



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
FACOLTÀ DI SCIENZE AGRARIE E ALIMENTARI

CORSO DI LAUREA IN
VALORIZZAZIONE E TUTELA DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO MONTANO



**APPLICAZIONE DELLA TECNICA DEL CHARCOAL BANDING
ALLE COLTURE DA SEME DI SPECIE AUTOCTONE**

RELATORE: Prof. Dr. S. Bocchi

CORRELATORE: Dr. A. Tosca

TESI DI LAUREA DI:

MATTEO CORTI

MATR. NR: 760403

ANNO ACCADEMICO 2012-2013

INDICE

<u>PREMESSA.....</u>	<u>9</u>
<u>1 APPLICAZIONE DELLA TECNICA DEL CHARCOAL BANDING ALLE COLTURE DA SEME DI SPECIE AUTOCTONE.....</u>	<u>11</u>
1.1 INTRODUZIONE.....	11
1.1.1 Necessità di impiego di specie autoctone negli interventi di inerbimento.....	11
1.1.2 La scelta dei materiali e legislazione.....	12
1.1.3 Gli interventi di rinaturazione.....	14
1.1.4 Principali operazioni di inerbimento.....	16
1.1.4.1 Inerbimento mediante semina.....	16
1.1.4.2 Inerbimento mediante miscugli di sementi foraggere.....	19
1.1.5 Problemi connessi con la riproduzione di sementi di specie autoctone...20	
1.1.6 Approccio alla soluzione del problema.....	21
1.1.7 Scopo delle indagini ed obiettivi prefissati.....	22
1.2 MATERIALI E METODI.....	23
1.2.1 Localizzazione dell'area di studio.....	23
1.2.2 Condizioni climatiche e meteorologiche dell'area di studio.....	23
1.2.3 Caratterizzazione pedologica del terreno.....	26

1.2.4	Caratteristiche e proprietà del carbone attivo.....	27
1.2.5	Specie studiate.....	27
1.2.5.1	<i>Holcus lanatus</i> L.	28
1.2.5.2	<i>Bromus erectus</i> Hudson.....	28
1.2.5.3	<i>Achillea millefolium</i>	29
1.2.6	Modalità di raccolta e produzione.....	30
1.2.6.1	<i>Holcus lanatus</i> L.	30
1.2.6.2	<i>Bromus erectus</i> Hudson.....	30
1.2.6.3	<i>Achillea millefolium</i>	30
1.2.7	Morfologia del seme.....	31
1.2.7.1	<i>Holcus lanatus</i> L.	31
1.2.7.2	<i>Bromus erectus</i> Hudson.....	31
1.2.7.3	<i>Achillea millefolium</i>	31
1.2.8	Ecologia ed importanza tecnologica.....	32
1.2.8.1	<i>Holcus lanatus</i> L.	32
1.2.8.2	<i>Bromus erectus</i> Hudson.....	32
1.2.8.3	<i>Achillea millefolium</i>	33
1.2.9	Test di germinazione dei semi in laboratorio vitro.....	33
1.2.9.1	Analisi della qualità dei semi in laboratorio.....	33
1.2.9.2	Analisi della purezza e peso di 1000 semi.....	37
1.2.10	Mezzi chimici per il controllo di infestanti.....	38
1.2.11	Analisi statistiche.....	41
1.2.11.1	Analisi di germinazione delle specie studiate.....	41
1.2.11.2	Analisi di controllo della popolazione di malerbe.....	42

1.2.11.3	Disegno sperimentale strip-plot/ strip-split-plot.....	43
1.2.11.4	Disposizione dell'area a blocchi randomizzati.....	43
1.2.12	PROVA IN SERRA.....	49
1.2.12.1	Preparazione delle sementi in laboratorio.....	49
1.2.12.2	Preparazione delle parcelle di prova.....	49
1.2.12.3	Esperimenti condotti e trattamento diserbante.....	51
1.2.13	PROVA SU CAMPO.....	52
1.2.13.1	Preparazione del campo e letto di semina <i>Bromus erectus</i> Hudson...	52
1.2.13.2	Disegno sperimentale.....	54
1.2.13.3	Valutazione preventiva specie infestanti tramite campionamento seed- bank con metodo Malone.....	56
1.2.13.4	Preparazione del campo e letto di semina di <i>Holcus lanatus</i> L. ed <i>Achillea millefolium</i>	57
1.2.13.5	Disegno sperimentale.....	58
1.3	RISULTATI.....	60
1.3.1	PROVA I N SERRA.....	60
1.3.1.1	Peso dei semi.....	60
1.3.1.2	Germinazione dei semi in laboratorio.....	62
1.3.2	<i>Achillea millefolium</i> I: trattamento erbicida a profondità variabile.....	63
1.3.2.1	Valutazione effetto trattamento su carbon band con diverse profondità di semina.....	63
1.3.2.2	Mezzi di controllo infestanti.....	64
1.3.3	<i>Achillea millefolium</i> II: trattamento erbicida su dose variabile di CA e profondita' costante.....	66

1.3.3.1	Valutazione dell'effetto di trattamento su carbon band con 3 diverse dosi.....	66
1.3.4	PROVA SU CAMPO.....	70
1.3.4.1	Resa germinativa e analisi di qualità dei semi di <i>Bromus erectus</i> Hudson in laboratorio.....	70
1.3.4.2	Germinazione dei semi di <i>Bromus erectus</i> Hudson su campo.....	72
1.3.4.3	Mezzi di controllo infestanti.....	76
1.3.4.4	Andamento della germinazione dei semi di <i>Achillea millefolium</i> su campo.....	80
1.3.4.5	Resa germinativa <i>Holcus lanatus</i> L. e analisi qualità dei semi in laboratorio.....	83
1.3.4.6	Emergenza piantine <i>Holcus lanatus</i> L. su campo in funzione dei mezzi di controllo.....	84

2 CONTROLLO DELLA POPOLAZIONE DI MALERBE..... 90

2.1	Necessità della lotta alla flora avventizia.....	90
2.2	RISULTATI.....	91
2.2.1	PROVA IN SERRA.....	91
2.2.1.1	Andamento germinativo di infestanti nel tempo.....	91
2.2.2	PROVA SU CAMPO.....	94
2.2.2.1	Censimento della vegetazione circostante l'area di studio.....	94
2.2.2.2	Valutazione preventiva infestanti tramite campionamento seed bank con metodo Malone.....	98
2.2.3	<i>Bromus erectus</i> Hudson.....	99
2.2.3.1	Assestamento della popolazione di infestanti.....	99
2.2.3.2	Dinamica vegetazionale entro fila di semina.....	105

2.2.4	<i>Achillea millefolium</i>	107
2.2.5	<i>Holcus lanatus</i> L.	109
2.2.5.1	Mezzi di controllo infestanti.....	114
2.2.5.2	Copertura e composizione botanica.....	116
2.2.5.3	Frequenze delle specie.....	118
2.2.5.4	Dinamica vegetazionale popolazione infestanti in base al trattamento erbicida.....	122
2.3	DISCUSSIONI.....	125
	<i>Applicazione tecnica del charcoal banding alle colture da seme di specie autoctone</i>	
2.3.1	PROVA IN SERRA.....	125
2.3.1.1	Qualità dei semi.....	125
2.3.1.2	Sensibilità dei germinelli di <i>Achillea millefolium</i> ai diserbanti.....	125
2.3.1.3	Effetto protettivo del carbone attivo.....	126
2.3.2	PROVA SU CAMPO.....	128
2.3.2.1	Considerazioni generali della prova su campo.....	128
2.3.2.2	Analisi di purezza e peso di 1000 semi.....	129
2.3.2.3	<i>Bromus erectus</i> Hudson.....	130
2.3.2.4	<i>Achillea millefolium</i>	131
2.3.2.5	<i>Holcus lanatus</i> L.	132
	<i>Controllo della popolazione di malerbe</i>	
2.3.3	PROVA IN SERRA.....	133
2.3.4	PROVA SU CAMPO.....	135
2.3.4.1	Valutazione generale della prova di campo.....	135

2.3.4.2	Dinamica vegetazionale infestanti su campo di studio di <i>Bromus erectus</i> Hudson.....	137
2.3.4.3	Infestanti su campo di studio di <i>Achillea millefolium</i>	139
2.3.4.4	Dinamica vegetazionale infestanti su campo di studio di <i>Holcus lanatus</i> L.	140
CONCLUSIONI.....		144
Referenze.....		146
Sitografia fondamentale e allegati.....		163
Appendice A - Abbreviazioni		182
Appendice B – Lista delle Tabelle.....		184
Appendice C – Lista delle Figure.....		187
Riassunto.....		191
Ringraziamenti.....		194

Premessa

Il presente lavoro si inserisce nel quadro di un possibile approccio alla prevenzione e controllo dell'erosione del suolo in regioni montane dopo che la vegetazione è stata parzialmente o totalmente danneggiata da eventi naturali o artificiali.

L'erosione al suolo è un processo naturale, definito di fatto come il distaccamento di singole particelle di terreno dalla massa di suolo e la perdita dello stesso tramite ruscellamento idrico superficiale o asportazione dovuta al vento (Morgan, 1986). Nelle regioni montane tale fenomeno riveste particolare rilevanza: pendenze molto ripide sono una caratteristica molto frequente in tutto l'arco alpino, e ciò contribuisce al rischio di erosioni incanalate e scivolamenti, in quanto i movimenti di massa sono facilitati dalla componente gravitativa.

L'erosione ha altresì concause di natura antropica: l'uomo con la sua attività ne influenza l'avverarsi in diversi modi, principalmente favorendo l'azione degli agenti erosivi ed incrementando l'incidenza di eventi devastanti (Zachar, 1982). Una di questi è proprio la distruzione o il deterioramento della vegetazione naturale, l'incremento della superficie di scivolamento e l'asportazione dall'orizzonte superficiale di elementi minerali e sostanza organica, con conseguente perdita di qualità del suolo (Peratoner, 2002). In particolar modo, la costruzione di infrastrutture atte ad accogliere il turismo di massa (strade, piste e impianti sciistici, etc.) ha causato nelle ultime cinque decadi un aumento dei problemi legati all'erosione proprio a causa del denudamento o della insufficiente rivegetazione di intere aree. Secondo il parere di Krautzer (1996c) circa 5.000 ha di piste da sci devono essere rinaturate ogni anno. Parallelamente, anche lo spopolamento delle aree montane tipico di alcune regioni marginali delle Alpi (Bätzing, 1991) ha promosso indirettamente un incremento del rischio di erosione: la cessazione dell'amministrazione di aree pascolive e prative è considerata un altro fattore chiave per il verificarsi di erosione superficiale. Ciuffi d'erba non falciati e piccoli arbusti trasmettono alle zolle le sollecitazioni dovute allo scorrere della neve, talvolta così accentuatamente da distruggere la copertura zollosa (Newesely et al. 2000), e le fessurazioni risultanti agiscono da via preferenziale per l'azione erosiva dell'acqua (Schauer, 1975).

Una misura importante per prevenire e controllare i fenomeni erosivi è la sostituzione o rinaturazione della copertura vegetale sulle aree denudate (Peratoner, 2002). La vegetazione presente sullo strato superficiale di terreno intercetta le gocce di pioggia dissipando la loro energia cinetica e prevenendo così l'effetto battente, aumenta la superficie scabra riducendo la velocità di deflusso superficiale e favorendo la deposizione dei sedimenti. Le piante e le loro parti residue aiutano a mantenere la porosità del suolo e con ciò ad incrementare il grado di infiltrazione dell'acqua nel suolo e, a sua volta, ritardando l'inizio del deflusso (Peratoner, 2002). Lo stesso sistema radicale imbriglia meccanicamente e trattiene le particelle di suolo (Zachar, 1982, Morgan, 1986, Gray, 1995). Per di più, le piante prelevano acqua dal suolo attraverso evapotraspirazione, aiutando a mantenerlo coesivo (Florineth, 1999).

Il metodo più frequentemente usato per la rivegetazione di aree interessate da eventi erosivi nelle regioni montane è la semina di miscugli di sementi commerciali contenenti specie foraggere di

fondovalle. Tali specie, tuttavia, allevate principalmente per scopi agricoli, e' dimostrato non essere adatte alle difficili condizioni climatiche ed edafiche.

Per contro, risultati incoraggianti provengono dall'uso di specie indigene alpine adatte alla rinaturazione (Florineth, 1988; Halaus, 1997; Krautzer, 1997b).

1 Applicazione della tecnica del charcoal banding alle colture da seme di specie autoctone

1.1 Introduzione

1.1.1 Necessità di impiego di specie autoctone negli interventi di inerbimento in media-alta quota

Già a partire dagli anni '80 diversi autori (Florineth, 1982; Spatz et al, 1987; Urbanska, 1990) hanno messo in evidenza che, per la buona riuscita degli inerbimenti al di sopra del limite del bosco, è fondamentale l'impiego di un miscuglio idoneo di sementi ed in alcuni casi di piante alpine coltivate. Per ottenere questo obiettivo sono possibili diversi approcci (Figura 1). In questo modo si possono garantire soprassuoli di graminacee ed erbe non graminoidi con un alto grado di copertura per molti anni, poiché a queste quote la colonizzazione da parte di altre specie è ridotta e avviene lentamente. Spesso però i miscugli che vengono impiegati per l'inerbimento di soprassuoli montani non rispondono a queste caratteristiche e sono composti da varietà di specie foraggere di pianura, selezionate per lo più per garantire produzioni di foraggio elevate. Queste specie, spesso molto rapide nella fase di insediamento, non offrono la persistenza necessaria per assicurare le funzioni protettive nel medio e nel lungo periodo. Inoltre il loro fabbisogno di sostanze nutritive rende necessari interventi di concimazione costosi e ripetuti e, pertanto, una volta concluso il loro ciclo vitale nel primo rinverdimento, possono scomparire completamente (Schiechtl, 1972; Köck, 1975; Spatz, 1985; Peratoner et al, 2006).

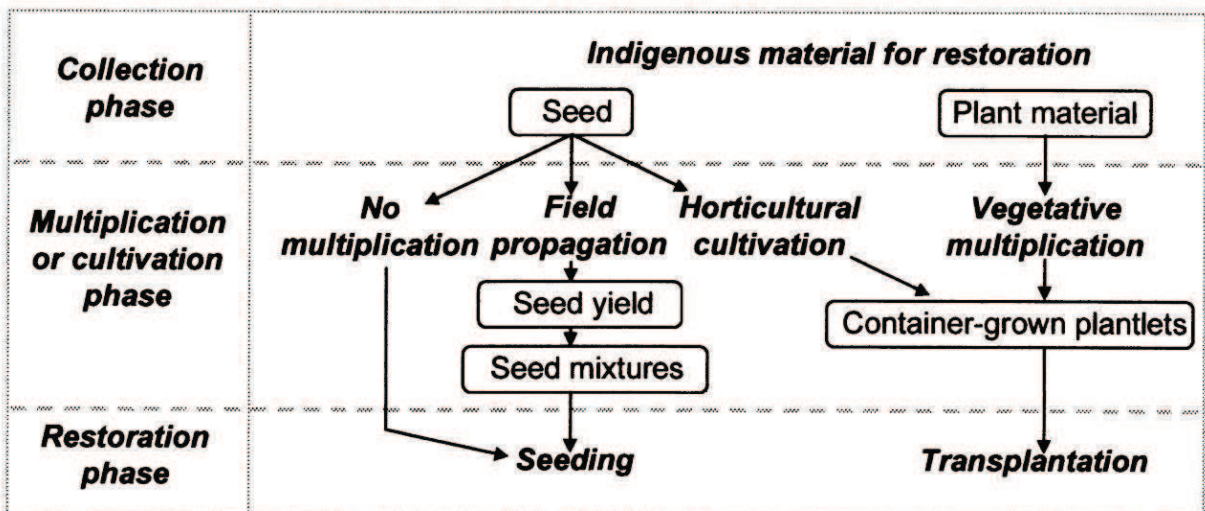


Figura 1: Possibili strategie per ottenere materiale per interventi di rinaturazione (Peratoner, 2002).

Secondo Florineth (2007) per l'inerbimento duraturo ad alta quota sono adatti i seguenti materiali:

- semente commerciale resistente all'altitudine;
- semente autoctona prodotta a partire da semi raccolti in natura e coltivati a bassa quota
- fiorume proveniente da prati alpini;
- piantine prodotte a partire da semente propria del sito;

- piantine prodotte per moltiplicazione vegetativa di erbe alpine.

I genetisti ecologi, in accordo con botanici e naturalisti, suggeriscono pertanto di:

- Raccogliere localmente i genotipi base;
- Far coincidere le condizioni climatiche ed ambientali dei siti di raccolta con le condizioni dei siti da ripristinare;
- Conoscere il sistema riproduttivo delle specie da impiegare;
- Conoscere i livelli di ploidia delle specie e minimizzare la selezione involontaria durante la coltivazione.

In sostanza le specie più indicate sarebbero quindi le autoctone, che crescono bene nelle condizioni climatiche ed edafiche delle aree di intervento, preparando il terreno alle successioni naturali (Florineth, 2007) e mantenendo la struttura genetica originaria negli inerbimenti artificiali. Il raggiungimento del risultato dipende anche da altri fattori quali l'epoca di semina e l'adeguata preparazione del terreno (Rodaro, 2007). La semina dovrebbe essere effettuata preferibilmente dopo lo scioglimento della neve entro l'inizio dell'estate (metà luglio), in modo da garantire alle piantine il raggiungimento di uno stadio di sviluppo che consenta loro di superare la stagione invernale. In alternativa, sebbene i fattori di rischio siano più elevati soprattutto alle quote maggiori, si può effettuare una "semina dormiente" in autunno (dall'inizio - metà di ottobre), cosicché la germinazione dei semi avvenga allo scioglimento del manto nevoso nella primavera successiva (Peratoner, 2006; Bottinelli, 2008).

1.1.2 La scelta dei materiali e legislazione

Il concetto di paesaggio ha assunto negli ultimi anni grande importanza, tanto che gli Stati membri della Comunità Europea, identificando la necessità di conoscere e tutelare gli aspetti culturali e naturali che lo caratterizzano, hanno assunto precisi impegni per la sua salvaguardia, sottoscrivendo la Convenzione Europea sul Paesaggio; ratificata per l'Italia con il Codice per i beni culturali e del paesaggio, (D.lgs. n. 42 del 22 gennaio 2004). Le direttive comunitarie, nazionali e regionali prospettano perciò una riproduzione delle specie legate al territorio in ambito locale con la definizione di appositi distretti geobotanici.

In quest'ottica il paesaggio assume un ruolo strategico nella gestione del territorio e nella conservazione della diversità biologica e culturale, superando nettamente il vecchio concetto di tutela ambientale intesa essenzialmente come salvaguardia di specie e habitat: viene infatti introdotta l'idea di gestione dinamica del territorio che prevede non solo la tutela e conservazione delle aree a maggior grado di diversità biologica esistenti, ma anche il miglioramento delle stesse. In questo contesto vengono collocati anche gli interventi d'inerbimento in cui il ruolo chiave è assunto proprio dai materiali di base e tra questi dalle piante, prevalentemente sottoforma di sementi. Infatti l'utilizzo di materiale vegetale di qualità preferibilmente autoctono può giocare un ruolo determinante per la buona riuscita dell'opera e ciò è sottolineato anche dalla Direttiva sull'impiego di materiali vivi negli interventi di ingegneria naturalistica in Lombardia (D.G.R. n. 6/29567 del 1 luglio 1997) la quale, pur proponendo liste di specie forse oggi un po' datate e pur non fornendo alcuna definizione di "specie autoctone", già descriveva in modo dettagliato come

scegliere le specie vegetali da utilizzare in tali interventi, precisando che devono essere compatibili con le caratteristiche ecologiche dell'area in esame e che devono essere privilegiate le specie tipiche delle zone di intervento (Bottinelli et al, 2011).

E' opportuno al riguardo ricordare la legge 10/2008 emanata da Regione Lombardia Disposizioni per la tutela e la conservazione della piccola fauna, della flora e della vegetazione spontanea", con la quale viene vietata l'introduzione di specie di provenienza non autoctona negli ambienti naturali. Nella stessa si definisce chiaramente la vegetazione autoctona come quella naturalmente presente in una determinata area geografica nella quale essa si e' generata o ivi giunta senza l'intervento diretto, intenzionale o accidentale dell'uomo. La legge sottolinea inoltre che il concetto di autoctonia non si esaurisce solo alle singole specie bensì si riferisce alle biocenosi locali, spesso evolutesi senza rapporto con popolazioni lontane, talora differenziando ecotipi o varietà e spessissimo acquisendo caratteristiche genetiche proprie. Sotto questo punto di vista, quindi, e' opportuno non solo utilizzare specie autoctone, ma anche popolazioni autoctone, ossia quanto più simili geneticamente a quelle originarie del sito (Ceriani et al. 2011).

Un altro strumento legislativo interessante per quanto riguarda la commercializzazione delle miscele di sementi di piante foraggere destinate a essere utilizzate per la preservazione dell'ambiente naturale è rappresentato dalla Direttiva 2010/60/EU del 30 agosto 2010, che dispone deroghe per la Direttiva 66/401/CEE del 1966 sulla commercializzazione di sementi agricole in qualità definita. Tale direttiva, in corso di recepimento in Italia, propone nuove delimitazioni normative che sottolineano l'importanza della biodiversità e delle risorse genetiche autoctone in campo ambientale. Viene anche sottolineata la rilevanza commerciale delle rinaturazioni, che devono avere una normativa propria rispetto al mercato delle sementi agricole. La direttiva riconosce oltretutto la peculiarità qualitativa di questi materiali e richiede pertanto una tracciabilità delle produzioni, utile non ultimo per preservare il patrimonio di biodiversità originario e qualità paesaggistica, fattori chiave per raggiungere maggior successo negli interventi di inerbimento nel medio-lungo periodo, nonché minor numero di manutenzioni sui cotici erbosi (Tosca et al., 2012).

1.1.3 Gli interventi di rinaturazione

L'impiego di flora autoctona, ossia l'insieme di piante appartenenti alle specie facenti parte della vegetazione "naturale" originaria e che si sono insediate autonomamente, senza intervento antropico

per l'utilizzo di rinaturazione, implica la messa a disposizione di adeguate quantità di piante provenienti da materiale vegetale vivo in natura o di sementi. Nel primo caso vanno ricordate le tecniche di inerbimento con zolle erbose spezzettate in piccole parti sottoforma di cespi o rosette, e zolle erbose sottoforma di piote. La prima soluzione consiste nel realizzare un'intera area a copertura rada; questa soluzione si presta bene per diversi tipi di fitocenosi di graminacee e leguminose, e per questo gran parte del materiale vegetativo può essere creato partendo da vegetazione autoctona. Per contro, tale tecnica richiede un cospicuo impiego di manodopera per il reperimento del materiale di base, collaudo, trasporto e messa a dimora in sito, creando degli oneri aggiuntivi che hanno fatto sì che tale operazione non trovasse ampia diffusione nella pratica, unitamente al fatto che, in assenza di frazione fine ed insufficiente aderenza al substrato, le zolle erbose possono essiccarsi. Ai fini dell'inerbimento con uso di vegetazione già presente in loco, la posa di piote erbose bene si presta al rapido impiego per il ripristino di aree fortemente danneggiate.

Porzioni di cotico erboso di dimensioni maggiori rispetto alle zolle spezzettate vengono ottenute in seguito ad operazioni di modellamento dei versanti, opportunamente conservate e rimesse a dimora dopo il completamento dei lavori. Le porzioni di cotico sono prelevate insieme all'orizzonte esplorato dall'apparato radicale, in modo tale da garantire un effetto duraturo dell'intervento. Se effettuato prima della ripresa dell'attività vegetativa, oppure all'inizio della dormienza, il trapianto garantisce risultati eccellenti anche a quote elevate. Esistono sul mercato anche rotoli di cotiche alpine pre-coltivate, adattabili ai substrati delle quote superiori. A seconda delle esigenze e del fine del progetto si possono preparare miscugli di graminacee adeguatamente selezionate per una determinata stazione.

Sempre nell'ambito di inerbimento con materiale vegetale vivo, e' opportuno ricordare il trapianto di piantine in pane di terra, in cui le piantine sono coltivate in vivaio e messe a dimora nella stazione di destinazione una volta che l'apparato radicale ha raggiunto un buon stadio di sviluppo. All'occorrenza si impiegano specie idonee al sito dotate di spiccata crescita vegetativa, prelevabili direttamente dal sito come piante madri. La tecnica trova applicazione per lo più come accompagnamento delle tecniche di inerbimento di cui sopra. In particolar modo per quelle specie dotate di sporadica riduzione di semi, propagandosi principalmente da cloni di piante madri, tale tecnica rappresenta l'unica possibilità per la loro reintroduzione. E' da considerarsi vantaggioso il fatto che piante ottenute per clonazione raggiungono una volta messe a dimora una precoce produzione sementiera e fioritura. Un possibile approccio, rappresentato dalla propagazione dei semi di specie indigene in territorio di pianura e la loro reintroduzione nel sito da rinaturare in forma di sementi o miscugli sementieri, e che costituisce l'argomento del presente lavoro, richiede l'ottenimento di quantità inferiori di semi da piante madri (circa 100 kg*ha^{-1}) in confronto a miscugli commerciali (fino a 500 kg*ha^{-1}). L'intero processo può essere riassunto nel modo seguente (Figura 2): nella prima fase gli ecotipi delle specie desiderate vengono raccolte

separatamente, di solito a mano, in stazioni con caratteristiche ecologiche simili a quelle proprie del sito da rinaturare. Dopodiché, la piccola quantità di materiale ottenuto dal prelievo viene moltiplicata ad altitudini inferiori in due o più passaggi. La semente risultante verrà infine inclusa in miscugli sementieri con una composizione ben definita a seconda dell'operazione da eseguire.

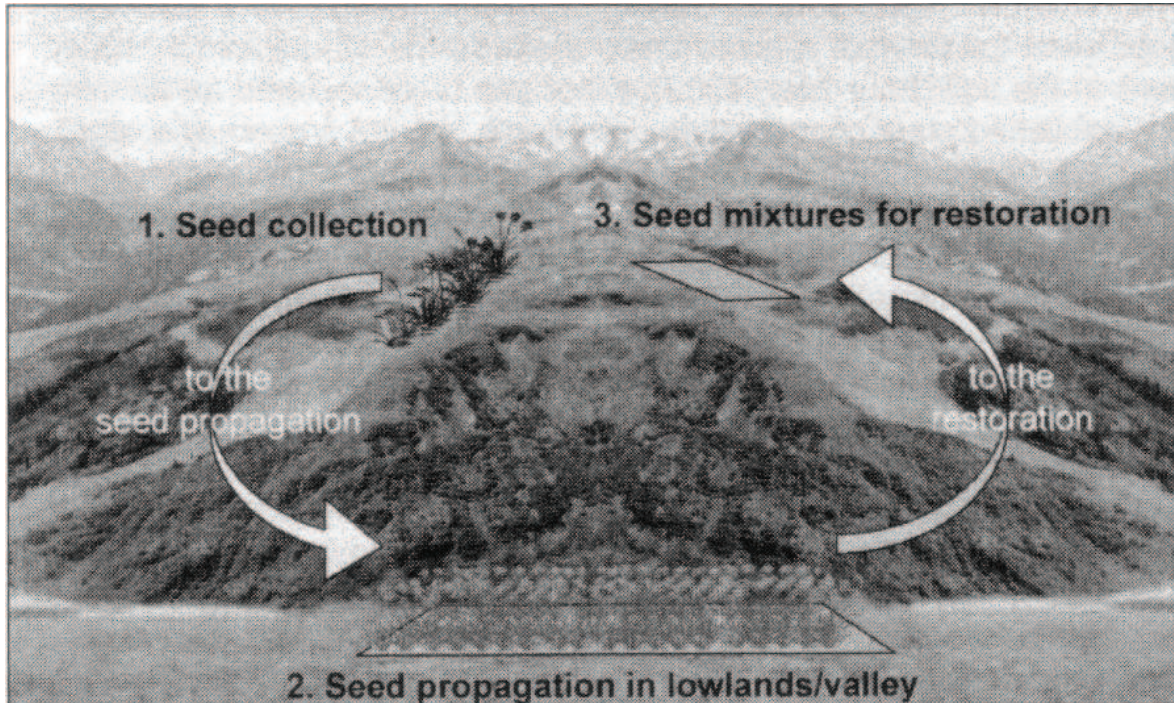


Figura 2: Schema di propagazione dei semi di specie indigene per la rinaturazione di aree erose in regioni montane (Peratoner, 2002).

In Europa, i primi tentativi di produrre semi di specie alpine risalgono agli inizi del secolo scorso in Austria fino ai primi anni 40' (Krautzer, 1995a). Furono ripresi a partire dalla fine degli anni 80 da Köck et al. (1989), Florineth (1992), Lichtenegger (1994a) e Krautzer (1995a), i quali effettuarono una prima selezione su un ingente numero di specie e trovarono che alcune di esse potevano essere idonee per la propagazione di semi e possedevano un alto potenziale in termini di resa sementiera e di qualità dei semi.

Tale approccio è basato su alcune considerazioni riguardo i vantaggi derivanti dalla propagazione di specie alpine al di fuori del loro areale naturale di distribuzione e/o in condizioni ambientali strettamente diverse da quelle dei siti in cui queste specie sopravvivono naturalmente.

In prima istanza, un incremento generale della germinazione dei semi può essere spesso osservato dopo la propagazione di semi di ecotipi alpini (Carlson, 1986; Krautzer, 1995a). La dormienza dei semi è altresì una caratteristica frequente delle specie alpine, e rappresenta un meccanismo adattativo che conferisce un vantaggio selettivo alle specie in ambiente naturale (Amen, 1966), e più ancora, essa rappresenta un'efficiente strategia per distribuire i rischi della prima fase di sviluppo in un periodo di tempo prolungato (Peratoner, 2002); infatti soltanto una parte della

popolazione sementiera contribuisce al naturale turnover in un dato tempo, mentre il resto dei semi vanno a costituire il seed bank del suolo (Zuur-Isler, 1982). Quello della dormienza può costituire però un serio ostacolo nel caso di comunità di piante da istituire su superficie private di vegetazione. Infatti in questo caso e' necessario che la copertura vegetale si affermi il più presto possibile, in modo tale da contrastare l'erosione delle particelle di suolo più fini in seguito al deflusso delle acque (Mosimann, 1981). Pertanto una germinazione rapida dei semi, emergenza del germinello e loro affermazione e' desiderabile.

Un ulteriore punto e' lo sviluppo più rapido esibito in genere dalle specie alpine se cresciute ad altitudini inferiori ed approvvigionate con giusto quantitativo di nutrienti. Last but not least, le operazioni di meccanizzazione e l'accessibilità sono generalmente più facili per superfici agricole in aree planari.

1.1.4 PRINCIPALI OPERAZIONI DI INERBIMENTO

1.1.4.1 Inerbimento mediante semina

Sulla base di esperienze di ricerca internazionale maturate nell'impiego di vegetazione idonea al sito (Partl 2006) si può affermare che per qualsiasi tecnica utilizzata il quantitativo massimo utile di semente non dovrebbe superare le 20 g*m². Le tecniche più utilizzate per gli inerbimenti di alta quota sono:

–SEMINA A SECCO = Tale tecnica trova impiego in ambienti d'alta quota in combinazione con protezione del terreno mediante ad esempio mulch, reti o stuoie seminate. Per semina a secco si intende la distribuzione dei semi da soli oppure in concomitanza con concimi o altri ammendanti allo stato secco. L'operazione ben si adatta a superfici pianeggianti ma può essere applicata senza problemi anche su scarpate con superficie irregolare.

