti a metà ottobre con 6 e 12 g m⁻² di N, tramite fertilizzanti a lento rilascio, incrementano l'intensità del colore verde durante l'inverno. In prove sperimentali in corso a Viterbo, tuttavia, la concimazione azotata su un tappeto erboso di alcuni anni di età, tagliato a 3,5 cm, non ha fornito ancora risultati apprezzabili per questo parametro. Cazzato et al. (2004) in una prova nel Sud Italia con *F. arundinacea* tagliata a 50 mm e fertilizzata con 20 g m⁻² anno⁻¹ di N, hanno riscontrato un colore più intenso e quindi un miglior aspetto estetico globale, soprattutto in autunno ed inverno, nelle parcelle con taglio *mulching* rispetto a quelle con asportazione del *clipping*. Durante questa prova, in entrambi gli anni di rilievo, le parcelle sostenibili in coincidenza con i periodi più freddi hanno presentato un colore significativamente più scuro, e conseguentemente un aspetto estetico globale

sufficiente o discreto a differenza delle parcelle tradizionali che durante i mesi freddi hanno ottenuto, come tipico della specie, un AEG insufficiente. Tale risultato è emerso nei mesi di gennaio, febbraio e marzo 2006 e già dal mese di novembre 2006 fino a febbraio 2007.

Nella prova in esame i due itinerari tecnici si differenziavano per numerosi fattori per cui non è possibile individuare con certezza l'origine del risultato ottenuto. D'altra parte non era questo il risultato che si cercava, bensì la verifica di eventuali differenze tra due itinerari tecnici a diverso livello di input, prendendo quindi in considerazione tutte le possibili interazioni.

Nel corso di questa prova si è voluto verificare se l'effetto della miglior ritenzione del colore invernale del miscuglio a prevalenza di *F. arundinacea* potesse essere imputato ai trattamenti con bioattivatori. Schmidt e Chalmers (1993) su *Cynodon*, hanno verificato che tramite l'applicazione di estratti di alga, azoto e ferro, si può migliorare la ritenzione del colore durante il periodo invernale. Ben noti sono, anche su altre specie vegetali, gli effetti di trattamenti con prodotti contenenti estratti di alga per la resistenza agli stress da freddo (Verkleij, 1992). Nell'autunno 2006 su un terzo della superficie delle parcelle sostenibili non si è proceduto a nessun trattamento con bioattivatori, allo scopo di verificare un loro eventuale effetto diretto o in interazione con altri fattori sulla ritenzione del colore in inverno. I primi risultati del 2007 (dati non riportati) evidenziano l'inesistenza di un effetto del trattamento di bioattivatori rispetto a un itinerario tecnico sostenibile senza bioattivatori. Si ritiene quindi che i fattori più probabilmente responsabili della maggiore resistenza al freddo mostrata dalle parcelle di festuca sostenibili siano la concimazione tardo-autunnale insieme alla maggiore altezza di taglio che mantiene la pianta in condizioni di minore stress e ripara maggiormente i tessuti meristematici. Quest'ipotesi dovrà essere verificata, ma è importante rilevare che la migliore performance, nel periodo più critico dell'anno per questa specie, è stata ottenuta dalle parcelle sostenibili.

I valori medi di AEG sono stati sempre molto simili all'interno del trattamento, evidenziando una notevole uniformità di comportamento di questa specie nei nostri ambienti. Questa stabilità dei caratteri espressi da questa specie era già emersa in precedenti ricerche condotte in Italia ed a Viterbo (Cereti et al., 2005).

Concludendo, le parcelle di festuca gestite con itinerario sostenibile hanno ottenuto durante tutto l'anno punteggi di AEG buoni o molto buoni, dimostrando che l'itinerario integrato proposto per questa specie mantiene il tappeto erboso in ottime condizioni di salute.

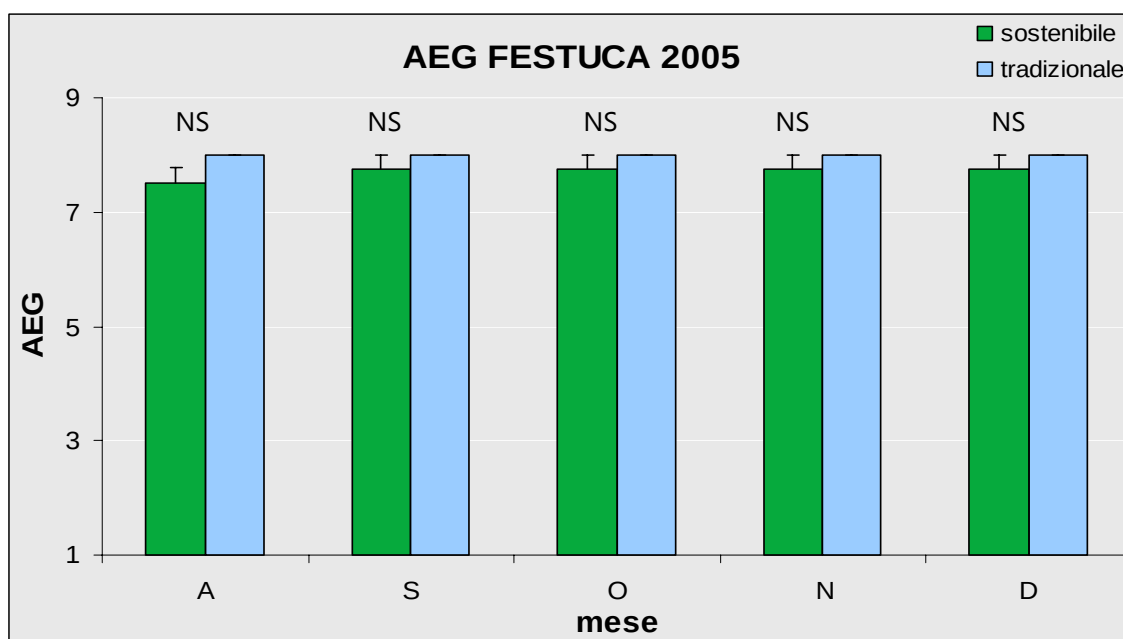


Figura 7. Aspetto estetico globale (AEG) nelle parcelle di festuca in scala 1-9 (1=aspetto pessimo; 9=aspetto eccellente) durante il 2005. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie.

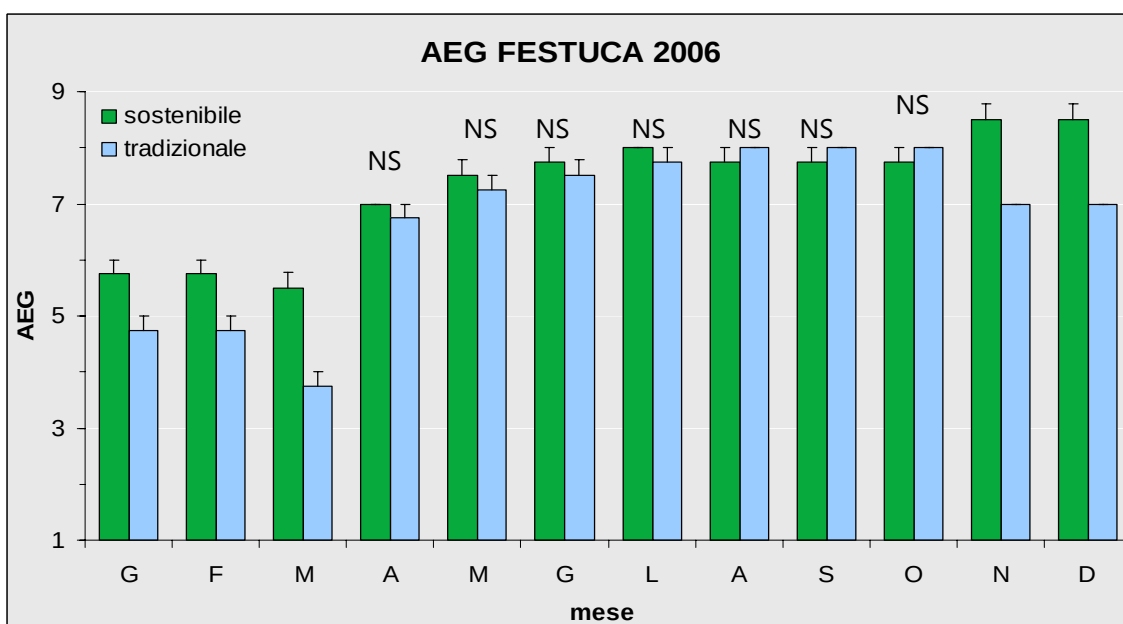


Figura 8. Aspetto estetico globale (AEG) nelle parcelle di festuca, in scala 1-9 (1=aspetto pessimo; 9=aspetto eccellente) durante il 2006. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. Se non diversamente indicato (NS) le medie sono differenti per $P \leq 0,05$ all'interno di ogni data.



Figura 9. Febbraio 2007, si dimostra la netta differenza di colore nelle parcelle di festuca con itinerario sostenibile (A) e tradizionale (B)



Figura 10. A ottobre 2006 si dimostra l'eccellente aspetto estetico globale di una parcella di festuca gestita con itinerario sostenibile. Sullo sfondo, al centro, una parcella di gramigna anch'essa in eccellenti condizioni.

3.1.3 Densità dei culmi

In Fig. 11 si riportano i valori di densità dei culmi registrati nel novembre 2005 e ottobre 2006. Come si vede, i rilievi effettuati nel novembre 2005 avevano evidenziato nelle parcelle di festuca con trattamento sostenibile valori di densità dei culmi statisticamente inferiori rispetto alle parcelle con itinerario tradizionale. Tra le cause di questa osservazione, si può senz'altro citare la maggiore altezza di taglio che determina un minore accestimento. In ogni modo a questo dato non corrispondeva, come già mostrato, una diminuzione dell'aspetto estetico globale coerentemente con quanto si trova in bibliografia in riferimento a *Poa pratensis* L. Nel 2006 il monitoraggio di questo importante carattere dei tappeti erbosi ha rivelato un forte calo della densità nelle parcelle con itinerario tecnico tradizionale mentre dal 2005 al 2006 nelle parcelle sostenibili il calo è risultato modesto (non statisticamente significativo). A fine 2006 non sussistono differenze significative nella densità dei culmi tra le parcelle di ogni trattamento. I valori registrati di densità dei culmi sono in linea con quanto riportato in letteratura per le altezze di taglio usate in questa prova.

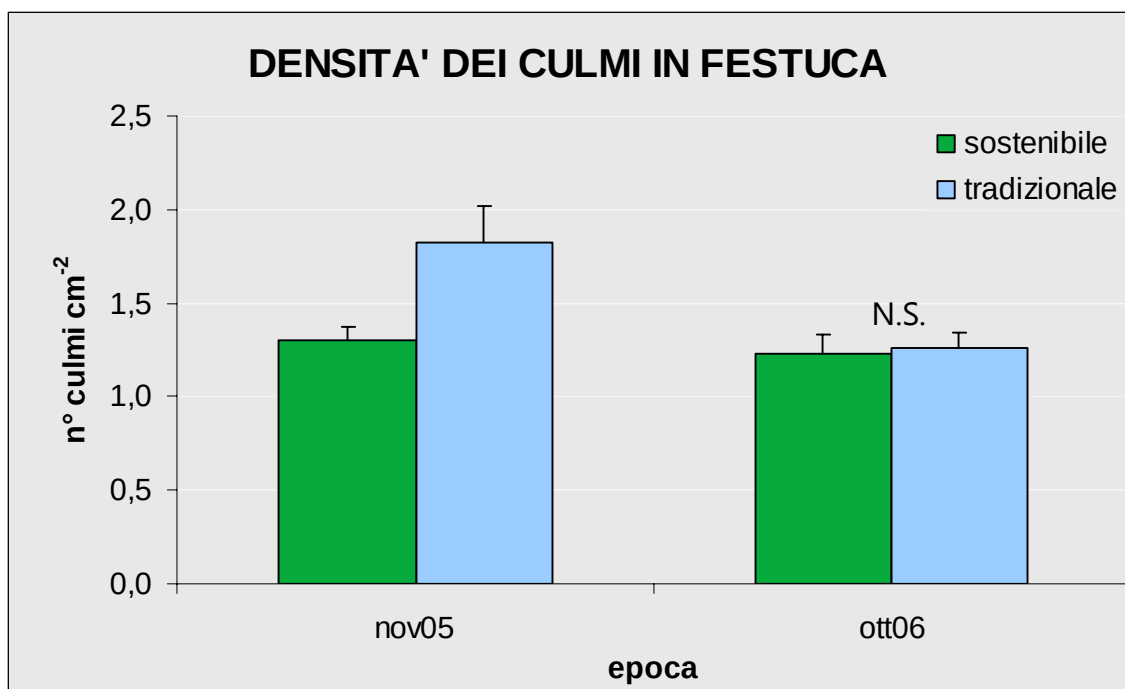


Figura 11. Densità dei culmi (n° culmi cm⁻²) nelle parcelle di festuca durante il 2005 e 2006. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. Se non diversamente indicato, le medie sono differenti per $P \leq 0,05$.

3.1.4 Feltro

In Fig. 12 sono riportati i valori di spessore del feltro registrati nel novembre 2005 e ottobre 2006. I rilievi effettuati sullo spessore del feltro delle parcelle di festuca nel 2005 hanno evidenziato valori leggermente più alti nelle parcelle con trattamento sostenibile ma non distinguibili dal punto di vista statistico rispetto alle parcelle con itinerario tecnico tradizionale. Questa osservazione non è stata confermata nel secondo anno, quando nelle parcelle gestite in modo sostenibile, si è registrato un significativo incremento dello spessore del feltro. Il valore di questo parametro è aumentato fino a portarsi in prossimità dei 18 mm, valore oltre il quale si ritiene possa determinare effetti negativi sul tappeto erboso, ostacolando la penetrazione di aria ed acqua (Beard, op. cit.). Cazzato et al. (2004) in una prova nel Sud Italia con *F. arundinacea* tagliata a 50 mm e fertilizzata con $20 \text{ g m}^{-2} \text{ anno}^{-1}$ di N, hanno ottenuto valori del feltro pari a 24 mm dopo due anni di prova, superiore rispetto alle tesi con asportazione del clipping pari a 21 mm. Grossi et al. (2004) a Pisa, dopo un anno di prova su *F. arundinacea* gestita però con differenti input e tagliata a 25 mm, hanno rilevato uno spessore del feltro di 13,2 mm, con valori crescenti al crescere dell'altezza di taglio.

L'aumento dello spessore del feltro nelle parcelle sostenibili può essere spiegato ricordando che queste erano tagliate in modalità *mulching* (non asportazione del tagliato, ma suo sminuzzamento per lasciarlo in situ). L'accumulo di sostanza organica indecomposta in queste parcelle potrebbe ricondursi non tanto alla pratica del *mulching* in sé, giacché è stato affermato da numerosi Autori che se la frequenza di taglio è appropriata (Beard, 1976; Haley et al., 1985; Johnson et al., 1987; Cereti et al., 2005) non si verifica accumulo di feltro, quanto proprio ad una non adeguata frequenza di taglio. Se lo spessore del feltro nelle parcelle sostenibili dovesse continuare ad aumentare, potrebbe essere più opportuno, nella stagione di maggiore crescita, adottare una maggiore frequenza di taglio (ad es., 5 giorni) per mettere le macchine tosaerba in condizione di sminuzzare al meglio l'erba tagliata. Il rischio della formazione di feltro potrà essere in alternativa controllato tramite l'esecuzione periodica di operazioni di topdressing e sfeltratura.

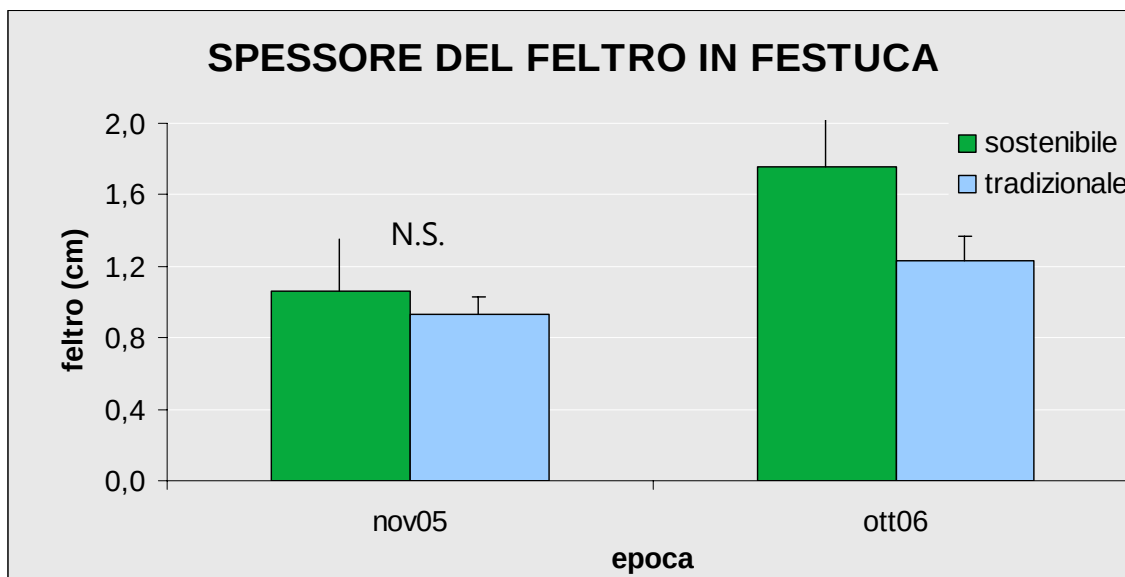


Figura 12. Spessore del feltro (cm) nelle parcelle di festuca durante il 2005 e 2006. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. Se non diversamente indicato, le medie sono differenti per $P \leq 0,05$.

3.1.5 Presenza di infestanti

I rilievi sulla presenza di infestazione sono stati condotti solo durante il corso del 2006, in quanto nel corso del primo anno della prova i livelli di infestazione sono stati fortemente influenzati dai movimenti di terra effettuati durante le operazioni di livellamento preliminari alla semina e pertanto ritenuti non significativi. I livelli di infestazione registrati durante i rilievi del 2006 sono riportati in Fig. 13.

Le parcelle di entrambi i trattamenti hanno mostrato una eccellente competitività con le erbe infestanti, senza apprezzabili infestazioni pur in assenza di trattamenti di diserbo chimico, durante tutto il secondo anno. All'origine della ridotta o nulla presenza di infestanti nelle parcelle di entrambi i trattamenti deve essere individuato, in primo luogo, l'eccellente stato di salute fitosanitario del tappeto erboso, che è così competitivo verso altre specie, e non crea zone di terreno vuoto facilitando quindi l'insediamento di specie infestanti.

Durante il periodo estivo, è stato notato un numero di emergenze di *Digitaria sanguinalis* minore nelle parcelle sostenibili. L'analisi statistica non ha tuttavia permesso di separare le medie dei trattamenti, in base ad una probabilità di errore pari a 0,05, per la presenza in campo alcune piante infestanti, anche nelle parcelle sostenibili. E' interessante osservare che questi dati sembrano rappresentare un compromesso tra quanto trovato da altri Autori sulla correlazione tra la presenza

di *D. sanguinalis*, l'altezza di taglio e la fertilizzazione azotata. Dernoeden et al. (1993) e Voigt et al. (2001) hanno, infatti, evidenziato che una maggiore altezza di taglio aiuta nel contenimento di *D. sanguinalis*. Per contro gli stessi Autori hanno riportato che ad elevate fertilizzazioni azotate corrisponde una minore presenza di questa aggressiva infestante estiva. In apparente contrasto con Busey (2003), questa prova ha dimostrato che non è necessaria un'altezza di taglio di 6-8 cm per un efficace controllo di *D. sanguinalis*. In realtà, questa prova suggerisce, che in presenza di un eccellente stato fitosanitario, l'altezza di taglio può essere abbassata fino a 4,8 cm contenendo ugualmente *D. sanguinalis*.

I risultati ottenuti sono consistenti anche con Jiang et al. (1998) che non trovarono correlazione tra due trattamenti irrigui a diversa percentuale di reintegro, e la presenza di *D. sanguinalis* o *Taraxacum officinale* su *L. perenne*.

Gli elevatissimi livelli di infestazione verificatisi nel 2005 (vedi paragrafo 2.5.5) hanno reso necessario un intervento di controllo chimico e di scerbatura manuale in entrambi i trattamenti. Il protocollo sperimentale prevedeva di poter ricorrere in maniera sporadica ad interventi chimici nelle parcelle sostenibili e la scelta di intervenire è stata pienamente giustificata. L'intervento effettuato ha permesso di riportare la prova in condizioni di ordinarietà e ha anche messo in luce come di fronte a situazioni particolarmente gravi, e soprattutto nelle fasi di insediamento di una coltura perenne quale il tappeto erboso, l'intervento chimico è di grande utilità e può essere indispensabile. Se ciò sembra escludere la possibilità, in alcuni casi, di un prato "biologico", non altrettanto può dirsi, a mio avviso, riguardo al prato "sostenibile". Un limitato ricorso ai diserbanti difficilmente può essere tacciato di insostenibilità, poiché un sistema naturale complesso e perenne, quale il tappeto erboso è dotato di una naturale resilienza che non può essere compromessa così facilmente.

Riassumendo, in accordo con Busey (2003) l'approccio integrato ha dimostrato di essere una efficace soluzione per il controllo della presenza di specie infestanti nei tappeti erbosi.

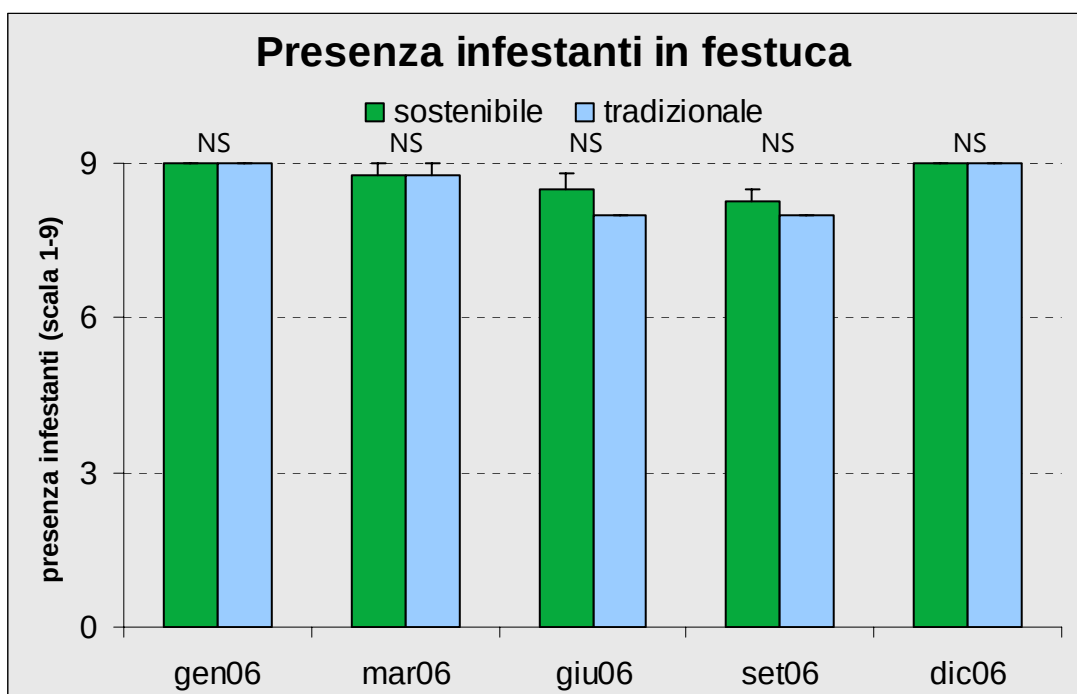


Figura 13. Presenza di infestanti nelle parcelle di festuca durante il 2006 in scala 1-9 (1=superficie completamente infestata; 9=prato non infestato). Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie.

3.1.6 Danni da malattie

Questi rilievi sono stati condotti solo durante il corso del 2006, quando nell'itinerario sostenibile è stato inserito il topdressing a diverse percentuali di sabbia e compost. Su nessun trattamento sono state riscontrate patologie di rilievo. Questo dato, seppur confortante sul livello di suscettibilità agli agenti patogeni, non ci ha consentito di trarre delle conclusioni riguardo un'effettiva differenza nell'effetto dei diversi itinerari tecnici, ed in particolare delle diverse modalità di topdressing, per quanto riguarda la resistenza a malattie (Fig. 14). L'unico rilievo in cui si sono notati alcuni limitatissimi attacchi di agenti patogeni è stato quello di settembre-ottobre 2006, a carico delle parcelle di entrambi i trattamenti. Il patogeno in questione è stato facilmente identificato dai sintomi esterni in *Laetisaria fuciformis* (McAlpine) Burdsall, agente causale della malattia chiamata "filo rosso". Tale malattia è considerata di secondaria importanza, raramente sono necessari interventi chimici per il suo controllo, e così anche in questa prova non si è eseguito nessun trattamento data l'entità molto lieve dell'attacco e la malattia è regredita spontaneamente.

F. arundinacea è una specie rustica poco sensibile allo sviluppo di malattie fungine, con la sola esclusione della macchia bruna (agente causale: *Rhizoctonia solani* Kühn) che negli USA è considerato un problema serio (Madison, 1966). Nel Nord Italia, questa malattia è tra le più diffuse sui tappeti erbosi (Gullino e Mocioni, 1994). Nei lavori scientifici sviluppati in Italia a Viterbo, attacchi gravi di questa malattia non sono però ancora stati osservati. Per questa ragione la mancanza di stati patologici su festuca non ha costituito un risultato inatteso. Si tratta inoltre di una malattia che colpisce i tappeti erbosi ad elevati input (Mocioni et al., 2004) e questo giustifica ulteriormente la mancanza di attacchi di *R. solani* nelle parcelle sostenibili. La mancanza di attacchi questo patogeno anche nelle parcelle gestite in modo tradizionale potrebbe essere dovuta ad un effetto di soppressione nei confronti di eventuali patogeni, causato dalla percentuale di compost nel *mix* usato per compiere il topdressing, seppur minore rispetto alle parcelle sostenibili. Sarà pertanto interessante verificare questa ipotesi modificando l'itinerario di controllo, inserendo la torba al posto del compost nel *mix* usato per il topdressing. L'eccellente stato fitosanitario delle parcelle di entrambi i trattamenti potrebbe anche essere dovuto ad un effetto di soppressione nei confronti dei patogeni da parte del compost usato come ammendane in fase di pre-impianto.

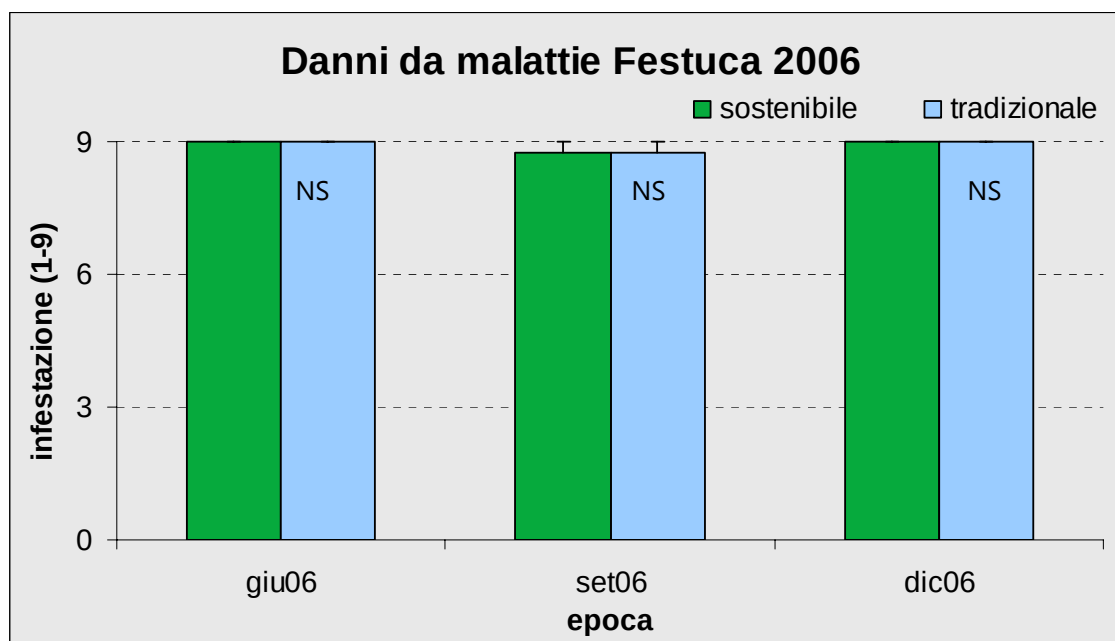


Figura 14. Danni da malattie nelle parcelle di festuca durante il 2006 in scala 1-9 (1= prato gravemente malato; 9=prato sano). Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie.

3.1.7 Produzione di clipping

In Fig. 15 sono rappresentati i valori cumulati di produzione di residui di taglio (espressi in sostanza secca) rilevati durante il corso del 2006. L'analisi statistica ha evidenziato che le parcelle sottoposte a itinerario tecnico sostenibile, pur in presenza di minori concimazioni, hanno prodotto più biomassa in maniera statisticamente significativa solo per $P < 0,055$. Questo dato è solo in apparente contrasto con le minori fertilizzazioni eseguite sulle parcelle sostenibili, poiché si deve tener conto anche dell'elevato grado di fertilità del terreno della prova e della conseguente mineralizzazione della sostanza organica, nonché della maggiore altezza di taglio e dei trattamenti con i bioattivatori previsti nell'itinerario sostenibile.

Si deve notare che la maggior biomassa prodotta dalle parcelle gestite con itinerario sostenibile, non rappresenta un maggior costo, dato che l'erba non viene asportata bensì lasciata in situ. Al contrario, gli oneri energetici e di manodopera nelle parcelle sostenibili sono da considerarsi minori perché non sussistono le fasi di carico e scarico dell'erba tagliata, il trasporto e lo smaltimento della stessa.

I valori di biomassa, da sola o divisa per il valore della densità, forniscono informazioni preziose per valutare la resistenza al calpestamento dei tappeti erbosi (Lush, 1990). Questa tesi è avvalorata anche dai risultati di Shildrick e Peel (1984) su *P. pratensis*, di Cattani e Clark (1991) su *Agrostis stolonifera*, e Trenholm et al. (1999) su *Paspalum vaginatum*. La mancanza di differenze tra i valori ottenuti in questa prova, sia come biomassa prodotta sia come densità di culmi, tra i due itinerari confrontati, indirettamente fornisce quindi un'ulteriore informazione, ovvero che non dovrebbero esservi differenze tra i due itinerari per la resistenza al calpestamento.

Il calcolo della resistenza potenziale al calpestamento come indicato da Lush (op. cit.) ha confermato che non vi sono differenze significative per questo parametro tra i trattamenti (Tab. 7).

Tabella 7: analisi della varianza per l'effetto dell'itinerario tecnico sulla resistenza potenziale al calpestamento ($\log_e$) come indicato da Lush (op.cit.), nel novembre 2006

Fonte di variazione	G.L.	Somma dei quadrati	Media dei quadrati	F	Pr(>F)
Itinerario tecnico	1	0.005625	0.005625	0.3302	0.5864
Residui	6	0.102206	0.017034		

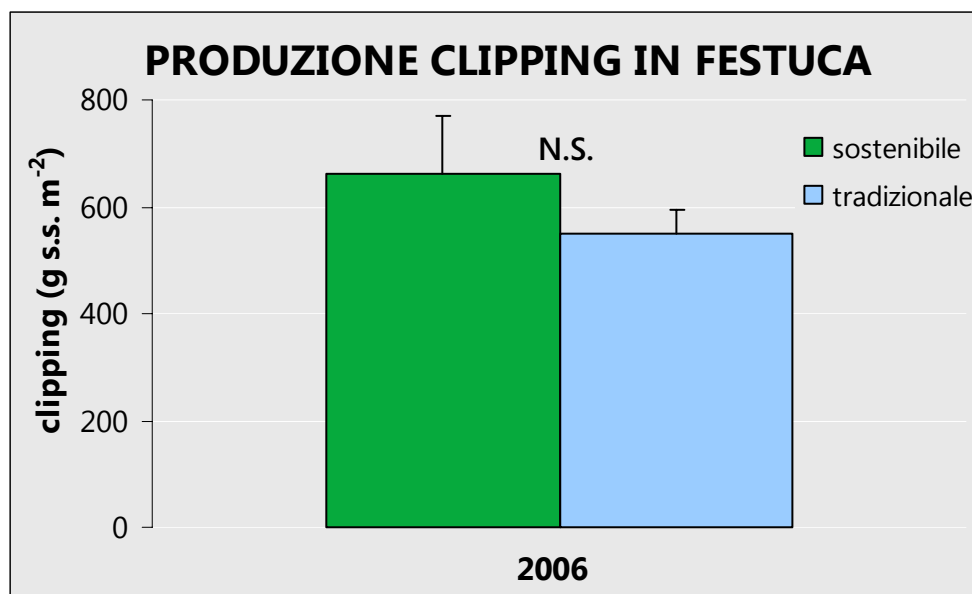


Figura 15. Produzione cumulata di *clipping* (g s.s. m⁻²) nel 2006 nelle parcelle di festuca con itinerario tecnico sostenibile e tradizionale. Le medie sono differenti statisticamente solo per $P \leq 0,055$. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie.

3.1.8 Contenuto di sostanza organica del terreno

La Fig. 16 riporta i valori di sostanza organica negli strati di terreno 0-20 cm e 20-40 cm rilevati nel novembre 2006. La Fig. 17 confronta invece i valori per lo stesso parametro nelle parcelle sostenibili nell'agosto 2005 e novembre 2006.

Nel 2006 non si sono riscontrate differenze tra le parcelle sostenibili e quelle tradizionali per quanto riguarda questo importante parametro, in entrambi i profili di terreno analizzati. Lo strato più superficiale, interessato dall'ammendamento con compost in fase di pre-impianto e dalla crescita della maggior parte degli apparati radicali del tappeto erboso, è apparso, come prevedibile, più ricco in sostanza organica rispetto allo strato sottostante.

Rispetto al 2005, il contenuto di sostanza organica nei primi 20 cm di suolo, è diminuito in entrambi i trattamenti in maniera statisticamente significativa, e tale

diminuzione è risultata maggiore nelle parcelle gestite con itinerario sostenibile. Questa circostanza è verosimilmente dovuta al processo di mineralizzazione cui sta andando incontro la sostanza organica contenuta nel compost usato per ammendare il terreno in fase di pre-impianto. Tuttavia si deve notare anche che l'aumento dello spessore del feltro nelle parcelle di questa specie gestite in modo sostenibile, evidenzia un accumulo di sostanza organica che deve ancora essere incorporata nel terreno. Nei prossimi anni sarà necessario osservare l'andamento del contenuto di sostanza organica per chiarire se il piano di fertilizzazione proposto per le parcelle sostenibili di questa specie sia in grado di garantire il soddisfacimento dei fabbisogni di un tappeto erboso come quello della prova.