–SEMINA CON COLTURE DI COPERTURA = L'impiego di sementi di copertura non trova particolare riscontro in ambienti di alta quota, in quanto le condizioni pedoclimatiche sfavorevoli impedirebbero, anche a fronte di abbondante impiego di concimazione, un rapido sviluppo delle specie. Per questo motivo in ambienti di alta quota le colture di copertura vanno impiegate esclusivamente in combinazione con una copertura superficiale del terreno realizzata con mulch, reti o stuoie seminate.

–SEMINA CON FIORUME = Presupposto per l'adozione di questa tecnica e' la disponibilità di residui di fienagione ricchi di semi reperiti sul fondo dei fienili o aie. Tuttavia, per fiorume si intende soprattutto un miscuglio di semi di elevato pregio naturalistico, intenzionalmente prodotto a partire da un prato naturale o semi-naturale mediante trebbiatura diretta del fieno, che non dovrebbe essere antecedente ai due anni. Un ulteriore prerequisito e' che il fieno venga falciato sufficientemente tardi, in modo tale da permettere la produzione di semi maturi di numerose specie

erbacee, graminacee e non. Consigliabile una setacciatura, al fine di ottenere una concentrazione sufficientemente alta del seme. Il fiorume ($0,5-2\text{kg}\cdot\text{m}^2$) viene distribuito insieme agli steli fino al raggiungimento di uno spessore massimo di 2 cm. I vantaggi connessi con l'uso di fiorume sono così schematizzabili:

1. Esso è costituito dal miscuglio di specie naturalmente selezionate per garantire il miglior risultato.
2. Esso si può utilizzare per realizzare prati molto simili a quelli di origine naturale, non necessitanti di assidua manutenzione, con una sola operazione ad effetto immediato.
3. Presenta costi simili ad operazioni effettuate con miscugli di sementi autoctone di qualità, ma rispetto ai quali risulta essere facilmente reperibile.
4. Il fiorume rappresenta pertanto un materiale selezionato in partenza, ben adattabile a vari tipi di habitat, secondo il sito di provenienza; a causa della spiccata ricchezza in specie e' in grado di garantire la ricostituzione in tempi brevi di prati e praterie di qualità a partire da aree denudate.
5. L'impiego razionale di fiorume evita nel lungo periodo la diffusione massiccia di varietà commerciali, quali specie esotiche, così come di genotipi artificialmente selezionati. Il conseguente mantenimento di elevati livelli di biodiversità naturale anche a livello genetico permette di sviluppare notevoli capacità adattative e resistive di fronte a stress da parte sia delle specie che degli ecosistemi, garantendone la sopravvivenza a lungo termine. (Ceriani et al., 2011).

–SEMINA CON MULCH DI FIENO = Se sono disponibili aree adatte, la semente può essere ottenuta anche grazie ad un'operazione particolare di sfalcio in aree che presentano una vegetazione idonea al sito, coerente con le finalità dell'inerbimento da eseguire. La raccolta si effettua con sfalci eseguiti in epoche diverse (due o tre date di intervento), al fine di includere il numero più ampio possibile di specie il cui seme sia giunto a maturità. Il fieno così raccolto, insieme ai semi contenuti al suo interno, deve essere distribuito sulle superfici da inerbire in uno strato uniforme.

–IDROSEMINA = In ambiente d'alta quota questa tecnica può essere utilizzata solo in combinazione con copertura del suolo (idrosemina a spessore). Tale metodo di semina prevede la miscelazione di semente, concimi, materiali pacciamanti, sostanze miglioratrici del terreno, collanti ed acqua in una botte speciale e la loro applicazione e la loro applicazione sulle superfici da inerbire per mezzo di pompe a pressione. Con questa tecnica possono essere inerbite anche scarpate scoscese con superfici scivolose. Cruciale nella prevenzione dei fenomeni erosivi e' la rapida germinazione della semente. Su versanti particolarmente ripidi la miscela di semente e concimi può essere spruzzata su una rete opportunamente di iuta o comunque materiale organico opportunamente fissata al terreno. In casi estremi si può considerare lo spargimento della semente mediante elicottero, purché i costi siano accettabili (soluzione più indicata per gli inerbimenti delle piste da sci).

–SEMINA CON MULCH = Le semine con mulch consistono nella copertura e protezione dell'area seminata con materiale organico di varia natura. Per consentire una crescita ottimale, lo spessore di mulch non deve superare i 3-4 cm e deve permettere una parziale filtrazione luminosa. Infatti uno spessore eccessivo potrebbe portare al soffocamento dei semi germinanti, mentre spessori troppo sottili aumentano il rischio di erosione. I materiali più comunemente utilizzati per la preparazione di mulch sono il fieno e la paglia. Presupposto per la buona riuscita di una semina con mulch sono terreni da rinverdire non eccessivamente scoscesi in stazioni protette dal vento. La quantità di materiale asciutto da impiegare è nell'ordine di 300-600g/m². Nell'ambito della semina con mulch bisognerebbe evitare che il materiale utilizzato provenga dal primo taglio di prati utilizzati tardivamente, in quanto che tale materiale contiene con buona probabilità semi di specie indesiderate. Perciò si impiega fieno di secondo o terzo taglio.

–SEMINA CON RETI E STUOIE SEMINATE = Sono disponibili in commercio diversi tipi di geotessuto, come reti di iuta, fibre di cocco, fibre sintetiche oppure in materiale metallico, che possono essere convenientemente impiegate per tutte le tecniche di inerbimento di cui sopra. In particolare i geotessuti trovano largo impiego in quelle zone dove sussiste un rischio palese di erosione superficiale oppure in condizioni stagionali estreme, ad esempio presso bordi di scarpate molto ripide. Essi infatti consentono di aumentare la protezione superficiale, e nel contempo garantire stabilità nel lungo tempo nei confronti degli agenti atmosferici e naturali, come caduta massi, spinte esercitate dal manto nevoso, spinta attiva del terreno, etc. In funzione del materiale, delle condizioni stagionali e dell'altitudine le reti si degradano senza lasciare alcun residuo nell'arco di 1-4 anni, mentre le reti metalliche o in materiale plastico hanno vita utile pari a circa 30 anni e non sono, ovviamente, biodegradabili, e possono lasciare residui di nel terreno. All'atto della posa della rete o stuoia è necessario fare alcuni accorgimenti: la rete deve essere bene adesa al suolo in ogni punto e avere un numero sufficiente di ancoraggi per m² (minimo 4), ciò per conferire stabilità in caso di forte vento. L'ancoraggio deve essere particolarmente robusto in corrispondenza del coronamento del versante.

Le stuoie seminate sono realizzate in genere con trucioli di legno, fibre di cocco, canapa o comunque fibre naturali in qualità di materiale di riempimento. Al fine di ottenere un buon ancoraggio al terreno, quest'ultimo non dovrebbe presentare eccessiva acclività o essere soggetto a frequenti fenomeni di rotolamento (Krautzer et. Al. 2006).

In accordo con Krautzer (1995b) tutte le specie idonee al sito, in confronto con le specie e varietà ottenute tramite pressione selettiva o miglioramento genetico, presentano una velocità di sviluppo più lenta nelle fasi giovanili e una modesta capacità competitiva. Queste caratteristiche risultano tanto più evidenti quanto maggiore è l'altitudine alla quale la specie compare spontaneamente, e le misure fitosanitarie e di controllo di malerbe devono essere eseguite prima possibile al fine di evitare ingenti perdite di produzione.

1.1.4.2 Inerbimento mediante miscugli di sementi foraggere

Generalmente, i miscugli per inerbimento disponibili sul mercato sono costituiti per lo più da specie di natura alloctona selezionate in ambienti di pianura per foraggi coltura o per impianti sportivi, e che mal si prestano alle condizioni di alta quota (Florineth, 1992). Diretta conseguenza di questo aspetto è la necessità di interventi di concimazione per far fronte al notevole fabbisogno di sostanze nutritive, e ciò porta spesso ad un eccesso di produzione di biomassa che nel breve periodo vegetativo tende a non decomporsi e quindi auto soffocarsi. In altre parole, con miscugli convenzionali le piante non si riproducono, perché una volta chiuso il ciclo vitale del primo anno di rinverdimento la vegetazione seminata scompare. Infatti, elemento essenziale per la buona riuscita e stabilità a lungo termine di un inerbimento è la capacità di rigenerarsi in seguito ad eventuali danneggiamenti (resilienza). L'accrescimento vegetativo negli ambienti d'alta quota è relativamente ridotto (Grabherr, 1978), e perciò le piante devono avere la facoltà di produrre semi maturi e in grado di germinare.

Le specie alpine e subalpine sono caratterizzate infatti da scarsa produzione di biomassa, hanno modesto fabbisogno di sostanze nutritive e solo nelle fasi iniziali di crescita necessitano di interventi di cura, formano nel giro di breve tempo un manto erboso in grado di mantenersi stabile in maniera autonoma, anche a fronte di eventi di disturbo naturale ed antropico. Le leguminose alpine e subalpine svolgono una funzione essenziale nelle miscele di sementi in quanto, oltre ad avere ridotte esigenze in termini di sostanze nutritive, forniscono un importante contributo al ciclo dell'azoto (Jacot et al.2000), e se presenti in misura superiore al 10%, sono in grado di fornire un quantitativo di azoto sufficiente a tutte le altre piante, contribuendo alla fitocenosi stessa. Se nell'associazione vengono incluse sementi in fase di dormienza, la quantità di materiale richiesta sarà maggiore a seconda della popolazione che si intende ottenere e ciò porta ovviamente ad un aumento dei costi. Questo aspetto è stato spesso alla base della rinuncia all'impiego di flora indigena in tali operazioni.

1.1.5 Problemi connessi con la riproduzione di sementi di specie autoctone

E' importante considerare che il materiale ottenuto da clonazione e' portatore di un singolo o per lo meno pochi genotipi, e di conseguenza la variabilità genetica intraspecifica della popolazione di partenza risulta impoverita (Peratoner, 2002). Infatti, durante molti stadi di produzione del seme la variabilità genetica del materiale di base può essere ridotta, in parte a causa delle diverse condizioni, in parte a causa delle tecniche meccanizzate utilizzate nel processo di produzione: se il processo fisiologico di dormienza non viene interrotto, le piante ottenute da semi non dormienti possono essere rappresentate nei plots di moltiplicazione, e la competizione intraspecifica internamente al campo per la moltiplicazione delle sementi può selezionare genotipi meglio adattati alle condizioni climatiche e nutrizionali favorevoli, penalizzando invece quelli più tolleranti alle condizioni di stress, cosicché il processo di raccolta potrebbe non riuscire ad includere campioni di tutti i genotipi superiori per caratteristiche di adattamento naturale. Anche nel caso della raccolta che avviene in genere in un solo passaggio quando la maturazione e' al 70% circa del seme, escludendo quindi i genotipi precoci e tardivi.

Riguardo alla perdita di variabilità intraspecifica dei genotipi di base sono disponibili informazioni ancora piuttosto limitate. In linea di massima si può notare che la perdita di variabilità genetica e' più accentuata se la pianta madre viene coltivata o comunque domesticata: la domesticazione ha fatto sì che tramite selezione artificiale di alcuni tratti, quali ad esempio la perdita di meccanismi di dispersione del seme, perdita del processo fisiologico di dormienza, aumento delle dimensioni dei semi stessi, la diversità genetica nelle specie coltivate decrementasse. Da rilevare però che non esistendo un processo di selezione spinta per caratteri agronomici, quelli naturali diminuiscono solo di frequenza: sarà poi l'ambiente in cui sono utilizzati a riportare le frequenze alleliche all'equilibrio nel giro di qualche generazione.

L'approccio naturalistico proposto prevede quindi l'uso di semente locale, per non alterare i binomi tra i caratteri ereditari. Tale approccio, però, risulta essere molto dispendioso in quanto non risulta ad oggi pensabile coltivare una popolazione sementiera senza alterare i rapporti tra i vari genotipi

Una prima conseguenza sarebbe quella di raccogliere prioritariamente le piante con genotipi più produttivi, che nel giro di pochi anni diventerebbero nell'ambito del prato coltivato quelli più rappresentativi, mostrando per contro una suscettibilità maggiore ai patogeni.

Anche la cascola dei semi rappresenta un fattore di rischio per il raccolto, così come la disomogeneità nella dimensione della pianta: infatti si e' facilmente constatato come gli individui più piccoli vengono soppiantati da quelli di maggiori dimensioni o, ancor più, lasciano più spazio vitale per il proliferare di infestanti, ed e' dimostrato che le popolazioni autoctone sono meno competitive nell'ambiente ecologico agrario e tendono ad avere un lento sviluppo nelle fasi giovanili.

Per i motivi sopra elencati, la produzione di sementi autoctone presenta un management piuttosto articolato: accanto alle problematiche comuni alla specie foraggiere, sussistono problematiche

legate alla scarsa selezione dei materiali per i caratteri legati alla produzione. Proprio l'aspetto produttivo risulta essere cruciale per la coltivazione di specie autoctone, poiché, non essendo queste selezionate, non possiedono i caratteri agronomici richiesti dalla coltivazione, come contemporaneità di maturazione, scarsa cascola del seme, elevata produzione per pianta, adeguato habitus rispetto alle esigenze colturali. Dalle esperienze europee risulterebbe che i prezzi di queste sementi siano sensibilmente più alti delle normali foraggere che sono coltivate in zone vocate all'attività sementiera.

Come accennato precedentemente, la situazione malerbologica a sud delle Alpi è alquanto difficoltosa. Anche stazioni di montagna come quella di Bormio, presentano una ampia gamma di infestanti. Questo fattore fa sì che non si possano utilizzare tecniche di agricoltura biologica. (Bottinelli et al., 2011)

I mezzi disponibili, accanto ad operazioni quali falsa semina, erpicature, pacciamature, riguardano l'apporto di graminicidi ad azione anti-germinello, nella fase di pre-emergenza, efficace per l'appunto fino alla comparsa della 3° foglia. Ma come già menzionato, la pianta coltivata presenta uno stadio di sviluppo più lento, e in seguito al trattamento prima e alla pressione delle infestanti poi, soccomberebbero.

Spesso risulta inoltre impraticabile rimuovere selettivamente le specie infestanti, in quanto esse possiedono il medesimo portamento, dimensione e densità della pianta coltivata, e non ultimo, perché erbicidi aventi un'adeguata selettività tra pianta utile e specie infestante sono al più non reperibili sul mercato. E anche qualora le specie infestanti vengano rimosse tramite mezzi chimici antecedentemente la semina della specie desiderata, si registra frequentemente nel terreno dei residui di tossicità che affliggono la pianta coltivata.

1.1.6 Approccio alla soluzione del problema

Un possibile approccio per prevenire e controllare i fenomeni di erosione del suolo nelle regioni alpine e' quindi rappresentato dalla propagazione dei semi di specie indigene alpine in terreno di pianura e il loro uso in miscugli di semi o semi monospecie per la rivegetazione.

Il ritmo di crescita più lento delle specie monocotiledoni e dicotiledoni alpine, la loro suscettibilità a malattie fungine (Krautzer, 1995b) sono fattori che possono rendere alquanto difficoltosa la propagazione di sementi di talune specie. Anche Krautzer (1995b, 1997a) sottolinea che l'applicazione di erbicidi e fungicidi risulta indispensabile per la produzione di specie alpine.

Numerose esperienze professionali (Betz, 1986; Mlot, 1990; Schramm, 1992; Shirley, 1994) attribuiscono all'interferenza da parte delle specie infestanti sull'affermazione di flora autoctona l'ostacolo primario per un efficiente ed effettivo intervento di rinaturazione (Masters et al. 1996). E proprio perché la flora autoctona presenta ritmi di crescita lenti, le malerbe competono con queste piante durante tutto il periodo di costituzione del manto erboso.

Nei primi anni 70' negli Stati Uniti è stata messa a punto la tecnica del charcoal banding per la produzione di sementi foraggere come il loietto (*Lolium perenne*) e la poa (*Poa spp*). La tecnica consiste nella distribuzione di carbone attivo sulla fila seminata. Esso adsorbe il diserbante, distribuito subito dopo il carbone, e lo inattiva sulla striscia, lasciando germinare il seme delle specie coltivate, che negli stadi iniziali presenta un tempo più lungo di crescita rispetto alle specie spontanee, ed incrementando al tempo stesso la selettività del trattamento (Burr et al. 1972). Nello spazio interfilare, invece, l'erbicida può esercitare la sua azione bloccando così la crescita delle infestanti, senza più la necessità di espletare azione selettiva.

Il metodo è stato inizialmente usato a fini sperimentali per adsorbire ed inattivare residui di erbicidi rimasti nel suolo in seguito all'apporto sulle colture precedenti, ma ai fini del presente lavoro il carbone attivo è stato impegnato per proteggere le piante coltivate prima dell'applicazione dell'erbicida (Deutsch, 1973).

Sulla fila protetta si trovano quindi sia i semi della pianta coltivata che quelli delle infestanti, le quali tuttavia esercitano meno pressione.

1.1.7 Scopo delle indagini ed obiettivi prefissati

Obiettivo del presente lavoro di tesi è stato quello di mettere a punto la tecnica di semina con carbon banding su specie autoctone così da facilitarne la coltivazione per la riproduzione di semente ad uso degli inerbimenti tecnici sia in ambienti di pianura quanto in quelli montani, e non ultimo la valutazione costi/benefici dell'uso della tecnica in un'ottica di miglioramento genetico delle specie idonee al sito.

Per ottenere ciò nell'ambito delle esperienze di seguito illustrate e' stato osservato l'effetto altamente adsorbente e perciò schermante del carbone attivo nei confronti di alcuni erbicidi PRE-emergenza con azione ad ampio spettro su superfici seminate con *Achillea millefolium*, *Holcus lanatus* L. e *Bromus erectus* Hudson. Sulla base dei dati di emergenza e con l'aiuto delle analisi statistiche nonché dei dati disponibili nella letteratura esistente, si e' tentato inoltre di avanzare una stima riguardo il quantitativo di carbone attivo necessario per inibire l'effetto del trattamento con erbicida impiegato nell'unica concentrazione prevista dal produttore, tenuto conto sia dell'efficienza di controllo sulle malerbe sia dell'efficacia germinativa mostrata dalle specie oggetto di studio. Sono stati presi in considerazione anche alcuni aspetti della qualità dei semi prima delle operazioni di semina.

1.2 MATERIALI E METODI

1.2.1 Localizzazione dell'area di studio

L'attività pratica è stata condotta tra il mese di febbraio e il mese di ottobre 2013 presso la scuola superiore di floro-orto-frutticoltura della Fondazione Minoprio nel dipartimento di ricerca MIRT (Figura 3). L'area delle sperimentazioni in serra e su campo è situata presso il comune di Vertemate con Minoprio (coordinate geografiche: 45°44'00"N 9°04'00"E) nel distretto dell'Alta Brianza, a circa 380 m s.l.m. e distante circa 15 km da Como (CO, Italia).



Figura 3: Localizzazione dell'area di sperimentazione presso la scuola di floro-orto-frutticoltura della Fondazione Minoprio presso il comune di Vertemate con Minoprio (Como, I).

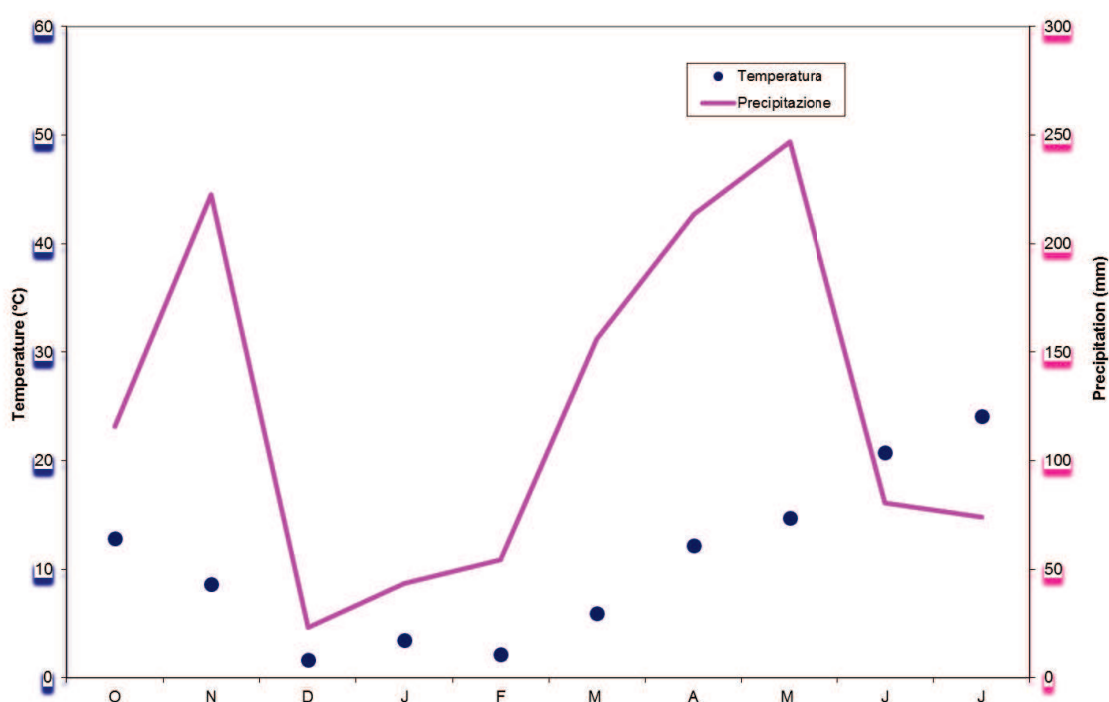
1.2.2 Condizioni climatiche e meteorologiche dell'area di studio

L'area dove sono state condotte le indagini appartiene al distretto della fascia prealpina, caratterizzata da clima sub continentale tipico dell'Europa Occidentale influenzato dal clima temperato-umido delle regioni lacustri. In accordo con la classificazione climatica di Köppen, l'area sperimentale può essere assegnata alla classe Cfb (clima temperato umido delle medie altitudini con almeno 30mm di pioggia durante il mese più secco).

I dati meteorologici sono forniti da ARPA e disponibili per l'ultima decade, ma non sempre completi per ogni mese. Guasti temporanei della stazione meteorologica sita a Vertemate con Minoprio in corrispondenza della Villa Raimondi, sede della Fondazione Minoprio, hanno causato

talvolta la perdita dei dati nel tempo. Essi, quando possibile, sono stati integrati con i dati provenienti dall'altra stazione meteo sita a Vertemate con Minoprio presso il centro floro-vivaistico CAM (dati di precipitazione e di umidità relativa). I dati di precipitazione e delle temperature registrate durante i mesi di prova sono rappresentati in Figura 4. Nel complesso è stata riscontrata una temperatura media di 10.64°C ed una piovosità totale di 1229 mm. Il mese più caldo è stato Luglio (24.1°C), il più freddo Dicembre (1.6°C). La precipitazione massima è occorsa nel mese di Maggio (247 mm) mentre il mese più secco è stato Dicembre (23 mm). La durata del periodo vegetativo presenta una durata di 7 mesi.

Figura 4: Temperature medie mensili e somma delle precipitazioni al sito di sperimentazione presso la F.M. durante il periodo di investigazione.



Dall'esame delle temperature medie mensili e dalle rispettive somme di precipitazione (Figura 4) si evince che vi è stata un'adeguata disponibilità d'acqua durante tutta la stagione vegetativa. In generale, la distribuzione delle precipitazioni è stata favorevole durante la stagione vegetativa, in quanto gli eventi piovosi si sono distribuiti in almeno 1/3 di giorni di pioggia in ciascun mese (Tabella 1); al momento del trattamento, il terreno si trovava in condizioni prossime alla capacità di campo. Sempre considerando tale periodo, un numero relativamente basso di eventi di pioggia intensa, oscillante da zero a tre, ha interessato l'area di studio (Tabella 1). A causa della cospicua presenza di castagneti e robinieti sul perimetro dell'intero campo, l'area non è interessata da fenomeni ventosi di rilevante importanza.

Tabella 1: Somme mensili dei giorni di pioggia (precipitazione giornaliera>1mm), eventi di precipitazione intensa e medie di umidità relativa del sito sperimentale a Vertemate con Minoprio durante il periodo d'indagine (Ott. 2012- Lug. 2013).

Mese relativa	Giorni di pioggia (N°)	Eventi intensi di precipitazione (N°)	Umidità (%)
Ottobre	10/31	1	82.7
Novembre	9/30	*	85.1
Dicembre	4/31	*	78.4
Gennaio	9/31	*	79.9
Febbraio	8/28	*	71.3
Marzo	14/31	2	76.5
Aprile	17/30	3	79.1
Maggio	19/31	2	74.9
Giugno	9/30	1	64.3
Luglio	7/31	*	58.3
Totale periodo	106/303	9	75

Il trimestre Marzo-Maggio ha visto condizioni climatiche particolarmente umide, mentre gli ultimi due mesi di studio sono stati caratterizzati da periodi relativamente caldi e secchi. Maggio ha visto temperature leggermente sotto la media ed abbondanti precipitazioni (247 mm) concentrate nella seconda parte del mese. Giugno, al contrario, ha avuto forti temporali concentrati in brevi ed intense precipitazioni verificatosi in pochi giorni di pioggia. L'ultimo mese di prova e' stato alquanto sfavorevole per la germinazione e stabilizzazione dei semi messi a dimora a causa delle scarse precipitazioni e delle temperature piuttosto elevate (24° in media) così come dell'erosione del terreno nei plots dovuta agli eventi di precipitazione intensi registrati nei mesi precedenti.

1.2.3 Caratterizzazione pedologica del terreno

Il suolo utilizzato per entrambi gli esperimenti è del tipo Luvisol eroso superficialmente, derivante dalle morene glaciali. La tessitura presenta uno scheletro di 160g/ kg con contenuto in sabbia al 46.7%, limo al 45% e argilla pari a 8.3%, contenuto in humus relativamente basso (3.3%), carbonio organico 1,9% con medio- bassa capacità di campo (Berardi, 2009) e leggera tendenza al dilavamento (Finnern et al., 1996). Lo spessore degli strati va dai 10 ai 50 cm. Il materiale roccioso presente nella matrice è piuttosto fragile e infrangibile in detriti poligonali con bordi taglienti (Mehnert et al., 1985).

Le analisi svolte prima dell'allestimento dell'area sperimentale mostrano che il suolo possiede un pH prevalentemente acido (5.5 in acqua), N presente al 0.19%; il contenuto in P₂O₅ pari a 113 mg/kg di suolo, mentre il contenuto in K₂O era 0.04 mg/100g di terreno. L'area è stata amministrata agricolturalmente per lungo tempo.

Le analisi chimiche sono state eseguite ad opera del centro MAC presso la Fondazione Minoprio (CO) secondo le metodologie riportate in Tabella 2.

Tabella 2: Metodi utilizzati per le analisi del terreno. Ogni metodo si riferisce alle linee guida riportate nei quaderni DM (Metodi di analisi chimico- fisica dei suoli, 1992-2002).

Parametri del suolo	Metodi
pH	Misurazione in soluzione 0.01 M di CaCl₂
P, K	Estrazione CAL
C (%)	58% del contenuto in humus
N (%)	Analizzatore CNS
S	Estrazione in acqua 1:10
O₂	Combustione
CSC	Misurazione in soluzione 0.1 M di BaCl₂
Scheletro	Centrifugazione con Sigma 2-4 B. Braun International

1.2.4 Caratteristiche e proprietà del carbone attivo

Il carbone attivo (activated charcoal) viene ottenuto da materiale come ad esempio carbone, legno e lignite riscaldato una prima volta in assenza di aria. Il procedimento viene poi ripetuto in presenza di aria o vapore, oppure di agenti ossidanti che incrementano considerevolmente le proprietà adsorbenti del carbone, che ora appare come matrice molto porosa. Come indicato da Farmacopea Ufficiale XII Ed. (2008) si presenta come una polvere nera praticamente insolubile in tutti i solventi usuali. La sua elevata superficie (da 500 a 2500 m²/g) è in grado di adsorbire e ritenere molte sostanze attraverso la formazione di legami deboli (forze di Van der Waals).

Da studi condotti si riconosce che il carbone attivo non ha effetto su materiali inorganici, e tanto più grande è la molecola da adsorbire, quanto maggiore sarà l'adsorbimento, mentre tanto più alta la solubilità in acqua del materiale da adsorbire, quanto più scarso sarà l'adsorbimento stesso (Jagschitz, 1979). Proprio grazie alle sue proprietà, il carbone attivo può quindi essere utilizzato in diversi campi

- Depurazione delle acque (freatiche, piscine, reflue industriali, acquedotti ecc.)
- Recupero di solventi
- Supporto per catalizzatori (Pt, Pd)
- Trattamento dell'aria attraverso filtri al carbone
- Antidoto in caso di avvelenamento per ingestione di sostanze tossiche in quanto l'adsorbimento al carbone di queste sostanze le rende meno disponibili per l'assorbimento sistemico e quindi più facilmente eliminabili.

Il carbone attivo può essere di natura vegetale (Carbomix) oppure minerale, e presentarsi in forma granulare (GAC- Granular activated carbon) o pulviscolare (PAC- Powdered activated carbon). Nel presente lavoro è stato utilizzato Carbone Vegetale Attivo.

1.2.5 Specie studiate

Nell'ambito di questa ricerca sono state studiate ed osservate tre specie perenni a rapida crescita ed alta attitudine al consolidamento del terreno, appartenenti alla famiglia delle Poaceae o Graminacee (*Holcus lanatus* L., *Bromus erectus* Hudson) e delle Composite o Asteraceae (*Achillea millefolium*); ne sono stati testate le diverse risposte fisiologiche in attuazione di misure di controllo di malerbe sia in presenza che in assenza di carbone attivo.

1.2.5.1 *Holcus lanatus* L.

Pianta perenne erbacea, emicriptofita cespitosa con fusti eretti o ginocchiato-ascendenti, glabri, spesso pelosi ai nodi. La pannocchia e' ampia, densa, dalla consistenza bianco-setosa. Foglie mollemente pubescenti con lamina larga 8-13 mm e ligula di 1-2 mm. Gli stemmi fiorali hanno generalmente portamento eretto, cavi all'interno e alti da 30 a 100 cm (Anderson, 1959; Barkorth et al, 2007; Hulten, 1968; Pojar et al, 1994; Wagner et al, 1999).

Holcus lanatus L. e' una specie ampiamente diffusa nelle regioni alpine e dell'Appennino Centro-Settentrionale ad altitudini comprese tra 0 e 1500 m s.l.m. (Pignatti, 1997; Beddows, 1961). Presenta foglie moderatamente pubescenti, soprattutto sulla guaina e pannocchia ampia, densa, bianco-setosa (Pignatti 1997). La specie e' principalmente riscontrabile in prati stabili e umidi, in associazione con compagini vegetazionali della fascia montana moderatamente acidofile ed amanti dei terreni ricchi di nutrienti (*Cynosurion*, *Polygono -Triseton*) ed nella fascia alpina e subalpina in associazione con *Nardion strictae* e *Poion alpinae* (Rothmaler, 2002; Conert, 1998). La si può trovare inoltre in ambiente di sottobosco e su prati falciati (Adler et al., 1994). *H. lanatus* L. e' importante specie foraggera dei pascoli medio-intensivi di media quota e può essere considerato una pianta consolidatrice il terreno grazie alla sua spiccata capacità colonizzatrice del suolo a causa dell'apparato radicale fittonante (Kutschera e Lichtenegger, 1982). L'attitudine alla propagazione del seme per questa specie e' stata più volte testata e le tecniche di coltivazione perfezionate negli ultimi anni; sul mercato sono e' possibile trovare una vasta gamma di miscugli di semente convenzionale contenenti tale specie (Lichtenegger, 1994a, Krautzer, 1995a; Krautzer, 1995b; Werder, 1996).