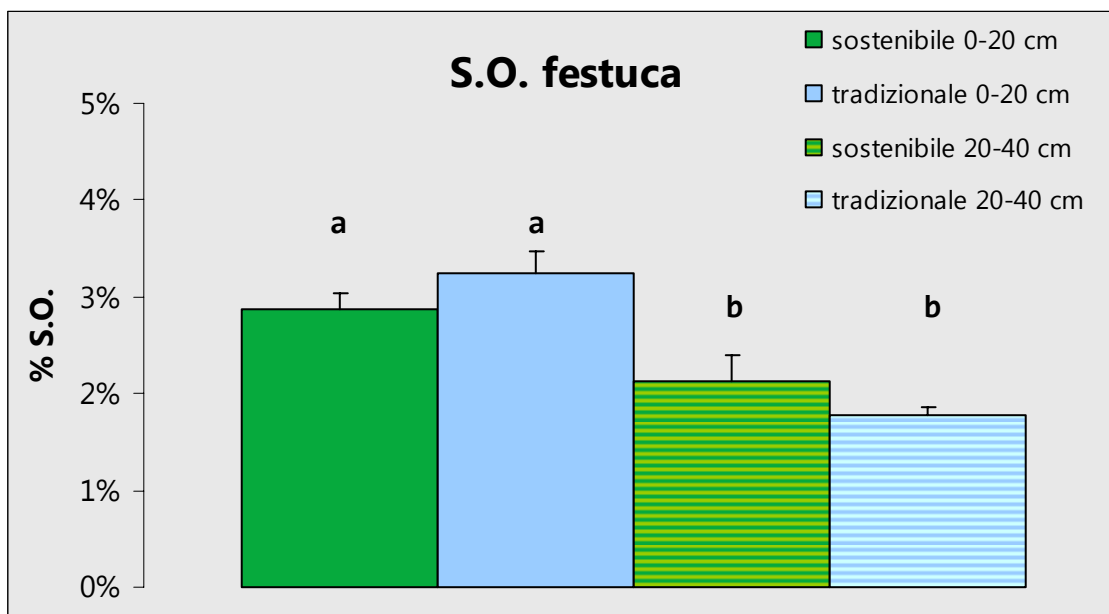


Figura 16. Sostanza organica (%) del terreno in festuca, negli strati 0-20 cm e 20-40 cm (novembre 2006). Lettere diverse indicano medie differenti per $P \leq 0,05$. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie.

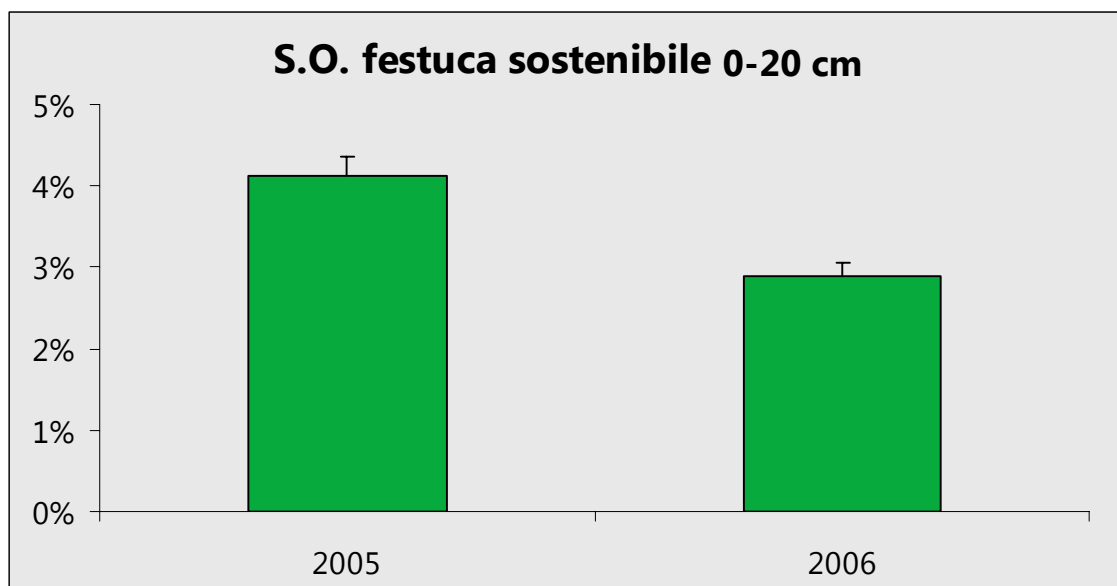


Figura 17. Sostanza organica (%) del terreno (0-20 cm) in festuca sostenibile, nell'agosto 2005 e novembre 2006. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. Le medie sono differenti statisticamente per $P \leq 0.05$.

3.1.9 *Contenuto di azoto totale del terreno*

La Fig. 18 riporta il contenuto di azoto totale negli strati di terreno 0-20 cm e 20-40 cm rilevati nel novembre 2006. L'analisi statistica ha messo in mostra la presenza di differenze altamente significative per questo parametro. Le parcelle sostenibili, nel profilo di terreno più superficiale, hanno evidenziato un contenuto di azoto totale superiore rispetto alle parcelle gestite con itinerario tradizionale. Questo dato, è solo in apparente contrasto con la mancanza di differenze nel contenuto di sostanza organica (Fig. 16), perché può aver risentito della concimazione effettuata a fine settembre nelle parcelle sostenibili. E' in ogni modo utile rilevare che negli studi compiuti da alcuni Autori, non sempre vi è correlazione tra la mineralizzazione della sostanza organica e quella dell'azoto, probabilmente a causa di una diversa composizione della biomassa microbica (Cambardella et al., 2003; Kluse et al., 2004).

Come prevedibile, gli strati superficiali, interessati dall'ammendamento con compost in fase di pre-impianto e dalla crescita della maggior parte degli apparati radicali del tappeto erboso, sono più ricchi in azoto rispetto allo strato sottostante. In questo profilo non si manifestano differenze tra i trattamenti.

La dotazione di azoto del terreno nel profilo 0-20 cm è da considerarsi media in entrambi i trattamenti (Giardini, 2002).

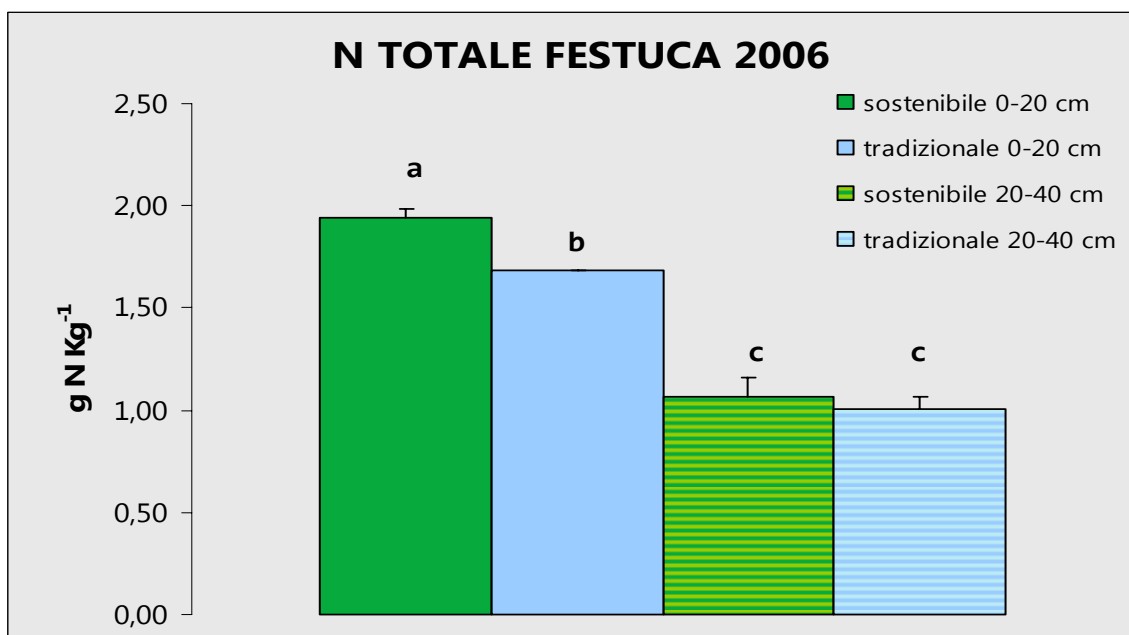


Figura 18. Azoto totale (g N Kg⁻¹) del terreno nelle parcelle di festuca, in due strati di terreno (0-20 cm e 20-40 cm), nel novembre 2006. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. Lettere diverse indicano differenze significative per $P \leq 0,01$.

3.2 *Cynodon dactylon*

3.2.1 Velocità d'insediamento

In Fig. 18 sono riportati i valori registrati della velocità di insediamento di *C. dactylon* nelle parcelle destinate ad essere sottoposte ai due differenti itinerari tecnici (sostenibile e tradizionale). Non si è registrata nessuna differenza tra le parcelle, osservazione ovviamente attesa in quanto fino alla semina i due trattamenti non si erano differenziati. Ciò nonostante si riporta tale dato perché indica la presenza di condizioni iniziali simili o uguali tra le varie parcelle e per confrontarlo con i dati che si trovano in letteratura per questa specie.

I tempi di insediamento registrati nella prova sono stati in linea con i valori tipici di *C. dactylon* di 7-10 giorni dopo la semina che si riscontrano in letteratura per questa specie (Turgeon, op. cit.; Beard, op.cit.) e per questa varietà (. Coerentemente con le alte temperature verificatesi dopo la semina, avvenuta a fine giugno 2005, l'emergenza completa si è verificata velocemente, 7 giorni dopo la semina. La percentuale di copertura delle parcelle di *C. dactylon* è poi aumentata velocemente sino ad ottenere una copertura completa in settembre 2005.

I valori rilevati per la velocità di insediamento sono in linea con quanto riportato in letteratura.

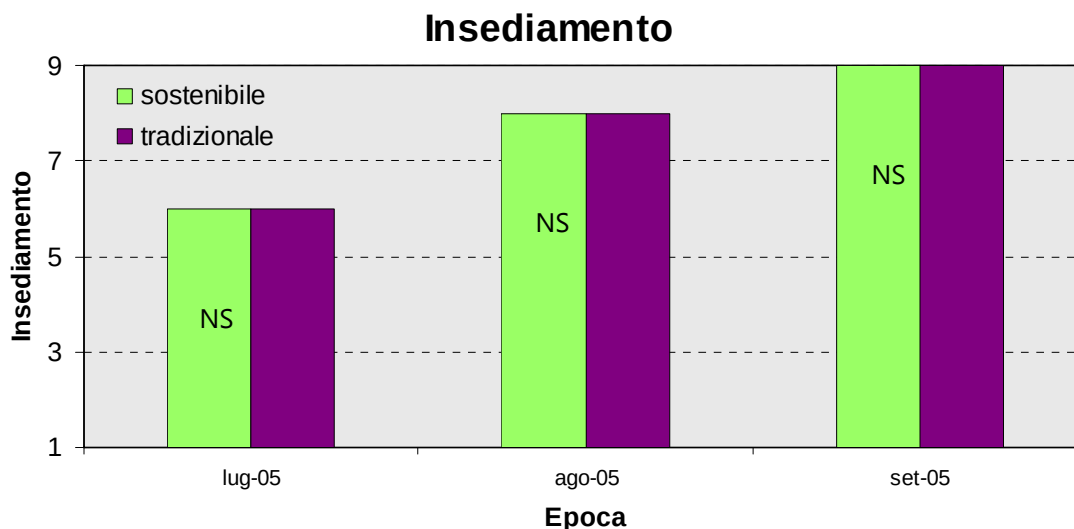


Figura 19. Velocità di insediamento di *C. dactylon*, in scala 1-9 (1=copertura nulla; 9=copertura completa).

3.2.2 *Aspetto estetico globale*

I dati mensili rilevati dell'aspetto estetico globale (AEG) delle parcelle seminate con il miscuglio a prevalenza di *Cynodon dactylon*, da luglio 2005 a febbraio 2007 sono riportati nelle Figure 19 e 20.

Nei nostri ambienti *C. dactylon* presenta un periodo di crescita attiva che mediamente inizia a fine aprile e termina in novembre. Durante i restanti mesi dell'anno questa specie macroterma entra in uno stato di dormienza che comporta il disseccamento totale della parte epigea, ad eccezione degli stoloni. Questo comportamento è tipico di tutte le zone climatiche di transizione dove la gramigna è impiegata per le sue qualità nel periodo estivo. L'aspetto estetico globale non può che risentire di tale comportamento e raggiunge quindi valori molto bassi durante i mesi di dormienza.

Nei mesi di crescita attiva entrambi i trattamenti hanno evidenziato un AEG buono o molto buono. Questo risultato è in accordo con tutti le ricerche di altri Autori che hanno investigato il comportamento di *C. dactylon* e anche di 'Princess' in ambiente mediterraneo (Volterrani et al., 1997; Marchione, 2004b), che hanno dimostrato come nei mesi caldi dell'anno questa specie offra un livello qualitativo pari o superiore a quello delle altre specie microterme. L'analisi della varianza condotta sui dati di tali mesi, ha evidenziato nettamente la mancanza di un effetto dell'itinerario tecnico sull'AEG. I valori F calcolati non sono mai stati superiori a quelli tabellari per una probabilità di errore pari a 0,05 e pertanto si può affermare che non vi sono differenze significative tra i trattamenti. I valori dell'errore standard mostrano che tale situazione è dovuta alla mancanza di differenze piuttosto che ad una elevata variabilità entro trattamenti. La mancanza di differenze significative tra l'itinerario standard e quello tradizionale nei mesi freschi e caldi dell'anno è da interpretare come un risultato positivo, in quanto pur riducendo gli input apportati alla coltura, il risultato tecnico non è cambiato. E' importante rilevare che le dosi azoto minerale e di acqua irrigua previste dall'itinerario tecnico sostenibile sono risultate sufficienti a garantire un ottimo stato di salute, senza che si manifestasse alcun segno di stress. Resta tuttavia da chiarire quale sia stato il contributo della sostanza organica apportata con l'ammendamento al soddisfacimento dei fabbisogni nutritivi del tappeto erboso.

Le elevate capacità di resistenza agli stress idrici ben note di *C. dactylon* hanno suggerito l'idea che potrebbe essere possibile incrementare ulteriormente il turno irriguo (es. 5 giorni), senza significativi peggioramenti dell'AEG.

Sebbene non sia stato possibile compiere il rilievo della profondità degli apparati radicali, sulla base di quanto presente in letteratura (Huang, 2004) è verosimile che le parcelle gestite con itinerario sostenibile abbiano sviluppato un apparato radicale più profondo.

Un dato di notevole interesse per quanto riguarda *C. dactylon* è rappresentato dalle differenze emerse tra i diversi itinerari tecnici alla fine dell'inverno 2005 (febbraio e marzo 2006). In questi mesi le parcelle sostenibili presentavano un livello di infestazione nettamente inferiore a quello delle parcelle tradizionali che invece presentavano un livello di infestazione nella maggior parte dei casi non accettabile. Si trattava soprattutto di infestazioni di *P. annua* e *Lamium amplexicaule* L.

Gli effetti di questa situazione sono riflessi solo parzialmente nei dati dell'aspetto estetico globale in quanto questo parametro tiene in considerazione anche altri fattori oltre alla presenza di erbe infestanti, quali, ad esempio, il colore che era comunque completamente insoddisfacente. L'AEG quindi ha registrato punteggi bassi anche nelle parcelle sostenibili per via della decolorazione totale del tappeto erboso.

Dato che i due itinerari tecnici differivano per numerosi fattori non è possibile individuare con certezza l'origine di una tale differenza nella competitività con le infestanti. E' possibile avanzare delle ipotesi che facciano da spunto per successive prove semplificate per numero di fattori considerati. Si è ritenuto che il fattore forse responsabile del minore livello di infestazione sia la maggiore altezza di taglio delle parcelle sostenibili che in inverno crea una matrice secca più fitta ed ombrosa, che rende più difficile la germinazione dei semi e l'affrancamento dei germinelli delle specie infestanti. Nel corso del 2006, per non penalizzare in maniera ingiustificata il trattamento standard, l'ultimo taglio è stato fatto alla stessa altezza di quello sostenibile. In questo modo si ottiene anche una riduzione dei danni da freddo alla successiva ripresa vegetativa (Bruneau et al., 2004). Nessuna differenza tra i trattamenti è stata osservata fino a febbraio 2007 in merito al livello di infestazione. Tale circostanza sembrerebbe confermare

l'ipotesi fatta che dovrà essere verificata con una prova specifica. Per gli scopi di questa prova è in ogni modo importante rilevare che la migliore performance nel periodo invernale è stata ottenuta dalle parcelle sostenibili. Per quanto riguarda le parcelle con trattamento standard, si è preferito non fare ricorso al diserbo invernale a base di glifosate in quanto tale tecnica nei nostri ambienti deve ancora essere perfezionata per evitare, come già accaduto in altre prove, il manifestarsi di aree danneggiate alla ripresa vegetativa primaverile.

Nessuna differenza è emersa tra i trattamenti sostenibili e tradizionali per quanto riguarda la ritenzione del colore in autunno. Alcune ricerche (Schmidt e Chalmers, 1993; Gibeault et al., 2002) hanno evidenziato che l'attività fotosintetica della gramigna può essere estesa in autunno e stimolata in primavera tramite la concimazione tardo-autunnale. Tale pratica è generalmente ritenuta rischiosa in quanto potrebbe rendere i tessuti più teneri inducendo quindi una minore resistenza al freddo delle piante. Tuttavia, alla Mississippi State University, Goatley (1994a, 1994b, e 1998) non ha riscontrato tale effetto negativo. In questa prova, i trattamenti con bioattivatori in autunno e la concimazione tardo-autunnale effettuati sulle parcelle sostenibili non hanno determinato nessuna differenza per quanto riguarda la ritenzione del colore.

In questa prova non è stata valutata la resistenza al freddo (misurata dalla vitalità di stoloni e rizomi) durante l'inverno, per cui non è possibile stimare la percentuale di danno agli organi perenni. Tuttavia si deve rilevare che in primavera, pur con temperature minime che durante l'inverno hanno raggiunto -5°C, il tappeto erboso di gramigna ha ripreso la vegetazione in maniera uniforme e non si sono notate differenze tra i trattamenti per questo parametro. Ciò costituisce un primo segnale, seppur di natura qualitativa, che una limitata fertilizzazione azotata ad inizio autunno (effettuata nelle parcelle sostenibili) non sembra determinare una diminuzione della resistenza al freddo. Su questo tema, le ricerche condotte da altri Autori sono contrastanti. Reeves et al. (1970) hanno affermato che si deve evitare la concimazione tardo-autunnale di azoto mentre Gilbert e Davis (1971) e Goatley et al. (1994b, 1998) non hanno trovato un effetto della fertilizzazione azotata sulla resistenza al freddo di questa specie.

Infine si deve osservare che i valori medi di AEG sono risultati sempre molto simili all'interno del trattamento.

Concludendo, i valori di AEG delle parcelle di gramigna gestite con itinerario sostenibile sono stati durante tutto l'anno buoni o molto buoni, simili o migliori rispetto all'itinerario di controllo, dimostrando che l'itinerario integrato proposto per questa specie mantiene il tappeto erboso in ottime condizioni di salute.

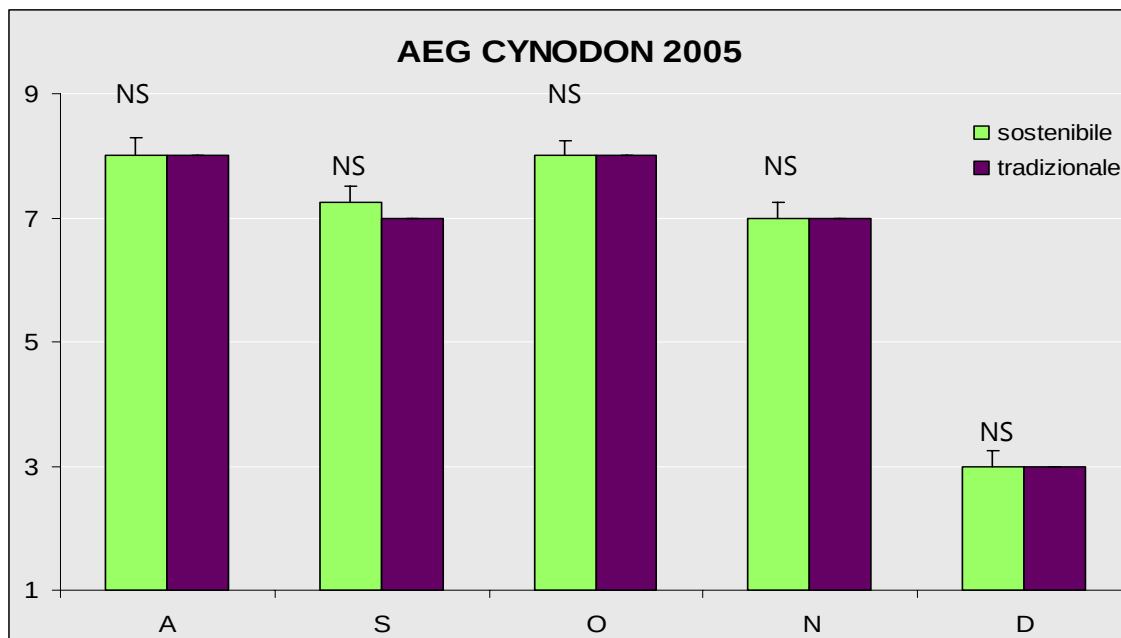


Figura 20. Aspetto estetico globale (AEG) di *Cynodon dactylon* durante il 2005 in scala 1-9 (1=aspetto pessimo; 9=aspetto eccellente). Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie.

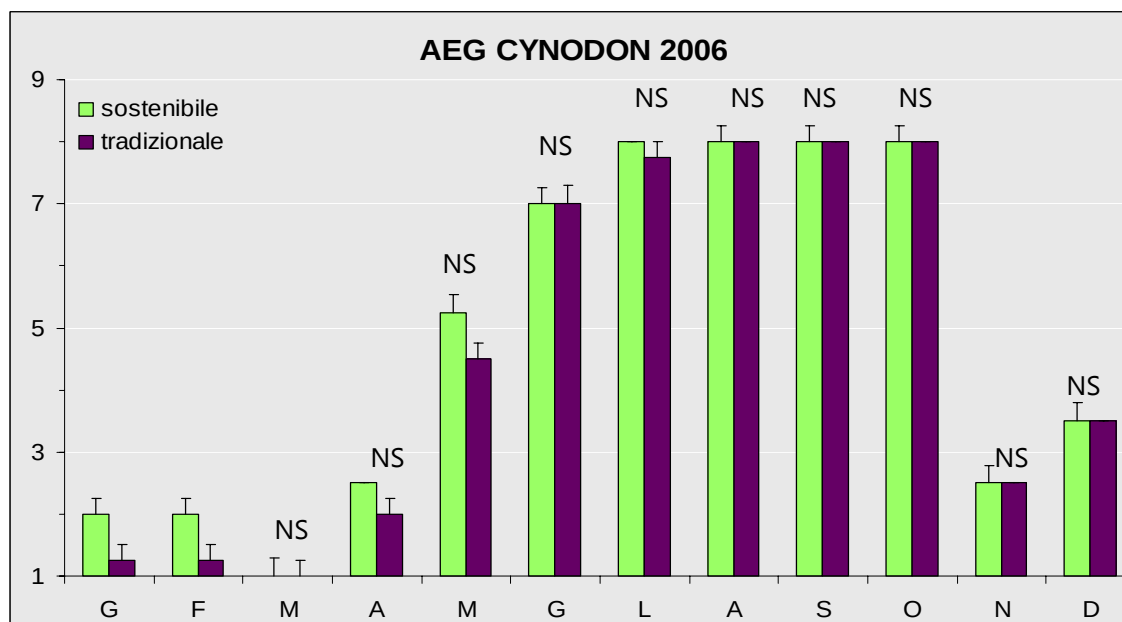


Figura 21. Aspetto estetico globale (AEG) di *C. dactylon* durante il 2006 in scala 1-9 (1=aspetto pessimo; 9=aspetto eccellente). Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. Se non diversamente indicato le medie sono differenti per $P \leq 0,05$.

3.2.3 Densità dei culmi

In Fig. 21 sono riportate le valutazioni di densità dei culmi effettuate nell'ottobre 2006. Si è preferito riportare la valutazione in scala 1-9 (1=tappeto erboso molto rado; 9= tappeto erboso molto fitto), il metodo più usato a livello internazionale, piuttosto che la conta diretta. Tale scelta è stata giustificata dalla difficoltà oggettiva di compiere una conta precisa dei culmi in questa specie. La conta diretta è stata comunque eseguita, e ha fornito gli stessi risultati relativi della valutazione visiva.

Le parcelle con trattamento sostenibile hanno una densità dei culmi uguali alle parcelle con trattamento tradizionale. Questo dato è da interpretare positivamente, dato che la maggiore altezza di taglio poteva portare ad un diradamento del cotico di *Cynodon*. Il risultato ottenuto è invece segno di un buon stato funzionale del tappeto erboso (Lush, 1990).

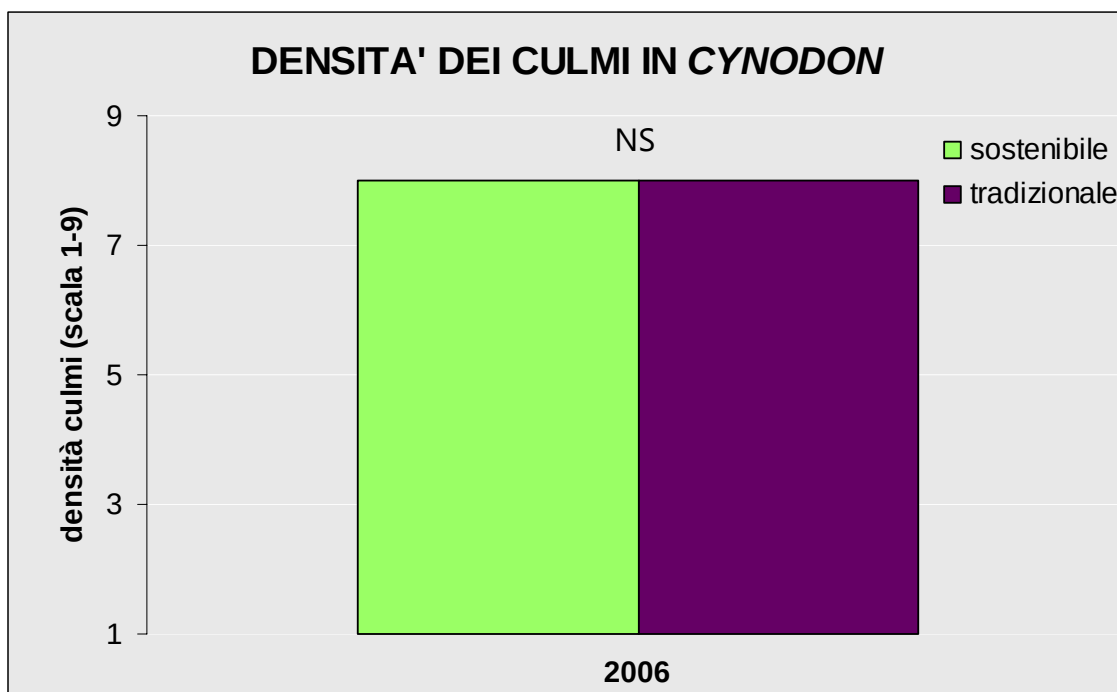


Figura 22. Densità dei culmi delle parcelle di *C. dactylon* in scala 1-9 (1=tappeto erboso molto rado; 9= tappeto erboso molto fitto), nel novembre 2006. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie.

3.2.4 Spessore del feltro

In Fig. 22 sono riportati i valori di spessore del feltro registrati nell'ottobre 2006. Tali rilievi effettuati hanno evidenziato valori indistinguibili dal punto di vista statistico rispetto alle parcelle con itinerario tecnico tradizionale. Questa osservazione è importante perché nelle parcelle trattate in modalità sostenibile, il taglio con modalità mulching (non asportazione del tagliato) non ha determinato un significativo incremento dello spessore del feltro. Il valore di questo importante parametro è inoltre ben lontano dal valore di 18 mm, valore oltre il quale si ritiene possa determinare effetti negativi sul tappeto erboso, ostacolando la penetrazione di aria ed acqua (Beard, op. cit.).

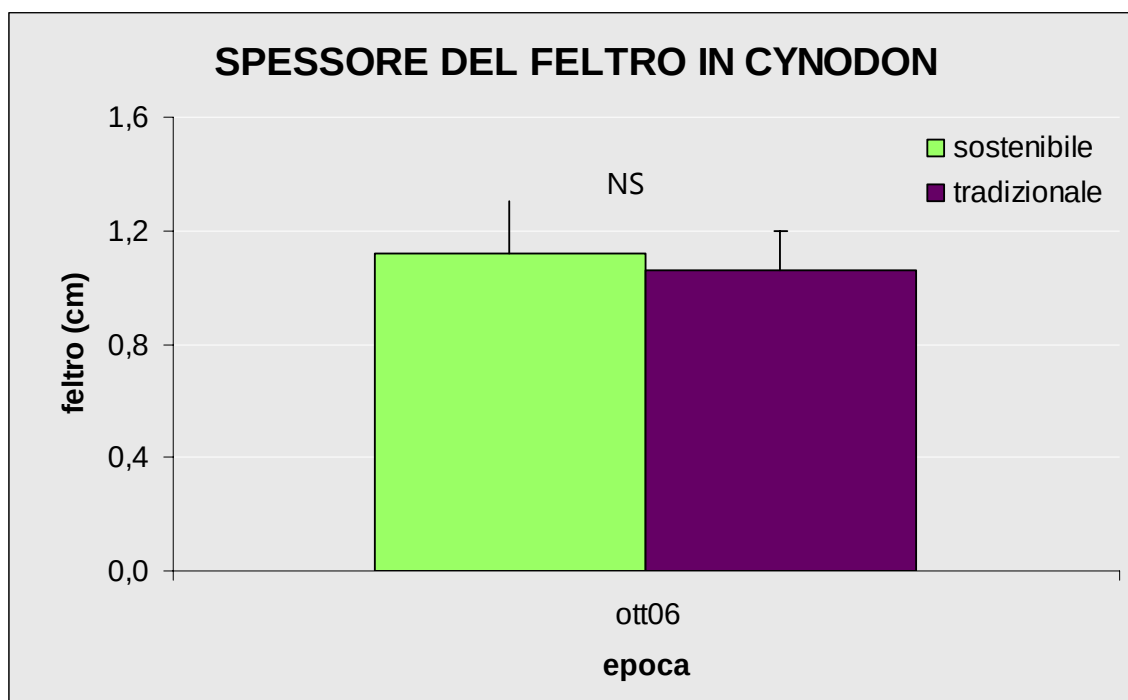


Figura 23. Spessore del feltro (cm) nelle parcelle di *C. dactylon* nel novembre 2006. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie.

3.2.5 *Presenza di infestanti*

I rilievi sulla percentuale di infestazione sono stati condotti solo durante il corso del 2006, in quanto nel corso del primo anno della prova i livelli di infestazione sono stati fortemente influenzati dai movimenti di terra effettuati durante le operazioni di livellamento preliminari alla semina e pertanto ritenuti non significativi. I livelli di infestazione registrati durante i rilievi del 2006 sono riportati in Fig. 23. In sintesi si è notato che:

- nel 2005 sono apparse notevoli differenze in inverno su *Cynodon* in funzione del differente itinerario tecnico;
- nessuna differenza si nota tra i trattamenti durante i mesi di crescita.

Il forte livello di infestazione delle parcelle di *Cynodon* con itinerario tecnico tradizionale, come già detto al paragrafo 3.2.1, è da ricondursi molto probabilmente alla minore altezza di taglio che rende il tappeto erboso in dormienza durante i mesi invernali un ambiente più favorevole per la germinazione dei semi delle specie infestanti.

Il protocollo sperimentale prevedeva di poter ricorrere in maniera sporadica ad interventi chimici nelle parcelle sostenibili. Gli elevatissimi livelli di infestazione verificatisi nel 2005 (vedi paragrafo 2.5.5) hanno reso necessario un intervento di controllo chimico e di scerbatura manuale in entrambi i trattamenti, che hanno permesso di riportare la prova in condizioni di ordinarietà. Di fronte a situazioni particolarmente gravi, e soprattutto nelle fasi di insediamento di una coltura perenne quale il tappeto erboso, l'intervento chimico è di grande utilità e può essere indispensabile. Il trattamento chimico con una miscela di fluroxipir, clopiralid e MCPA estere, non ha indotto nessun danno sulle giovani piante. Questo dato è in linea con quanto ottenuto da McCalla et al. (2004), che hanno riportato una buona tolleranza agli erbicidi nei germinelli dopo una settimana dall'emergenza.

In accordo con Busey (2003) l'approccio integrato ha dimostrato di essere una efficace soluzione per il controllo della presenza di specie infestanti nei tappeti erbosi.

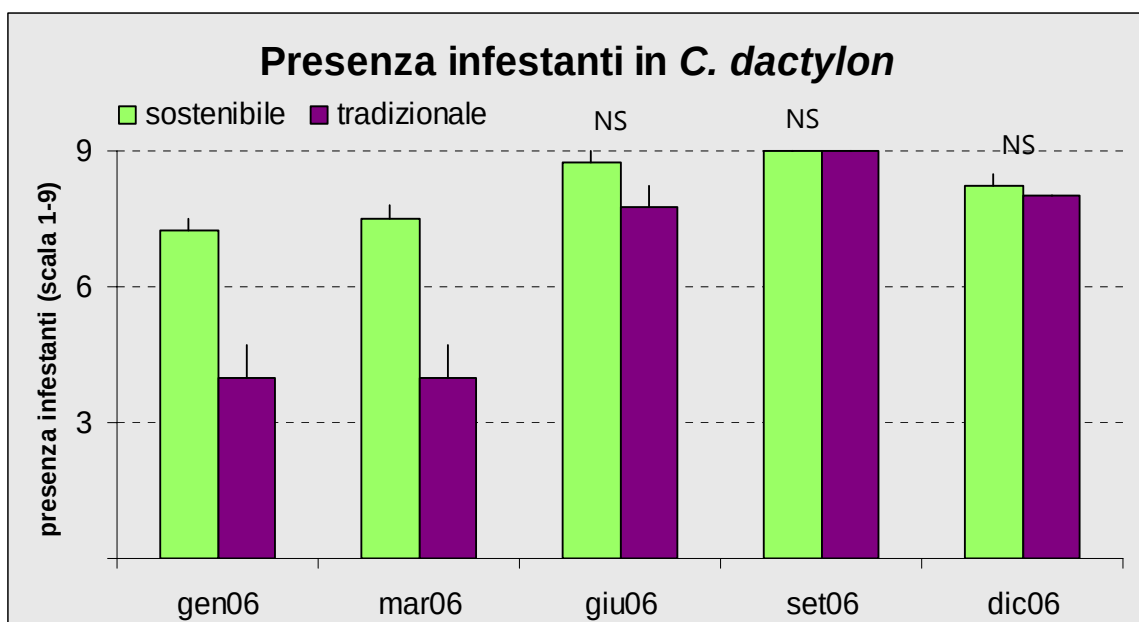


Figura 24. Presenza di infestanti in *C. dactylon* durante il 2006 in scala 1-9 (1=superficie completamente infestata; 9=prato non infestato). Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie. Se non diversamente indicato, le medie sono differenti per $P \leq 0,05$.