1.2.5.2 *Bromus erectus* Hudson

Specie perenne, raggiunge un'altezza di levata di 80-100 cm. Forma cespi densi e solo raramente assume portamento stolonifero. In Italia cresce nella fascia alpina negli orizzonti collinare e montano; sui rilievi in prati aridi vive fino a 1600 m s.l.m. (Pignatti, 1997). *Bromus erectus* Hudson e' specie a carattere paleo- temperato (Pignatti, 1982b; Pignatti, 1997), tipico dei climi sub-oceanici. In genere si rinviene su terreni asciutti e ricchi di calcare con pH 6,3-7,4 (Ellenberg, 1996).

L'infiorescenza ha forma a pannocchia, sottile, lunga 10-15 cm, contratta, eretta, con brevi rami scabri portanti poche spiglette; i rami inferiori sono concentrati in gruppi di 2-5. Spiglette sottili, lanceolate, multiflore con 5-12 fiori, lunghe fino a 38 mm (Pignatti, 1997).

La specie e' largamente impiegabile per operazioni di inerbimento ad altitudini intermedie, ricche in basi ma povere in nutrienti. Tollera il taglio in maniera limitata, e risponde negativamente a concimazioni azotate (Oberdorfer, 1990). Alla stregua di altre specie di *Bromus*, e' molto frugale ed eliofila e può essere rinvenuta su terreni superficiali o moderatamente profondi, leggeri e a medio impasto, ricchi di humus, prevalentemente in stazioni asciutte. Esso infatti non e' in grado di svilupparsi correttamente in soprasuoli con costante presenza di acqua stagnante (Conert, 1998).

Nelle regioni pre-alpine della fascia insubrica, *Bromus erectus* Hudson e' presente in prati calcarei aridi o semi-aridi di *Festuco-Brometea*, così come in peccete xeriche della compagine *Erico-Pinion* e in boschi di faggio dell'associazione *Cephalentero-Fagenion* (Oberdorfer, 1990). *Bromus erectus* Hudson e' considerata una pianta consolidante i ghiaioni, capace di legare i cristalli di calcio e di trattenere le particelle fini di terreno grazie all'apparato radicale fittonante (Ellenberg, 1996). In condizioni naturali, le radici laterali distali vengono spesso colonizzate da micorrize vescicolari (Blaschke, 1991a). Le radici delle piante morte possono permanere nel terreno per oltre 30 anni, in quanto che in tal caso l'attività degradativa del terreno risulta fortemente ridotta (Kutschera & Lichtenegger, 1982).

Per la moltiplicazione della semente si dovrebbero prediligere siti con bassa presenza di graminacee infestanti a causa della possibilità limitata di impiegare erbicidi selettivi. (Krautzer et al., 2004).

E' disponibile sul mercato una vasta gamma di semente di tale prodotta commercialmente.

1.2.5.3 *Achillea millefolium*

Specie perenne, con radice fittonante e stoloni striscianti ipogei. E' diffusa praticamente in tutto l'arco alpino su prati falciati e concimati fino a 1500 m s.l.m. (Pignatti, 1997). Fusto alto da 30 a 100 cm a maturità, piuttosto robusto ed eretto, ramificato nella parte superiore. Le foglie cauline presentano pelosità sparsa o quasi glabre, di forma lanceolata, quelle basali hanno setti pennati in numero di 3, larghi 2040 mm, mentre quelle intermedie e superiori sono provviste di orecchiette con 2-3 setti pennati, larghe 10-20 mm (Pignatti, 1997). Predilige matrici calcaree (valori di pH compresi tra 5,5 e 7,5 in accordo con Landolt, 1977) con basso contenuto in limo, da basso a molto basso contenuto di nitrati e medio-alto contenuto in humus, ma ricchi in scheletro, moderatamente profondi o profondi. *Achillea millefolium* esibisce una buona capacità di consolidamento del terreno grazie agli stoloni profondi e lignei (Oberdorfer, 1990; Krautzer et al, 2004). Sotto il profilo fitosociologico viene indicata come specie caratteristica dell'ordine Arrhenatheretalia, su prati pingui di media-bassa quota associata ad *Arrhenatherum elatius* (Oberdorfer, 1983). Specie eurosibirica con svariate razze ecologiche, ampiamente diffusa in tutta Europa ed Asia. In accordo con gli indici ecologici di Ellenberg (1996) e Landolt (1977) essa si comporta, dal punto di vista ecologico, come specie xerofila, indifferente alla natura litologica del substrato, tipica dei suoli a granulometria grossolana ma con buona dotazione di elementi nutritivi.

Achillea millefolium e' però sensibile ai ristagni idrici prolungati e alla compattazione degli orizzonti superficiali del suolo, cioè ad insufficiente aerazione del terreno. Come *Bromus erectus* Hudson e' impiegabile universalmente per inerbimenti dal piano basale all'orizzonte alpino inferiore; ben tollera le operazioni di taglio, resistente al calpestamento. Vanno evitati terreni umidi, con ristagno idrico o scarsamente areati. (Krautzer et. al., 2004). Sono disponibili sul mercato diverse misture di sementi contenenti tale specie.

1.2.6 Modalità di raccolta e produzione

1.2.6.1 *Holcus lanatus* L.

Nonostante i semi vengano prodotti soltanto dai culmi inferiori, *Holcus lanatus* L. viene considerata specie molto prolifica. Studi condotti nel suo habitat naturale e in habitat alloctono indicano che la produzione sementiera può variare in base al tipo vegetazionale e alla data di raccolta. In serra la specie produce in media da 65 a 610 spighe fertili (Beddows, 1961) portanti in media 19.000 semi/m² (Watt, 1978).

Studi su campo indicano che la data di raccolta può influenzare la produzione dei semi e delle pannocchie (Peart, 1989). Le piante raccolte nei mesi di novembre e dicembre non portano fiori. Piante provenienti dalla raccolta effettuata tra gennaio e giugno producono un gran numero di pannocchie fertili e semi. Il numero di pannocchie per pianta è stato osservato decrementare però da 759 nella raccolta effettuata a giugno a 184 in quella effettuata nel mese di luglio (Watt, 1976).

I semi generalmente sono utilizzabili per gli interventi di inerbimento subito dopo essere stati prodotti. Ricerche che hanno testato la germinazione dei semi nel tempo fino alla fase di antesi dei fiori hanno iniziato a rilevare semi fertili 9 giorni dopo la formazione dello scutello. A 20 giorni dopo l'antesi, si ha avuto la massima germinazione (Beddows, 1961).

Il buono sviluppo delle infiorescenze dipende inoltre dalla vernalizzazione e tanto più a lungo si protrae il periodo freddo quanto più dilazionato risulta il periodo di fioritura (Thompson et al., 1988).

1.2.6.2 *Bromus erectus* Hudson

La specie presenta alta resistenza all'allettamento, benché i fusti carichi di seme tendano a prostrarsi, e relativamente bassa tendenza alla caduta dei semi. A raggiunta maturità del seme la pannocchia assume una colorazione piuttosto marrone e appare secca. Nello stadio di maturità, che si ha dalla metà di giugno alla fine di luglio a seconda delle condizioni ambientali di coltivazione, i culmi e le foglie sono parzialmente verdi. Per la raccolta si opta per la mietitrebbiatura, in quanto la semente ha molta scorrevolezza e può essere pulita facilmente. In termini produttivi si parla di valori variabili tra i 200 e i 500 kg*ha⁻¹. La coltura può rimanere in produzione per 3 annate consecutive (Krautzer et. al., 2004).

1.2.6.3 *Achillea millefolium*

La specie presenta alta resistenza all'allettamento e bassa tendenza alla caduta dei semi. Dopo la fioritura i corimbi prendono colorazione da grigio scuro a marrone scuro. I semi rimangono in genere ben adesi all'infiorescenza fino alla maturazione. Per verificare se la maturità è stata raggiunta si può strofinare un corimbo su una mano. In caso affermativo i semi, del classico colore

grigio argenteo, si distaccano e cadono facilmente. Il periodo di maturazione cade tra la metà e la fine di luglio. A. può essere trebbiata direttamente senza particolari problemi. I semi sono molto piccoli, ma la semente presenta buona scorrevolezza e si lascia pulire facilmente.

A seconda dell'esperienza maturata nella produzione sementiera, essa varia tra 80 e 150 kg*ha⁻¹; se la coltura è condotta in maniera ottimale la sua durata può raggiungere le 3 annate produttive (Krautzer et. al., 2004).

1.2.7 Morfologia del seme

1.2.7.1 *Holcus lanatus* L.

La specie possiede glume disuguali, lanceolate, da mucronate a ciliate. La lemma è lunga circa 3 mm e può essere leggermente pelosa sul retro, oppure liscia e lucida. Palee pelose in prossimità delle nervature e sull'apice; antere presenti in numero di tre, in genere lunghe da 1.5 a 2.5 mm. Le cariossidi sono confinate dalla lemma e dalla palea indurite

I semi di *Holcus lanatus* L. hanno superficie rugosa con peli rivolti verso l'alto, con resta di 1-2 mm principalmente liscia appena formata, uncinata in seguito a maturazione.

Ancora, i semi mostrano generalmente scarsa attitudine alla dormienza (Mortimer, 1974; Watt, 1976). L'altezza alla quale il cotico erboso vien falciato influenza distintamente la germinazione delle sementi: con uno sfalcio a 100 mm da terra la densità non supera le 10 piantine/m², mentre con tagli più netti fino a 50 mm da terra la densità di semi germinati può essere anche 300/m² nella stagione successiva (Hart and Mcguire, 1964).

1.2.7.2 *Bromus erectus* Hudson

Antecio lungo 9-1 mm esclusa la resta, largo 1,5 mm e spesso 1-1.2 mm. La lemma presenta forma leggermente oblunga, acuminata all'estremità superiore e a quella inferiore, e si presenta di colore paglierino sporco, sul dorso con peli lunghi o corti, in parte glabro.

La resta è lunga 4-6 mm, eretta, inserita sotto l'apice del lemma. Palea con ciglia spaziate irregolarmente su entrambe le nervature, scanalata pianamente, un po' più corta del lemma, trasparente ed incolore. La rachilla è lunga 1,5-3 mm, diritta, rotonda in sezione trasversale, in alto ingrossata, spesso leggermente pelosa.

La cariosside è separabile difficilmente dalle glume, lunga 7-9 mm, larga 1,5-2,5 mm e spessa 0,5-0,7 mm. Peso di mille semi pari a circa 3,2-5,5 g (Krautzer et al. 2004).

1.2.7.3 *Achillea millefolium*

Semi allungati, da grigio argentato a giallastri, con corte ali laterali. Acheni lunghi 1,5-2 m, larghi 0,8 mm, spessi 0,3 mm, piani e sottili, di forma allungata-cuneata, obliquamente tronchi all'estremità superiore. La faccia superiore del seme è leggermente convessa, con fini striature

longitudinali. La specie è in grado di produrre 3000-4000 semi per pianta. Peso di mille pari a circa 0,15-0,25 g (Krautzer et al. 2004).

1.2.8 Ecologia ed importanza tecnologica

1.2.8.1 *Holcus lanatus* L.

Holcus lanatus L. cresce sottoforma di ciuffi compatti, i quali si espandono formando un coticco erboso molto folto. Le caratteristiche che stanno alla base di questo ritmo di crescita aggressivo è l'attitudine della specie ad espandersi lateralmente formando una sorta di lettiera sulla superficie del suolo, così come la sua ottima facoltà di intercettare la luce e la pioggia grazie all'apparato fogliare relativamente ampio (Remison, 1976). Le radici presentano corteccia radiale persistente con numerose ed irregolari cavità aerifere, le quali incrementano l'efficienza della traslocazione dei nutrienti anche in condizioni di ipossia (Soper, 1959). Lo stesso sistema radicale ha spiccata CSC (Watt, 1978b) e sorprendente capacità di accumulare metalli pesanti quali rame (Bradshaw, 1984), cadmio, zinco e piombo (Coughtrey and Martin, 1978) alluminio e manganese (McGrath et al, 1982; 1980), cosa che conferisce alla specie alta tolleranza nei confronti di un gran numero di inquinanti. Le condizioni del sito di destinazione possono influenzare lo sviluppo radicale: con tanta disponibilità di spazio ed in presenza di fenomeni di ruscellamento, *Holcus lanatus* L. è in grado di creare una sorta di network di radichette fini e biancastre sulla superficie, nelle zone d'ombra provocate dall'apparato fogliare (Beddows, 1961).

L'abilità di *Holcus lanatus* L. di tollerare bassi livelli di nutrienti del suolo lo rende particolarmente adatto all'affermazione anche su terreni d'alta quota (Watt, 1978a).

1.2.8.2 *Bromus erectus* Hudson

La specie, ampiamente conosciuta per la fienagione ed il foraggiamento, è una delle specie più pregiate dal punto di vista della copertura usate negli interventi di rinaturazione di scarpate a lato strada, pendii erosi e sponde di canali (Hardy BBT Limited, 1989).

La produttività *Bromus erectus* Hudson e la sua capacità di competere con la flora avventizia è stato dimostrato dipendere molto dalla disponibilità di nutrienti (Leyshon and Campbell, 1995; Wilson and Gerry, 1995). Già piccole quantità di nutrienti possono aumentare la sua vigoria.

L'attitudine pionieristica della specie è veicolata dalla proliferazione dei rizomi (Romo and Grilz, 1990) dalla struttura densamente ramificata (Goldberg, 1987); la continua crescita vegetativa incrementa la densità della popolazione già affermata, intensificando così la competizione sotto- e fuoriterra (Engel et al, 1987; Gerry and Wilson, 1995).

Le radici di *Bromus erectus* Hudson si concentrano nei primi 10 cm di terreno (Gist and Smith, 1948), ma possono penetrare fino ad una profondità di 1.5 m (Campbell et al, 1996).

I meristemi, che rimangono dormienti sotto la superficie, possono riprendere l'elongazione anche con temperature primaverili ancora sotto lo zero (Bleak, 1959), cosa che determina un ruolo chiave della specie anche negli inerbimenti nella fascia alpina.

1.2.8.3 *Achillea millefolium*

Achillea millefolium è dimostrata essere specie aggressiva, che ben si adatta a colonizzare gli ambienti montani e si lascia coltivare facilmente in ogni situazione (Spoleto et al, 2012). La complessità tassonomica del genere suggerisce di coltivare *Achillea millefolium* in luoghi montani di origine, al fine di evitare il miscelamento dei genotipi con quelli dei generi tipici dei luoghi di pianura così come il miscelamento con specie affini come *Achillea collina* e *Achillea roseo-alba*, dalle quali difficilmente si distingue (Tosca et al, 2012).

Le piante di *Achillea millefolium* formano, a maturità raggiunta, un complesso radicale profondo ed esteso, che permette loro di sopravvivere anche per lunghi periodi di siccità (Anderson, 1927).

L'inerbimento tecnico con tale specie, congiuntamente ad altre con spiccata attitudine rizomatosa quali *Plantago serpentina* e *Sanguisorba officinalis*, costituisce una buona base per conseguire un manto erboso efficace dal punto di vista geotecnico e nello stesso tempo compatibile con il paesaggio, favorendo la successione naturale del manto erboso (Spoleto et al, 2012).

1.2.9 Test di germinazione dei semi in laboratorio vitro

1.2.9.1 Analisi della qualità dei semi in laboratorio

L'analisi del potenziale germinativo è stata effettuata in laboratorio vitro seguendo le procedure indicate dall'ISTA (International Seed Testing Association), associazione che fissa una serie di norme internazionali, riportate sulla letteratura presa in considerazione, che regolamentano gli standard saggistici qualitativi riguardanti germinazione, purezza ed uniformità di lotti sementieri destinati alla vendita (Tabella 3). L'edizione a cui si è fatto riferimento nell'ambito della ricerca è quella del 1/ 7/ 1999. Al fine delle analisi effettuate per la messa in vendita di partite sementiere, la dimensione del lotto non dovrebbe eccedere la quantità indicata in Tabella 3 (particolare riferimento alle specie studiate, International Rules For Seed Testing, 1999).

Tabella 3: Indicazioni quantitative dei lotti di vendita per *Achillea millefolium*, *Holcus lanatus* L. e *Bromus erectus* Hudson secondo le normative ISTA (1999).

Specie	Peso massimo del lotto (kg)	Peso minimo del lotto (g)
<i>Achillea millefolium</i> L.	10.000	25
<i>Bromus erectus</i> Huds.	10.000	100
<i>Holcus lanatus</i> L.	10.000	25

La dimensione del raggruppamento e' derivata a partire dal peso nominale di un campione di 1000 semi per ciascuna specie per la quale si stima possa essere rappresentativo per la maggior parte dei test effettuati.

Nella germinazione del seme in test di laboratorio si intende osservare l'emergenza e lo sviluppo del germinello fino a quella fase di crescita in cui l'aspetto macroscopico delle strutture essenziali sia in grado di indicare se la piantina e' in grado o meno di sviluppare se stessa in maniera soddisfacente in condizioni favorevoli del suolo. Scopo del test germinativo e' quello di determinare la massima germinazione potenziale riferita ad un intero lotto sementiero, ossia quella specifica quantità di semi sufficienti per editare una certificazione della qualità del seme prima della semina, nonché stimare annessamente il valore del campo seminato. La percentuale di germinazione riportata sui manuali ISTA International Seed Analysis Certificate indica la proporzione del numero di semi che hanno prodotto germinelli classificati come normali in determinate condizioni ed entro periodi stabiliti (Tabella 4). Per le specie studiate valgono le seguenti prescrizioni (International Rules For Seed Testing, 1999).

Tabella 4: Scheda di laboratorio per test di germinazione in accordo con la procedura ISTA (1999)

Specie	Popolazione	Sub-strato	Temp. (°C)	Primo conteggio (days)	Conteggio finale (days)	Interruzione dormienza	% semi germinati
<i>Achillea millefolium</i>	XAV 10.5	TP	20	5	31	Prechill; KNO3	77,3
	XCM 11.5	TP	20	7	31	Prechill; KNO3	77
	XCM 11.5 2	TP	20	7	31	Prechill; KNO3	40
<i>Bromus erectus Hudson</i>	XCM 12 C I	TP	20	7	35	Prechill; KNO3	75
	XCM 12 C	TP	20	7	35	Prechill; KNO3	77
	PV 12 C II untreated	TP	20	8	36	*	36
	PV 12 C III	TP	20	8	36	Prechill; KNO3	79
<i>Holcus lanatus L.</i>	XCM 12 C I	TP	20	7	28	Prechill; KNO3	93,7
	XCM 13 C II	TP	20	4	15	Prechill; KNO3	40,25

* = untreated

Note:

TP = Top of Paper, ossia strato di carta filtrante

Primo conteggio = Il tempo per la prima conta e' approssimativo e si riferisce alla massima temperatura indicata e su substrato cartaceo, ma il valore il suo valore può variare nel caso in cui si scelga un diverso range di temperatura di quello indicato. Nel caso di studio ci si e' attenuti a quanto riportato in tabella.

Illuminazione = L'illuminazione dei vetrini e' stata necessaria per favorire la germinazione dei semi campionati ancora in fase di dormienza. Per conseguire i risultati attesi si sono alternati 16 ore di luce ad 8 ore di buio. In molte specie di dicotiledoni la germinazione dei semi non e'

condizionata dalla presenza o assenza di illuminazione. Tuttavia, sia che la luce sia necessaria o no ai fini germinativi, essa viene impiegata ugualmente in laboratorio per prevenire l'eziolazione dei germinelli e per incentivare la produzione di clorofilla. Ancora, vi sono specie per cui l'illuminazione artificiale può essere inibitoria, e i cui semi vanno tenuti allo scuro (*Trifolium subterraneum*).

Temperatura = Dalla temperatura dipende la velocità del processo germinativo. Effetto diretto della temperatura e' ad esempio il tasso di assorbimento di acqua, il tasso di diffusione dei gas respiratori (se durante l'attività respiratoria durante il processo germinativo si avesse decremento della quota di ossigeno, il processo si arresterebbe), così come la velocità delle reazioni chimiche coinvolte nel metabolismo del seme, come ad esempio i processi di ossidazione e respirazione cellulare. Ogni specie presenta appunto un proprio optimum di valori per la corretta germinazione, ma dato che nelle specie testate esso si colloca con buona approssimazione nel medesimo intervallo, non e' stato necessario differenziare le prove con diverse temperature. Qualora il limite massimo di temperatura tollerabile venisse superato, si potrebbe arrivare ad una brusca riduzione dell'attività enzimatica o addirittura a denaturazione delle proteine cellulari con conseguente morte del seme.

KNO₃ = Si intende una soluzione allo 0,2% di potassio nitrato in acqua.

Germinelli considerati normali mostravano il potenziale per proseguire lo sviluppo fino alla fase di plantula. Si e' potuto affermare ciò in base ad integrità dei germinelli in termini di buon sviluppo delle strutture essenziali: apparato radicale, che per tutte le specie analizzate presentava una radichetta primaria ricoperta di numerosi peli radicali e una secondaria formatasi entro la data del conteggio finale; cotiledoni, in numero di uno per *Bromus erectus* Hudson ed *Holcus lanatus* L., e setoso internamente al seme e di due per *Achillea millefolium*, che come tutte le specie a sviluppo epigeo si presentavano di colore verde chiaro e con conformazione fogliare accentuata; presenza di gemme terminali. La durata del test per la singola specie e' coincisa con quello indicato in tabella di cui sopra (non e' stato necessario effettuare trattamenti aggiuntivi per interrompere la dormienza).

I risultati conseguiti sono dunque espressi in termini percentuali. In accordo con la procedura prescritta da ISTA sono state condotte 4 repliche con 100 semi e valutato se la percentuale registrata rientrasse nei parametri di tolleranza disponibili in letteratura (International Seed Analysis Certificate). Il valore medio percentuale osservato rappresenta anche il valore che viene riportato sui certificati ISTA.

Emergenza = Ogni campione e' stato analizzato ogni settimana per 4 settimane e la plantula e' stata considerata germinata una volta che il/i cotiledone/i e' /sono risultati visibili.

1.2.9.2 Analisi della purezza e peso di 1000 semi

I risultati dell'analisi di purezza vengono riassunti in Tabella 5. Le frazioni di semi testati superavano in ogni caso il 90% di specie pura, mentre nei lotti di 2° scelta provenienti dal campo di preparazione della Fondazione Minoprio per *Achillea millefolium* e *Holcus lanatus* L. e in quello di 3° scelta per *Bromus erectus* Hudson fornito dal DET dell'Università' di Pavia, e' stato riscontrato fino al 60% di materia inerte. Grandi variazioni nel peso dei semi tra i diversi campioni della stessa specie non sono state riscontrate.

Tabella 5: Risultati dell'analisi di purezza e peso di 1000 semi condotti su *Achillea millefolium*, *Bromus erectus* Hudson e *Holcus lanatus* L. da diverse provenienze.

Specie	Campione	Provenienza	Fraz.Pura (%)	Fraz.Inerte (%)	Altri semi	TSW±SE (g)
<i>Achillea millefolium</i>	XAV 10.5	Alta Valtellina	100	22,7	0	0.114± 0.01
	XCM 11.5	Campi F.M.	96	23	0	0.11± 0.02
	XCM 11.5.2	Campi F.M.	100	60	16 inf in cont 1	0.061± 0.03
<i>Bromus erectus</i> Hudson	XCM 12 C I	Campi F.M.	100	6,7	0	4.38± 0.01
	XCM 12 C frazione pulita	Campi F.M.	100	5,2	0	4.53±0.01
	PV 12 C II untreated	DET-Pavia	100	54,2	0	3.9± 0.02
	PV 12 C III	DET-Pavia	100	0,5	0	4.21± 0.02
<i>Holcus lanatus</i> L.	XCM 12 C I	Campi F.M.	100	6,3	0	0.324± 0.01
	XCM 13 C II	Campi F.M.	98,3	59,8	2 inf in cont. 2, 3 inf in cont. 3, 2 inf in cont. 4	0.318± 0.02

1.2.10 Mezzi chimici per il controllo di infestanti

Tutti gli agrofarmaci impiegati al fine del lavoro presentano azione antigerminello ad ampio spettro¹, cioè con azione erbicida atta a controllare la crescita di infestanti nel periodo intercorrente tra la fase di germinazione dei semi (sui quali possono agire anche direttamente) e la fase di plantula, ossia quando la giovane piantina deve comunque ancora dipendere dal seme per sostentarsi.

I prodotti impiegati esplicano un'azione ad ampio spettro e vengono definiti come segue:

A. Feniluree: Il prodotto utilizzato Afalon DS[®] (Linuron in soluzione acquosa) e' stato distribuito secondo la dose indicata dal produttore (0.8-1.5 L*ha⁻¹). Esso viene impiegato per il controllo di malerbe su colture quali mais, soia, girasole, frumento, orzo, segale, e piante orticole. Il suo meccanismo d'azione si esplica per via radicale e fogliare sulle malerbe, impedendo la germinazione del seme e lo sviluppo del germinello. In assenza di piogge entro 8-10 giorni dal trattamento sarebbe meglio effettuare una prima irrigazione (Siegfried Agro AG); pertanto il prodotto espleta al meglio la sua azione erbicida in terreni di medio impasto, sufficientemente umidi, ben lavorati e sminuzzati superficialmente. Nel terreno permane in genere per 2-3 mesi, per cui non risulta pericoloso per le colture in successione (Muccinelli, 2011). Il prodotto ha scarsa solubilità in acqua e conseguentemente tende a non percolare attraverso il terreno (Giardini, 1992).

B. Solfoniluree: Chikara 25 WG[®] (Flazasulfuron sotto forma di granuli idrodispersibili al 25% di s.a.) e' adatto per il diserbo di aree non coltivate, ma che trova anche largo impiego su vite, agrumi ed olivo. L'assorbimento avviene per via fogliare e radicale e prontamente traslocato nei tessuti meristemati delle malerbe dove esplica la sua azione (Tabella 6). La dose impiegata e' stata di 200g*ha⁻¹ (ISK Biosciences Europe SA). Se impiegato da solo, Chikara 25 WG[®] viene sempre addizionato ad un coadiuvante tensioattivo non ionico al fine di migliorarne la distribuzione e l'aderenza e di conseguenza facilitare l'assorbimento del prodotto da parte delle infestanti trattate (Vector Chimiberg, DIACHEM S.p.A., Albano S. Alessandro, IT).

C. Nitroderivati: Stomp Aqua[®] e' erbicida indicato per il diserbo di diverse colture orticole. Controlla le malerbe anche nello stadio di plantula sino allo stadio di 1-1,5 foglie per le graminacee e di 2-3 foglie vere per le dicotiledoni (Muccinelli, 2011). Adatto all'impiego sia in pre- che in post-emergenza, non incorporato nel terreno. Avendo effettuato il trattamento in primavera, non sono state necessarie successive irrigazioni (il prodotto e' più efficace in terreni medio-umidi), e la dose e' corrisposta con le indicazioni di etichetta (200-800 g*L⁻¹). Nel terreno permane in genere per 3-5 mesi.

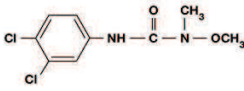
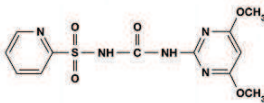
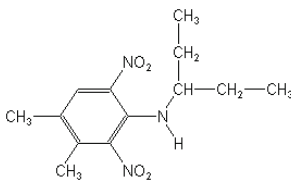
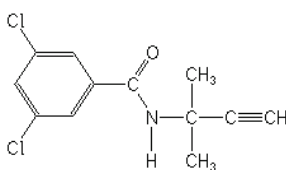
D. Azotorganici (Benzamidi): Kerb Flo[®] e' un erbicida ad ampio spettro e soprattutto lunga persistenza d'azione, sotto forma di granuli idrodispersibili, per il diserbo di colture orticole, pomacee, vite e foraggere. Sulle infestanti agisce in sostanza per assorbimento radicale, distruggendole quando sono ancora nelle prime fasi di sviluppo. Per questo motivo e' stato

¹ Allegato n° 2: Schede tecniche diserbanti impiegati nelle indagini

importante applicare Kerb Flo[®] su terreno sub-umido (Muccinelli, 2011). Nel terreno permane in genere per 2-6 mesi. Con formulati a Propyzamide 36% di s.a., l'applicazione è stata eseguita secondo l'indicazione di etichetta, che prescrive una quantità d'impiego pari a 1-1.5 kg*ha⁻¹. Prima della semina delle piante oggetto di studio si è proceduto con una profonda lavorazione interrando concimi organici, che per il presente caso di studio ha significato apporto di ammendanti carbonati, così come 20 g/m² di fertilizzante minerale (15 N: 15 P: 15 K) a causa della matrice molto silicea e dilavabile.

Dopo l'allestimento delle parcelle sperimentali, nessun tipo di fertilizzazione è stata effettuata per tutta la durata del periodo di osservazione.

Tabella 6: Composizione ed effetti attesi dei prodotti selezionati (feniluree, solfoniluree, nitroderivati, azotorganici) per il controllo delle malerbe negli esperimenti condotti. Informazioni più specifiche sui prodotti sono reperibili presso i rispettivi produttori.

Nome	Formulazione	Formula di struttura	Composizione	Effetto atteso (secondo scheda tecnica)
Afalon DS[®] 1	AS		Linuron 37.6% s.a.	Blocco fotosintesi, contrasto germinazione del seme e sviluppo del germinelli
Chikara 25 WG[®] 2	WDG		Flazasulfuron 25% s.a.	Blocco mitosi a livello meristemato, adsorbimento fogliare e radicale e inibizione ALS
Stomp Aqua[®] 3	AS		Pendimethalin 31.7 s.a.	Inibizione mitosi, Interferenza con la respirazione
Kerb Flo[®] 4	WDG		Propyzamide 36% s.a.	Arresto fotosintesi e processo mitotico per adsorbimento radicale

Fonte di informazione:

¹ www.fitogest.imagelinenetwork.com (17/12/13)

² www.fitogest.imagelinenetwork.com (17/12/13)

³ <http://www.agro.basf.it> (17/12/13)

⁴ www.fitogest.imagelinenetwork.com (17/12/13)

1.2.11 Analisi statistiche

1.2.11.1 Analisi di germinazione delle specie studiate

Le assunzioni per l'analisi della varianza sono state esaminate preliminarmente. La distribuzione normale dei residui e' stata verificata tramite test Kolmogorov-Smirnov (Köhler et al. 1996) Al fine di giungere a conclusioni univoche e di concreta interpretazione, si e' deciso di combinare i dati di germinazione provenienti da diversi stadi di osservazione, essendo questi stati registrati ad istanti temporali discreti. Ciò e' risultato infatti necessario per studiare l'effetto d'interazione tra i rispettivi trattamenti e lo stato del dato (Gomez and Gomez, 1984). Le osservazioni registrate ai vari istanti dopo il trattamento risultano autocorrelate (Tosca, 2012 pers. comm.; Cogliati, 2013 pers. comm.), ovvero esiste sempre un legame tra lo stato del dato registrato tra un rilievo e il successivo, e ciò determina il fatto che le osservazioni ai diversi istanti temporali non risultino indipendenti tra di loro. In accordo col suggerimento di Floriani (2013), per evitare l'effetto dell'autocorrelazione, si e' svolta l'analisi della varianza (ANOVA) su misure ripetute. Per il modello di regressione e' stata utilizzata la procedura GLM (Generalized Linear Model)² tale da tenere conto dell'omoschedasticita' (omogeneità delle varianze). Trasformazioni con funzione arsin, square root o logaritmiche non cambiavano i risultati delle analisi statistiche, e quindi ai dati di copertura percentuale e di densità/m² non sono state applicate trasformazioni (Floriani, 2013 pers. comm.; Torri, 2013 pers. comm.). In caso di distribuzione normale, la comparazione tra due campioni e' stata eseguita con un t-test a due code (Sokal e Rohlf, 1995). In presenza di un alto numero di campioni e' stata condotta una versione semi parametrica dell'ANOVA a misure ripetute (Scrucca, 2010; Cogliati, 2013 pers. comm.). ANOVA e tutti i test di seguito citati sono stati eseguiti con $\alpha = 0.05$.