3.2.6 Danni da malattie

Questi rilievi sono stati condotti solo durante il corso del 2006, quando nell'itinerario sostenibile è stato inserito il topdressing a diverse percentuali di sabbia e compost. Su nessun trattamento sono state riscontrate patologie di rilievo. Questo dato, seppur confortante sul livello di suscettibilità agli agenti patogeni, non ci ha consentito di trarre delle conclusioni riguardo un'effettiva differenza nell'effetto dei diversi itinerari tecnici, ed in particolare delle diverse modalità di topdressing, per quanto riguarda la resistenza a malattie (Fig. 24).

C. dactylon è una specie rustica poco sensibile allo sviluppo di malattie fungine fogliari, 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, op. cit.). 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). La malattia in Italia è stata già rilevata, anche a Viterbo in prossimità dell'appezzamento della prova (dati non pubblicati). Si tratta in genere di una malattia che interessa tappeti erbosi di qualche anno di età, per cui l'assenza di stati patologici sulle parcelle di gramigna

di entrambi i trattamenti, non è stata un risultato inatteso. Si deve comunque rilevare che potrebbe essersi verificato un effetto di soppressione nei confronti dei patogeni, causato dal compost usato per l'ammendamento in fase di pre-impianto; in alternativa potrebbe essersi verificato anche un effetto di soppressione nei confronti dei patogeni, da parte del compost usato per compiere il topdressing, seppur in diverse percentuali tra i trattamenti. Sarà interessante verificare questa ipotesi modificando l'itinerario di controllo, inserendo la torba al posto del compost nel *mix* usato per il topdressing.

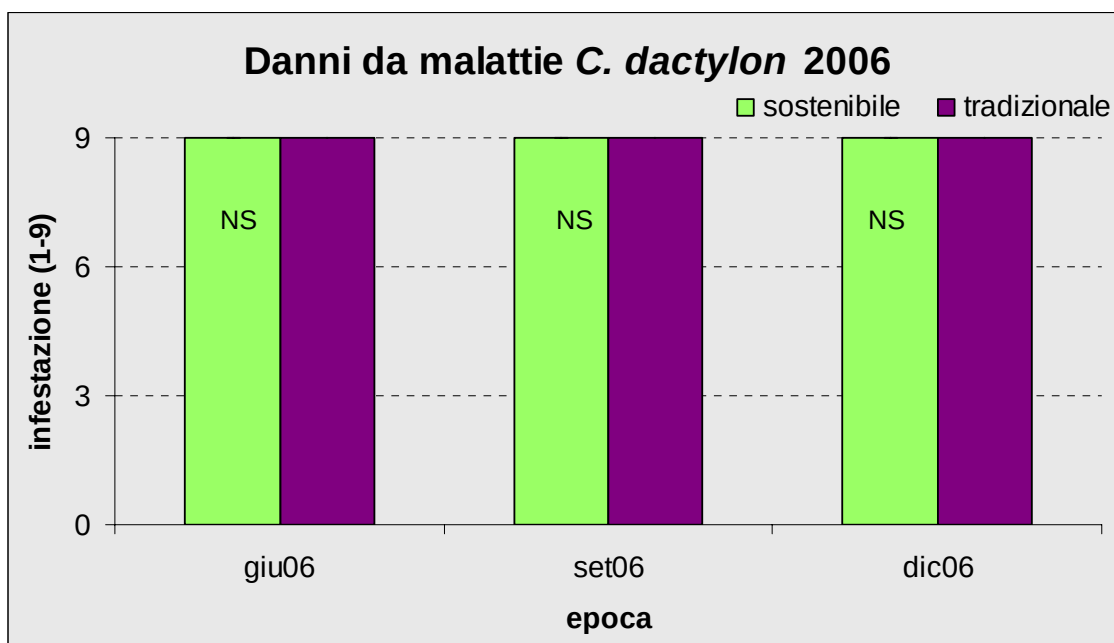


Figura 25. Danni da malattie nelle parcelle di *C. dactylon*, durante il 2006, in scala 1-9 (1=prato gravemente malato; 9=prato sano). Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie.

3.2.7 Produzione di clipping

In Fig. 25 sono rappresentati i valori cumulati di produzione di residui di taglio (espressi in sostanza secca) rilevati durante il corso del 2006. L'analisi statistica ha evidenziato che le parcelle sottoposte a itinerario tecnico sostenibile hanno prodotto più biomassa in maniera statisticamente significativa. Questo dato è solo in apparente contrasto con le minori fertilizzazioni eseguite sulle parcelle sostenibili, poiché si deve tener conto anche dell'elevato grado di fertilità del terreno della prova e della conseguente mineralizzazione della sostanza organica,

nonché della maggiore altezza di taglio e dei trattamenti con i bioattivatori previsti nell'itinerario sostenibile.

Si deve in ogni modo notare che la maggior biomassa prodotta dalle parcelle sottoposte a itinerario tecnico sostenibile, non rappresenta un maggior costo, dato che l'erba non viene asportata bensì lasciata in situ. Al contrario, gli oneri energetici e di manodopera nelle parcelle sostenibili sono certamente da considerarsi minori perché non sussistono le fasi di carico e scarico dell'erba tagliata, il trasporto e lo smaltimento della stessa.

I valori di biomassa, da sola o divisa per il valore della densità, forniscono inoltre, informazioni preziose per valutare la resistenza al calpestamento dei tappeto erbosi (Lush, 1990). La maggior biomassa prodotta dalle parcelle sostenibili, indirettamente suggerisce che queste potrebbero essere caratterizzate da una maggiore resistenza al calpestamento rispetto a quelle gestite in modo standard. La mancanza di dati precisi sulla densità dei culmi in questa specie, non ha consentito di effettuare il calcolo della resistenza potenziale al calpestamento (Lush, op. cit.). Tuttavia, dalla metodologia di calcolo di questo indice si può desumere che data l'assenza di differenze tra i trattamenti per il parametro densità dei culmi, si affievoliscano le differenze tra i trattamenti per la resistenza al calpestamento.

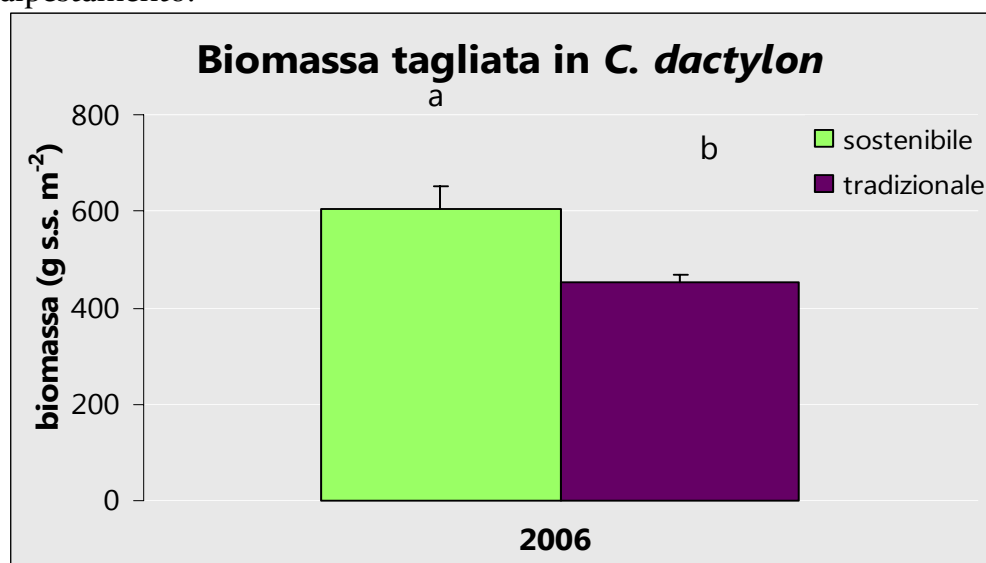


Figura 26. Produzione cumulata di clipping (g s.s. m⁻²) nelle parcelle sostenibili e tradizionali di *C. dactylon*, nel 2006. Lettere diverse indicano medie differenti per $P \leq 0,05$. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie.

3.2.8 Contenuto di sostanza organica del terreno

La figura 26 riporta i valori di sostanza organica negli strati di terreno 0-20 cm e 20-40 cm rilevati nelle parcelle di gramigna nel novembre 2006. La figura 27 confronta invece i valori per lo stesso parametro nelle parcelle sostenibili nell'agosto 2005 e novembre 2006.

Non si sono riscontrate differenze tra le parcelle sostenibili e quelle tradizionali per quanto riguarda questo parametro, in entrambi i profili di terreno analizzati. Lo strato più superficiale, interessato dall'ammendamento con compost in fase di pre-impianto e dalla crescita della maggior parte degli apparati radicali del tappeto erboso, è apparso, come prevedibile, più ricco in sostanza organica rispetto allo strato sottostante. Scendendo in profondità, il tenore in sostanza organica varia da valori superiori al 3% a valori inferiori al 2%.

Rispetto al 2005, il tenore medio di sostanza organica nelle parcelle sostenibili non è variato in maniera significativa. Nei prossimi anni sarà necessario osservare se il contenuto di sostanza organica rimarrà stabile per chiarire se il piano di fertilizzazione proposto per le parcelle sostenibili di questa specie sia in grado di garantire il soddisfacimento dei fabbisogni di un tappeto erboso come quello della prova.

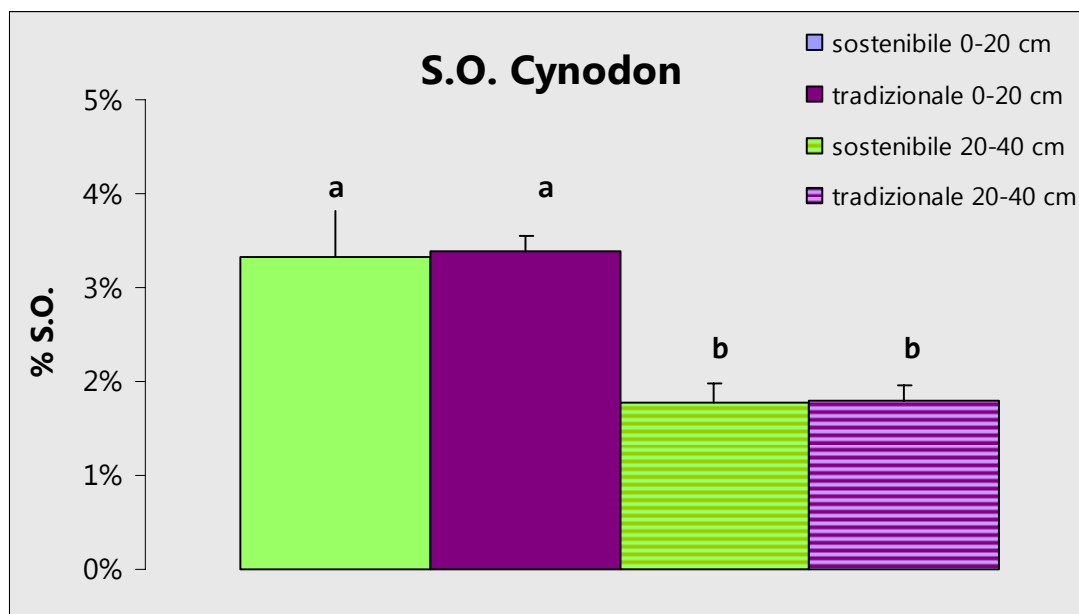


Figura 27. Sostanza organica (%) del terreno nelle parcelle di *Cynodon dactylon* in due strati di terreno (0-20 cm e 20-40 cm), nel novembre 2006. Lettere diverse indicano medie differenti per $P \leq 0,05$. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie.

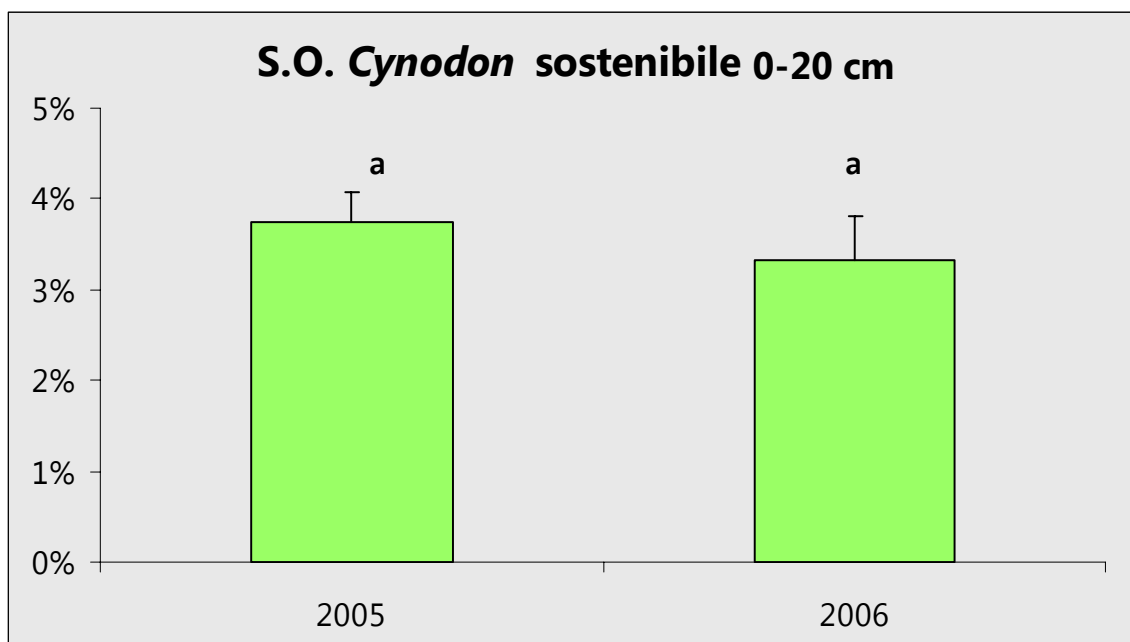


Figura 28. Sostanza organica (%) del terreno (0-20 cm) nelle parcelle di gramigna nell'agosto 2005 e novembre 2006. Lettere diverse indicano differenze significative per $P \leq 0,05$. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie.

3.2.9 *Contenuto di azoto totale del terreno*

La Fig. 29 riporta il contenuto di azoto totale negli strati di terreno 0-20 cm e 20-40 cm rilevati nel novembre 2006. Al contrario di quanto avvenuto in festuca, l'analisi statistica non ha messo in mostra la presenza di differenze significative per questo parametro tra i trattamenti, nel profilo 0-20 cm, ma ha evidenziato differenze significative nel profilo 20-40 cm. Questo dato, è solo in apparente contrasto con la mancanza di differenze nel contenuto di sostanza organica (Figura 27), perché può aver risentito della concimazione azotata effettuata a fine settembre nelle parcelle sostenibili. E' in ogni modo utile rilevare che alcuni Autori hanno riportato che non sempre vi è correlazione tra la mineralizzazione della sostanza organica e quella dell'azoto, probabilmente per una diversa composizione della biomassa microbica (Cambardella et al., op. cit.; Kluse et al., op. cit.).

Come prevedibile, gli strati superficiali, interessati dall'ammendamento con compost in fase di pre-impianto e dalla crescita della maggior parte degli apparati radicali del tappeto erboso, sono più ricchi in azoto rispetto allo strato sottostante.

La dotazione di azoto del terreno nel profilo 0-20 cm è da considerarsi media in entrambi i trattamenti (Giardini, 2002).

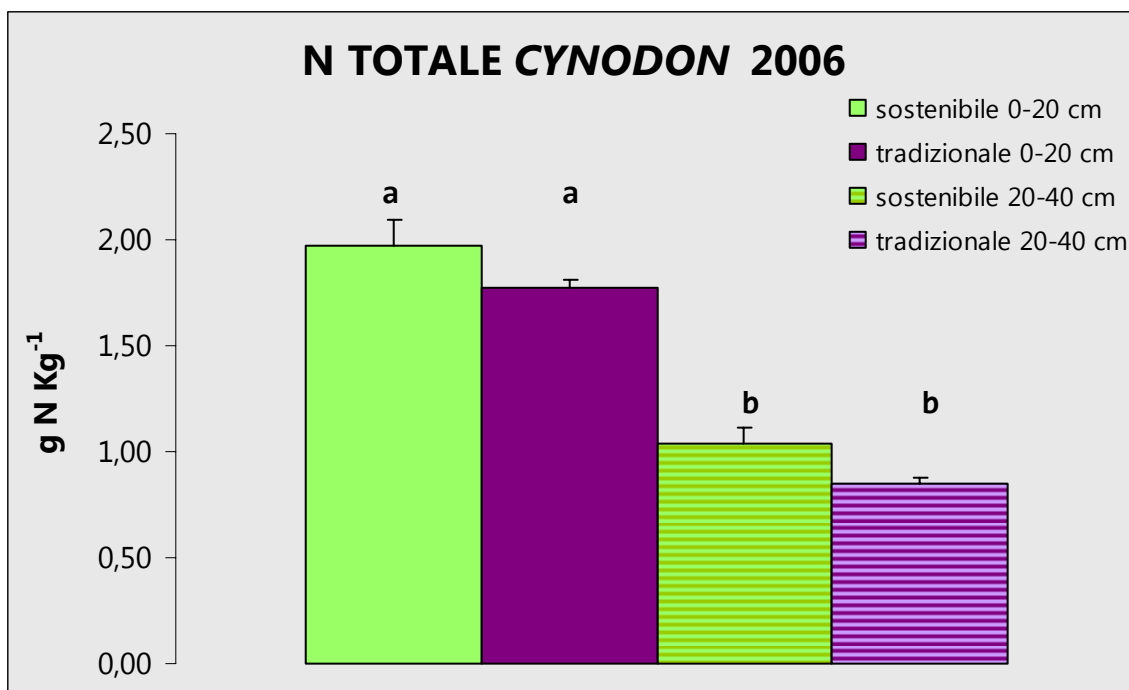


Figura 29. Azoto totale (g N Kg⁻¹) del terreno in due strati di terreno (0-20 cm e 20-40 cm) in *C. dactylon* nel novembre 2006. Lettere diverse indicano differenze significative per $P \leq 0,05$. Le barre verticali rappresentano l'errore standard delle medie.