Lo studio delle interazioni tra i predittori e' stata svolta secondo la procedura strip-split-plot secondo Gomez and Gomez (1984), in cui la variabile dipendente, coincidente alle specie studiate, rappresenta il fattore strip verticale, il trattamento con prodotto erbicida lo strip orizzontale, il trattamento con CA costituisce il plot di interazione ed al tempo di osservazione dopo trattamento e' stato assegnato il fattore subplot.

²  Allegato n° 1: The GLM Procedure Repeated Measures ANOVA - SAS System

Per la comparazione dell'effetto dei trattamenti tra ed entro i gruppi, in cui ogni gruppo consiste in uno o più tipi di trattamento, la media aggregata di ciascun gruppo è stata confrontata con quella degli altri tramite test post-hoc.

Nel caso in cui gli effetti principali e le loro interazioni siano risultati significativi, le comparazioni multiple tra le medie sono state studiate tramite test DMRT o tramite procedura di Dunnett- test bilaterale per meglio confrontare l'effetto dei trattamenti nei confronti delle parcelle di controllo TNT (Soliani, 2005; Sokal and Rohlf, 1995); in caso contrario, la separazione delle medie è stata eseguita mediante test LSD di Fisher (Gomez and Gomez, 1984; Soliani, 2005).

Tutte le analisi ANOVA multivariata descritte, spiegate dallo schema strip-split-plot, sono state eseguite con il software SAS[®] (vers. 9.3, SAS Institute Inc, 2011), per l'assegnazione random delle specie investigate ad ogni livello di trattamento erbicida e di CA all'interno dell'RCB, così come per la rappresentazione grafica è stato usato il software R (vers. 3.0.2, R Foundation for Statistical Computing Statconn Inc., 2013).

1.2.11.2 Analisi di controllo della popolazione di malerbe

Per quanto riguarda i rilievi eseguiti nell'area dei campi di prova per un inquadramento della vegetazione circostante ed interessante le parcelle oggetto di studio, la classificazione della vegetazione è stata effettuata attraverso l'analisi cluster CGA (Wildi & Orloci, 1990). La percentuale di copertura delle specie fa riferimento alla scala di van der Maarel (van der Maarel, 1979), che ben rappresenta la percezione umana dell'abbondanza di copertura (Müller-Dombois & Ellenberg, 1974). I rilievi sono stati raggruppati in base alla media dell'analisi gerarchica usando il coefficiente di similarità della similarity ratio (Westhoff & van der Maarel, 1978) e tecnica di agglomerazione del legame medio (Orloci, 1967). Tale legame medio si considera un metodo di classificazione adeguato per i dati di vegetazione soggetti a consistenti e continue variazioni durante il periodo d'osservazione, come nel caso della vegetazione riscontrata all'interno delle parcelle trattate.

Per i dati registrati in corrispondenza dei campi di sperimentazione, l'adempimento delle assunzioni per l'analisi della varianza è stato valutato a priori; la distribuzione normale dei residui è stata testata tramite test di Kolmogorov-Smirnov (Soliani, 2005; Sokal and Rohlf, 1995). Per studiare il comportamento della popolazione di infestanti nel tempo in relazione ai mezzi di trattamento è stato applicato anche in questo caso il modello ANOVA multivariata (MANOVA) a misure ripetute (Floriani, 2013, pers. comm.).

In caso di adempimento di tali assunzioni, si è potuta effettuare l'analisi della varianza (ANOVA) con un livello di $\alpha = 0.05$. Se gli effetti principali e le loro interazione sono risultati significativi, le comparazioni multiple sono state studiate con il test del Range Multiplo di Duncan (DMRT test) con $\alpha = 0.05$ o tramite procedura di Dunnett- test bilaterale per meglio confrontare l'effetto dei trattamenti nei confronti delle parcelle di controllo TNT (Soliani, 2005; Sokal and Rohlf, 1995). In

caso contrario, la separazione delle medie e' stata eseguita mediante test LSD di Fisher (Gomez and Gomez, 1984; Soliani, 2005).

Dati relativi alla densità o alla copertura percentuale sono stati in genere trasformati tramite funzione arsin, in modo tale che i dati seguissero una distribuzione normale.

La correlazione tra le variabili e' stata ricercata tramite il test di correlazione parametrico di Pearson in seguito a verifica positiva del test di Kolmogorov-Smirnov sui residui per distribuzione normale (Camussi et al, 1986; Snedecor and Cochran, 1980).

Nel caso in cui i dati, anche dopo opportune trasformazioni, violassero le assunzioni per poter svolgere l'analisi della varianza, sono stati usati test non parametrici (per molti campioni indipendenti il test di Kruskal-Wallis in ranghi) e comparazione delle medie tramite test di Dunn (Goodall, 1952). Dati tra di loro relazionati e provenienti da campioni diversi sono stati investigati con test di Friedman per ranghi, mentre per le comparazioni multiple a posteriori tra i gruppi ci si e' serviti del test di Nemenyi (Köhler et al, 1996) con $\alpha = 0.05$ e CI = 95%.

L'ordinamento relativo ai valori del numero di piante infestanti cresciute nelle singole parcelle, valori provenienti dal rilievo su campo di *Holcus lanatus* L. e *Bromus erectus* Hudson, e' stato effettuato mediante l'Analisi in Componenti Principali (PCA), la quale consente di stabilire, tra le variabili considerate nella matrice di correlazione, quali pesano di più nel determinare la variabilità totale. In tal modo e' stato possibile rendere visibile il comportamento della popolazione di malerbe internamente alle singole parcelle in seguito al trattamento con i diversi prodotti erbicidi. Per rendere il risultato più oggettivo, l'analisi PCA e' stata condotta tra le diverse famiglie di appartenenza delle infestanti.

L'Analisi in Componenti principali e' stata condotta senza applicare trasformate alle variabili. Dal momento che i dati contenevano numeri negativi o zeri, e' stata scelta la rappresentazione su grafico biplot a distanza (Orloci, 1967), in quanto dimostrato fornire una giusta misurazione in taluni casi (Legendre & Gallagher, 2001).

L'ANOVA multivariata e' stata eseguita con il software SAS[®] (vers. 9.3, SAS Institute Inc, 2011), tutte le altre analisi con il software XLSTAT (vers. 2013.6.04, Addinsoft Inc. 2014).

1.2.11.3 Disegno sperimentale strip-plot/ strip-split-plot

In ognuna delle esperienze condotte, l'area sperimentale e' stata suddivisa secondo lo schema del disegno strip-plot, ossia un modello tri- fattoriale tale da rendere più precisa la misurazione dell'effetto di interazione tra i plots, sacrificando il grado di precisione degli effetti principali (Gomez and Gomez, 1984; Sehgal, 2012). La superficie di studio e' suddivisa in tre plots, denominati strip-plot verticale, strip- plot orizzontale e plot di intersezione. Si assegna ora allo strip verticale un fattore A (o mainplot), che nel caso del presente lavoro corrisponde alla specie studiata, ed a quello orizzontale un fattore B (o sub plot), corrispondente al trattamento erbicida; *a* e *b* rappresentano i livelli dei fattori e si introduce un terzo plot di intersezione AB per formare

l'interazione tra i 2 fattori. Come nel caso di modello a split – plot (Sehgal, 2012), i plots verticali e orizzontali risultano perpendicolari tra di loro; tuttavia, il trattamento sub plot, invece che essere randomizzato indipendentemente all'interno di ciascun main plot come avviene nel caso di split – plot design, viene arrangiato in fasce sovrapposte ad ogni replicazione. Nel disegno strip – plot il fattore di intersezione viene rappresentato con dimensioni inferiori.

1.2.11.4 Disposizione dell'area a blocchi randomizzati

In questo modello di disegno sperimentale ogni blocco (replicazione) viene diviso in fasce verticali ed orizzontali in numero variabile a seconda dei livelli dei rispettivi fattori (Sehgal, 2012). Lo schema seguito è del tipo RCB (Gomez and Gomez, 1984; Sokal and Rohlf, 1995). Come precedentemente enunciato, ai fini degli esperimenti presentati, A rappresenta il fattore verticale avente a livelli³, B indica il fattore orizzontale con b livelli, C il fattore di interazione avente c livelli e r il numero di replicazioni. In questo lavoro un disegno sperimentale a 3 fattori è stato impiegato per testare gli effetti di 4 prodotti erbicidi, D₀, D₁, D₂, D₃, D₄ su 2 specie erbacee con l'applicazione di 3 dosi di carbone attivo, C₁, C₂, C₃ (Figura 10). Gli esperimenti hanno previsto quattro replicazioni considerando la specie utilizzata come fattore verticale, il trattamento erbicida il fattore orizzontale e il trattamento con CA il fattore di intersezione. I processi implicati nella randomizzazione sono (Gomez and Gomez, 1984):

- Si inizia applicando il processo di randomizzazione e disposizione per il disegno strip-plot, ossia individuando i plots orizzontali dividendo l'area sperimentale in $r = 4$ blocchi, ognuno dei quali viene compartimentato in $b = 3$ strisce orizzontali. Seguendo la procedura di randomizzazione per blocchi completamente randomizzati (RCB) con $b = 3$ dosi di CA e $r = 4$ replicazioni (Gomez and Gomez, 1984) si assegna ciascuna varietà di piante casualmente alle 3 strisce orizzontali in ciascuno dei 4 blocchi in modo separato ed indipendente;
- Si identificano i plots verticali dividendo ciascun blocco in $a = 5$ strisce verticali. Seguendo la procedura di randomizzazione per blocchi completamente randomizzati (RCB) con $a = 5$ trattamenti erbicida e $r = 4$ replicazioni (Gomez and Gomez, 1984) si assegna ciascuna varietà di piante casualmente alle 5 strisce verticali internamente a ciascun blocco. La disposizione finale strip-plot è rappresentata in Figura 5.

³ Le diverse specie sono state studiate separatamente; nonostante ciò, effettuando l'ANOVA su misure ripetute e per una maggiore precisione nella stima del valore di SS III dall'interazione multipla dei fattori tale schema è stato mantenuto invariato. I risultati vanno perciò presi con cautela.

	Rep. I						Rep. II				
C ₂						C ₁					
C ₁						C ₃					
C ₃						C ₂					
	D ₃	D ₀	D ₁	D ₄	D ₂		D ₁	D ₃	D ₂	D ₀	D ₄
	Rep. III						Rep. IV				
C ₃						C ₂					
C ₁						C ₃					
C ₂						C ₁					
	D ₄	D ₃	D ₀	D ₂	D ₁		D ₁	D ₂	D ₀	D ₃	D ₄

Figura 5: Esempio di schema di disegno strip-plot relativo ad ogni varietà di pianta (striscia verticale), con 5 livelli di trattamento erbicida (D₀, D₁, D₂, D₃, D₄) come striscia orizzontale e 3 aliquote di trattamento CA (C₁, C₂, C₃) come fattore di intersezione, in 4 replicazioni.

Successivamente, tale schema è stato esteso per incorporare un terzo fattore (tempo dopo il trattamento) attraverso la suddivisione di ciascun plot d'intersezione all'interno della replicazione in subplots (Gomez and Gomez, 1984). Il disegno risultante fa ora riferimento al disegno strip-split-plot, composto da uno strip verticale, uno strip orizzontale, un plot di interazione e un subplot, aventi la stessa dimensione e ai quali coincidono 4 livelli di precisione, il più alto dei quali corrisponde propriamente al fattore subplot ed alla sua interazione con gli altri fattori. Indicazioni sul livello di precisione vengono forniti dal valore di CV (coefficiente di variazione). In particolare:

- Si divide ciascun plot di intersezione (a) x (b) in ogni replicazione (blocco) in subplots e si assegna il trattamento subplot il relativo fattore a livello c , in modo separato ed indipendente, in ciascun plot di intersezione (r) x (a) x (b); nel presente caso, ciascun plot di intersezione (3) x (5) = 15 in ciascuna replicazione sono divisi in 2 subplots e a ciascuna delle 2 specie (S₁ e S₂) sono stati assegnati 60 plots di intersezione (infatti 15 plots di intersezione per 4 repliche). Un esempio dello schema finale è rappresentato in Figura 6.
- Sul disegno si riconosce così uno strip verticale (specie), uno strip orizzontale (trattamento erbicida), un plot di intersezione (diserbante x CA) ed un fattore subplot (tempo dopo trattamento o stadio di osservazione).

Tale disegno può essere però ulteriormente esteso al fine di incorporare n fattori attraverso la suddivisione del fattore sub plot in fattori sub-subplots. Come nel caso di *Achillea millefolium* I, in cui il fattore sub plot e' stato assegnato alla profondità di semina ed il fattore sub-subplot alla fonte di variazione tempo dopo trattamento, lo schema risultante viene quindi espanso a strip-split-split-plot (Gomez and Gomez, 1984), e cosi' via.

	C3	C1	C2		C2	C3	C1
D3	S2	S1	S2	D1	S2	S1	S1
	S1	S2	S1		S1	S2	S2
D0	S2	S1	S1	D3	S1	S2	S2
	S1	S2	S2		S2	S1	S1
D1	S1	S2	S2	D2	S2	S2	S2
	S2	S1	S1		S1	S1	S1
D4	S1	S2	S1	D0	S1	S1	S2
	S2	S1	S2		S2	S2	S1
D2	S2	S1	S2	D4	S1	S2	S1
	S1	S2	S1		S2	S1	S2

Replicazione 1 Replicazione 2

	C2	C1	C3		C1	C3	C2
D4	S2	S2	S2	D1	S1	S2	S1
	S1	S1	S1		S2	S1	S2
D3	S1	S2	S2	D2	S2	S1	S2
	S2	S1	S1		S1	S2	S1
D0	S1	S1	S2	D0	S2	S2	S1
	S2	S2	S1		S1	S1	S2
D2	S1	S1	S2	D3	S1	S1	S1
	S2	S2	S1		S2	S2	S2
D1	S1	S2	S1	D4	S1	S1	S2
	S2	S1	S2		S2	S2	S1

Replicazione 3 Replicazione 4

Figura 6: Esempio di disposizione di esperimento fattoriale 3 x 5 x 2 arrangiato secondo disegno strip-split-plot con 2 specie come fattore verticale (S₁ e S₂), 5 tipi di trattamento erbicida (D₀, D₁, D₂, D₃, D₄) come trattamento orizzontale, 3 aliquote di trattamento con CA (C₁, C₂, C₃) come plot di intersezione, in 4 replicazioni x tempo dopo trattamento (fattore subplot).

Nelle analisi statistiche eseguite sono state ottenute stime separate di errore per gli effetti principali del fattore A, B e AB. Per questo sono stati mantenuti separatamente 3 errori Mean Square, applicabili per testare la significatività dell'effetto principale dei fattori e la loro interazione. Si considerino perciò 2 varietà di specie, ad esempio *Holcus lanatus* L. ed *Achillea millefolium*, che corrispondono al fattore verticale A, 5 livelli di trattamento con erbicida (B) da testare nello stesso esperimento. Ogni replicazione viene divisa in 5 strisce verticali e 3 strisce orizzontali. Alle strisce verticali i 5 differenti livelli di trattamento erbicida sono assegnati randomizzati, e lo stesso vale per quelle orizzontali per i 3 livelli di trattamento con CA. Il disegno prevede repliche (R) in numero di 4. L'analisi della varianza è così condotta in 3 parti distinte, e cioè analisi sulla striscia verticale, analisi sulla striscia orizzontale ed analisi per il plot di interazione, come segue (Gomez and Gomez, 1984; Sehgal, 2012):

- Trattamento erbicida x Replicazione (A x R) e da tale tabella si deriva lo Sum of Squares (di seguito SS) dovuto alle repliche, il valore di SS derivato dal trattamento erbicida e il valore di SS risultante dal fattore interazione – Replicazione x Trattamento erbicida.
- Trattamento con CA x Replicazione (B x R) e dalla tabella risulta il valore di SS derivato dal trattamento con CA e il valore di SS risultante dal fattore interazione – Replicazione x Trattamento con CA.
- Trattamento erbicida x Trattamento con CA (A x B), dalla cui tabella riassuntiva risulta il valore di SS risultante dall'interazione Trattamento erbicida x Trattamento con CA.
- Trattamento erbicida x Tempo di osservazione (A x C), dalla cui tabella riassuntiva risulta il valore di SS risultante dall'interazione Trattamento erbicida x Numero di osservazioni nel tempo inteso come fattore discreto (d.a.t.).
- Trattamento con CA x Tempo di osservazione (B x C), da cui si ricava il valore SS dell'interazione tra trattamento con CA e Numero di osservazioni nel tempo (d.a.t.).
- Interazione di 3° grado A x B x C (Trattamento erbicida x Trattamento con CA x Tempo di osservazione).
- Il valore di SS totale viene ottenuto dallo studio di tutte le osservazioni dell'esperimento e l'errore SS risulta dalla sottrazione da SS totale tutte le SS delle varie fonti di variazione.
- Si calcola poi il Mean of Square per ogni fonte di variazione dividendo ogni SS per i rispettivi gradi di libertà.
- Si calcola il valore di F per ogni fonte di variazione dividendo ogni Mean Square per il corrispettivo termine di errore.

1.2.12 PROVA IN SERRA

1.2.12.1 Preparazione delle sementi in laboratorio

Per la prima parte della sperimentazione, relativa all'indagine di trattamento con 2 diverse profondità di semina, sono state preparate, per mezzo di dispositivo contasemi CONTADOR Seed Counter (Figura 7), 80 provette contenenti ciascuna 50 semi di *Achillea millefolium*. Tale dispositivo effettua la conta dei semi mediante vibrazione di una tramoggia sovrastante, fin tanto che essi si incanalano nella parte terminale per poi sfociare nel foro circolare; a valle di quest'ultimo è presente un contatore fotoelettronico che, a partire dall'interferenza provocata dalla caduta delle sementi, ne registra l'entità numerica fino al limite pre-impostato, oltre il quale la macchina si arresta. I semi vengono raccolti nel recipiente posto alla base inferiore.

Per la seconda parte dell'esperimento di serra relativa allo studio con 3 diverse dosi di CA sono state preparate 60 provette della stessa specie. All'operazione di conta non è preceduto nessun tipo di trattamento.



Figura 7: Dispositivo contasemi di precisione CONTADOR utilizzato per la preparazione delle provette per le sperimentazioni.

1.2.12.2 Preparazione delle parcelle di prova

Per condurre le prove in serra è stato raccolto il suolo presso l'impianto di serra della F.M., adiacente al campo di miglioramento da cui proviene la semente presente nel miscuglio impiegato, prima che la stagione vegetativa iniziasse. Il terreno sorge su roccia madre acida, e si assume perciò che esso possieda proprietà simili a quelle del terreno in cui *Achillea millefolium* cresce spontaneamente. Residui di foglie, radici e sassi sono stati eliminati tramite setaccio a 2-mm di diametro per non interferire con la germinazione dei semi. Le seminiere sono state lasciate in ripostiglio al buio per un giorno a temperatura di 6°C prima che l'esperimento cominciasse.

Una volta allestite per gli esperimenti, le seminiere sono trasferite nella serra sotto le seguenti condizioni: 20°C di temperatura e 12 ore di luce. Come dall'esperienza di Peratoner (2002), tali impostazioni devono essere considerate puramente indicative, in quanto che le misurazioni condotte all'interno della struttura indicano che le fluttuazioni delle temperature diurne dipendono sia dalla temperatura esterna sia dalla radiazione solare, nella stessa misura in cui le colture durante la stagione vegetativa sono soggette ad un generale incremento delle temperature (Figura 8).

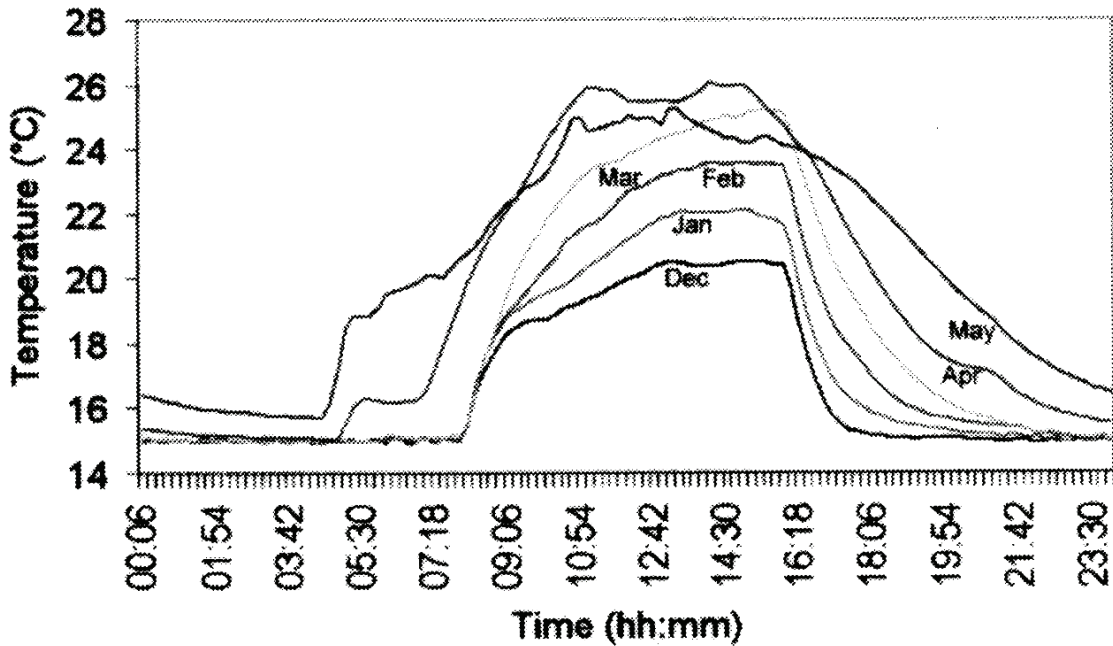


Figura 8: Curve degli andamenti delle temperature medie giornaliere in serra in riferimento al mese (dati relativi al periodo di studio inclusi). Foto concessa dal Centro Agricolo della F.M.

Le parcelle sono state mantenute umide tramite periodico adacquamento mediante impianto a nebulizzazione con ugelli a pressione di esercizio di 2 bar. Una volta alla settimana a partire da cinque giorni dal trattamento e per un ciclo di quattro osservazioni totali esse sono state scrutinate e il numero di germinelli emersi e' stato registrato. Quando per due settimane di fila nessun nuovo germinello e' apparso in alcuna seminiera, l'esperimento e' stato considerato concluso. Dopo 8 settimane dall'inizio l'esperimento e' stato definitivamente smantellato.

1.2.12.3 Esperimenti condotti e trattamento diserbante

Per quanto riguarda la prima parte dell'esperimento, le profondità di semina testate sono state di 0,5 e 2 cm con dosi di CA, randomizzate, pari a 0 e 3 g. Semi di *Achillea millefolium* sono perciò stati sistemati in n° di 50 in 4 file di semina (2 profondità per dose di CA) della lunghezza di circa 50 cm e larghezza di 2,5 cm senza apporto idrico. In tutto sono state allestite 20 seminiere con le 80 provette precedentemente preparate in laboratorio Il giorno seguente, due delle quattro file sono state addizionate con CA nella dose sopracitata secondo ordine casuale random, il terreno idratato e trattato con erbicida. Così come per l'esperienza di W.J. Grichar et al (2012), il disegno sperimentale e' composto da un blocco completo randomizzato costante di 4 repliche e di un fattore coincidente con la disposizione spaziale del trattamento erbicida (5), profondità di semina (2) e dose di CA (3). La denominazione degli erbicidi impiegati e il loro dosaggio sono riportati in Tabella 7. In aggiunta ai 4 prodotti indicati è stata mantenuto per ogni replica un plot non trattato fungente da comparazione (TNT).

Tabella 7: Caratteristiche di trattamenti erbicida inclusi negli studi sul carbone attivo di serra e campo. Riferimento alla formulazione del prodotto in termini di s.a., dose/ha di prodotto puro, secondi di erogazione della soluzione per singola parcella e fornitore ufficiale.

Princ. attivo	Nome commerciale	Formulazione	Dose	Sec/plot	Fornitore
Flazasulfuron	Chikara 25 WG [®]	25 WDG ⁴	0.08 kg*ha ⁻¹	1	Belchim
Linuron	Afalon DS [®]	37.6 AS ⁵	1 L*ha ⁻¹	1	Agam Chemical Manufactures Ltd
Pendimethalin	Stomp Aqua [®]	31.7 AS	4 L*ha ⁻¹	1	BASF
Propyzamide	Kerb Flo [®]	36 WDG	4 L*ha ⁻¹	1	Dow Agrosiences

Dopo essere stato pesato su bilancia senza decimali, CA e' stato sparso sulle file di semina a secco (Tabot et al., 1982) formando una banda nera dall'ampiezza di 2,5 cm. La dose impiegata nel caso della specie in esame e' stata di 240 kg*ha⁻¹, che arrangiata sulla dimensione del plot e' diventata 3g*m⁻¹, unitamente alle file con dose = 0 g*m⁻¹.

L'oggetto della seconda esperienza di serra e' stata la valutazione dell'efficacia del singolo erbicida per singola seminiera in presenza di CA nelle dosi di cui sopra con profondità di semina costante (0,5 cm). Oltre ai 4 prodotti testati, di cui in Tabella 7, è stata allestita una seminiera non trattata

⁴ WDG: Granuli idrodispersibili

⁵ AS: Sospensione acquosa

fungente da test (TNT). Anche per questo esperimento sono state allestite 20 seminiere, ognuna dalla lunghezza di circa 50 cm ed accogliente 3 file di semina (1 per singola dose di CA) dalla profondità costante di 0,5 cm, in cui vengono alloggiati 50 semi della specie in esame, senza idratazione. Il giorno successivo le seminiere sono state pre-annaffiate con erogatore a pioggia e trattate con erbicida mediante botte a spalla con pressione di esercizio di 200 kPa.

Il conteggio delle piantine emerse è stato effettuato settimanalmente a partire da 5 giorni dopo l'allestimento delle parcelle con un totale di 4 rilievi, ossia fino a che non si è riscontrato un arresto di germinazione. L'altezza massima raggiunta dalle plantule nel singolo plot non è stata presa in considerazione; durante il periodo di osservazione non si è denotato movimento del carbone negli strati sottostanti di terreno.

Il trattamento erbicida è stato effettuato per mezzo di botte a spalla pressurizzata con erogatore ad ugello a ventaglio calibrata con pressione a 200 kPa.

La temperatura giorno/notte nella serra è stata impostata su 33/30°C e i plots esposti a luce naturale; le seminiere sono state umidificate giornalmente fino alla capacità di campo.

Il primo scrutinio delle plantule emerse è stato fatto ogni settimana a partire dal 19/02/2013 per un totale di 4 rilievi, ossia fino a che l'entità di germinazione non sia stata considerata massima. L'altezza massima raggiunta dalle piantine non è stata invece presa in considerazione.

1.2.13 PROVA SU CAMPO

1.2.13.1 Preparazione del campo e letto di semina *Bromus erectus* Hudson

La prova su campo per *Bromus erectus* Hudson (BR ER XCM 12C – 1° scelta) è stata svolta nel mese di ottobre 2012 sulla superficie sperimentale della Tenuta Superiore della Fondazione Minoprio in seguito ad operazioni di vangatura meccanizzata in condizioni del terreno sub-umide (caratteristiche del terreno). Nell'ambito dell'esperimento sono stati testati quattro prodotti erbicidi con azione anti-germinello (Chikara 25 WG[®], Afalon DS[®], Ronstar 2G[®] e Stomp Aqua[®]) per valutare l'emergenza della specie studiata e delle infestanti con e senza apporto di CA, quest'ultimo per proteggere la fila di semina di *Bromus erectus* Hudson dagli erbicidi. A causa dell'insufficiente contenuto in Ca, come è stato potuto osservare dalle analisi preliminari del terreno, è stato necessario apportare ingenti quantità di ammendanti carbonati prima dell'operazione di vangatura. Dopo opportuno rastrellamento e appianamento della superficie, si è proceduto con la delimitazione dell'area sperimentale, arrangiata con 4 repliche o blocchi, 2 dosi di CA (0-6 g*m⁻¹) e 4 erbicidi, composti a loro volta da 5 parcelle (o plots), ossia una per erbicida, più una con funzione di comparazione (TNT) non trattata. In ogni parcella, misurante 1m di lunghezza, sono stati preparate 2 file di semina da 100 semi l'una, distanziate tra loro 60 cm. I semi sono stati adagiati nella fila manualmente entro i primi 2 cm di terreno.

Ciascun blocco, rappresentante la ripetizione del ciclo di trattamento, e' stato concepito per accogliere due gruppi di parcelle, che sono state (le une) alternativamente ricoperte con CA lungo le file di semina (vedi CA), mentre le altre sono state trattate allo stato scoperto (vedi bianco).

La dose di CA impiegata per la singola parcella e' stata di $8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$, pesati con bilancia senza decimali ed addizionato a secco sulla fila seminata formando una banda nera larga 3 cm.

Gli erbicidi sono stati applicati il giorno successivo la fase di allestimento e semina dell'area per mezzo di pompa botte in pressione 200 kPa calibrata per distribuire 24 ml di miscela erbicida + acqua al metro lineare.

Per la fase di trattamento si e' proceduto come esplicito in Tabella 8:

Tabella 8: Mezzi di controllo chimico infestanti impiegati per le prove su campo di *Bromus erectus* Hudson. Riferimento alla formulazione del prodotto in termini di s.a., dose*ha⁻¹, l H₂O*ha⁻¹ utilizzati per il trattamento, i secondi di erogazione della soluzione per singola parcella e la dose di prodotto in H₂O*l⁻¹.

Princ. attivo	Nome comm.	Form.	Dose	l H ₂ O*ha ⁻¹	ml*m ⁻¹	Sec	Dose*H ₂ O*ha ⁻¹
Flazasulfuron	Chikara 25 WG ®	WDG	0.08 kg*ha ⁻¹	600	0.0032	2	0.133 mg
Linuron	Afalon DS ®	AS	1 L*ha ⁻¹	600	0.04	2	1.67 ml
Pendimethalin	Stomp Aqua ®	AS	4 L*ha ⁻¹	600	0.16	2	6.67 ml
Oxadiazon ⁶	Ronstar 2G ®	AS	2 L*ha ⁻¹	600	0.08	2	3.33 ml

Dosi di CA e successione degli erbicidi sono state distribuite randomizzate entro i blocchi.

Lo scrutinio delle plantule emerse e' iniziato 12 giorni dopo il trattamento e proseguito con cadenza settimanale fino al 20/11 per un totale di 5 rilievi. I rilievi hanno interessato le file di semina per quanto riguarda il conteggio di piantine di *Bromus erectus* Hudson ed infestanti germinate e, successivamente, le aree adiacenti la fila su un'ampiezza di circa 20 cm (6 per parcella) al fine di stimare la densità di infestanti al mq. Lo stato dell'infestazione e' stato osservato con un 6° rilievo alla fine del mese di aprile.

⁶ Al momento dello studio ancora in commercio. Per condurre gli studi su *Holcus lanatus* L. ed *Achillea millefolium* il prodotto e' stato sostituito con Propyzamide.

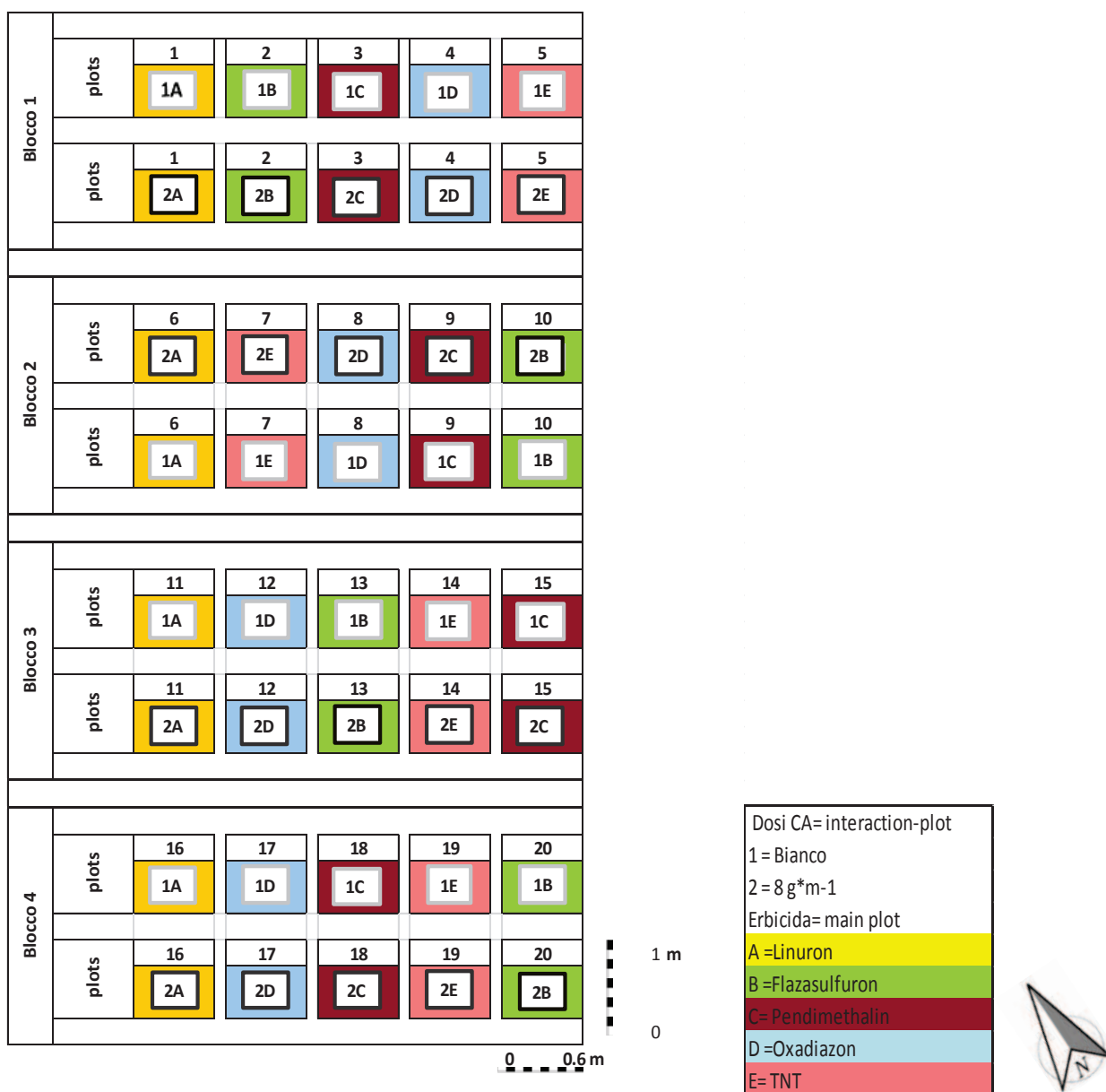
1.2.13.2 Disegno sperimentale

Per tutte le prove su campo, per la preparazione dell'area di sperimentazione si è proceduto come di seguito esplicitato. La tecnica di applicazione di CA e di trattamento con prodotti erbicidi è stata utilizzata in tutte le combinazioni possibili con 4 repliche. Il disegno sperimentale (Figura 9) è stato secondo schema strip-plot tri-fattoriale⁷, in cui ogni livello di trattamento erbicida è stato assegnato ai plot principali, corrispondente alla striscia verticale, e i livelli di trattamento con CA (nel caso dell'esperimento di *Bromus erectus* Hudson sono 2) assegnati ai sub-plots o strisce orizzontali. L'area all'interno di ogni plot è stata di 0.6 m² (1 x 0.6 m). La distanza tra una parcella e l'altra, fungente da corridoio, è stata mantenuta a 50 cm.

Per le rilevazioni si è proceduto in direzione SO a partire dal blocco 1.

⁷ Il disegno è stato randomizzato tramite il pacchetto *Agricolae* offerto dal software R (3.0.2) in modo tale che un ordine sistematico nella distribuzione spaziale dei plots venisse riconosciuto. Per l'analisi spaziale sono state assegnate delle coordinate x e y a ciascun blocco. L'ipotesi che la randomizzazione abbia effetto sui risultati non può però essere né rigettata né accettata.

Figura 9: Disegno sperimentale relativo al campo di prova di *Bromus erectus* Hudson presso Fondazione Minoprio.



In corrispondenza di ciascun plot, i due angoli opposti sono stati rimarcati tramite asticelle di legno (50 mm di diametro e 20 mm di spessore), conficcate nel terreno a circa 10 cm di profondità, cosicché i plots sono potuti essere individuati nuovamente la stagione vegetativa successiva e la delimitazione essere visibile. Alle asticelle sono stati legati dei cavi di spago e fatti passare attorno a ciascun angolo, poi recisi a circa 2 cm sopra il terreno, al fine di poter

ritrovare precisamente la posizione dei plots. La vegetazione attorno all'area di prova e' stata tagliata ogni mese dall'inizio dei lavori durante la stagione germinativa, al fine di mantenere rimarcabile il confine delle parcelle trattate.

1.2.13.3 Valutazione preventiva specie infestanti tramite campionamento seed bank con metodo Malone

La conoscenza della dinamica di popolazione di specie infestanti rappresenta un passo cruciale nello studio e programmazione di metodi di controllo della flora autoctona. Operazioni di preparazione come aratura, fresatura, erpicatura, etc., portano ad una distribuzione omogenea di sementi entro il primo profilo podologico e ad un incremento di areazione e drenaggio verso gli strati sottostanti, cosa che favorisce la germinazione di malerbe.

I metodi proposti per l'analisi di banche semi di malerbe possono essere ascritti a due categorie:

1. Metodo germinativo (i.e. Cardina & Sparrow, 1996, Swinton et al. 1994)
2. Metodo per estrazione diretta (i.e. Malone, 1967, Buhler & Maxwell, 1993)

Il metodo germinativo (1) prevede lo studio di banche semi attraverso l'identificazione e l'enumerazione di germinelli emergenti da terreno in condizioni controllate. Si tratta di una procedura semplice (Buhler & Maxwell), ma che richiede tempi di osservazione troppo lunghi per fornire una valutazione efficace dell'attuale popolazione di malerbe al momento della semina, a causa dell'effetto della dormienza.

Il metodo per estrazione diretta (2) prevede l'impiego di diverse operazioni per la setacciatura, l'elutriazione, l'affioramento. In particolare queste ultime danno un'alta percentuale di ripresa per tutte le specie osservate e risultano efficaci su parcelle con terreno sabbioso.

Due mesi dopo l'allestimento dell'area di studio per *Achillea millefolium* ed *Holcus lanatus* L., ossia due mesi dopo le operazioni di aratura meccanica eseguite per la preparare il campo ad accogliere i semi di tali colture, una carota di suolo (12 x 10 x 10 cm) e' stata collezionata in ogni plots, trasportato immediatamente in laboratorio vitro della F.M. e lasciato ad essiccare a temperatura ambiente per due settimane per ridurre i campioni ad un peso campionario di 500 g. e poterli così setacciare.

Le analisi delle varie frazioni estratte sono state analizzate secondo le procedure elencate in Tabella 9.

Tabella 9: Indicazione delle metodologie e parametri implicate nella prova di campionamento seed bank.

Parametri	Quantità
Peso netto terreno (g)	734.6
Soluzione (NaPO ₃) ₆ (g*I ⁻¹)	50
Ø Filtro terreno (mm)	0.2
Na ₂ CO ₃ (g*I ⁻¹)	25
M K ₂ CO ₃	5.5
Soluzione K ₂ CO ₃ (g*I ⁻¹)	190
H ₂ O (ml)	250
Peso Netto provette (g)	4 x 101
Volume provette (ml)	100
Piastra Petri (mm)	15 x 100

Al fine di disperdere la frazione minerale, il campione di terreno è stato inoculato con una soluzione di $(\text{NaPO}_3)_6$ in dose $50\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ e agitato per 15 min.; successivamente si è proceduto nella filtrazione su setaccio da 0.2mm per separare la sabbia e i semi dalla frazione di limo e argilla. Alla soluzione viene ora aggiunto sodio bicarbonato ($25\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) per permettere l'affioramento di sostanza organica.

Al fine di mantenere natante quest'ultima e per incrementare la gravità specifica a $1.4\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, si è disperso il materiale in una soluzione di K_2CO_3 (5.5M) in 250 ml di acqua distillata, preventivamente portato a volume in agitatore magnetico (reazione esotermica).

La soluzione viene suddivisa in 4 provette da 100 ml in soluzione, agitate per 1 min per ottenere un'aliquota omogenea mediante agitatore magnetico per acqua distillata.

La miscela di terreno unita alla soluzione è ora soggetta a centrifugazione a 2400 giri per 10 min. (Centrifuga "Sigma 2-4 B.Braun Biotech International") ripetuta per 2 volte in modo tale da recuperare la frazione depositata sul fondo, contenente sabbia, derivata dal primo ciclo di centrifugazione.

I semi sono stati estratti con l'ausilio di microscopio binoculare con ingrandimento 6x con messa a fuoco variabile.

1.2.13.4 Preparazione del campo e letto di semina di *Holcus lanatus* L. ed *Achillea millefolium*

L'allestimento del campo sperimentale ha previsto una sola operazione meccanizzata di vangatura su terreno in condizioni sub-umide sul campo sperimentale della Tenuta Superiore della F.M. Obiettivo dell'indagine è stato la valutazione dell'emergenza delle piante studiate e delle infestanti in presenza ed in assenza di CA. L'operazione ha avuto luogo nella prima metà del mese di aprile. Una settimana dopo, prima che le prime infestanti iniziassero ad emergere, l'area sperimentale è stata rastrellata a mano per eliminare eventuali residui di mais e migliorare il livellamento del terreno. Infine si è proceduto alla squadratura e delimitazione del campo. Esso è stato suddiviso in parcelle (o plots) elementari costituite da tre file di semina a profondità costante fissata a 0.5 cm, della lunghezza di 1 m, larghezza di 2.5 cm e distanziate 50 cm le une dalle altre. Due delle tre file sono state concepite per essere addizionate, prima del trattamento, con CA in 2 dosi differenti, corrispondenti al quantitativo normale ed al massimo normale indicato da diversi autori (Williamson and Morgan, 1994), mentre la terza è stata lasciata scoperta. In accordo con le indicazioni disponibili anche in letteratura scientifica, per le due specie studiate la dose di CA impiegabile rientra tra i 120 e i 240 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, perciò, con opportune sostituzioni, risulta che la quantità utile ai fini dell'esperimento sia di 3 e 6 $\text{g}\cdot\text{m}^{-1}$, ed essendo la fila 0.025 m * 1m, la dose di CA utilizzata nella pratica è stata di 1.25 g e 2.5g. Ogni parcella è corrisposta ad un erbicida; in aggiunta ai quattro prodotti scelti, corrispondenti in modalità e dosaggi a quelli riportati in Tabella 7, è stata tenuta una parcella non trattata (TNT); lo spazio tra i plots è stato tenuto a 60 cm. I

1.2.13.5 Disegno sperimentale

Il disegno sperimentale adottato e' stato anche nel caso della presente sperimentazione a strip plot. Lo schema di disposizione dei campi di studio e' illustrato in Figura 10.

Parcelle in numero di 5 costituivano un blocco, che nel presente caso di studio rappresenta le ripetizioni di trattamento sia per *Holcus lanatus* L. che per *Achillea millefolium*. In totale il numero di ripetizioni e' stato fissato a 4. Le tre file di semina costituenti la parcella hanno accolto ciascuna 100 semi della specie studiata precedentemente contati meccanicamente con strumento contasemi Contador. All'interno della singola parcella sperimentale le tre file sono state distribuite spazialmente tramite randomizzazione tri-fattoriale secondo disegno sperimentale strip-plot in cui il plot principale (fattore verticale) viene rappresentato dalla singola specie, il fattore orizzontale dal trattamento erbicida e il plot di interazione corrisponde alla dose di CA, appunto 0, 3, 6 g*m⁻¹. L'operazione di semina, copertura con CA e successivo trattamento e' stata effettuata il 17/04. In previsione di abbondanti piogge, dopo il trattamento erbicida si è provveduto a coprire il campo con tessuto non tessuto, mantenuto per una settimana.

I rilievi hanno interessato le file di semina per quanto riguarda il conteggio di piantine di *Holcus lanatus* L. ed *Achillea millefolium*, così' come il conteggio delle infestanti germinate e, successivamente, le aree adiacenti la fila su un'ampiezza di circa 20 cm (6 per parcella) al fine di stimare la densità di infestanti al mq.

Per le rilevazioni si e' proceduto in direzione SO a partire dal blocco 1.

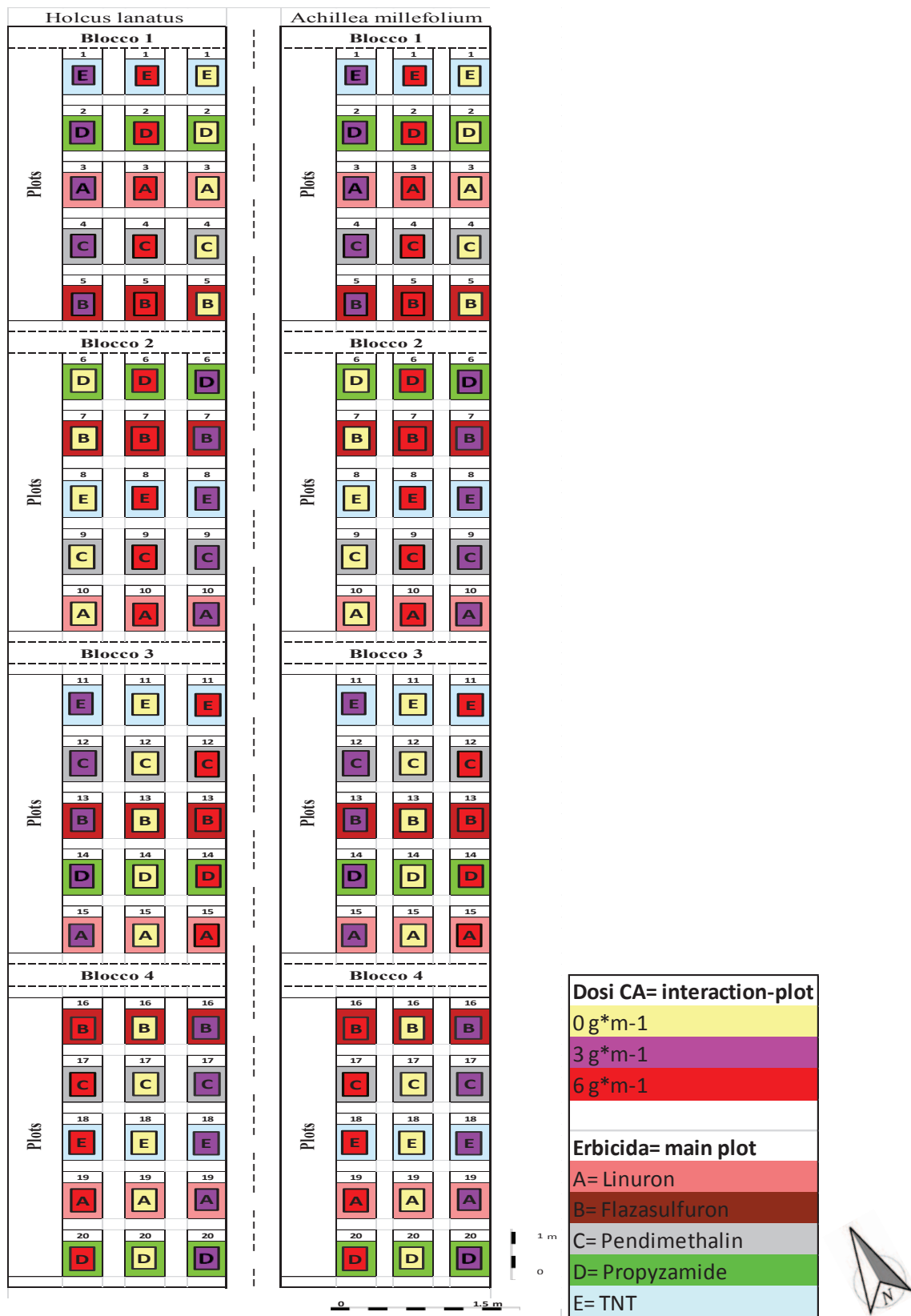


Figura 10: Disegno sperimentale a scala ridotta dei campi di studio per *Holcus lanatus* L. ed *Achillea millefolium*.

1.3 RISULTATI

1.3.1 PROVA IN SERRA

Il primo esperimento condotto nella serra sperimentale della Fondazione Minoprio ha avuto luogo tra la metà di febbraio e la metà del mese di marzo 2013 ed è stato condotto con suolo prelevato dai campi della scuola e non sterilizzato (pH = 5.5, sostanza organica 3.3 % C.O.). Il terreno è stato riposto in seminiere danesi della profondità di 10 cm, lunghezza di 58 cm e larghezza di 40 cm con uno strato di carta di giornale sul fondo per prevenirne la perdita. Nell'ambito di questa ricerca ci siamo prefissati 2 obiettivi: valutazione dell'effetto dell'erbicida in presenza ed in assenza di CA, monodose, con diverse profondità di semina e la diversa risposta all'erbicida, in dose costante, nei riguardi di una certa dose di CA, variabile.

1.3.1.1 Peso dei semi

Nel caso di *Achillea millefolium* il lotto proveniente dal campo di allevamento in Alta Valtellina presentava il valore medio più elevato (0.114 g). La sostanziale differenza nel peso di 1000 semi per i 2 campioni provenienti dal campo di propagazione presso F.M. (Figura 11) va probabilmente attribuita alle fluttuazioni climatiche riscontrate nell'anno di raccolta. Per quanto concerne la dormienza delle sementi, i risultati del test di germinazione mostrano come i semi del lotto XAV 10.5, in seguito a trattamento pre-chilling in KNO₃ e dispersi in acqua distillata secondo metodo standard, richiedano tempi maggiori per uscire dalla fase quiescente, da cui è derivata una maggiore scolarità di germinazione.

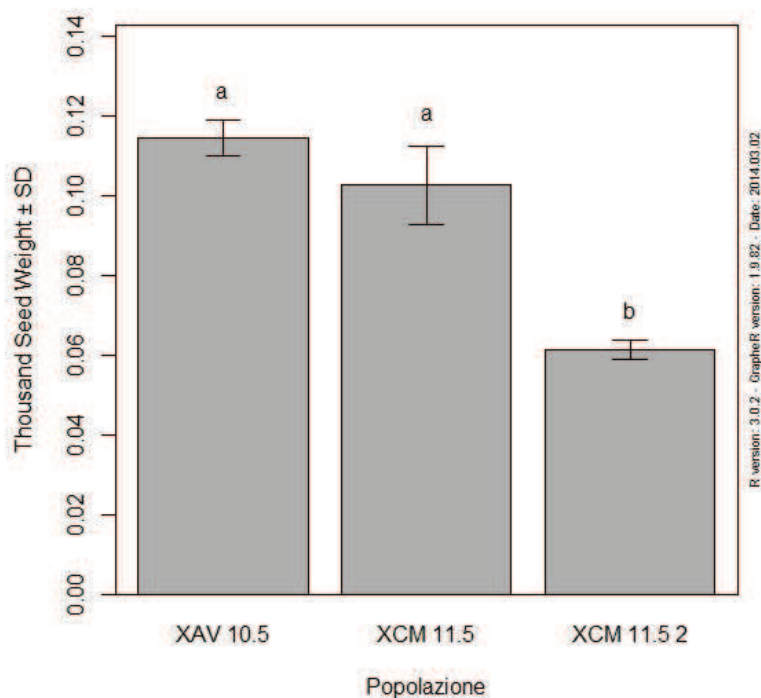


Figura 11: Peso dei semi di lotti di 3 diverse provenienze di *Achillea millefolium* (raccolta 2012): Consorzio Alta Valtellina (XAV 10.5) a 1142 s.l.m., Campo Croce Minoprio (XCM 11.5, XCM 11.5.2) a 342 m s.l.m. Separazione delle medie tramite LSD test con $\alpha = 0.05$. Barre senza lettere uguali sono significativamente differenti.

Considerando la variazione del peso dei semi della singola specie di provenienza alpina coltivata in piccole parcelle presso la Fondazione Minoprio, i due lotti con peso dei semi relativamente alto (XCV 10.5, TSW = 0.114 g) e l'altro (XCM 11.5, TSW = 0.11 g), il confronto col peso riscontrato nell'anno di raccolta 2013 mostra che più o meno tale valore si colloca nella norma, a dispetto della differenza di TSW del lotto di seconda qualità non purificato XCM 11.5.2. Come anche mostrato in Figura 11 la provenienza Consorzio Alta Valtellina ha però incrementato il suo TSW (t-test, media diversa da 0, $df = 19$, $t = 113.69$, $p < 0.001$), mentre per il lotto XCM essa è rimasta invariata (t-test, $df = 15$, $t = 41.22$, $p < 0.001$).

1.3.1.2 Germinazione in laboratorio

Per effettuare la prova di germinazione per *Achillea millefolium* sono stati usati due lotti distinti: uno rappresentato da popolazione proveniente da campo sperimentale in Alta Valtellina ed i restanti 2 costituiti da semi di individui allevati nel campo della tenuta inferiore della Fondazione Minoprio. Lo studio è iniziato nel periodo tra il 22/02 e il 01/03 con semi non trattati preventivamente ed ha previsto l'osservazione di 4 campioni da 100 semi ciascuno ripetute per 4 volte. Analizzando i campioni provenienti dai 3 diversi lotti siamo giunti ai seguenti risultati:

Semi non scarificati e non trattati provenienti da raccolta in campi di selezione di pianura e di alta quota hanno germinato quasi completamente già 14 giorni dopo la semina, e ciò indica che la vitalità del campione coltivato nel Campo Croce Minoprio non differisce da quella del lotto di provenienza alpina. Dal confronto della germinazione cumulativa a 30 giorni (dato non mostrato), si evince che non vi è stata significativa variazione tra il lotto XAV e XCM (11.5), per i cui semi vi è stato riscontrato un incremento della velocità germinativa già dal giorno 8. Un significativo decremento germinativo è stato osservato nel lotto sementiero dell'anno di raccolta 2012. Tale effetto è divenuto molto evidente a partire dal giorno 20.

I semi appartenenti al campione/popolazione XAV 10 hanno mostrato tempi maggiori per uscire dalla dormienza, ma alla fine del test al 77,3% di essi il processo germinativo si è svolto correttamente e gli indici di crescita si distribuiscono con sufficienza intorno ad un valore normale.

Analogo discorso vale per la popolazione denominata XCM 11.5 a cui ha corrisposto un più rapido sviluppo già riscontrabile all'11° giorno di test. Complessivamente il 77% di semi sono stati giudicati germinati con successo. Osservabile però come tali valori si distribuiscono asimmetricamente attorno al valore mediano.

Per contro, la popolazione denominata XCM 11.5 di 2° scelta mette in luce un minore potenziale germinativo da parte dei semi in confronto a quelli delle popolazioni sopra rappresentate, che per tutti i campioni preso in esame non ha superato il 40% (Figura 12). Per questo i semi provenienti da tale lotto non sono stati ritenuti accettabili ai fini sperimentali. Non è stata riscontrata nessuna correlazione con la presenza di infestanti nel campione e la percentuale di emergenza dei germinelli (correlazione di Pearson, $p > 0,05$). Da segnalare però la presenza accertata di 16 semi di infestanti nella 1° capsula Petri.

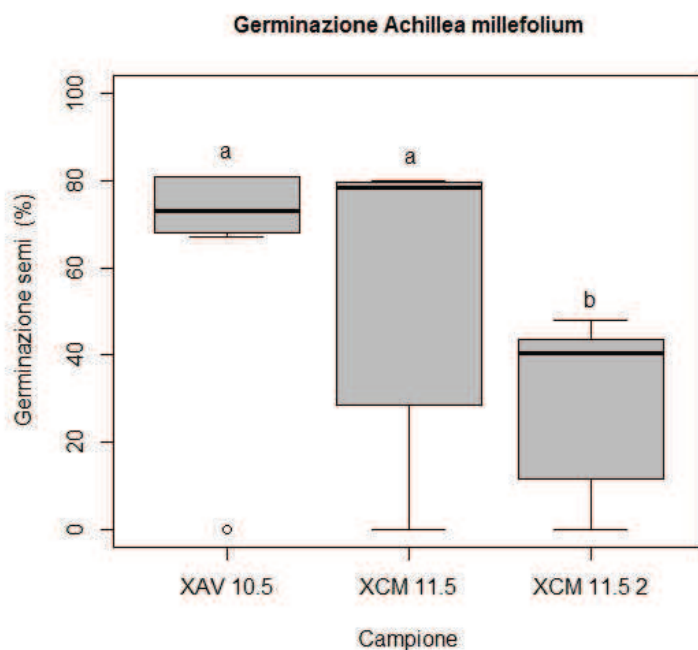


Figura 12: Germinazione cumulativa di semi trattati purificati (XAV 10.5, XCM 11.5) e non purificati (XCM 11.5.2) di *Achillea millefolium* raccolti dal Consorzio Alta Valtellina, 1142 m s.l.m. (XAV 10.5) e propagati in Campo Croce Minoprio di selezione nell'anno 2012 (XCM 11.5.2) e 2013 (XCM 11.5). Lettere differenti indicano differenze significative tra i gruppi (Valore Critico di $t = 2.48$, LSD test con $\alpha = 0.05$, $df = 45$).

1.3.2 *Achillea millefolium* I: Trattamento erbicida a profondità variabile

1.3.2.1 Valutazione effetto di trattamento su carbon band con diverse profondità di semina

L'analisi della varianza eseguita sul totale dei 4 rilievi eseguiti in serra sperimentale degli effetti between-subjects e within-subjects non mostra alcun effetto della profondità di semina sulla germinazione, del cui effetto multiplo nel tempo inteso come fattore discreto non è stato tenuto conto, mentre un effetto altamente significativo è stato riscontrato nel fattore trattamento diserbante e del tempo di osservazione sulla copertura vegetazionale (Tabella 10), ed è perciò possibile rifiutare l'ipotesi che il fattore tempo non influenzi l'andamento germinativo. Dall'analisi dei test univariati risulta altresì significatività dell'effetto del trattamento con CA in relazione al tempo intercorso a partire dalla data di trattamento.

Tabella 10: Risultati dell'analisi della varianza per test di ipotesi univariati per effetti fra ed entro soggetti sul totale dei rilievi con contributo dei predittori (B = block- replicazione, D = trattamento diserbante, CA = trattamento con carbone attivo, P = profondità di semina, T = tempo dopo trattamento), e loro interazioni semplici e multiple secondo schema strip-split-plot sulla crescita di *Achillea millefolium*. ANOVA a misure ripetute (N=4; n.s. = non significatività, * =p<0.001).**

Fonte di variazione	<i>Achillea millefolium</i> I					
		df	SS III	MS	F	Sig.
Effetti tra soggetti						
B	Ipotesi	3	208.7	69.5	0.43	n.s.
D	Ipotesi	4	14309.14	3577.3	21.9	***
	Errore (a)	12				
CA	Ipotesi	1	179.56	179.56	1.1	n.s.
P	Ipotesi	1	590.49	590.49	3.62	n.s.
D x CA	Ipotesi	4	7154.7	1788.67	10.96	***
	Errore (b)	66				
Effetti entro soggetti						
T	Ipotesi	4	17593.2	4938.4	146.8	***
D x T	Ipotesi	16	4003.96	250.24	7.44	***
CA x T	Ipotesi	4	677.06	169.26	5.03	***
P x T	Ipotesi	4	179.03	44.76	1.33	n.s.
D x CA x T	Ipotesi	16	3210.06	200.63	5.97	***
	Errore (c)	264				

1.3.2.2 Mezzi di controllo infestanti

Per quanto riguarda la resa germinativa dei semi, nel primo rilievo trattamento con Flazasulfuron e Pendimethalin hanno fatto registrare un effetto di variazione altamente significativo. Il più alto grado di emergenza e' stato osservato nei plots trattati con Flazasulfuron. Le differenze tra i diversi prodotti sono divenute meno evidenti a partire dalla seconda data di rilevamento e nel caso dei plots trattati con Linuron non sono state più significative. Dall'analisi dell'ANOVA a partire dalla media dei minimi quadrati per i diserbanti (Tabella 11) risultano inoltre differenze altamente

significative per l'effetto di trattamento con erbicida rispetto ai plots non trattati (TNT) per tutte le osservazioni.