4. Conclusioni

4.1 *Festuca arundinacea* Schreb.

I risultati ottenuti da *F. arundinacea*, sottoposta ad un itinerario tecnico sostenibile, messo a punto con un approccio di tipo integrato, finalizzato a creare il minor livello di stress al tappeto erboso ed al contempo a favorire le caratteristiche di maggior resistenza agli stress biotici ed abiotici, sono stati molto buoni e al di là degli obbiettivi prefissati.

La prova sperimentale è stata difatti impostata puntando a limitare gli input apportati al sistema colturale tappeto erboso senza determinare un decadimento del risultato tecnico. Al termine di due anni di sperimentazione, il tappeto erboso di *F. arundinacea* gestito con un itinerario tecnico sostenibile non soltanto non si è rivelato qualitativamente inferiore all'itinerario standard, ma è apparso nettamente migliore per molte caratteristiche.

L'aspetto estetico globale del tappeto erboso sostenibile di festuca durante i mesi freschi e caldi dell'anno non si manifesta differenze con l'itinerario standard. Questo dato significa che nell'approccio integrato come quello proposto, la frequenza di irrigazione pari a due volte la settimana e la restituzione del 66% dell'ETP sono adeguate a questo tipo di tappeto erboso, non essendo mai stati notati segni di sofferenza da stress idrico. Tale circostanza ha suggerito l'idea che potrebbe essere possibile incrementare ulteriormente il turno irriguo (es. 5 giorni), senza significativi peggioramenti dell'AEG.

Durante le stagioni invernali, l'aspetto estetico globale del tappeto erboso sostenibile di festuca è nettamente migliore di quello gestito con itinerario tradizionale, grazie ad un colore più intenso. Date le caratteristiche della prova svolta, non è possibile individuare con certezza l'origine del risultato ottenuto, ma è stato possibile escludere che si tratti dei soli trattamenti con bioattivatori. Sulla base di quanto riportato in letteratura si ritiene che i fattori più probabilmente responsabili della maggiore resistenza al freddo mostrata dalle parcelle di festuca arundinacea sostenibili siano la concimazione tardo-autunnale insieme alla maggiore altezza di taglio che mantiene la pianta in condizioni di minore stress e ripara maggiormente i punti meristematici. Il comportamento invernale, ed in

particolare il colore in questa stagione, è il tallone d'achille di questa specie e pertanto il risultato ottenuto ha una notevole rilevanza.

Non sono emerse differenze tra i trattamenti per la densità dei culmi, mentre lo spessore del feltro delle parcelle sostenibili nel 2006 è maggiore rispetto alle parcelle standard, con valori prossimi alla soglia critica. Questo dato, suggerisce di inserire nell'itinerario sostenibile una periodica operazione di sfeltratura.

Le parcelle di entrambi i trattamenti hanno mostrato una eccellente competitività con le erbe infestanti, giungendo alla fine del secondo anno, senza apprezzabili infestazioni pur in assenza di trattamenti di diserbo chimico. Questi risultati dimostrano l'eccellente stato di salute delle parcelle della prova sperimentale.

Su nessun trattamento sono state riscontrate patologie di rilievo. Questo dato, seppur confortante sul livello di suscettibilità agli agenti patogeni, non ci ha consentito, per ora, di trarre delle conclusioni riguardo un'effettiva differenza nell'effetto dei diversi itinerari tecnici, ed in particolare delle diverse modalità di topdressing, per quanto riguarda la resistenza a malattie. Limitatissimi attacchi di *Laetisaria fuciformis*, regrediti spontaneamente, sono avvenuti in settembre-ottobre 2006, a carico delle parcelle di entrambi i trattamenti. Si conferma nei nostri ambienti la mancanza di attacchi di *Rhizoctonia solani*, unico patogeno in grado di infliggere danni seri ai tappeti erbosi di *F. arundinacea*.

La diminuzione del tenore in sostanza organica avvenuta nell'intero appezzamento rende necessaria una prosecuzione della prova per verificare se tale andamento proseguirà o se invece questo parametro si stabilizzerà.

4.2 *Cynodon dactylon* (L.) Pers.

I risultati ottenuti dalle parcelle di *Cynodon dactylon* sottoposte ad un itinerario tecnico sostenibile, messo a punto con un approccio di tipo integrato finalizzato a creare il minor livello di stress al tappeto erboso ed al contempo a favorire le caratteristiche di maggior resistenza agli stress biotici ed abiotici, sono stati molto buoni e al di là di quanto ipotizzabile sulla scorta della letteratura.

La prova sperimentale è stata, infatti, impostata puntando a limitare gli input apportati al sistema colturale tappeto erboso senza determinare un decadimento del risultato tecnico. Al termine di due anni di sperimentazione, il tappeto erboso di gramigna gestito con un itinerario tecnico sostenibile non soltanto non si è

rivelato statisticamente inferiore all'itinerario standard, ma è apparso migliore per alcune caratteristiche.

L'aspetto estetico globale del tappeto erboso sostenibile di *C. dactylon* durante i mesi freschi e caldi dell'anno non è differente tra gli itinerari standard e sostenibile. Questo dato significa che con un approccio integrato come quello proposto, la frequenza di irrigazione pari a due volte la settimana e la restituzione del 66% dell'ETP sono adeguate a questo tipo di tappeto erboso, non essendosi mai notati segni di sofferenza da stress idrico. Tale circostanza suggerisce anche che potrebbe essere possibile incrementare ulteriormente il turno irriguo, senza peggioramenti significativi dell'AEG.

Durante le stagioni invernali, l'aspetto estetico globale del tappeto erboso sostenibile di *C. dactylon* è apparso migliore, grazie ad un minore livello di infestazione, soprattutto di *P. annua*. Date le caratteristiche della prova svolta, non è possibile individuare con certezza l'origine del risultato ottenuto, ma è verosimile che tale circostanza sia da ricondursi alla maggiore altezza di taglio.

Non sono emerse differenze tra i trattamenti, per la densità di culmi e lo spessore del feltro, così come per i danni da malattie, non manifestatisi in entrambi i trattamenti.

Le parcelle di entrambi i trattamenti hanno mostrato una eccellente competitività con le erbe infestanti durante il 2006. Nei mesi di crescita attiva non si sono registrate apprezzabili infestazioni pur in assenza di trattamenti di diserbo chimico. Durante il periodo invernale, entrambi i trattamenti hanno manifestato una certa suscettibilità alle infestazioni di *P. annua*, con le parcelle ad itinerario tradizionale più infestate rispetto a quelle gestite con itinerario sostenibile.

5. Bibliografia

- Adams, W.A., Bryan, P.J. e Walker, G.E. 1973. Effects of cutting height and nitrogen nutrition on growth pattern of turfgrasses. Proc. of the 2nd Int. Turfgrass Res. Conf., p. 131-144.
- Adams, W.A. e Gibbs, R.J. 1994. Natural Turf for Sports and Amenity: Science and Practice. CAB International, Wallingford, pp. 404.
- Ahring, R.M., W.W. Huffine, C.M. Talifero, e Morrison, R.D. 1975. Stand establishment of bermudagrass from seed. Agron. J. 67, 229-232.
- Akhtar, M.S., Richards, B.K., Medrano, P.A., deGroot, M., Steenhuis, T.S. 2003. Dissolved Phosphorus from Undisturbed Soil Cores: Related to Adsorption Strength, Flow Rate, or Soil Structure? Soil Sci. Soc. Am. J. 67, 458-470
- Aldous, D. 2000. Advances in turfgrass science and management in Australasia. Diversity, vol. 16, 1-2, 51-52.
- Allen, P., Van Dusen, D., Lundy, J. e Gliessman, S. 1991. Integrating social, environmental and economic issues in sustainable agriculture. Am. J. Altern. Agric. 6, 34-39.
- ATTRA (Appropriate Technology Transfer for Rural Areas). 2003. Sustainable turf care. <http://www.attra.ncat.org>.
- Balogh, J.C., Gibeault, V.A., Walker, W.J., Kena, M.P. e Snow, J.T. 1992. Background and overview of environmental issues. Golf Course Management & Construction, Lewis publishers, p. 1-37.
- Beard, J.B. 1965. Factors in the Adaptation of Turfgrass to Shade. Agron. J. 57, 457-459.
- Beard, J.B. 1973. Turfgrass science and culture. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Beard J.B. 1976. Clipping disposal in relation to rotary lawn mowers and the effect on thatch. Journal of the Sports Turf Research Institute 52, 85-91.
- Beard, J.B. 1989a. The role of *Gramineae* in enhancing malt's quality of life. p. 1-9. In Symp. Proc. Nat. Comm. Agric. Sci., Tokyo. July 1989. Japanese Sci. Council, Tokyo.
- Beard, J.B. 1989b. Turfgrass water stress: Drought resistance component, physiological mechanisms, and species-genotype diversity. In H. Takatoh (ed.) Proc. 6th Int. Turfgrass Res. Conf., Tokyo. July 1989. Japanese Soc. Turfgrass Sci., Tokyo. p. 23-28.

- Beard, J.B. e Green, R.L. 1994. The Role of Turfgrasses in Environmental Protection and Their Benefits to Humans. *J. Environ. Qual.* 23, 452-460.
- Bell, S. e Morse, S. 2000. Sustainability indicators: measuring the immeasurable. James & James/Earthscan Publications Ltd, London.
- Bennett, O.L., e Doss, B.D. 1960. Effect of soil moisture level on root distribution of cool-season forage species. *Agron. J.* 52, 204-207.
- Beyrouthy, C.A., West, C.P., e Gbur, E.E. Root development of bermudagrass and tall fescue as affected by cutting interval and growth regulators *Plant and Soil*, 127, 23-30.
- Bladon, M. 1994. Mowing costs breakdown. *Turf & Recreation*. March. 7, 2, 34-35.
- Blasi, C. 1993. Carta del fitoclima del Lazio. (Regionalizzazione e Caratterizzazione climatica). Regione Lazio, Assessorato Agricoltura – Foreste, Caccia e Pesca, Usi civici. Università “La Sapienza”. Dipartimento di Biologia Vegetale, Roma.
- Bologna, G. 2005. Manuale della sostenibilità. Idee, concetti, nuove discipline capaci di futuro. Ed. Ambiente, Milano. pp. 331.
- Bona e Gallo, 2005. Alghe e loro estratti: caratteristiche e impiego come biostimolanti sulle colture orticole. *Phytomagazine*, 36.
- Bonny, S. 1994. Les possibilités d'un modèle de développement durable en agriculture. Le cas de la France, *Le courrier de l'environnement de l'INRA*, 213, 5-15.
- Bossel. H. 1999. Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications, International Institute for Sustainable Development, Winnipeg.
- Brede, A.D. 1993. Tall Fescue/Kentucky bluegrass mixtures: effect of seeding rate, ratio, and cultivar on establishment characteristics. *Proc. of the 7th Int. Turfgrass Res. Conf.*, 1005A-1005G.
- Brock, J.L., Anderson, L.B. e Lancashire, J.A. 1982. 'Grasslands Roa' tall fescue: seedling growth and establishment. *New Zealand journal of experimental agriculture* 10, 285-289.
- Brown, L. 2004. Piano B. Una strategia di soccorso per la Terra. Ed. Ambiente.
- Bruneau, A.H., Peacock, C.H., Cooper, R.J. e Erickson, E.J. 2004. *Cynodon* spp. Management programs for the upper transition zone in the southeastern United States. *Acta Hort.* (ISHS) 661,551-557.

- Busey, P., e Myers, B.J. 1979. Growth rates of turfgrasses propagated vegetatively. *Agron. J.* 71, 817-821.
- Busey, P. 2003. Cultural management of weeds in turfgrass: a review. *Crop. Sci.* 43, 1899-1911.
- Cambardella, C.A., Richard, T.L., Russell, A. 2003. Compost mineralization in soil as a function of composting process conditions. *European Journal of Soil Biology* 39, 117-127.
- Carpenter, S.R., Caraco, N.F., Correll, D.L., Howarth, R.W., Sharpley, A.N. e Smith, V.H. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecol. Applic.* 3, 559-568.
- Carrow, R.N. 1996a. Drought resistance aspects of turfgrasses in the southeast: Root-shoot responses. *Crop Sci.* 36, 687-694.
- Carrow, R.N. 1996b. Drought avoidance characteristics of diverse tall fescue cultivars. *Crop Sci.* 36, 371-377.
- Carson, R. 1962. *Silent Spring*. Houghton Mifflin Company, Boston. Ed. it., *Primavera silenziosa*, Feltrinelli, Milano, 1963 (II ed. 1973).
- Cattani, D.J., e Clark, K.W. 1991. Influence of wear stress on turfgrass growth components and visual density ratings. *Can. J. Plant Sci.* 71, 305-308.
- Cazzato, E., Anesse, V. e Corleto, A. 2004. Effects of clipping management on some aspects of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) turf. *Acta Hort.* (ISHS) 661, 301-307.
- Cereti, C.F. 1993. Il sistema colturale «tappeto erboso». *Annali dell'Accademia di Agricoltura di Torino*, 135, 39-52.
- Cereti, C.F. e Rossini F. 1997. Effect of intensity and duration of shade on turfgrasses in a mediterranean environment. *Proc. of the 8th Int. Turfgrass Res. Conf.*, 1260-1266.
- Cereti, C.F. 2002. Coltivazioni erbacee: Foraggiere e Tappeti Erbosi. In: Baldoni R., Giardini L., Ed. Patron, Bologna
- Cereti C.F., Rossini F. e Nasseti F. 2004. Effect of water supply reduction on warm season grasses in Mediterranean environment. *Acta Hort.* (ISHS) 661:153-158.
- Cereti, C.F., Rossini F. e Nasseti F. 2005. Wear tolerance characterization of 110 turfgrass varieties. *Proc. of 10th Int. Turfgrass Res. Conf. Llandudno, Galles. 10-15 Luglio 2005.*

- Chichester, F.W. 1977. Effects of increased fertilizer rates on nitrogen content of runoff and percolate from monolith lysimeters. *J. Environ. Qual.* 6, 211-217.
- Christians, N.E. 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, pp.99-112.
- Christians, N.E. 1998. *Fundamentals of Turfgrass Management*. Ann Arbor Press.
- CNEL, 2005. Indicatori per lo sviluppo sostenibile in Italia. Rapporto finale.
- Cohen, S., Svrjcek, A., Durborow, T. e Barnes, N.L.. 1999. Water quality impacts by golf courses. *J. Environ. Qual.* 28, 798-809.
- Cole, J.T., Baird, J.H., Basta, N.T., Huhnke, R.L., Storm, D.E., Johnson, G.V., Payton, M.E., Smolen, M.D., Martin, D.L e Cole, J.C. 1997. Influence of buffers on pesticide and nutrient runoff from bermudagrass turf. *J. Environ. Qual.* 26, 1589-1598
- Costanza et al. 1997. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*, 387, 253-260.
- Crouch, I.J. 1990. The effect of seaweed concentrate on plant growth. Dissertation for doctor of philosophy. Dept. Botany. Univ. Natal, Pietermaritzburg. South Africa.
- Crutzen, P.J. 2005. *Benvenuti nell'Antropocene!* Ed. Mondatori.
- Daly H.E. 1991. Elements of environmental macroeconomics. In: Costanza, R. (a cura di), *Ecological Economics: the Science and Management of Sustainability*. Columbia University Press.
- Daily, G. C. 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island, Washington DC.
- Daly, H. E. 1997. *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*.
- Damiani, C.R., Volterrani, M., Lercari, S., Stefanini, S., Alpi, A. and Guglielminetti, L. 2004. Comparative study on fructan accumulation ability in seventeen Ntall fescue varieties. *Acta Hort.* (ISHS) 661,217-225.
- Davies, W.J. e Zhang., J. 1991. Root signals and the regulation of plant growth and development in drying soil. *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology.* 42, 55-76.
- Davis, D.L., e Gilbert, W.B. 1970. Winter hardiness and changes in soluble protein fractions of bermudagrass. *Crop Sci.* 10, 7-9.

- Debord, 1994. La società dello spettacolo. Baldini&Castoldi, Milano, 1967.
- Dernoeden, P.H., Carroll, M.J. e Krouse, J.M. 1993. Weed management and tall fescue quality as influenced by mowing, nitrogen, and herbicides. *Crop Sci.* 33,1055-1061.
- Doss, B.D., Ashley, D.A. e Bennett, O.L. 1960. Effect of soil moisture regime on root distribution of warm season forage species. *Agron. J.* 52, 569-572.
- Doss, B.D., Bennett, O.L. e Ashley, D.A. 1964. Moisture use by forage species as related to pan evaporation and net radiation. *Soil Sci.* 98, 322-327.
- Ebdon, J.S. e Skogley, C.R. 1985. Performance of coolseason turfgrass in mixture under reduced maintenance. *Proc. of the 5th Int. Turfgrass Res. Conf.*, p. 275-283.
- Ebeling, A.M., Bundy, L.G., Powell, J.M. e Andraski, T.W. 2002. Dairy diet phosphorus effects on phosphorus losses in runoff from land-applied manure. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66, 284-291.
- El Titi, A., Boller, E.F. e Gendrier, J.P. 1993. Integrated production: principles and technical guidelines. *IOBC/WPRS, Bull* 16, 13-38.
- Escritt, J.R. e Leg, D.C. 1970. Fertilizer trials at Bingley. In *Proc. 1st Int. Turfgrass Res. Conf.*, Harrogate, England. Sports Turf Res. Inst., Bingley, England.
- Ervin, E.H., e Koski, A.J. 1998. Drought avoidance aspects and crop coefficients of Kentucky bluegrass and tall fescue turfs in the semiarid west. *Crop Sci.* 38, 788-795.
- Esty, D.C., Levy, M., Srebotnjak, T. e de Sherbinin, A. 2005. Environmental sustainability index: benchmarking national environmental stewardship. Yale Center for Environmental Law & Policy, New Haven.
- Evans, J.R., Edwards, D.R., Workman, S.R. e Williams, R.M. 1998. Response of runoff diazinon concentration to formulation and post application irrigation. *Trans. ASAE* 41, 1323-1329.
- Evenson, R.E. e Golin, D. 2003. Assessing the Impact of the Green Revolution. *Science*, 300, 759-762.
- Fraser, M.L., Rose-Fricker, C.A., Meyer, W.A. 1999. Registration of 'Matador' tall fescue. *Crop science*, vol. 39, 3, 871-872.
- Fresco, L.O., e Kroonenberg, S. B. 1992. Time and spatial scales in ecological sustainability. *Land Use Policy* 9, 3, 155-168.