Tabella 11: Separazione dei mezzi di trattamento diserbante nei confronti dei plots di controllo TNT x stadio temporale di osservazione del potenziale di emergenza del germinello di *Achillea millefolium*. Comparazione del valore di SS dell'analisi della varianza in Tabella 10. ANOVA su misure ripetute, N=4: n.s.= non significatività, *=p<0.05, **=p<0.01, *=p<0.001.**

Fonte di variazione	Data Rilievi									
	19/02			27/02		07/03		15/03		
	df	SS	Sig.	SS	Sig.	SS	Sig.	SS	Sig.	
TNT vs FL, PR, LI, PE	1	2106.3	***	2010.01	n.s.	2055.37	*	1945.3	**	
FL vs TNT, PR, LI, PE	1	1435.54	*	105.02	n.s.	656.38	n.s.	788.13	n.s.	
PR vs TNT, FL, LI, PE	1	871.25	**	1054.68	**	914.38	**	772.00	**	
LI vs TNT, FL, PR, PE	1	584.50	***	196.02	*	312.63	***	328.13	***	
PE vs TNT, FL, PR, LI	1	1868.75	***	825.02	**	1457.5	***	1424.6	***	
FL vs PR	1	26.28	n.s.	185.28	n.s.	8.00	n.s.	0.03	n.s.	
LI vs PE	1	136.12	n.s.	81.28	n.s.	157.53	n.s.	144.5	n.s.	
TNT vs PE	1	3938.28	***	2812.5	***	3507.03	***	3362.0	***	
Errore	60									

Dopo 5 giorni dalla data di semina e trattamento i plots di Linuron e Pendimethalin mostravano i valori più bassi di germinazione dove la fila non ha ricevuto la protezione dalla banda di carbone attivo, situazione che e' stata registrata ugualmente nei rilievi al giorno 21 e 29 (Tabella 12), in cui le piantine presentavano ancora dimensioni inferiori e segni di fitotossicità. Al momento del 2° rilievo i plots trattati a TNT e Propyzamide hanno fatto registrare valori intermedi, così come valori intermedi si denotano nei plots di comparazione tra Flazasulfuron e Propyzamide. Il discostamento più importante nella media si contempla per il trattamento con Pendimethalin e TNT, dove per quest'ultimo la copertura unitaria stimabile a vista risultava essere da 2 a 4 volte superiore quella per le seminiere di Linuron e Pendimethalin.

Per la crescita di *Achillea millefolium* non e' stata riscontrata in questa prima parte dell'esperimento in serra differenza significativa tra i trattamenti con gli erbicidi selezionati su CA (6) e CA (0), come emerge dal test di verifica dell'ipotesi di nessun effetto tempo *CA (MANOVA, N = 32.5, λ di Wilks = 0.89, $p > 0.05$, F = 2.00)

Tabella 12: Medie di germinazione unitaria di *Achillea millefolium* 5, 13, 21 e 29 giorni dopo trattamento erbicida e con carbone attivo. La media si riferisce a 4 replicazioni con effetto combinato di trattamento erbicida (Flazasulfuron, Linuron, Propyzamide, Pendimethalin, TNT) e trattamento protettivo CA (0-6 g*m⁻¹). Separazione delle medie fra i gruppi tramite DMRT test con $\alpha = 0.05$, df errore di I tipo = 70, valore critico di $t = 1.99$. In ciascuna colonna, i mezzi senza lettere comuni sono significativamente differenti.

Mezzi di controllo	Dosi CA (g*m ⁻¹)	Emergenza unitaria media nel tempo (d.a.t.)			
		5	13	21	29
TNT	0	31.37 ^a	32.50 ^a	30.25 ^a	30.50 ^a
Propyzamide	0	28.00 ^{ab}	31.37 ^a	27.25 ^{ab}	27.00 ^{ab}
Flazasulfuron	0	21.37 ^{bc}	12.37 ^d	18.37 ^{bcd}	19.75 ^{bcd}
Linuron	0	0.25 ^e	13.00 ^{cd}	0.25 ^e	0.87 ^e
Pendimethalin	0	0.00 ^e	9.50 ^d	0.00 ^e	0.00 ^e
TNT	6	24.50 ^{ab}	23.87 ^{ab}	23.75 ^{ab}	24.12 ^{abc}
Propyzamide	6	15.00 ^{cd}	14.00 ^{bcd}	14.50 ^{cd}	15.00 ^{cd}
Flazasulfuron	6	25.25 ^{ab}	23.37 ^{abc}	21.37 ^{abc}	22.37 ^{a-d}
Linuron	6	19.50 ^{bcd}	2.25 ^d	20.75 ^{bcd}	21.25 ^{a-d}
Pendimethalin	6	11.50 ^d	9.37 ^d	12.12 ^d	13.62 ^d

1.3.3 *Achillea millefolium* II: trattamento erbicida su dose variabile di CA e profondità costante.

1.3.3.1 Valutazione dell'effetto di trattamento su carbon band con 3 diverse dosi

Come per la prima parte dell'esperimento in serra, l'analisi della varianza eseguita sui dati di germinazione di *Achillea millefolium* rivela un effetto altamente significativo dei mezzi di trattamento chimico e interazioni significative tra gli stessi e l'applicazione di carbone attivo nel tempo (Tabella 13)

Alla data del primo rilievo è stata conseguita una produzione media di germinelli pari a 14 su 50 semi messi a dimora in 0.5 m in dipendenza dei mezzi di controllo infestanti. La media più elevata (23.3) è stata ottenuta con trattamento a Linuron, quella più bassa nei plots trattati con Pendimethalin (2.16), mentre quelli dove Flazasulfuron e Propyzamide sono stati applicati non differiscono significativamente da quelli di controllo (TNT).

A partire dalla seconda settimana di rilievo però, i plots con trattamento a Linuron fanno registrare valori di sviluppo dei germinelli sempre più decrescenti, fino a dare, insieme ai plots soggetti a trattamento con Pendimethalin, una perdita in termini di resa al m² addirittura inferiore a quelli non trattati, fungenti da test. Nelle ultime osservazioni il potenziale germinativo tende comunque a decrementare considerevolmente, restando tuttavia con valori intorno a 12 (Tabella 14).

Tabella 13: Effetto dei fattori principali (B=block- ripetizione, D= trattamento con diserbante, CA= trattamento con carbone attivo, T= tempo dopo trattamento) sulla resa germinativa di *Achillea millefolium* (ANOVA multivariata a misure ripetute, N = 5: n.s.= non significatività, *= $p<0.05$, **= $p<0.01$, *= $p<0.001$).**

Fonte di variazione	<i>Achillea millefolium</i> II					
		df	SS III	MS	F	Sig.
Effetti tra soggetti						
B	Ipotesi	3	2977.4	992.4	7.87	***
D	Ipotesi	4	4210.8	1052.7	8.35	***
	Errore (a)	12				
CA	Ipotesi	2	157.14	78.57	0.62	n.s.
D x CA	Ipotesi	8	1345.8	168.2	1.33	n.s.
	Errore (b)	42				
Effetti entro soggetti						
T	Ipotesi	4	10360.5	2590.13	59.46	***
B x T	Ipotesi	12	1119.62	93.3	2.14	*
D x T	Ipotesi	16	3175.4	198.46	4.56	***
CA x T	Ipotesi	8	929.22	116.15	2.67	**
D x CA x T	Ipotesi	32	2362.5	73.83	1.69	*
	Errore (c)	168				

Test post-hoc e' stato eseguito separatamente per ogni data di rilievo in quanto le interazioni multiple D x T e CA x T sono state trovate significative attraverso l'ANOVA. Considerando l'effetto del trattamento CA (Tabella 14), non si rimarcano differenze significative nella produzione di germinelli in base alla dose impiegata. Lo sviluppo più accentuato si riscontra con dose= 3 g*m⁻¹ (14.6), solo leggermente superiore alla resa con trattamento su fila non protetta (circa 14 germinelli sviluppati in media). Al contrario, trattamento con dose = 6 g*m⁻¹ risulta dal punto di vista della perdita di vitalità (inserire casomai foto con arrossamenti) e resa di germinazione meno efficace di circa ¼, quest'ultima risultata pur sempre decrementante tra il 2° e 4° rilievo in media di circa il 32% (Figura 13).

Tabella 14: Resa germinativa media di *Achillea millefolium* durante il periodo di osservazione in dipendenza dei mezzi chimici per il controllo delle infestanti e dei mezzi di difesa da trattamento erbicida su fila seminata (CA =0,3,6 g*m⁻¹). Separazione delle medie eseguita tramite DMRT test con $\alpha = 0.05$; N = 12-20. In ciascuna colonna, i mezzi senza lettere comuni sono significativamente differenti.

Mezzi di controllo	Dosi CA (g*m ⁻¹)	Emergenza unitaria media nel tempo (d.a.t.)			
		5	13	21	29
Linuron	0	30.75 ^a	8.75 ^c	0.00 ^e	0.250 ^e
Propyzamide	0	20.75 ^{ab}	26.25 ^{ab}	26.50 ^a	28.00 ^a
Flazasulfuron	0	19.75 ^{ab}	28.50 ^a	7.75 ^{b-e}	9.25 ^{b-e}
TNT	0	15.75 ^{abc}	20.75 ^{abc}	13.75 ^{bcd}	13.00 ^{bcd}
Pendimethalin	0	0.75 ^c	10.50 ^c	0.00 ^e	0.00 ^e
Linuron	3	18.00 ^{abc}	20.00 ^{abc}	13.00 ^{bcd}	13.75 ^{bcd}
Propyzamide	3	14.75 ^{abc}	19.75 ^{abc}	19.25 ^{ab}	20.00 ^{ab}
Flazasulfuron	3	13.50 ^{abc}	20.50 ^{abc}	16.00 ^{abc}	16.50 ^{a-d}
TNT	3	6.25 ^{bc}	16.00 ^{abc}	13.50 ^{bcd}	14.50 ^{bcd}
Pendimethalin	3	3.00 ^{bc}	15.00 ^{abc}	9.50 ^{b-e}	9.50 ^{b-e}
Linuron	6	21.25 ^{ab}	20.50 ^{abc}	12.50 ^{bcd}	12.25 ^{b-e}
Propyzamide	6	14.75 ^{abc}	22.50 ^{abc}	16.75 ^{ab}	17.75 ^{abc}
Flazasulfuron	6	7.75 ^{bc}	13.75 ^{bc}	14.25 ^{bcd}	15.75 ^{bcd}
TNT	6	18.75 ^{abc}	7.75 ^c	4.00 ^{de}	4.25 ^{de}
Pendimethalin	6	2.75 ^{bc}	11.75 ^{bc}	5.00 ^{cde}	5.50 ^{cde}

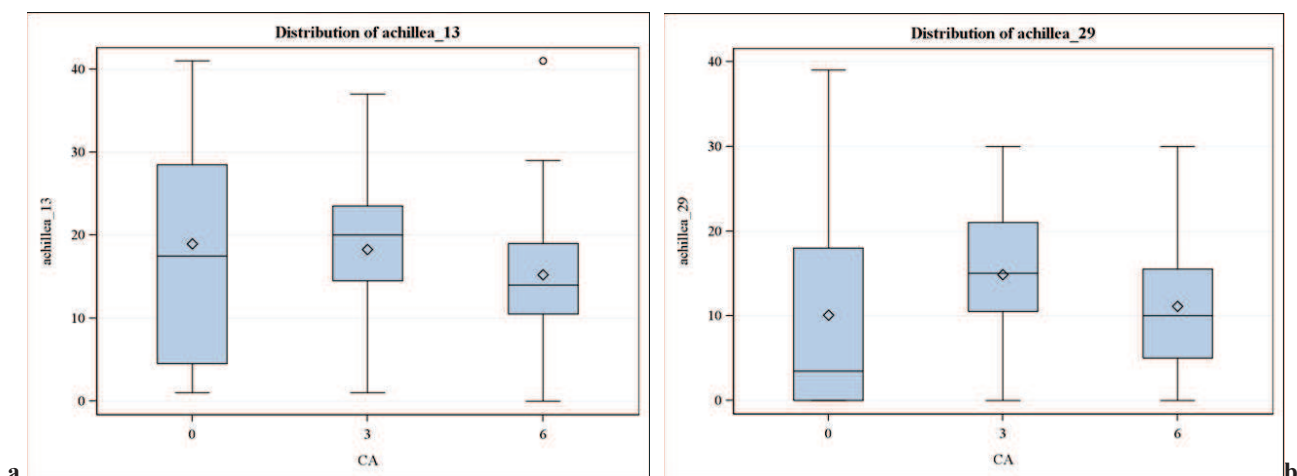


Figura 13: Illustrazione della variazione di produzione di germinelli vitali in considerazione dei 3 livelli di dose di CA (0,3,6 g*m⁻¹) da 13 giorni dopo il trattamento (a) a 29 giorni dopo il trattamento (b). Separazione delle medie tramite DMRT con $\alpha = 0.05$, CI = 95%.

Dal momento in cui l'interazione tra trattamento erbicida e tempo di osservazione risulta significativo, e' utile esaminare le interazioni SS attentamente. Siccome il tempo di osservazione e' rappresentato nel presente caso da una serie discreta di fasi di sviluppo di una popolazione definita di piante messe a dimora, sono state studiate le singole comparazioni tra gruppi di trattamento diserbante sul singolo stato di osservazione del dato. La significatività dell'effetto dei mezzi di controllo infestanti sulla crescita di *Achillea millefolium* e' variata nel corso del periodo d'esame (Tabella 15). L'analisi della varianza non mostra alcun effetto dell'applicazione di Flazasulfuron rispetto ai restanti prodotti impiegati sulla resa germinativa, mentre Propyzamide e Pendimethalin hanno fatto registrare un effetto altamente significativo nelle ultime 2 osservazioni, con rispettivamente un generale incremento del 22% di germinelli considerati vivi (Propyzamide) e un decremento deciso pari a 30% circa (Pendimethalin). Tali risultati indicano che, in base alla similarità nel far variare la media di piante germinate, i diserbanti possono essere sintetizzati in gruppi distinti. Alla data del primo rilievo i cinque trattamenti possono essere classificati in 2 gruppi: il primo gruppo e' associato a trattamento con Linuron (LI) e il secondo gruppo consiste nel trattamento con Pendimethalin (PE). Alla seconda data di rilievo si possono individuare ancora 2 gruppi: il primo coincide con Propyzamide (PR), il secondo consiste nel controllo con Pendimethalin (PE). A partire dal terzo rilievo, si riconosce il gruppo di Propyzamide (PR), Pendimethalin (PE) e un terzo coincidente con Flazasulfuron (FL).

Tabella 15: Separazione dei mezzi di trattamento chimico nei confronti dei plots di controllo TNT x stadio temporale di osservazione del potenziale di emergenza del germinello di *Achillea millefolium*. Comparazione del valore di SS dell'analisi della varianza in Tabella 13. ANOVA su misure ripetute, N=4: n.s.= non significatività, *=p<0.05, *=p<0.001.**

Fonte di variazione	Data Rilievi									
	19/02			27/02		07/03		15/03		
	df	SS	Sig.	SS	Sig.	SS	Sig.	SS	Sig.	
TNT vs FL, PR, LI, PE	1	1.504	n.s.	105.3	n.s.	16.01	n.s.	30.81	n.s.	
FL vs TNT, PR, LI, PE	1	1.562	n.s.	122.8	n.s.	14.69	n.s.	34.02	n.s.	
PR vs TNT, FL, LI, PE	1	122.8	n.s.	351.5	*	1332.2	***	1456.7	***	
LI vs TNT, FL, PR, PE	1	1400	***	47.84	n.s.	164.7	n.s.	210.2	n.s.	
PE vs TNT, FL, PR, LI	1	2232.5	***	525.17	*	756.25	***	870.25	***	
FL vs PR	1	57.04	n.s.	22.04	n.s.	400.16	*	392.04	*	
LI vs PE	1	2688.16	***	96.00	n.s.	80.66	n.s.	84.37	n.s.	
TNT vs PE	1	782.04	*	35.04	n.s.	187.04	n.s.	187.04	n.s.	
Errore	60									

1.3.4 PROVA SU CAMPO

1.3.4.1 Resa germinativa e analisi di qualità dei semi di *Bromus erectus* Hudson in laboratorio

Tra tutte le frazioni analizzate sono, soltanto XCM 12 C e' stata soggetta a trattamento di purificazione dei semi. Tuttavia, in nessuno dei campioni sono stati trovati semi di specie infestanti.

La capacità germinativa e il peso dei semi di *Bromus erectus* Hudson I, tanto in frazione purificata quanto non trattata, utilizzati per la sperimentazione, così come il lotto PV 12 C III, cresce significativamente rispetto a *Bromus erectus* Hudson del campione PV 12 C II, quest'ultimo proveniente da campi di propagazione di fondo valle (DET-Pavia) ed i cui semi non hanno subito trattamento di rottura della dormienza (Tabella 4; Figura 14a). Differenze significative sono state invece trovate analizzando il peso di 1000 semi: il lotto *Bromus erectus* Hudson I in frazione purificata ha fatto rilevare il valore più alto in assoluto e il suo TSW e' stato accertato intorno ai 4.40 g (Figura 14b; Tabella 5). Nella variante *Bromus erectus* Hudson 12 C I e PV 12 C III il peso dei semi riscontrato e' leggermente inferiore rispetto a quello della popolazione di 1° scelta (4.20g),

contro una resa germinativa leggermente superiore (circa 80%). L'assenza di trattamento anti-dormienza sembra influire negativamente anche su quest'ultimo aspetto.

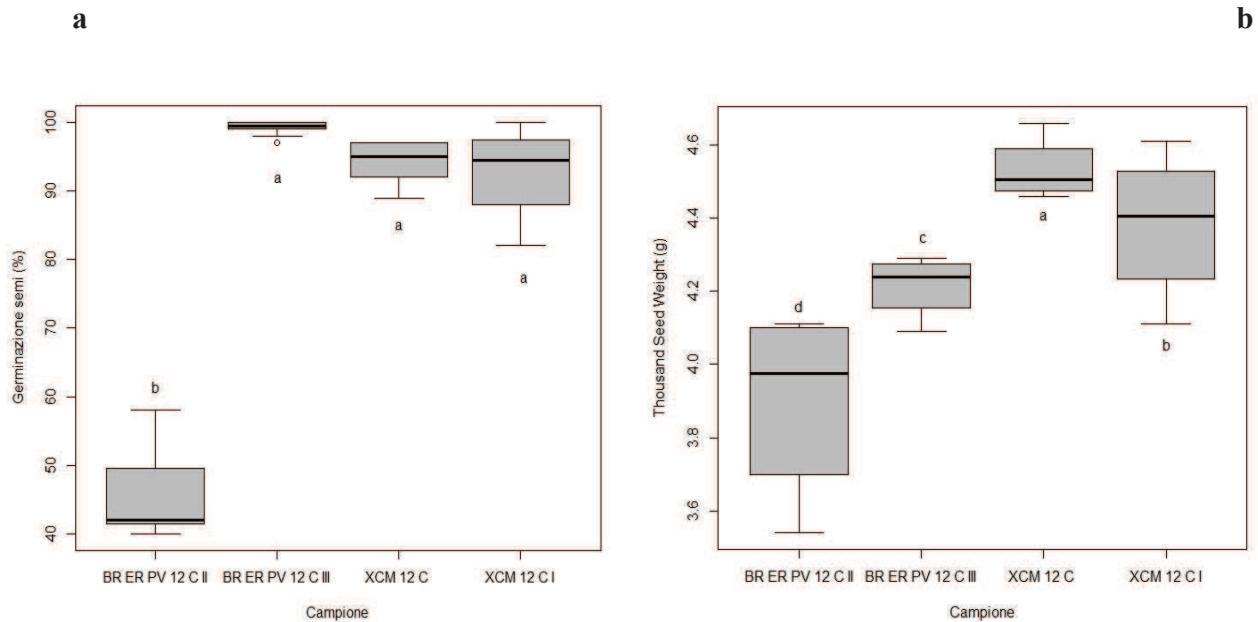


Figura 14: Percentuale di germinazione in laboratorio di semi di *Bromus erectus* Hudson (a) e peso di 1000 semi (b) di 4 campioni differenti. Media di 5 replicazioni. Separazione delle medie tramite LSD test con $\alpha = 0.05$. Boxplots senza lettere uguali indicano differenze significative.

Tra il peso di 1000 semi (TSW) e la germinazione dei semi di diversa provenienza e diverso trattamento e' stata inoltre trovata correlazione significativamente positiva (coefficiente di correlazione di Pearson, $R=0.61$, $p<0.05$). Dal momento che e' stato dimostrato che la capacit  germinativa di *Bromus erectus* Hudson tende a fluttuare col tempo (Fossati, 1980), decrementando drasticamente se le condizioni di stoccaggio non sono abbastanza basse (Vescovo & Scotton, 2002), soltanto i semi raccolti nella stagione vegetativa 2012 sono stati inclusi nelle valutazioni (Figura 15).

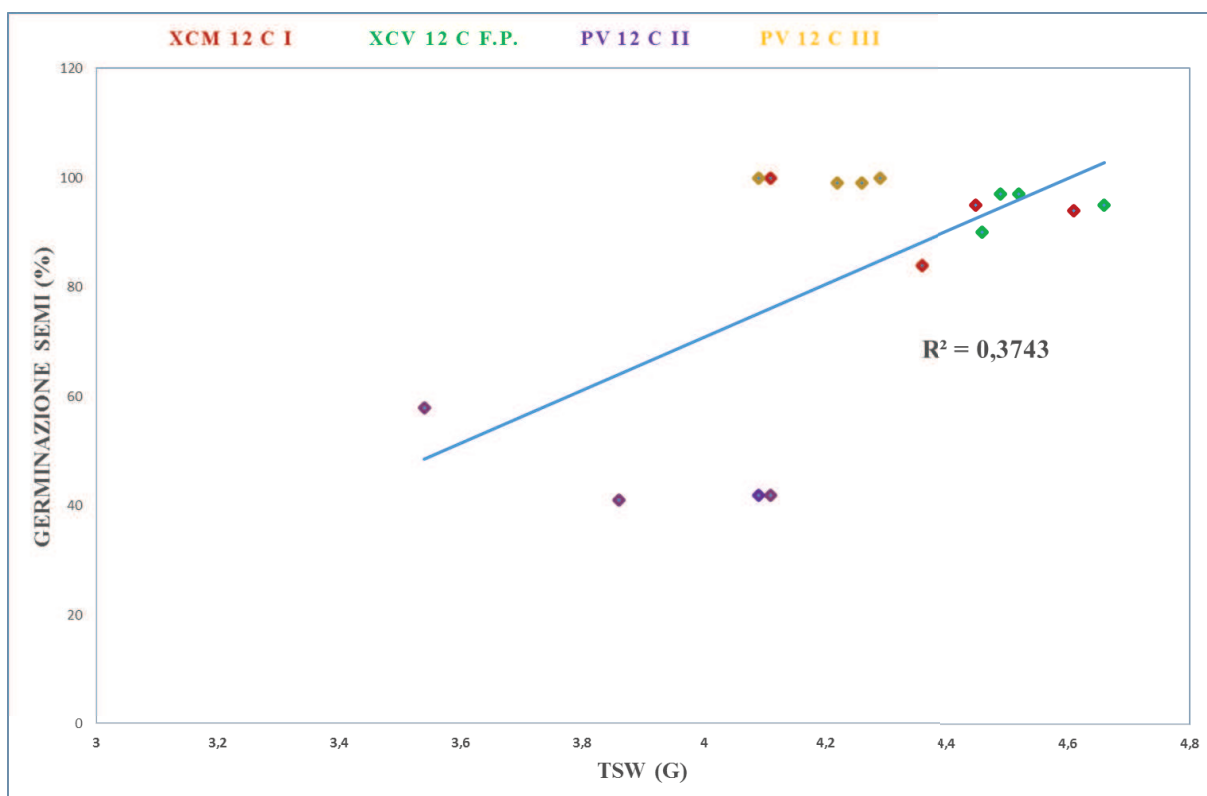


Figura 15: Relazione tra peso dei semi e germinazione delle varie frazioni di *Bromus erectus* Hudson. I dati riportati si riferiscono a test di germinazione condotti in laboratorio sotto condizioni controllate ed omogenee.

1.3.4.2 Germinazione dei semi di *Bromus erectus* Hudson su campo

La proporzione di semi germinati sulla popolazione totale messa a dimora (100) e' stata influenzata dal trattamento con diserbante e dal trattamento con carbone attivo. Tutte le interazioni sono infatti risultate significative dall'ANOVA per entrambi i predittori, e ciò indica che gli effetti delle cinque modalità di controllo infestanti e l'aggiunta di CA variano tra la popolazione di germinelli sviluppati registrati nel tempo (Tabella 16). Considerando la densità totale ottenuta sulle file di semina trattate con CA a $8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$, che da indicazione sulla potenziale azione di protezione dall'erosione del suolo da parte della specie, e' stato conseguito un modello simile a quello osservato per la copertura vegetazionale preesistente.

Tabella 16: Schema dei risultati dell'analisi della varianza relativa al potenziale germinativo dei semi di *Bromus erectus* Hudson nel tempo su campo sperimentale. Effetto dei fattori principali (B= block-ripetizione, D= trattamento diserbante, CA= trattamento con carbone attivo, T= tempo dopo trattamento) e studio delle loro interazioni secondo schema strip-split-plot (ANOVA multivariata a misure ripetute, N = 7: n.s.= non significatività, ***=p<0.001).

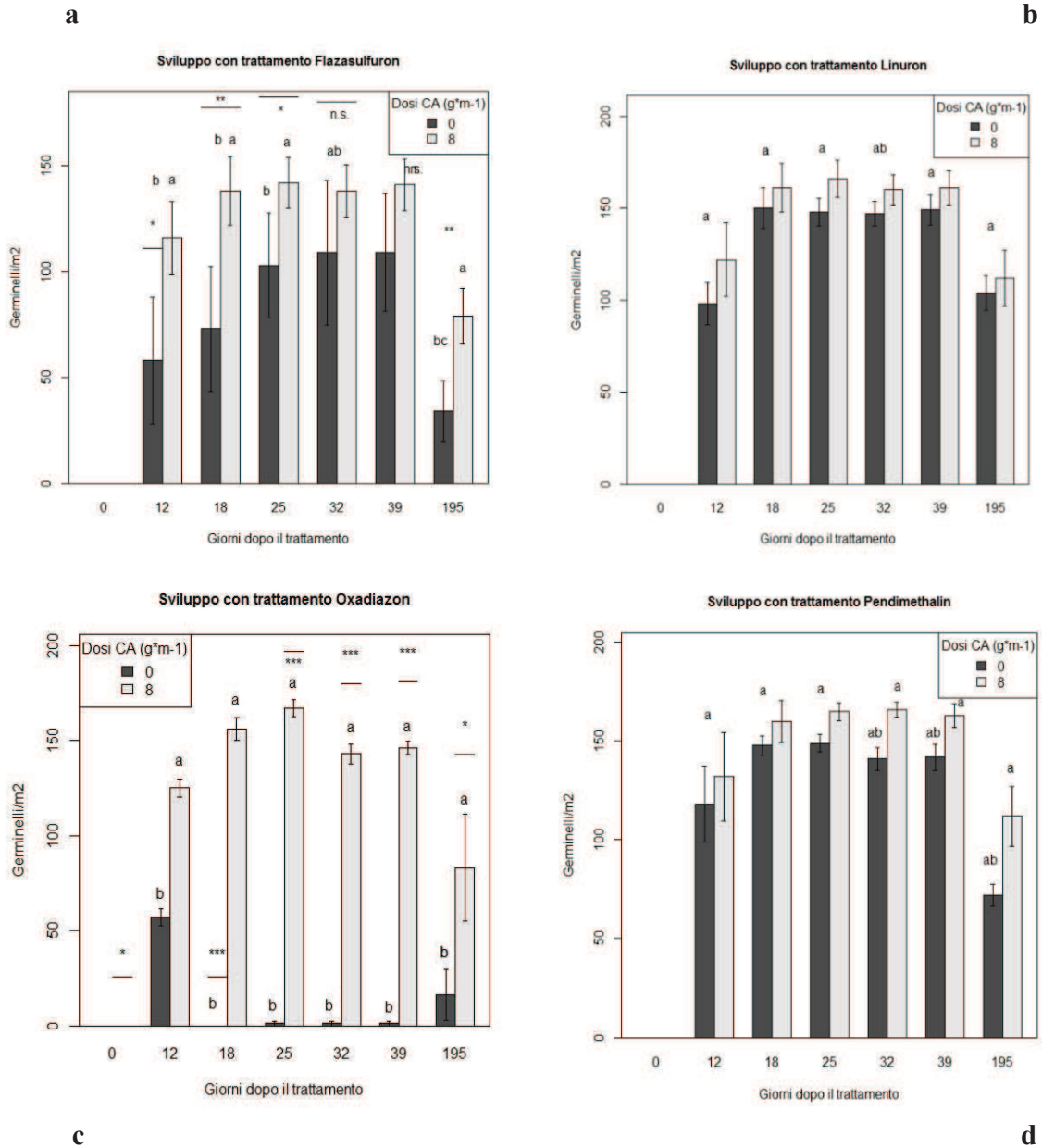
Fonte di variazione	<i>Bromus erectus</i> Hudson					
	df	SS III	MS	F	Sig.	
Effetti tra soggetti						
B	Ipotesi	3	664.07	221.35	1.43	n.s.
D	Ipotesi	4	8128.5	2032.12	13.16	***
	Errore (a)	12				
CA	Ipotesi	1	5403.2	5403.2	34.99	***
D x CA	Ipotesi	4	6188.85	1547.21	10.02	***
	Errore (b)	27				
Effetti entro soggetti						
T	Ipotesi	6	35781.8	5963.64	391.53	***
D x T	Ipotesi	24	2639.58	109.98	7.22	***
CA x T	Ipotesi	6	1148.88	191.48	12.57	***
D x CA x T	Ipotesi	24	2314.54	96.44	6.33	***
	Errore (c)	162				

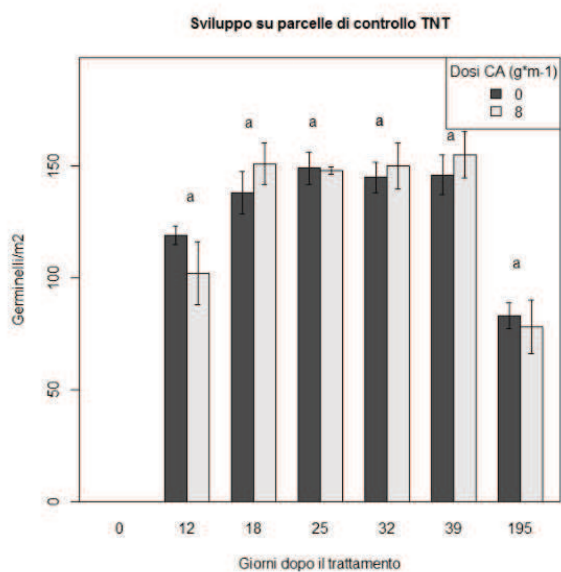
In Figura 16 sono riportati gli andamenti di sviluppo dei germinelli di *Bromus erectus* Hudson rapportati al m².

A dodici giorni dopo semina e trattamento, ossia al primo rilievo, e' stato possibile attribuire un valore minimo di 87 (Flazasulfuron) ed un massimo di 125 (Pendimethalin); laddove Pendimethalin e' stato impiegato, e' da segnalare la presenza di germinelli sviluppati correttamente anche esternamente la fila di semina protetta da carbon band.

Effetti significativi dell'aggiunta di CA sono evidenziati con trattamento con Oxadiazon per tutto il periodo di studio, in corrispondenza del quale sono state trovate piante più piccole nelle file non trattate con carbone attivo, e buona parte di esse e' stata giudicata non vitale entro la fine della stagione vegetativa (Figura 16e). Linuron, Pendimethalin e TNT non mostrano mai differenze significative con qualsiasi aliquota di CA (Figura 16b, c, d).

A partire dalla seconda data di rilievo, si assiste ad un incremento generale della copertura di germinelli al m² fino al 37 % per le file di semina protette da carbone attivo e trattate con Flazasulfuron (Figura 16a), in corrispondenza del quale si rilevano delle piantine germinate con successo anche esternamente la banda di carbone (dato non mostrato). Dopo un rapido incremento, una decrescita nella copertura di *Bromus erectus* Hudson in presenza di CA e' rimarcabile soltanto per trattamento Oxadiazon (Figura 16e).





e

Figura 16: Sviluppo germinelli di *Bromus erectus* Hudson in considerazione del controllo con Flazasulfuron (a), Linuron (b), Oxadiazon (c), Pendimethalin(d) e TNT (e) a 0, 12, 18, 25, 32, 39, 195 d.a.t. Separazione delle medie tramite DMRT con $\alpha = 0.05$. Solo le differenze significative entro i gruppi vengono rimarcate (n.s.= non significatività, *= $p < 0.05$, **= $p < 0.01$, *= $p < 0.001$). Barre senza lettere comuni sono significativamente differenti.**

Il tasso di germinelli sviluppati di *Bromus erectus* Hudson è stato deciso comunque sulla base della densità di piante all'interno della fila di semina.

Gli erbicidi pre-emergenza sono stati applicati dopo che le file seminate avevano subito il trattamento con la banda di carbone attivo, oppure lasciate non trattate. Valutazioni sul grado di interferenza nello sviluppo dei semi hanno avuto luogo ogni settimana prima della fine della stagione vegetativa.

In base ai dati estrapolati, le varianti di trattamento con Pendimethalin e Linuron esibiscono un effetto accettabile sullo sviluppo della popolazione di *Bromus erectus* Hudson nel tempo, facendo registrare valori anche superiori rispetto ai plots non trattati fungenti da test (Tabella 17).

Alla ripresa vegetativa, si riscontrano in tutti i casi valori medi di densità di germinelli sani decrescenti, mentre la copertura vegetazionale in generale è incrementata a causa della presenza di residui rimasti sulla superficie del suolo dopo la preparazione dell'area di studio così come tracce di necromassa della precedente stagione vegetativa. Il valore più alto di copertura percentuale (circa 80 %) è stata trovata nel blocco 1 trattato con Flazasulfuron, a fronte di una considerevole diminuzione dell'efficacia di controllo della flora avventizia (55%) (dati non mostrati). Flazasulfuron e Oxadiazon mostrano differenze altamente significative rispetto a Pendimethalin, Linuron e plots fungenti da test ($p < 0.001$), rispetto ai quali il trattamento con carbone attivo, applicato nella dose più alta indicata per la specie in questione, è dimostrato ridurre

significativamente la tossicità in confronto con lo stesso tipo di trattamento ricevuto senza CA (Tabella 17). Il trend generale di incremento di popolazione di germinelli sani risulta più evidente nei plots trattati a Oxadiazon (circa 12 volte di più) e in corrispondenza di CA = 8 g*m⁻¹ il suo effetto sullo sviluppo dei semi di *Bromus erectus* Hudson non risulta più significativamente differente (Tabella 17).

Tabella 17: Numero di germinelli al m lineare sviluppati di *Bromus erectus* Hudson nei diversi stadi di osservazione. Separazione delle medie tramite DMRT test post-hoc con $\alpha = 0.05$, N = 8-20. Media di 4 replicazioni per rilievo con effetto combinato di trattamento erbicida (Pendimethalin, Linuron, Flazasulfuron, Oxadiazon + TNT) e trattamento protettivo CA (0-8 g*m⁻¹). I valori in ogni colonna senza lettere uguali sono significativamente differenti.

Mezzi di controllo	Dosi CA (g*m ⁻¹)	Sviluppo germinelli di <i>Bromus erectus</i> Hudson nel tempo (d.a.t.)					
		12	18	25	32	39	195
TNT	0	29.75 ^a	34.50 ^a	37.25 ^a	36.25 ^{ab}	36.50 ^a	20.75 ^a
Pendimethalin	0	29.50 ^a	37.00 ^a	37.25 ^a	35.25 ^{ab}	35.50 ^{ab}	18.00 ^{ab}
Linuron	0	24.50 ^a	37.50 ^a	37.00 ^a	36.75 ^{ab}	37.25 ^a	26.00 ^a
Flazasulfuron	0	14.50 ^b	18.25 ^b	25.75 ^b	27.25 ^b	27.25 ^b	8.50 ^{bc}
Oxadiazon	0	14.25 ^b	0.00 ^c	0.25 ^c	0.25 ^c	0.25 ^c	4.00 ^c
TNT	8	25.50 ^a	37.75 ^a	37.00 ^a	37.50 ^{ab}	38.75 ^a	19.50 ^a
Pendimethalin	8	33.00 ^a	40.00 ^a	41.25 ^a	41.50 ^a	40.75 ^a	28.00 ^a
Linuron	8	30.50 ^a	40.25 ^a	41.50 ^a	40.00 ^a	40.25 ^a	28.00 ^a
Flazasulfuron	8	29.00 ^a	34.50 ^a	35.50 ^a	34.50 ^{ab}	35.25 ^{ab}	19.75 ^a
Oxadiazon	8	31.25 ^a	39.00 ^a	41.75 ^a	35.75 ^{ab}	36.50 ^a	20.75 ^a

1.3.4.3 Mezzi di controllo infestanti

Come mostrato dall'analisi della varianza, Oxadiazon ha prodotto il livello più alto di interferenza con la crescita e lo sviluppo dei germinelli nel tempo. L'efficacia di controllo sugli stessi ha dato nel caso invece di Flazasulfuron valori intermedi, e se si considera l'indice di copertura unitaria, la mortalità' delle piantine potrebbe essere attribuita anche allo spiccato sviluppo esibito dalla popolazione di infestanti. Nei plots interessati a tale trattamento *Bromus erectus* Hudson e' stato trovato ancora vitale alla ripresa della stagione vegetativa, ma rispetto alle varianti Pendimethalin e Linuron esse avevano dimensioni inferiori, con sporadici segni di fitotossicità'.

Al momento del 3° rilievo, le piantine cresciute nei primi 2 blocchi di ripetizione, soprattutto nei plots trattati con Linuron, Pendimethalin e TNT, sono state trovate già allo stadio bifogliare, a causa di una maggiore esposizione al sole; nel blocco 3 e 4, invece, prevale lo stadio monofogliare, con

piante di dimensioni ridotte con trattamento Flazasulfuron sia in presenza che in assenza della protezione di CA.

Con l'impiego di Flazasulfuron è da abbinare inoltre la frequente incidenza di piantine esibenti segnali di fitotossicità in atto quali arrossamenti od ustioni, in maniera preponderante su blocco 1 e blocco 3 (Figura 17).

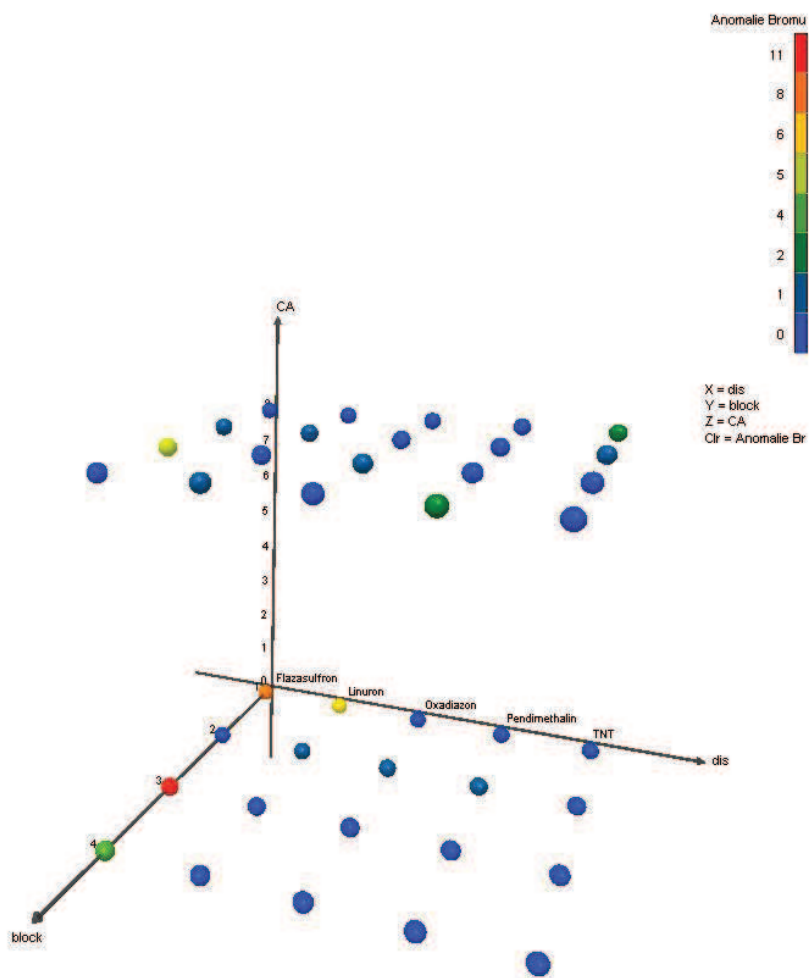


Figura 17: Influenza dei diversi mezzi di trattamento chimico sulla quantità di germinelli con sintomi di fitotossicità o esibenti crescita anormale. Media di 6 rilievi.

Pendimethalin e Linuron non producono differenze significative nei confronti dei plots fungenti da test, e nonostante il fatto che segni di fitotossicità, identificabile da colorazione virante sul rosso e portamento morente, sono stati rimarcati in ogni trattamento, essi riflettono in generale danni alla crescita delle piantine molto bassi, sia in presenza di applicazione di CA che su fila non protetta dallo stesso.

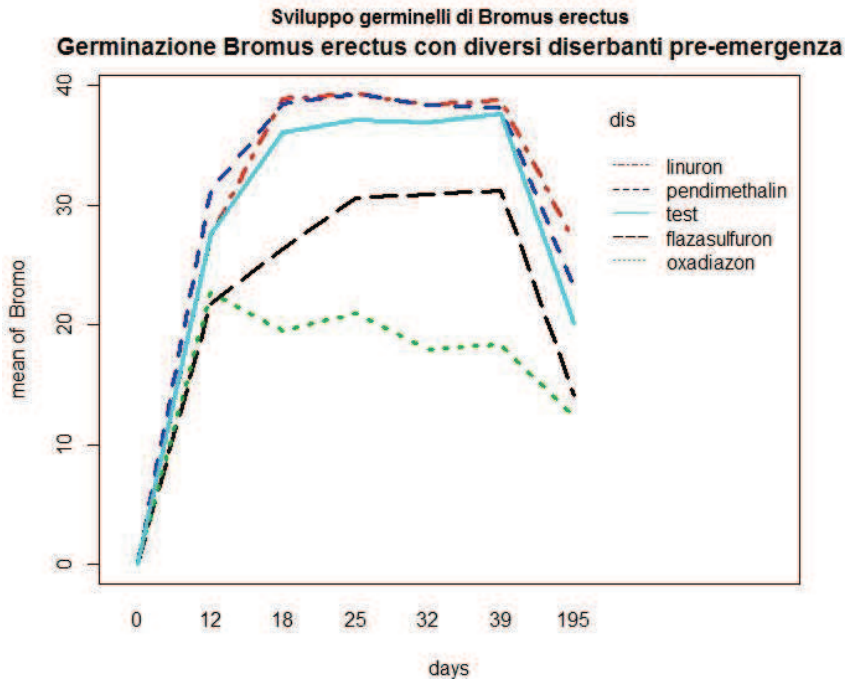


Figura 18: Sviluppo dei germinelli di *Bromus erectus* Hudson in considerazione di 4 trattamenti erbicidi PRE-emergenza in aggiunta di plots di controllo non trattati (TNT) prima della fine della stagione vegetativa (0-39 d.a.t.) ed alla ripresa della stagione vegetativa (195 d.a.t.).

L'effetto dell'interazione tra trattamento erbicida e tempo d'osservazione è risultato altamente significativo, ed è perciò opportuno analizzare la variazione delle SS, a partire dal computo delle medie dei minimi quadrati (vedi [Allegato n°1](#)).

A partire dalla seconda osservazione, si assiste ad un forte incremento del valore di SS che spiegano il modello generale di variazione basato sull'effetto del trattamento. I risultati dell'interazione di tale valore basato sulle comparazioni tra i gruppi di diserbanti e' mostrato in Tabella 18.

Anche nel presente caso, in base alla similarità nella variazione delle medie di piante germinate, i diserbanti possono essere sintetizzati in gruppi distinti. Alla data del primo rilievo i cinque trattamenti possono essere sintetizzati nel gruppo coincidente con trattamento con Pendimethalin (PE); a partire dal, 2° rilievo si possono individuare 3 gruppi: il primo coincide con Oxadiazon (OX), il secondo consiste nel controllo con Pendimethalin (PE), ed il terzo attribuito a Linuron (LI). Al momento dell'ultimo rilievo, risultano significativi i gruppi di Flazasulfuron (FL), Oxadiazon (OX) e Linuron (LI).

Tabella 18: Separazione dei mezzi di trattamento chimico nei confronti dei plots di controllo TNT x stadio temporale di osservazione del potenziale di emergenza del germinello di *Bromus erectus* Hudson. Comparazione del valore di SS dell'analisi della varianza in Tabella 16. ANOVA su misure ripetute, N=6: n.s.= non significatività, *=p<0.05, **=p<0.01, *=p<0.001.**

Fonte di variazione	Istante d'osservazione (d.a.t.)												
	df	12		18		25		32		39		195	
		SS	Sig.	SS	Sig.	SS	Sig.	SS	Sig.	SS	Sig.	SS	Sig.
TNT vs FL, OX, LI, PE	1	21.02	n.s.	180.60	n.s.	135.05	n.s.	191.4	n.s.	230.40	n.s.	6.4	n.s.
FL vs TNT, OX, LI, PE	1	176.04	n.s.	210.04	n.s.	38.76	n.s.	3.01	n.s.	1.50	n.s.	266.6	*
OX vs TNT, FL, LI, PE	1	30.37	n.s.	693.30	*	481.50	*	518.01	*	541.50	*	661.5	**
LI vs TNT, FL, OX, PE	1	100.04	n.s.	1365.0	**	1418.3	***	1917.1	***	1872.6	***	486.0	**
PE vs TNT, FL, OX, LI	1	315.37	n.s.	630.37	*	481.51	*	518.01	*	450.66	*	160.1	n.s.
FL vs OX	1	132.25	n.s.	623.00	*	297.50	n.s.	225.00	n.s.	225.00	n.s.	663.1	**
LI vs PE	1	289.00	**	1444.0	***	1332.2	***	1660.5	***	1560.2	***	451.5	**
TNT vs PE	1	52.56	n.s.	22.56	n.s.	18.06	n.s.	9.00	n.s.	1.00	n.s.	33.06	n.s.
Errore	90												

Anche prendendo in considerazione il valore di copertura sulla fila di semina, a 195 giorni dall'inizio della prova si assiste ad un generale decremento delle piante di *Bromus erectus* Hudson, con valori sempre sotto il 40%. Valori molto bassi (al di sotto del 10%) sono stati trovati sulle file di Oxadiazon non soggette a protezione con carbone attivo, e inferiori di quasi il 29% rispetto alla stessa variante con Linuron. Con quest'ultimo trattamento, sulle file non soggette a carbonazione, nelle due settimane precedenti la pausa vegetativa, *Bromus erectus* Hudson ha conosciuto un leggero incremento di copertura (circa 2.8%, dato non mostrato) e per questo non differisce più significativamente rispetto ai plots di controllo TNT (Figura 19). Trend diverso lo si può notare dai dati di densità, dove Linuron in abbinamento con carbone attivo ha fatto registrare valori di piante/m² leggermente superiori (Figura 16b).

Sempre al momento dell'ultimo rilievo, si può comunque osservare che, dove carbone attivo è stato impiegato, i germinelli sono riusciti a svilupparsi con successo praticamente con tutte le versioni di trattamento erbicida e, di conseguenza, raggiungere valori di copertura spaziale accettabili.

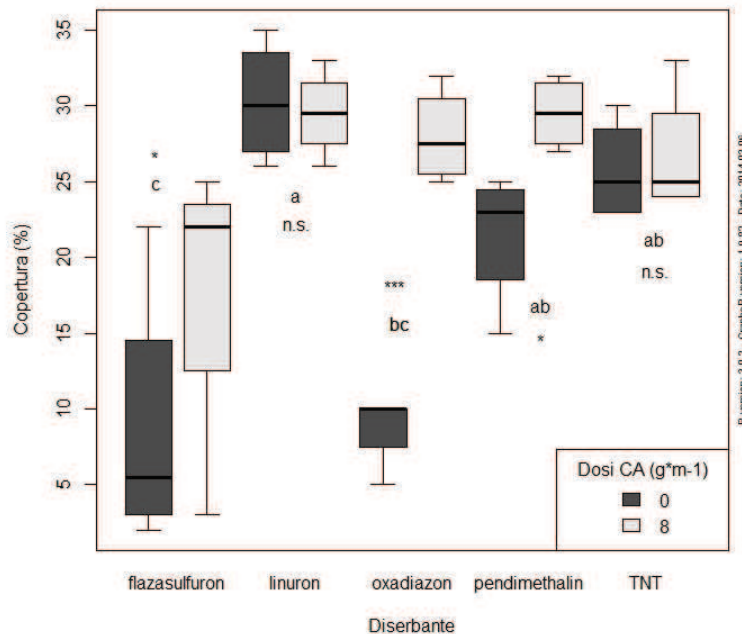


Figura 19: Copertura di *Bromus erectus* Hudson alla fine del periodo di osservazione in funzione del trattamento diserbante e del trattamento protettivo con CA (0-8 g*m⁻¹). Separazione delle medie tramite DMRT con $\alpha = 0.05$. Boxplots con almeno un asterisco sono significativamente differenti da quelli immediatamente a sinistra (n.s.= non significatività, *=p<0.05, ***=p<0.001). Mezzi senza lettere uguali sono significativamente differenti.

1.3.4.4 Andamento della germinazione dei semi di *Achillea millefolium* su campo

L'analisi della purezza svolta sul campione scelto per la propagazione (XAV 10.5) mette in luce nessuna presenza di popolazioni di semi diverse e soltanto un 22.7% di materia inerte. Nel campione preso in considerazione, e' stato accertato un TSW di 0.114 ± 0.01 g. Sotto condizioni standard, e' stata conseguita in laboratorio una germinazione complessiva del 77.5%.

Tra i fattori principali, soltanto l'azione combinata del trattamento diserbante e dell'applicazione della banda protettiva di CA e' stato osservato influire significativamente sulla produzione di germinelli sani nel tempo (Tabella 19).

Tabella 19: Schema dei risultati dell'analisi della varianza relativa al potenziale germinativo dei semi di *Achillea millefolium* nel tempo su campo sperimentale. Effetto dei fattori principali (B= block-ripetizione, D= trattamento diserbante, CA= trattamento con carbone attivo, T= tempo dopo trattamento) e studio delle loro interazioni (ANOVA multivariata a misure ripetute, N = 5: n.s.= non significatività, *=p<0.05, **=p<0.01 *=p<0.001).**

Fonte di variazione	<i>Achillea millefolium</i>					
		df	SS III	MS	F	Sig.
Effetti tra soggetti						
B	Ipotesi	3	163.8	54.62	1.47	n.s.
D	Ipotesi	4	55.68	18.56	0.50	n.s.
	Errore (a)	12				
CA	Ipotesi	2	315.92	157.96	4.26	*
D x CA	Ipotesi	8	808.54	134.75	3.64	**
	Errore (b)	40				
Effetti entro soggetti						
T	Ipotesi	4	1386.9	346.73	31.9	***
D x T	Ipotesi	12	70.86	19.94	1.83	*
CA x T	Ipotesi	8	128.03	16.00	1.47	n.s.
D x CA x T	Ipotesi	32	426.16	17.75	1.63	*
	Errore (c)	168				

Come già osservato durante l'esperimento in serra, la crescita di *Achillea millefolium* su campo e' proceduta molto lentamente. Dopo 6 settimane la produzione di germinelli sani fluttua in media tra i 5 ed i 12/m (Tabella 20). Alla stessa data, si osserva che i semi protetti dalla dose più elevata di carbone attivo sperimentano un potenziale germinativo maggiore di oltre il 50%. Considerando l'effetto combinato tra il trattamento chimico e l'applicazione della banda protettiva, la dose pari a $0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ riduce maggiormente la salute e la crescita delle piante se abbinata a Pendimethalin ($6.67 \text{ ml/L H}_2\text{O}$) ed a Linuron ($1.67 \text{ ml/L H}_2\text{O}$), la cui azione tossica viene mitizzata accettabilmente solo con ammontare di $\text{CA} = 6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ (Tabella 20).

Un effetto intermedio nell'inibizione della crescita di piantine di *Achillea millefolium* e' esibito da Flazasulfuron, che impiegato su file non trattate con CA ne causa anch'esso una consistente

diminuzione, mentre non mostra differenze significative di danneggiamento dei semi con trattamento protettivo CA.

Differenze di densità/ m sulle file di semina trattate con carbone attivo e non addizionate con lo stesso divengono meno evidenti sulle parcelle trattate con Propyzamide.

Tabella 20: Numero di germinelli al m lineare sviluppati di *Achillea millefolium* nei diversi stadi di osservazione in relazione all'effetto combinato dei trattamenti diserbanti (Propyzamide, Flazasulfuron, Linuron, Pendimethalin + TNT) e dell'effetto protettivo della banda di CA (0-3-6 g*m⁻¹). Separazione delle medie tramite DMRT post-hoc con $\alpha = 0.05$, N = 12-16. Media di 4 replicazioni per rilievo. I valori in ogni colonna senza lettere comuni sono significativamente differenti.

Mezzi di controllo	Dosi CA (g*m ⁻¹)	Emergenza <i>Achillea millefolium</i> nel tempo (d.a.t.)				
		21	26	44	78	Var 26-78
TNT	0	0.75 ^a	6.75 ^a	7.50 ^b	10.75 ^a	-2.50 ^{ab}
Propyzamide	0	6.25 ^{abc}	3.50 ^a	9.75 ^{ab}	6.25 ^{abc}	-5.75 ^b
Flazasulfuron	0	3.00 ^{abc}	6.25 ^a	6.50 ^b	3.00 ^{abc}	+1.50 ^{ab}
Linuron	0	1.00 ^{bc}	7.50 ^a	6.00 ^b	1.00 ^{bc}	-4.25 ^b
Pendimethalin	0	0.00 ^c	6.50 ^a	4.25 ^b	0.00 ^c	+13.75 ^a
TNT	3	4.75 ^{abc}	2.75 ^a	5.75 ^b	4.75 ^{abc}	-3.75 ^b
Propyzamide	3	9.00 ^{ab}	7.25 ^a	10.25 ^{ab}	9.00 ^{ab}	-1.00 ^{ab}
Flazasulfuron	3	5.00 ^{abc}	7.25 ^a	8.00 ^b	5.00 ^{abc}	+4.00 ^{ab}
Linuron	3	4.50 ^{abc}	6.25 ^a	4.25 ^b	4.50 ^{abc}	+0.25 ^{ab}
Pendimethalin	3	5.50 ^{abc}	7.75 ^a	12.25 ^{ab}	5.50 ^{abc}	+9.75 ^{ab}
TNT	6	2.00 ^{abc}	6.50 ^a	3.00 ^b	2.00 ^{abc}	-0.75 ^{ab}
Propyzamide	6	9.50 ^{ab}	5.25 ^a	8.75 ^b	9.50 ^{ab}	-3.75 ^b
Flazasulfuron	6	8.50 ^{abc}	3.75 ^a	9.00 ^b	8.50 ^{abc}	-0.75 ^{ab}
Linuron	6	7.25 ^{abc}	5.00 ^a	9.00 ^b	7.25 ^{abc}	-0.75 ^{ab}
Pendimethalin	6	7.25 ^{abc}	10.75 ^a	19.50 ^a	7.25 ^{abc}	+1.75 ^{ab}

Il trattamento con carbone attivo sembra inibire significativamente la crescita solo in corrispondenza delle file di semina non soggette a trattamento diserbante (TNT).

1.3.4.5 Resa germinativa *Holcus lanatus* L. e analisi qualità dei semi in laboratorio

Anche nel caso di *Holcus lanatus* L. il test di laboratorio è stato condotto in 4 osservazioni con cadenza settimanale di campioni comprendenti 100 semi ciascuno e incubati in condizioni standard del mezzo indicato in Tabella 4. Con l'ausilio di dati sperimentali provenienti da osservazioni di due distinte prove, si è stati in grado di classificare le popolazioni in 1° e 2° scelta, i cui andamenti germinativi sono illustrati in Figura 20.

Semi di 1° scelta non scarificati e trattati XCM, raccolti in territorio di fondovalle, contengono individui germinati senza anomalie e senza scalarità di emergenza della radichetta primaria, emersa già dopo 7 giorni dall'imbibizione. In tale intervallo, il campione ha esibito infatti un rapido incremento nella germinazione cumulativa, significativamente maggiore rispetto allo stesso campione non ripulito da impurità e con semi germinati quasi totalmente.

Al contrario, dopo un generale incremento del 30% circa il campione classificato in seguito all'analisi effettuata in data 15/03 come XCM II di 2° scelta e i cui semi non hanno subito trattamento di pulizia, ha mostrato a partire da 10 giorni un andamento generalmente lineare, conseguendo circa il 40% di germinazione alla fine delle osservazioni (15 giorni).

La comparazione della germinazione cumulativa a 7 e 28 giorni dopo l'imbibizione dei semi di *Holcus lanatus* L. (Figura 20) mette in luce minore germinazione registrata per il campione XCM II rispetto a XCM I. Anche alla fine delle osservazioni, la variante non purificata mostra un piccolo, seppur significativo, incremento percentuale, ma con meno del 50% di popolazione vitale. La germinazione complessiva è risultata pertanto insoddisfacente e va rimarcata la presenza accertata di semi di infestanti in 3 contenitori su 4.

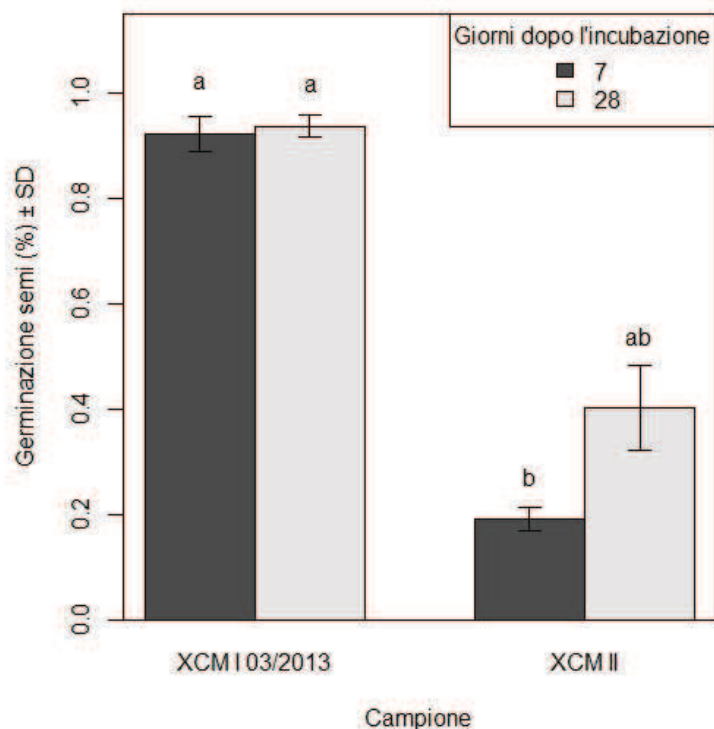


Figura 20: Germinazione dei semi di *Holcus lanatus* L. di campioni di semi non scarificati e purificati (XCM I) e non purificati trattati (XCM II), valutata 7 e 28 giorni dopo l'incubazione in laboratorio vitro. Lettere differenti indicano differenze significative tra le medie (n=4, LSD test con $\alpha = 0.05$).

1.3.4.6 Emergenza piantine di *Holcus lanatus* L. in funzione dei mezzi di controllo

Le prime valutazioni sull'effetto combinato del trattamento erbicida con applicazione di CA sulla germinazione di *Holcus lanatus* L. hanno avuto luogo a partire da 3 settimane dopo le operazioni di semina e trattamento. L'impiego di carbone attivo in combinazione con i trattamenti di controllo PRE-emergenza e' risultato influenzare in modo significativo la resa germinativa dei semi nel tempo ($p < 0.05$). Tale interazione rivela che tutti i trattamenti messi in atto hanno avuto effetto sulle file di semina dove la dose $0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ di CA e' stata impiegata. Non e' stato osservato per contro alcun effetto semplice dei mezzi di controllo chimico nel tempo (Tabella 21). Trattamento con Flazasulfuron abbinato ad addizione di CA in dose pari a $3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ ha prodotto complessivamente quasi 1/3 in più di germinelli di *Holcus lanatus* L. rispetto all'analogha combinazione con dose a $6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ (circa 22 piante contro 13 piante/m). Rispetto alla dose più alta però, le piante germinate sulle file trattate con Flazasulfuron e protette da CA in dose 3 hanno mostrato nel corso del periodo d'osservazione un decremento più rapido (Figura 21b). Per gli altri trattamenti erbicidi differenze tra la dose $3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ e $6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ non sono state osservate (Figura 21a).

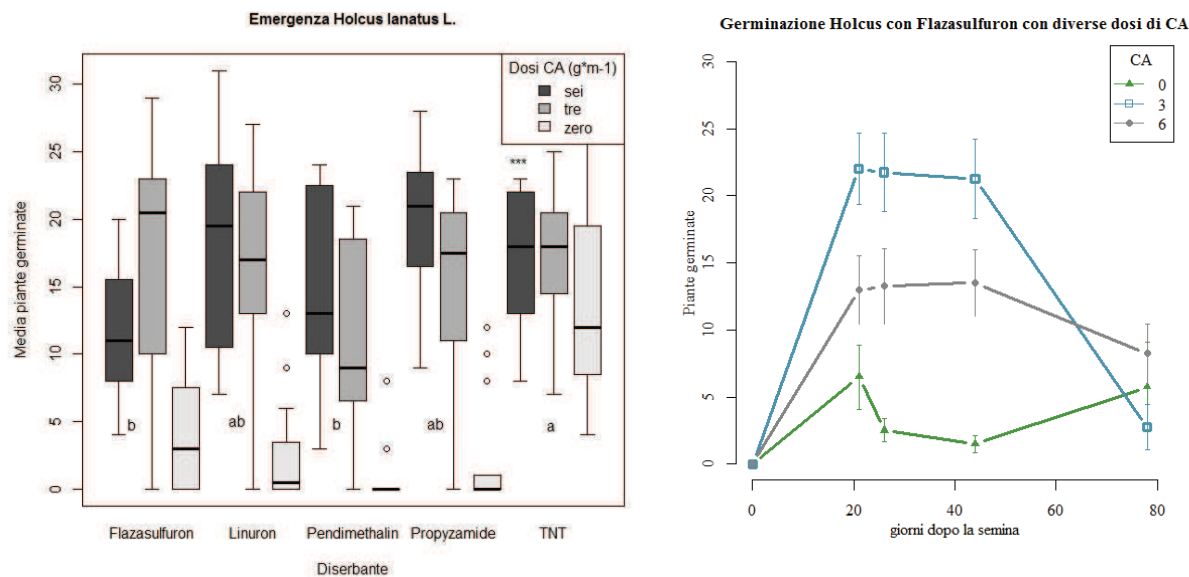
La presenza di *outliers* tra le osservazioni (Figura 21a) viene controbilanciata dalla robustezza del test.⁸

Tabella 21: Schema dei risultati dell'analisi della varianza relativa al potenziale germinativo dei semi di *Holcus lanatus* L. nel tempo su campo sperimentale. Effetto dei fattori principali (B= block-ripetizione, D= trattamento diserbante, CA= trattamento con carbone attivo, T= tempo dopo trattamento) e studio delle loro interazioni (ANOVA multivariata a misure ripetute, N = 5: n.s.= non significatività, *=p<0.05, **=p<0.01, ***=p<0.001).