- Fry, J.D. 1990. Cold temperature tolerance of bermudagrass. *Golf Course Management* 58, 10, 26-32.
- Fry, J.D., e Butler, J.D. 1989. Responses of tall and hard fescue to deficit irrigation. *Crop Sci.* 29, 1536-1541.
- Funk, C.R. e Clarke, B.B. 1989. Turfgrass breeding – with special reference to turf-type perennial ryegrass, tall fescue and endophytes. *Proc. of the 6th Int. Turfgrass Res. Conf.*, 3-10.
- Gachter, R., Ngatiah, J.M. e Stamm, C. 1998. Transport of phosphate from soil to surface waters by preferential flow. *Environ. Sci. Technol.* 32, 1865-1869
- Gaudreau, J.E., Vietor, D.M., White, R.H., Provin, T.L., Munster, C.L. 2002. Response of Turf and Quality of Water Runoff to Manure and Fertilizer. *J. Environ. Qual.* 31, 1316-1322.
- Gaussoin, R.E., e Branham, B.E. 1989. Influence of cultural factors on species dominance in a mixed stand of annual bluegrass/creeping bentgrass. *Crop Sci.* 29, 480-484.
- Genevini, P.L. e Zaccheo, P. 1998. Aspetti agronomici in Compost e agricoltura (P.L. Genevini ed.), Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Milano, cap. 5, 134-159.
- Giardini, L. 2002. Agronomia generale, ambientale e aziendale (5^a ed.). Pàtron Editore, Bologna
- Gibeault, V.A., Autio, R.E. e Cockerham, S.T. 2002. Seeded bermudagrass fall color retention. *Calif. Turfgrass Culture* 52, 1-5.
- Gilbert, W.B. e Davis, D.L. 1971. Influence of fertility ratios on winter hardiness of bermudagrass. *Agron. J.* 63, 591-593.
- Goatley, J.M. Jr. 1994a. Late-season fertilization of bermudagrass turf. *Golf Course Management* Sept., 60-63.
- Goatley, J.M. Jr, Maddox, V.L., Lang D.J. e Crouse, K.K. 1994b. Tifgreen bermudagrass response to late-season application of N and K. *Agron. J.* 86, 7-10
- Goatley, J.M. Jr., Maddox, V.L., e Hensler, K.L. 1998. Late-season application of various nitrogen sources affect color and carbohydrate content of 'Tiflawn' and Arizona common bermudagrass. *Hort. Sci.* 33, 692-695.
- Goidanich, G. 1964. Manuale di patologia vegetale. Edagricole.

- Gomez, A.A., Kelly, D.E., Syers, J.K. e Coughlan, K.J. 1996. Measuring sustainability of agricultural systems at the farm level. Methods for assessing soil quality, SSSA Special Publication 49, 401-409.
- Goss, R. 1974. Effects of variable rates of sulfur on the quality of putting green bentgrass. In (E.C. Roberts, ed.). Proc. of the 2nd Int. Turfgrass Res. Conf., Blacksburg, Va. American Society of Agronomy. p. 172-175.
- Graeper, D., e Munk, S. 1994. Cut it high...let it lie. Ext. Extra 6030. South Dakota State Univ., Brookings, SD.
- Gross, C.M., Angle, J.S. e Welterlen, M.S. 1990. Nutrient and sediment losses from turfgrass. J. Environ. Qual. 19, 663-668.
- Grossi, N., Volterrani, M., Magni, S. e Miele, S. 2004. Tall fescue turf quality and soccer playing characteristics as affected by mowing height. Acta Hort. (ISHS) 661, 319-322.
- Grounds maintenance. 1996. Turf acreage. Grounds maintenance, May, 10.
- Gullino M.L. e Mocioni, M. 1994. Le malattie fungine dei tappeti erbosi. I. Principali problemi fitopatologici. Informatore fitopatologico, 44, 5-18.
- Gullino, M.L., Mocioni, M., Zanin, G., Alma, A. 2000. La difesa dei tappeti erbosi. Edizioni Informatore Agrario.
- Hagan, R.M. 1955. Watering lawns and turf and otherwise caring for them. p. 462-467. In A. Stefferud (ed.) Water: The yearbook of agriculture. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
- Haith, D.A. e Rossi, F.S. 2003. Risk Assessment of Pesticide Runoff from Turf. J. Environ. Qual. 32, 447-455.
- Haley, J.E., Wehner, D.J., Fermanian, T.W. e Turgeon, A.J. 1985. Comparison of conventional and mulching mowers for Kentucky bluegrass maintenance. HortScience 20, 105-107.
- Hall, J.R., III. 1980. Effect of cultural factors on tall fescue-Kentucky bluegrass sod quality and botanical composition. p. 367-377 In J.B. Beard (ed.) Proc. 3rd Int. Turfgrass Res. Conf. ASA, CSSA, SSSA, and Int. Turfgrass Soc., Madison, WI.
- Hansen, J.W. 1996. Is agricultural sustainability a useful concept? Agric. Syst. 50, 117-143.
- Hardi, P. e Zdan, T. 1997. Assessing sustainable development: Principles in practice, International Institute for Sustainable Development, Winnipeg.

- Harivandi, M.A., Hagan, W.L. e Elmore, C.L.. 2001. Recycling mower effects on biomass, nitrogen recycling, weed invasion, turf quality, and thatch. Int. Turfgrass Soc. Res. J. 9, 882-885.
- Haug, R.T. 1980. Compost Engineering. Ann Arbor: Ann Arbor Science Publishers, Inc.
- Havlin, J.L., Beaton, J.D. Tisdale, S.L. e Nelson, W.L. 1999. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. 6th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Haygarth, P.M., e Jarvis, S.C. 1997. Soil derived phosphorus in surface runoff from grazed grassland lysimeters. Water Res. 31, 140-148.
- Heckman, J.R., Liu, H., Hill, W., DeMilia, M. e Anastasia, W.L. 2000. Kentucky bluegrass responses to mowing practice and nitrogen fertility management. J. Sust. Agric. 15, 25-33.
- Hong, S., e Smith, A.E. 1997. Potential movement of dithiopyr following application to golf courses. J. Environ. Qual. 26, 379-386.
- Hooda, P.S., Moynagh, M., Svoboda, I.F., Edwards, A.C., Anderson, H.A. e Sym, G. 1999. Phosphorus loss in drainflow from intensively managed grassland soils. J. Environ. Qual. 28, 1235-1242
- Horne, J.E. e Mc Dermott, M. 2001. The Next Green Revolution: Essential Steps to a Healthy Sustainable Agriculture. Food Products Press, New York, 312 pp.
- Huang, B., e Fry, J.D. 1998. Root anatomical, physiological, and morphological responses to drought stress for tall fescue cultivars. Crop Sci. 38, 1017-1022.
- Huang, B., Fry J.D. e Wang B. 1998. Water relations and canopy characteristics of tall fescue cultivars during and after drought stress. HortScience 33, 837-840.
- Huang, B. 1999. Water relations and root activities of *Buchloe dactyloides* and *Zoysia japonica* in response to localized soil drying. Plant Soil 208, 179-186.
- Huang, B., e Gao, H. 1999. Physiological responses of diverse tall fescue cultivars to drought stress. HortScience 34, 897-901.
- Huang, B. e Fry, J.D. 1998. Root anatomical, physiological, and morphological responses to drought stress for tall fescue cultivars. Crop Sci., 38,1017-1022.
- Huang, B., e Fu, J. 2000. Photosynthesis, respiration, and carbon allocation of two cool-season perennial grasses in response to surface soil drying. Plant Soil 227,17-26.

- Huang, B. 2004. Recent advances in drought and heat stress physiology of turfgrass – a review. *Acta Hort. (ISHS)* 661, 185-192.
- Hull, R.J. 1990. The psychological value of turf and ornamental plants. *Agronomy Abstracts*, 1990, 175.
- Hull, R.J. 1996. Managing turf for maximum root growth: are you making your job more difficult by not getting to the roots of many turf management problems. *Turfgrass Trends*. 5, 2, 1-9.
- Immler, H. 1993. Welche Wirtschaft braucht die Natur? Mit Ökonomie die Ökokrise lösen, Fischer Verlag GmbH, Frankfurt, 1993 (trad. it *Economia della natura*, Donzelli, Roma 1993).
- Ingham, E.R., Coleman, D.C., e Moore, J.C. 1989. An analysis of food-web structure and function in a shortgrass prairie, a mountain meadow, and a lodgepole pine forest. *Biology and Fertility of Soils*. Vol. 8. p. 29-37.
- IPCC. 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual. IPCC/OECD/IEA. IPCC.
- Jiang, H., Fry, J. e Tisserat, N. 1998. Assessing irrigation management for its effects on disease and weed levels in perennial ryegrass. *Crop Sci.* 38, 440-445.
- Jiang, Y. e Huang, B. 2001. Drought and Heat Stress Injury to Two Cool-Season Turfgrasses in Relation to Antioxidant Metabolism and Lipid Peroxidation. *Crop Sci* 41, 436-442.
- Johnson, B.J., Carrow, R.N. e Burns, R.E. 1987. Bermudagrass response to mowing practices and fertilizer. *Agronomy Journal* 79, 677-680.
- Johnson, B.J. e Carrow, R.N. 1993. Common bermudagrass control in tall fescue with fenoxaprop. *Int. Turfgrass Soc. Res. J.*, 7, 303-309.
- Jordan, J.E., White, R.H., Victor, D.M., Hale, T.C., Thomas, J.C. e Engelke, M.C. 2003. Effect of irrigation frequency on turf quality, shoot density and root length density of five bentgrass cultivars. *Crop Sci.* 43, 282-287.
- Juska, F.V. e Hanson, A. A. 1959. Evaluation of cool-season turfgrasses alone or in mixtures. *Agronomy Journal* 51, 597-600.
- Kenna, M.P. 1989. More transition zone blues. *U.S. Golf Assoc. Green Section Record* 27, 6-8.
- Kenna, M.P., 2000. The United States Golf Association: a leader in the science of turf for 80 years. *Diversity*, vol. 16, 1-2, 11-14.

- King, K.W. e Balogh, J.C. 1999. Modelling evaluation of alternative management practices and reclaimed water for turfgrass systems. *J. Environ. Qual.* 28, 1, 187-193.
- Kopp, K.L. e Guillard, K. 2002. Clipping Management and Nitrogen Fertilization of Turfgrass: Growth, Nitrogen Utilization, and Quality. *Crop Sci* 42, 1225-1231.
- Krenitsky, E.C., Carroll, M.J., Hill, R.L., Krouse, J.M. Runoff and sediment losses from natural and man-made erosion control materials. *Crop Sci* 1998 38, 1042-1046.
- Kruse, J., Kissel, D.E. e Cabrera, M.L. 2004. Effects of drying and rewetting on carbon and nitrogen mineralization in soils and incorporated residues. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 69, 247-256.
- Kussow, W.R. 2003. Where is phosphorus runoff coming from? *TPI Turf News* 27, 48-56.
- Landais, E. 1998. Agriculture durable : les fondements d'un nouveau contrat social, *Courrier de l'environnement*, 33, 5-22.
- Landschoot, P.J. 1991. Recycling turfgrass clippings. Pennsylvania State University Publ. Distrib. Center. Disponibile all'indirizzo: <http://turfgrassmanagement.psu.edu/clippings.cfm>
- Landschoot, P.J. 1999. Using composts to improve turf performance. PennState College of Agriculture Sciences, Cooperative Extension.
- Latouche, S. 1993. Il pianeta dei naufraghi. Saggio sul doposviluppo. Bollati Boringhieri.
- Latouche, S. 2004. Abbasso lo sviluppo sostenibile! Viva la decrescita conviviale! In Bonaiuti M., Obiettivo decrescita, EMI.
- Leopold, A. 1933. Game management. Scribner's.
- Leopold, A. 1949. A Sand County Almanac, Oxford University Press, Oxford 1948 (trad. it. Almanacco di un mondo semplice, Edizioni Red, Como, 1997).
- Linde, D.T., Watschke, T.L. Jarrett, A.R. e Borger, J.A. 1995. Surface runoff assessment from creeping bentgrass and perennial ryegrass turfs. *J. Environ. Qual.* 87, 176-182
- Linde, D.T., Watschke, T.L. e Jarrett, A.R. 1998. Surface Runoff Comparison Between Creeping Bentgrass and Perennial Ryegrass Turf. *J. Turfgrass Manage.*, 2, 4, 11-34.

- Lotti C., Galoppini G. 1980. Guida alle analisi chimico-agrarie. Edizioni Agricole, Bologna.
- Lovelock, J.E. 1979. Gaia. A new look at life on Earth. Oxford University Press.
- Lucas, L.T. 1980. Spring dead spot of bermudagrass. p. 183–187. In: P.O. Larsen and B.G. Joyner (ed.) Advances in turfgrass pathology. Harcourt Brace Jovanovich, Duluth, MN.
- Lush, W.M. 1990. Turf growth and performance evaluation based on turf biomass and tiller density. Agron. J. 82, 505-511.
- Lynam, J.K. e Herdt, R.W. 1989. Sense and sustainability: sustainability as an objective in international agricultural research. Agric. Econ. 3, 381–398.
- Ma, Q.L., Smith, A.E., Hook, J.E., Smith, R.E. e Bridges, D.C. 1999. Water runoff and pesticide transport from a golf course fairway: Observations vs. Opus model simulations. J. Environ. Qual. 28, 1463–1473.
- Macolino, S., Scotton, M., Lucon, M. e Ziliotto, U. 2004. Effect of simulated traffic on vegetative evolution of turfgrass in construction systems of soccer pitches. Acta Hort. (ISHS) 661, 375-379.
- Madison, J.H. e Hagan, R.M. 1962. Extraction of soil moisture by 'Merion' bluegrass (*Poa pratensis* L. 'Merion') turf, as affected by irrigation frequency, mowing height and other cultural operations. Agron. J. 54, 157–160.
- Madison, J.H. 1966. Optimum rates of seeding turfgrasses. Agron. J. 58, 441-443.
- Madison, J.H. 1966. Brown Patch of Turfgrass Caused by *Rhizoctonia Solani* Kiihn. California Turfgrass Culture, 16, 2, 1-13.
- Malthus, T.R. 1798. An essay on the principle of population. Reeves and Turner, London.
- Mantell, A. 1966. Effect of irrigation frequency and nitrogen fertilization on growth and water use of a kikuyugrass lawn (*Pennisetum clandestinum* Hochst.). Agron. J. 58, 559–561.
- Marchione, V. 2004^a. Influence of two irrigation regimes on the growth rate and aesthetic parameters of different tall fescue and perennial ryegrass cultivars in Southern Italy. Acta Hort. (ISHS) 661, 145-152.
- Marchione, V. 2004^b. Evaluation of growth rate and aesthetic parameters of several bermudagrass cultivars in Southern Italy. Acta Hort. (ISHS) 661, 399-401.

- Marsh, G.P. 1864. Man and Nature; or, physical geography as modified by human actions. Charles Scribner, New York.
- Martin, D.P. 1970. The composition of turfgrass thatch and the influence of several materials to increase thatch decomposition. M. S. Thesis. Michigan State Univ.
- McCalla, J.H., Jr., Richardson, M.D., Karcher, D.E. e Boyd, J.W. 2004. Tolerance of Seedling Bermudagrass to Postemergence Herbicides. Crop Sci 44, 1330-1336.
- McCarty L.B. e Lucas, L.T. 1989. *Gaeumannomyces graminis* Associated with Spring Dead Spot of Bermudagrass in the Southeastern United States. Plant Dis. 73,659-661.
- McDade, M.C. e Christians, N.E. 2001. Corn gluten hydrolysate for crabgrass (*Digitaria* spp.) control turf. International Turfgrass Society Journal. 9, 3-7.
- McDonald, D.K. 1999. Ecologically Sound Lawn Care for the Pacific Northwest: Findings from the Scientific Literature and Recommendation from Turf Professionals. Seattle Public Utilities. Community Services Division, Resource Conservation Section. Seattle, WA.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers J., e Behrens III, W.W. 1972. The Limits to Growth. New York: University Books. ISBN 0-87663-165-0
- Meyer, J.L., Gibeault, V.A. e Youngner, V.B. 1985. Irrigation of turfgrass below replacement of evapotranspiration as a means of water conservation: Determining crop coefficient of turfgrasses. Proc. 5th Int. Turfgrass Res. conf., p. 357-364.
- Miele, S., Volterrani, M., MAGNI, S. e Gaetani, M. 2002. Winter Quality of Tall Fescue Turf: Effects of Renovation Technique and Nitrogen Fertilisation. Ital. J. Agron. 6,2,97-101.
- Miller, G.L. e Dickens, R. 1996_a. Bermudagrass carbohydrate level as influenced by potassium fertilization and cultivar. Crop Sci. 36,1283-1289.
- Miller, G.L. e Dickens, R. 1996_b. Potassium fertilization related to cold resistance in bermudagrass. Crop Sci. 36,1290-1295.
- Mocioni, M., Titone, P., Garibaldi, A. e Gullino, M.L. 2004. Chemical and biological control of the most important turfgrass diseases in Italy. Acta Hort. (ISHS) 661,515-519.
- Morris, K.N. e Murray, J.J. 1993. National Turfgrass Evaluation Program (NTEP): progress and plans. Proc. of the 7th Int. Turfgrass Res. Conf., 1005H-1005N.

- Morris, K.N. 2000. National Kentucky bluegrass Test - 1995 medium/high input. Final report 1996–2000. NTEP No. 01–12. USDA-ARS, Beltsville, MD.
- Morris, K.N. 2001. National Tall Fescue Test – 1996. Final report 1997–2000. NTEP No. 01–14. USDA-ARS. Beltsville, MD.
- Morris, K.N. 2002. National Bermudagrass Test–1997. Final report 1997–2001. NTEP No. 02–7. USDA-ARS. Beltsville, MD.
- Morris, K. 2006. National Tall fescue Test – 2001. Final Report 2002–2005. NTEP No. 06–12. USDA-ARS, Beltsville, MD.
- Morris, K.N., Shearman, R.C., 1998. NTEP turfgrass evaluation guidelines. In: NTEP Turfgrass Evaluation Workshop. Beltsville, Maryland, pp. 1–5.
- Nabati, D. A. 1991. Responses of two grass species to plant regulators, fertilizer N, chelated Fe, salinity and water stress. PhD. Dissertation. CSES, Virginia Tech.
- National Research Council. 1999. Our Common Journey (Natl. Acad. Press, Washington, DC).
- Nelson, E.B. 1996. Enhancing turfgrass disease control with organic amendments. TurfGrass Trends, June, 1–15.
- Nelson, E.B. e Boehm, M.J. 2002. Compost-induced disease suppression of turfgrass diseases. Part I. BioCycle. 43, 6, 51–55.
- O’Connell, P.F. 1991. “Sustainable Agriculture.” In Agriculture and the Environment (Yearbook of Agriculture), 175–185.
- Odum, E.P. 1983. Basic ecology. CBS College Publishing.
- OECD core set of indicators for environmental performance reviews. OECD, Paris, 1993.
- Qian, Y.L. e Fry, J.D. 1996. Irrigation frequency affects zoysiagrass rooting and plant water status. HortSci. 31, 234–237.
- Qian, Y.L. e Fry, J.D., e Upham, W.S.. 1997. Rooting and drought avoidance of warm-season turfgrasses and tall fescue in Kansas. Crop Sci. 37, 905–910.
- Palazzo, A.J. e Brad, G.S. 1997. The effects of temperature on germination of eleven *Festuca* cultivars. CRREL, Special Report 97–19.
- Palazzo, 1994. Promoting late-fall establishment of tall fescue with artificial soil covers to minimise soil erosion. Environmental Geochemistry and Health, Volume 16, 1, 3–7.

- Panella A., Croce P., De Luca, Falcinelli M., Modestini F.S. e Veronesi F. 2000. Tappeti erbosi . Edagricole, Bologna.
- Paplomatas, E.J., Malandrakis, A.A. e Nektarios, P.A. 2004. Compost management of brown patch disease in turfgrass. *Acta Hort.* (ISHS) 661, 487-489.
- Pearce, A. e Walrath, L. 2006. Definitions of Sustainability from the Literature. Disponibile all'indirizzo: <http://maven.gtri.gatech.edu/sfi/resources/pdf/definitions.pdf>
- Petrovic, A.M. 1990. The fate of nitrogenous fertilizers applied to turfgrass. *J. Environ. Qual.* 19, 1-14
- Petrovic, A.M. 2004a. Managing sports fields to reduce environmental impacts . *Acta Hort.* (ISHS) 661, 405-412.
- Petrovic, A.M. 2004b. Nitrogen source and timing impact on nitrate leaching from turf. *Acta Hort.* (ISHS) 661, 427-432.
- Phillis, Y.A. Andriantiatsaholiniaina, L.A. 2001. Sustainability: an ill-defined concept and its assessment using fuzzy logic. *Ecological Economics*, 37, 435-456.
- Powell, A.J., Blaser, R.E. e Schmidt, R. 1967. Physiological and color aspects of turfgrasses with fall and winter nitrogen. *Agron. J.* 59, 303-307.
- Regione Piemonte - Assessorato all'ambiente. 1998. Metodi analisi del compost. Determinazioni chimiche, fisiche, biologiche e microbiologiche. Analisi merceologica dei rifiuti. A cura di: DIVAPRA, IPLA, ARPA.
- Pieri, C., Dumanski, J. Hamblin, A. e Young., A. 1995. Land Quality Indicators. World Bank Discussion Paper 315. Washington, D.C.
- Pollan, M. 2000. A brief history of the American lawn. *Diversity*, 16, 1-2, 60.
- Qian, Y.L., Bandaranayake, W., Parton, W.J., Mecham, B., Harivandi, M.A. e Mosier, A.R. 2003 Long-Term Effects of Clipping and Nitrogen Management in Turfgrass on Soil Organic Carbon and Nitrogen Dynamics: The CENTURY Model Simulation. *J. Environ. Qual.* 32, 1694-1700
- Razmjoo, K., Imada, T., Sugiura, J. e Kaneko, S. 1997. Seasonal variations in nutrient and carbohydrate levels of tall fescue cultivars in Japan. *Journal of Plant Nutrition*, 20, 1667-1679.
- Revelle, R. e Suess, H.E. 1957. Carbon dioxide exchange between atmosphere and ocean and the question of an increase of atmospheric CO₂ during the past decades. *Tellus* 9, 18-27.

- Richardson, M.D., Karcher, D.E., Berger, P. e Boyd, J.W. 2004. Utilizing improved seeded bermudagrasses on transition-zone sports fields. *Acta Hort. (ISHS)* 661, 369-374.
- Richie, W.E., Green, R.L., Kleina, G.J. e Hartin, J.S. 2002. Tall Fescue Performance Influenced by Irrigation Scheduling, Cultivar, and Mowing Height. *Crop Science* 42, 2011-2017.
- Roberts, E.C. 1990. The significance of turf benefits. An overview. *Agron. Abstr.*, 1990, 174.
- Rogers, P.R., Jalal, K.F., Lohani, B.N., Owens, G.M., Chang-Ching, Yu, Dufournaud, C.M., e Bi, J. 1997. Measuring environmental quality in Asia. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Romani, M., Piano, E., Carroni, A.M. e Pecetti, L. 2004. Evaluation of native bermudagrass (*Cynodon dactylon*) germplasm from Italy for the selection of adapted turfgrass cultivars. *Acta Hort. (ISHS)* 661, 381-386.
- Russi, L., Martiniello, P., Tomasoni, C., Annichiarico, P., Piano, E., Veronesi, F. 2001. Establishment of cool season grasses in different Italian environments. *Int. Turfgrass Soc. Res. J.*, 9, 917-921.
- Russi, L., Lucaroni, B., Veronesi, F., Rossini, F., Cereti, C.F., Piano E. 2001. Il peso dell'aspetto. *Acer* 6, 48-55.
- Sachs, W. 2000. Development. Rise and decline of an ideal. Ted Munn (ed), *Encyclopedia of Global Environmental Change*, vol. 4, London: J. Wiley, 2001.
- Sachs, P.D. e Luff, R.T. 2002. *Ecological Golf Course Management*. Ann Arbor Press. Chelsea, MI. 197 p.
- Sandburg, M.A. e Mus, J.L. 1990. Influence of potassium on water use, stomatal resistance, water relations, and turf vigor maintenance of hydroponically grown Kentucky bluegrass. *Agron. Abst.*, 182.
- Sands, G.R. e Podmore, T.H. 2000. A generalized environmental sustainability index for agricultural systems *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 79, 29-41.
- Sasso, G. 1978. L'analisi idrofisiologica del terreno come ipotesi di contributo alla conoscenza agronomica dello strato coltivabile. *Relazione sui primi trecento reperti sperimentali. Annali Accademia di Agricoltura di Torino*, 120°, 149-219.

- Schmidt, R.E. e Breuninger, J.M. 1981. The effects of fertilization on recovery of Kentucky bluegrass turf from summer drought. Proc. of the 4th Int. Turfgrass Res. Conf., 333-340.
- Schmidt, R.E. e Eeverton, L.A. 1985. Moisture consumption of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) cultivars. Proc. of the 5th Int. Turfgrass Res. Conf., 373-379.
- Schmidt, R.E. 1990. Employment of biostimulants and iron for enhancement of turfgrass growth and development. Proceeding of 30th Virginia Turfgrass Conference.
- Schmidt, R.E. e Chalmers, D.C. 1993. Late summer to early fall applications of fertilizer and biostimulants on bermudagrass. Int. Turfgrass Soc. Res. Journal 7, 715-721.
- Shanoff, B.S. 1989. State helps landfills get loans. World Wastes 32, 8, 18-119.
- Sharpley, A.N., Chapra, S.C., Wedephol, R. Sims, J.T. Daniel, T.C. e Reddy, K.R. 1994. Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: Issues and options. J. Environ. Qual. 23, 437-451
- Shearman., R.C. e Beard, J.B. 1973. Environmental and Cultural Preconditioning Effects on the Water Use Rate of *Agrostis palustris* Huds., Cultivar Penncross. Crop Science 13, 4, 424-427.
- Sheffer, K.M, Dunn, J.H. e Minner, D.D. 1987. Summer drought response and rooting depth of three cool-season turfgrasses. HortSci. 22, 296-297.
- Shildrick, J.P., e Peel, C.E. 1984. Shoot numbers, biomass and sheer strength in smooth-stalked meadowgrass (*Poa pratensis* L.). J. Sports Turf Res. Inst. 60,66-72.
- Shuman, L.M. Smith, A.E, Bridges, D.C. 2000. Potential movement of nutrients and pesticides following application to golf courses. p. 78-93. In: Fate and Management of Turfgrass Chemicals. American Chemical Society, Washington, D.C.
- Shuman, L.M. 2002. Phosphorus and Nitrate Nitrogen in Runoff Following Fertilizer Application to Turfgrass. J. Environ. Qual. 31, 1710-1715.
- Sims, J.T., Simard, R.R. Joern, B.C. e Sharpley, A. 1998. Phosphorus loss in agricultural drainage: Historical perspective and current research. J. Environ. Qual. 27, 277-293.
- SISS. 1985. Metodi normalizzati di analisi del suolo. Edagricole, Bologna; 57-59.

- Smith, A.E. e Bridges, D.C. 1996. Movement of certain herbicides following application to simulated golf course greens and fairways. *Crop Sci.* 36, 1439-1445.
- Starr, J.L., e DeRoo, H.C. 1981. The fate of nitrogen applied to turfgrass. *Crop Sci.* 21:531-536.
- 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 Sci.* 35, 327-332.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P., Naylor, R. e Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Science*, 418, 671-677.
- Tisdale, S.L. e Nelson, W.L. 1975. Soil fertility and fertilizers, p. 201. MacMillan Publishing Co., New York.
- Titone, P., Mocioni, M., Landschoot, P.J. e Gullino, M.L. 2004. Survey of ectotrophic root infecting fungi associated with turfgrass patch diseases in Italy. *Acta Hort. (ISHS)* 661, 491-498.
- Tovey, R., Spencer, J.S. e Muckel, D.C. 1969. Turfgrass evapotranspiration. *Agron J.* 61, 863-867.
- Trenholm, L.E., Duncan, R.R. e Carrow, R.N. 1999. Wear tolerance, shoot performance, and spectral reflectance of seashore paspalum and bermudagrass. *Crop Sci.* 39, 1147-1152.
- Turgeon, A.J. 1985. Turfgrass management. Reston, VA: Reston Publishing Company, Inc.
- Turner, T.R. 1993. Turfgrass. In: Bennett W.F., ed. Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. St. Paul, MN: APS Press, p. 187-196.
- Turner, T.R. e Hummel, N.W., Jr. 1992. Nutritional requirements and fertilization. In: Waddington D.V., et al. , ed. Turfgrass. Madison, WI: Agron. Monogr. 32. ASA, 1992:408-410.
- Turner, B.L. e Haygarth, P.M. 2000. Phosphorus Forms and Concentrations in Leachate under Four Grassland Soil Types. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64, 1090-1099.
- United Nations, 1972. Report of the United Nations Conference on the Human Environment, Stoccolma, 5-16 Giugno 1972. Pubblicazioni Nazioni Unite, No. E.73.II.A.14 e corrigendum.

- United Nations General Assembly, 2000. United Nations Millennium Declaration (United Nations, New York)
- United States Geological Survey. 1999. The quality of our nation's waters; nutrients and pesticides. Circ. 1225. U.S. Geol. Survey, Reston, VA.
- Unruh, J.B., Gaussoin, R.E. e Wiest, S.C. 1996. Basal growth temperatures and growth rate constants of warm-season turfgrass species. *Crop Sci.* 36, 997-999.
- Van der Werf, H.M.G., Petit, J. 2002. Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison of twelve indicator-based methods. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 93, 1, 131-145.
- Varco, J.J. e Sartain, J.B. 1986. Effects of phosphorus, sulfur, calcium hydroxide, and pH on growth of annual Bluegrass. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50, 128-132.
- Vengris, J. e Torello, W. A. 1982. *Lawns*. Fresno: Thomson Publications.
- Veronesi, F., Falcinelli, M., Lucaroni, B. e Russi, L. 1997. Scelte varietali in loietto inglese (*Lolium perenne* L.), poa pratense (*Poa pratensis* L.), festuca rossa (*Festuca rubra* L.) e festuca arundinacea (*Festuca arundinacea* Schreb.) per il loro utilizzo nella conduzione di tappeti erbosi ad uso tecnico, sportivo e ricreativo in Centro Italia. *Rivista di Agronomia*, 31, 1, 127-134.
- Verkleij, F.N. 1992. Seaweed extracts in agriculture and horticulture: a review. *Biological Agriculture and Horticulture* 8, 309-324.
- Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenco, J., Melillo, J. 1997. Human domination of earth's ecosystems. *Science* 277, 494-499.
- Voigt, T.B., Fermanian, T.W. e Haley, J.E. 2001. Influence of mowing and nitrogen fertility on tall fescue turf. *Int. Turfgrass Soc. Res. J.* 9, 953-956.
- Volterrani M., Grossi N., Pardini G., Miele S., Gaetani M., e Magni S. 1997. Warm season turfgrass adaptation in Italy. *Int. Turfgrass Soc. Res. J.* , 8, 1344-1354.
- Wackernagel, M. e Rees, W.E. 1996. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Gabriola Island. Ed. It.: *L'impronta Ecologica*. A cura del WWF, Ed. Ambiente, Milano, 1996.
- Watschke, T.L., Schmidt, R.E. 1969. Performance of some kentucky bluegrasses under high temperatures. *Proc. of the 1th Int. Turfgrass Res. Conf.*, pp. 149-154.
- Watschke, T.L. e Schmidt, R.E. 1992. Ecological aspects of turf communities. In *Turfgrass. Agronomy Monograph no.32*. D.V. Waddington, R.N. Carrow, and R.C. Shearman (eds.) pp. 129-174.

- Watschke, T.L., Mumma, R.O., Linde, D.T., Borger, J.A. e Harrison, S.A. 2000. Surface runoff of selected pesticides applied to turf. p. 94-105. *In* J.M. Clark and M.P. Kenna (ed.) Fate and management of turfgrass chemicals. ACS Symp. Ser. 743. Am. Chem. Soc., Washington, DC.
- Wells C., LaBranche A., McCarty L.B. e Skipper H. 2003. Can biostimulants improve bentgrass root growth? *TurfGrass Trends*, maggio 2003.
- White, D.B. e Smithberg, M.H. 1977. Cold acclimation and deacclimation in cool-season grasses. *Proc. of the 3th Int. Turfgrass Res. Conf.*, 149-154.
- White, R.H., Bruneau, A.H. e Cowett, T.J. 1993. Drought resistance of diverse tall fescue cultivars. *Int. Turf. Soc. Res. J.* 7, :607-613.
- Wilkinson, D. 1992. Maastricht and the environment. *Journal of Environmental Law*, Vol. 4, 2, 233.
- World Commission on Environment and Development (WCED), 1987. *Our Common Future*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- WWF Italia. *Prendersi cura della Terra: strategia per un vivere sostenibile*. Edizione italiana 1991.
- Young, S. 1992. Recycling the urban forest. *Am. For.* 98:49-52.
- Youngner, V.B., Marsh, A.W., Strohman, R.A., Gibeault, V.A. e Spaulding, S. 1981. Water use and turf quality of warm-season and cool-season turfgrasses. *Proc. of the 4th Int. Turfgrass Res. Conf.*, 251-256.
- Youngner, V.B. 1985. Physiology of water use and water stress. *In*: *Turfgrass water conservation*. Publ. 21405. Univ. of California. p. 37-43.
- Zhang, X. 1997. Influence of Plant Growth Regulators on Turfgrass Growth, Antioxidant Status, and Drought Tolerance. Virginia Tech, Crop and Soil Environmental Sciences, PhD Dissertation. Disponibile all'indirizzo: <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-8597-161835/>
- Zhang, X. e Schmidt, R.E. 2000. Hormone-Containing Products Impact on Antioxidant Status of Tall Fescue and Creeping Bentgrass Subjected to Drought. *Crop Science* 40, 1344-1349.
- Zhang, X., Ervin, E.H., e LaBranche, A.J. 2006. Metabolic defense responses of seeded bermudagrass during acclimation to freezing stress. *Crop Sci.* 46, 2598-2605.
- Zucconi, F., Pera, A., Forte, M. e de Bertoldi, M. 1981. Evaluating toxicity of immature compost. *BioCycle*, 22, 54-57

Zucconi, F. e de Bertoldi, M. 1987. Compost specification for the production and characterisation of compost from municipal solid waste. In: Compost, production, Quality and Use. Eds: M. de Bertoldi, M.P. Ferranti, P. L'Hermite, F. Zucconi. Elsevier Applied Science. pp, 30-50