Fonte di variazione	<i>Holcus lanatus</i> L.					
		df	SS III	MS	F	Sig.
Effetti tra soggetti						
B	Ipotesi	3	366.76	122.25	1.67	n.s.
D	Ipotesi	4	1467.7	366.92	4.87	**
	Errore (a)	12				
CA	Ipotesi	2	6734.65	3367.3	44.74	***
D x CA	Ipotesi	8	1430.38	178.8	3.22	**
	Errore (b)	33				
Effetti entro soggetti						
T	Ipotesi	3	2255.03	751.67	46.89	***
D x T	Ipotesi	12	118.67	9.89	0.62	n.s.
CA x T	Ipotesi	8	1743.84	290.64	18.13	***
D x CA x T	Ipotesi	32	2009.33	62.79	1.51	*
	Errore (c)	168				

⁸ Con *outliers* si intende dei dati anomali, ossia osservazioni che appaiono diverse da tutte le altre all'interno dello stesso gruppo. La presenza di *outliers*, tuttavia, nella pratica della sperimentazione può essere ignorata, a causa del fatto che tramite una procedura robusta come GLM i risultati non vengono alterati dal mancato rispetto delle condizioni di normalità, omoschedasticità e simmetria (Soliani, 2005).

La facoltà germinativa dei semi messi a dimora e' decrementata nel tempo con tutti i tipi di trattamento, ma le differenze sono state per ogni rilievo piccole e per questo mai significative (Tabella 21)



a

b

Figura 21: Assestamento della germinazione media di *Holcus lanatus* L. su 4 rilievi per 4 trattamenti erbicidi più TNT- test (a);

Andamento germinativo di *Holcus lanatus* L. mediante trattamento con Flazasulfuron (particolare dell'andamento germinativo con 3 dosi di CA) (b). Separazione delle medie per ogni rilievo tramite DMRT test con $\alpha = 0.05$. Boxplots con lettere differenti indicano differenze significative entro i gruppi (= $p < 0.01$).**

Il controllo del potenziale germinativo di *Holcus lanatus* L., grazie all'azione combinata dei mezzi di controllo infestanti e il trattamento con carbone attivo per l'inibizione dell'effetto dei medesimi, e' stato quantificato durante ogni osservazione (Tabella 22). Al fine di ottenere una prima e rapida analisi dei dati, i risultati germinativi di *Holcus lanatus* L. sono di seguito sintetizzati in grafici riportanti i valori ottenuti dalle interazioni tra trattamento erbicida e trattamento con carbone attivo in dosi = 0, 3, 6 g*m⁻¹ (Figura 22; Figura 23). Tutti i trattamenti erbicida hanno permesso un controllo stabile nei 2 mesi intercorrenti dalla semina. Durante questo periodo, anche nel caso di *Holcus lanatus* L., si denota ampia differenza nella crescita dei germinelli su fila pretrattata con carbone attivo e fila trattata con diserbante senza banda protettiva. Differenze rimarcabili anche per quanto riguarda le dosi utilizzate dello stesso.

L'emergenza della specie ha fornito risultati simili con Linuron applicato in dose 0.01 kg*ha⁻¹ e Propyzamide in dose 0.04 kg*ha⁻¹ con ogni combinazione di CA.

La banda di carbone attivo ha espletato il maggiore effetto di protezione con Pendimethalin (Tabella 22), il quale, come nel caso di *Achillea millefolium*, causa la morte o comunque gravi

danni ai germinelli se applicato in corrispondenza di CA in dose $0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$, fornendo una copertura su fila di semina di piantine sempre $<60\%$ in ogni plot.

Tuttavia, dove i semi sono stati depositi su fila addizionata con carbone nella dose maggiore, l'effetto fitotossico di Pendimethalin su di essi viene ridotto notevolmente, e ciò fa risultare un effetto intermedio tra Linuron-Propyzamide e Flazasulfuron, rispetto al quale la popolazione di piantine su fila di semina con CA in dose $6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ tende a decrementare.

Risultati comparabili sono stati riscontrati anche tra il trattamento con Flazasulfuron interagente con CA in dose intermedia e parcelle TNT (Figura 23a).

Fino a 2 mesi dopo la semina e trattamento il numero di piante germinate e' stato notevolmente maggiore nelle file di semina addizionate con CA, le cui 2 concentrazioni sono hanno prodotto risultati molto simili e fino al 21% in più rispetto alle file lasciate scoperte dal carbone attivo (Tabella 22; Figura 23a, b, c).

Tabella 22: Risultati del test post-hoc illustrante la risposta germinativa dei semi *Holcus lanatus* L. in funzione dell'interazione tra le tecniche applicate di controllo infestanti (Propyzamide, Linuron, Pendimethalin, Flazasulfuron + TNT) e di trattamento con CA ($0-3-6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$). Separazione dei gruppi di medie tramite DMRT test con $\alpha = 0.05$, CI= 95%. All'interno di ciascuna colonna, i mezzi senza lettere uguali sono significativamente differenti.

Mezzi di controllo	Dosi CA ($\text{g} \cdot \text{m}^{-1}$)	Emergenza <i>Holcus lanatus</i> L. nel tempo (d.a.t.)				
		21	26	44	78	Var 26-78
Propyzamide	6	22.25 ^a	24.00 ^a	19.25 ^a	13.00 ^a	-5.00 ^{abc}
Linuron	6	20.75 ^{ab}	21.50 ^{ab}	18.75 ^a	11.00 ^{ab}	-9.25 ^{abc}
Pendimethalin	6	17.00 ^{ab}	17.50 ^{ab}	16.25 ^a	8.50 ^{abc}	-9.25 ^{abc}
TNT	6	19.25 ^{ab}	20.00 ^{ab}	19.25 ^a	10.75 ^{ab}	-10.50 ^{bc}
Flazasulfuron	6	13.00 ^{bc}	13.25 ^b	13.50 ^a	8.25 ^{abc}	-9.25 ^{abc}
Propyzamide	3	17.75 ^{ab}	20.25 ^{ab}	18.50 ^a	3.75 ^{bc}	-10.50 ^{bc}
Linuron	3	18.75 ^{ab}	21.00 ^{ab}	20.25 ^a	4.00 ^{bc}	-15.75 ^c
Pendimethalin	3	14.00 ^b	13.50 ^b	13.00 ^a	3.75 ^{bc}	-10.00 ^{abc}
TNT	3	19.00 ^{ab}	22.00 ^{ab}	20.25 ^a	10.25 ^{abc}	-13.00 ^{bc}
Flazasulfuron	3	22.00 ^a	21.75 ^{ab}	21.25 ^a	2.75 ^c	-23.25 ^c
Propyzamide	0	2.00 ^d	0.25 ^c	0.50 ^b	5.50 ^{abc}	+11.25 ^a
Linuron	0	1.50 ^d	1.50 ^c	1.00 ^b	5.50 ^{abc}	+5.25 ^{ab}
Pendimethalin	0	0.00 ^d	0.00 ^c	0.00 ^b	2.75 ^c	+2.50 ^{abc}
TNT	0	16.00 ^{ab}	16.75 ^{ab}	16.25 ^a	7.50 ^{abc}	-10.50 ^{abc}
Flazasulfuron	0	6.50 ^{cd}	2.50 ^c	1.50 ^b	5.75 ^{abc}	-1.00 ^{abc}

In linea generale, il più alto controllo dell'effetto fitotossico degli erbicidi è stato ottenuto con dosi di CA a $6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$, denotabile maggiormente con l'avanzamento della stagione vegetativa (Figura 22d), a fronte di un notevole decremento di efficacia di controllo dell'interazione tra tutti i tipi di trattamento chimico (ad esclusione ovviamente delle parcelle non trattate) e la dose a $3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$, che tra il terzo e il quarto rilievo ha fatto registrare una diminuzione di circa $1/3$ (Figura 23c; Tabella 22). L'altezza delle piante è risultata più alta in presenza di CA in dose $6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ con applicazione di Propizamide.

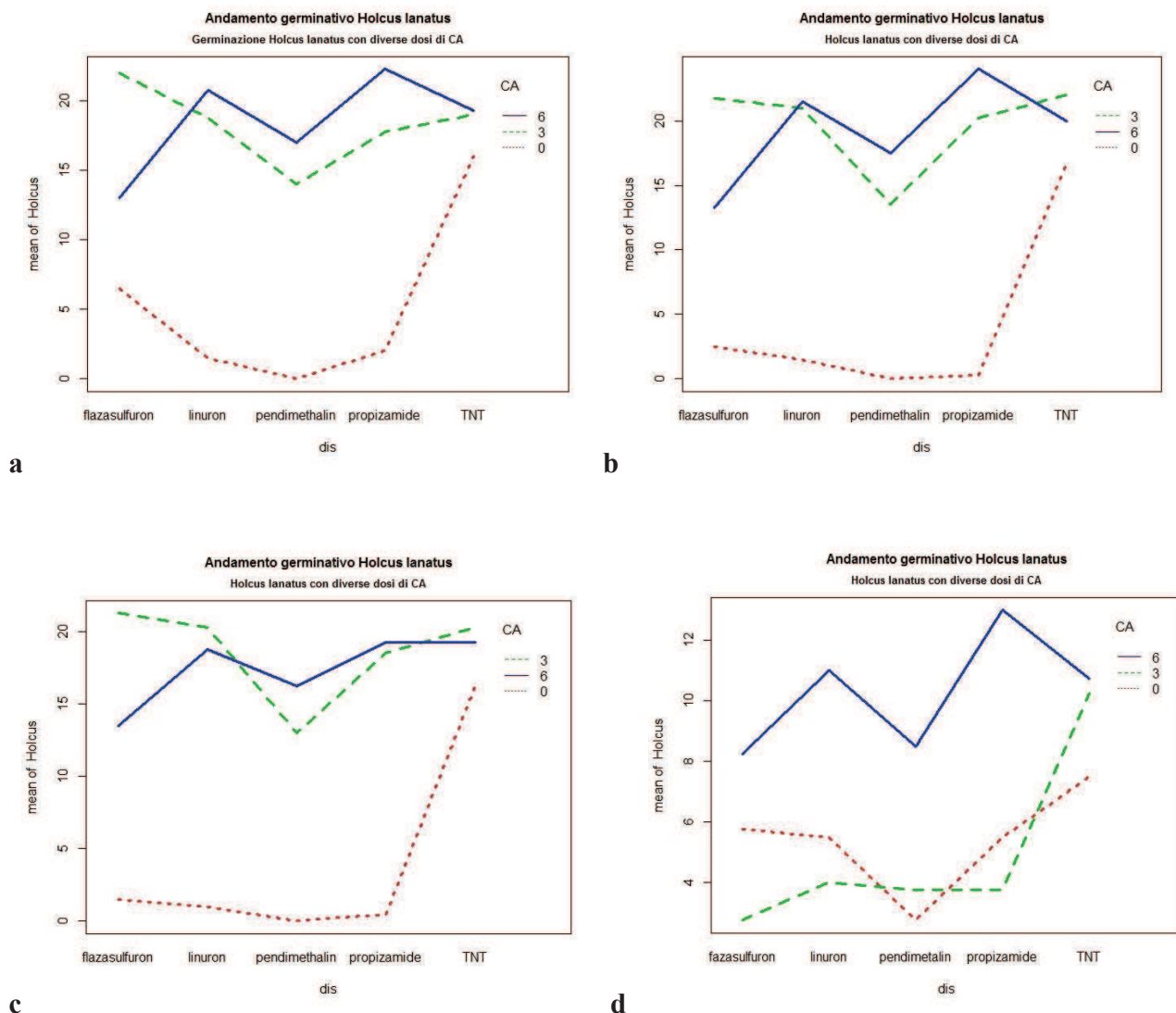
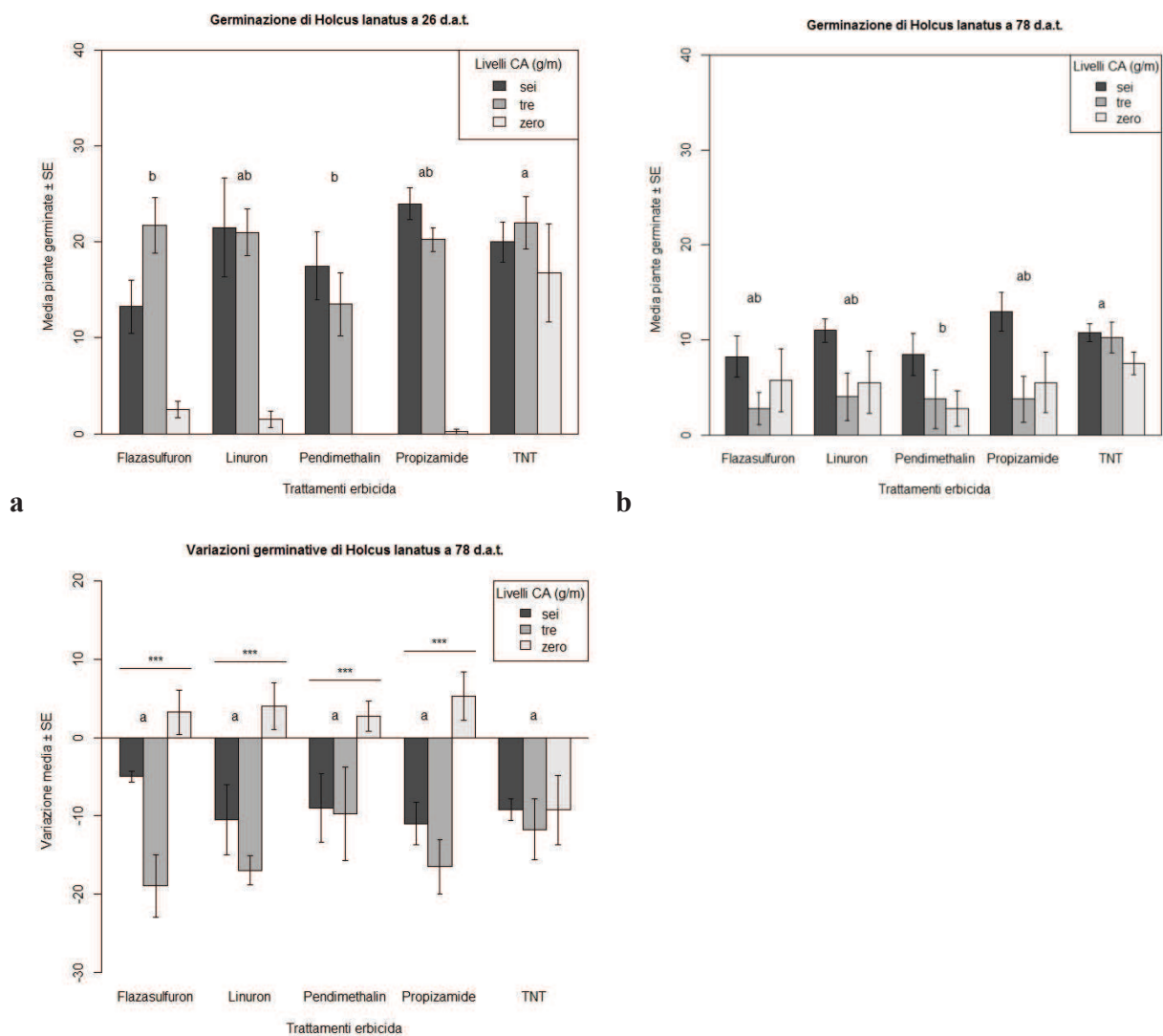


Figura 22: Germinazione su campo dei semi di *Holcus lanatus* L. all'interno dei 4 rilievi (a= 21 d.a.t., b=26 d.a.t., c=44 d.a.t., d=78 d.a.t.) in funzione dell'effetto congiunto del trattamento chimico erbicida e trattamento con CA.

Va osservato però, che soltanto il trattamento con dosi di CA pari a $0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ mostra una variazione in positivo per quanto riguarda la densità di germinelli di *Holcus lanatus* L., la quale decremmenta in tutti i trattamenti, particolarmente nei plots di Flazasulfuron e Propizamide combinati con CA a livello 3 (Figura 23 c), ad eccezione dei plots TNT-test, dove il numero di piante rilevate

diminuisce nel tempo con la stessa proporzione per tutti i livelli di CA. Sulle file di semina non protette dalla banda di carbone attivo, tuttavia, la germinazione e' stata molto povera, ed ha fatto registrare i valori più bassi di germinabilità in particolar modo abbinato al trattamento con Pendimethalin nella dose consigliata dal produttore ($4 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$), con una media di copertura su fila di semina $<25\%$.



c **Figura 23: Medie di germinazione di *Holcus lanatus* L. a 26 d.a.t. (a), 78 d.a.t. (b) e mortalità unitaria (c) tenente conto dell'interazione tra trattamento erbicida e CA in diverse dosi. Barre antracite rappresentano i risultati ottenuti con dosi di CA = $6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$, barre grigie quelli relativi all'impiego di CA in dose = $3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$, mentre quelle bianche sono relative ai risultati germinativi del trattamento senza applicazione di CA. Media di quattro replicazioni per trattamento. Separazione delle medie tramite DMRT con $\alpha = 0.05$. Barre senza lettere uguali indicano medie significativamente differenti.**

2 CONTROLLO DELLA POPOLAZIONE DI MALERBE

2.1 Necessità della lotta alla flora avventizia

Ai benefici citati dell'impiego di specie naturali per gli interventi di rinaturazione va aggiunto il loro contributo sull'incremento di diversità biologica del sistema cenotico in termini di miglioramento dei flussi idrici e di nutrienti nel suolo, detossificazione di intere aree a causa della loro spiccata capacità rizomata e di azoto-fissazione (Edwards and Abivardi, 1997). Diverse comunità di specie naturali sono potenzialmente in grado di utilizzare tali risorse più efficacemente delle specie infestanti, lasciando loro scarse possibilità di affermarsi (Case, 1990; Jacobs and Sheley, 1999). Sotto questo punto di vista, gli stessi interventi di rinaturazione potrebbero essere un modo efficace per tenere sotto controllo la popolazione di infestanti, specialmente nelle aree non adibite direttamente alle coltivazioni, come ad esempio scarpate stradali, zone adiacenti ai campi o superfici abbandonate, e impedirne l'espansione attraverso il territorio (Cramer, 1991; Berger 1993; Jacobs and Sheley, 1999; Westbrook, 1998). Studi recenti dimostrano come un aumento della diversità di specie all'interno di una comunità riduca l'incidenza di specie invadenti (Tilman, 1997; Naeem et al, 2000).

Le specie naturali alpine e subalpine competono bene contro le specie introdotte ed a rapido accrescimento in presenza delle loro condizioni climatiche ed edafiche, in quanto le infestanti dei terreni agricoli di fondovalle, per lo più costituite da specie annuali ed adattate ad alti livelli di nutrienti disponibili, qui non riescono ad affermarsi (Baker, 1965; Chapin, 1980).

Nonostante ciò, nelle operazioni di propagazione di specie autoctone su terreno alloctono come quello di fondovalle bisogna affrontare il problema opposto (Berger, 1993; D'Antonio and Meyerson, 2002); soprattutto la competizione da parte delle infestanti graminacee e a foglia larga per quanto riguarda l'accesso alle risorse idriche, luce e nutrienti (Vargas-Mendoza, 1998), può ostacolare la succesevole affermazione delle piantine delle specie desiderate.

L'obiettivo di questa seconda parte dell'esperimento è stata quello di testare la suscettibilità delle malerbe nei confronti dei 4 trattamenti erbicidi PRE-emergenza (Linuron, Flazasulfuron, Propyzamide, Pendimethalin), tenuto conto della risposta di tolleranza da parte delle specie coltivate verso gli stessi, presupposto necessario per conseguire una buona resa produttiva (Norcini, 2003). Non esistono sul mercato erbicidi che garantiscano selettività sufficiente tra la pianta utile e le malerbe da combattere (Burr et al., 1972; Johnson, 1976); tuttavia, gli erbicidi non selettivi possono essere resi tali se la pianta è protetta dalla banda di carbone attivo (2.5 cm). Essa neutralizza rapidamente l'effetto tossico dell'erbicida entro la fila seminata (Burr et al., 1972; Lee, 1973; Linscott and Hagin, 1967; Rolston et al., 1979 a,b), mentre gli spazi interfilari rimangono soggetti ai trattamenti che, senza il bisogno di espletare azione selettiva, inibiscono la crescita delle infestanti.

Nelle prove di campo, è stata analizzata l'abbondanza di specie e di biomassa in ogni plots versus quelle con funzione di controllo ed indicanti il grado di infestazione originario (TNT).

Una valutazione della composizione della popolazione di infestanti presenti nel terreno all'epoca di studio è stata eseguita tramite campionamento seed bank.

Per meglio formulare l'ipotesi di quale combinazione di mezzi sia più adeguata per adempiere la funzione di produzione di materiale per rinaturazione e di efficiente controllo sulla popolazione di infestanti, e' stato preso in considerazione il fabbisogno delle specie classificate in funzione di luce, temperatura, reazione con la matrice, nutrienti, sostanza organica, e continentalità secondo Ellenberg (Ellenberg, 1996).

2.2 RISULTATI

2.2.1 PROVA IN SERRA

2.2.1.1 Andamento germinativo di infestanti nel tempo

Anche nel caso delle infestanti entro fila di semina i dati sono stati analizzati secondo schema strip-split-plot ammettendo come fattore verticale la classe di appartenenza delle malerbe rilevate, poi accorpate e per ottenere l'indicazione del totale della popolazione, fattore orizzontale il trattamento diserbante, fattore di interazione l'applicazione della banda di CA e fattore subplot il tempo dopo il trattamento. L'identificazione di specie malerbologiche e' risultata impossibile a causa del fatto che in corrispondenza di tante seminiere i germinelli delle stesse sono stati ritenuti non vitali prima che essi raggiungessero uno stadio di sviluppo adeguato per una loro classificazione certa.

Le infestanti sono state perciò semplicemente raggruppate come monocotiledoni e dicotiledoni e rilevate soltanto sulla fila di semina. I dati relativi l'emergenza dei germinelli sono stati anche convertiti in numero di germinelli al metro quadro.

In *Achillea millefolium* I e' risultato che tutte le interazioni tra i fattori principali determinano un effetto significativo nella copertura di infestanti nel tempo, mentre nessun effetto da parte di CA e' stato riscontrato in *Achillea millefolium* II, dove esso' stato sparso in dose $0-3-6 \text{ g}\cdot\text{m}^{-1}$ (Tabella 23).

Come riportato in Tabella 24, le medie di infestanti germinate sulle file di semina addizionate con CA risultano significativamente differenti da quelle delle infestanti rilevate sulle file trattate senza copertura con carbone. Tale effetto e' divenuto evidente più evidente a partire dal 3° rilievo (Tabella 24).

Analisi della varianza e test post-hoc sono stati eseguiti senza applicare trasformate alle variabili.

Tabella 23: Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) a misure ripetute con $\alpha = 0.05$ sull'emergenza nel tempo della popolazione totale di infestanti su fila seminata in base ai fattori semplici (B= block-ripetizione, D= trattamento diserbante, CA= trattamento con carbone attivo, T= tempo dopo trattamento) ed alle loro interazioni (N=4; n.s. = non significatività, *=p<0.05, **=p<0.01, *=p<0.001).**

Fonte di variazione	Infestanti totali su fila seminata, esperimento <i>Achillea millefolium</i> I					
		df	SS III	MS	F	Sig.
Effetti tra soggetti						
B	Ipotesi	3	39.97	13.32	0.16	n.s.
D	Ipotesi	4	965.39	241.34	2.89	*
	Errore (a)	12				
CA	Ipotesi	1	1881.8	1881.8	22.56	***
D x CA	Ipotesi	4	3086.67	771.66	9.25	***
	Errore (b)	67				
Effetti entro soggetti						
T	Ipotesi	3	1192.27	397.42	20.31	***
B x T	Ipotesi	9	468.80	52.09	2.66	**
D x T	Ipotesi	12	757.63	63.13	3.22	***
CA x T	Ipotesi	3	414.92	138.31	7.07	***
D x CA x T	Ipotesi	16	3652.77	228.29	11.66	***
	Errore (c)	141				
Effetti tra soggetti						
Infestanti totali su fila seminata, esperimento <i>Achillea millefolium</i> II						
B	Ipotesi	3	601.30	200.43	2.46	n.s
D	Ipotesi	4	2461.85	615.46	7.57	***
	Errore (a)	12				
CA	Ipotesi	2	101.03	50.51	0.62	n.s
D x CA	Ipotesi	8	1934.24	241.78	2.97	**
	Errore (b)	42				
Effetti entro soggetti						
T	Ipotesi	2	2622.23	1311.11	37.96	***
B x T	Ipotesi	6	393.41	65.57	1.89	n.s
D x T	Ipotesi	8	986.56	123.32	5.48	***
CA x T	Ipotesi	4	78.93	19.73	0.87	n.s.
D x CA x T	Ipotesi	24	2447.03	101.96	4.53	***
	Errore (c)	84				

Al giorno dell'ultimo rilievo, le infestanti monocotiledoni avevano raggiunto un valore più basso rispetto alle specie dicotiledoni. Nelle file non soggette a trattamento con CA, la popolazione di infestanti monocotiledoni e' stata controllata più efficacemente con Flazasulfuron, mentre per quanto riguarda la popolazione di dicotiledoni la minore copertura e' stata riscontrata con l'applicazione di Linuron. Considerando le infestanti totali, le medie di germinazione hanno fatto registrare differenze significative nei plots di Linuron e Flazasulfuron. In particolare i plots trattati con Flazasulfuron hanno esibito i valori più bassi di germinazione in combinazione con infestanti

monocotiledoni, e i valori più alti in combinazione con infestanti dicotiledoni. Plots trattati con Propyzamide e Pendimethalin hanno fatto registrare un effetto intermedio su controllo di germinazione su entrambi i gruppi. Il fattore CA, che indica trattamento con carbone attivo, ha fatto rilevare in tutti i casi differenze significative. Al momento dello studio, nessuna pianta infestante appartenente all'ordine delle leguminose e' stata rilevata.

Tabella 24: Controllo della popolazione di infestanti monocotiledoni e dicotiledoni internamente alla fila seminata di *Achillea millefolium* in dipendenza dei mezzi di controllo chimico e dell'applicazione della banda protettiva di CA ad ogni rilievo (N=4). Separazione delle medie tramite DMRT con $\alpha = 0.05$, CI = 95%. All'interno di ogni colonna, le medie senza lettere comuni sono significativamente differenti.

Esperimento	Erbicidi x CA (g*m ⁻¹)	Infestanti Monocotiledoni (d.a.t.)				Infestanti Dicotiledoni (d.a.t.)			
		5	13	21	29	5	13	21	29
<i>Achillea millefolium</i> I	Pendimethalin (6)	5.75 a	4.37 a	5.2 a	5.3 ab	8.25 bc	9.3 b	11.2 ab	12.3 ab
	Propyzamide (6)	5.62 a	4.75 a	5.8 a	6.25 a	12.6 ab	5.0 bc	13.0 ab	13.6 ab
	Linuron (6)	5.37 a	3.25 abc	4.8 a	5.1 abc	12.1 ab	3.0 c	12.1 ab	12.6 ab
	TNT (6)	2.62 b	2.0 bcd	1.8 bc	1.8 de	13.8 a	6.3 bc	12.7 ab	14.3 a
	Flazasulfuron (6)	0.12 b	0.0 e	0.25 bc	0.2 e	8.5 bc	8.1 bc	13.3 ab	14.1 a
	TNT (0)	2.5 b	1.5 cde	2.3 bc	2.8 cd	12.5 ab	5.8 bc	12.2 ab	12.2 ab
	Propyzamide (0)	2.37 b	1.12 de	1.3 bc	1.2 de	8.3 bc	2.25 c	7.8 b	7.8 b
	Linuron (0)	1.62 b	3.37 ab	2.5 b	3.3 bcd	1.00 d	2.12 c	0.8 c	0.87 c
	Pendimethalin (0)	0.12 b	1.12 de	0.0 c	0.0 e	4.8 cd	2.62 c	7.5 b	7.6 b
	Flazasulfuron (0)	0.0 b	0.37 de	0.0 c	0.0 e	15.3 a	20.8 a	15.0 a	15.1 a
<i>Achillea millefolium</i> II	Pendimethalin (6)	*	1.5 a	2.0 bc	2.5 bcd	*	3.5 cd	7.2 def	7.5 cde
	Propyzamide (6)	*	0.06 a	0.41 c	0.29 cd	*	2.7 cd	10.5 c-f	10.5 b-e
	Linuron (6)	*	2.50 a	2.2 abc	4.7 abc	*	10.7 a	13.5 cd	10.7 b-e
	TNT (6)	*	1.25 a	3.5 abc	4.0 a-d	*	2.7 cd	9.7 c-f	11.2 bcd
	Flazasulfuron (6)	*	0.5 a	0.75 c	0.5 cd	*	1.2 cd	6.7 def	6.2 cde
	Pendimethalin (3)	*	1.5 a	1.25 c	2.0 bcd	*	2.5 cd	7.7 def	6.5 cde
	Propyzamide (3)	*	0.0 a	0.0 c	0.0 d	*	4.5 bcd	7.2 def	5.2 cde
	Linuron (3)	*	1.75 a	5.75 ab	7.25 a	*	10.2 ab	11.7 cde	11.7 bc
	TNT (3)	*	0.25 a	6.00 a	5.75 ab	*	3.5 cd	18.0 bc	7.0 ab
	Flazasulfuron (3)	*	0.75 a	2.5 abc	1.0 cd	*	2.2 cd	12.2 cd	11.2 abc
	Pendimethalin (0)	*	0.0 a	0.0 c	0.0 d	*	1.5 cd	9.7 c-f	10.0 b-e
	Propyzamide (0)	*	0.0 a	0.0 c	0.0 d	*	3.0 cd	3.0 ef	2.7 de
	Linuron (0)	*	0.25 a	3.2 abc	6.0 ab	*	5.5 a-d	2.2 f	2.25 e
	TNT (0)	*	2.00 a	3.5 abc	5.0 abc	*	7.7 abc	22.0 ab	20.5 a
Flazasulfuron (0)	*	0.50 a	1.0 c	1.0 cd	*	0.75 d	27.7 a	16.7 ab	

* = dati mancanti

2.2.2 PROVA SU CAMPO

2.2.2.1 Censimento della vegetazione circostante l'area di studio

I rilievi e l'esaminazione della vegetazione tipica del sito sono stati eseguiti nell'area adiacente ai campi o alle strutture di sperimentazione. L'obiettivo è stato quello di cercare di identificare la tipologia vegetazionale dominante. I rilievi hanno avuto luogo su aree prative naturali o seminaturali collocati in diversi settori dell'istituzione (Figura 24). Nell'ambito della ricerca, soltanto la biomassa fuoriterra è stata presa in considerazione.

I rilievi sono stati condotti con i seguenti accorgimenti: la copertura delle specie è stata espressa come percentuale visiva rispetto alla copertura totale; l'eventuale presenza di muschio non è stata presa in considerazione. La dimensione delle aree indagate oscilla tra 20 e 120 m² ed ha dipeso dall'estensione massima disponibile per ottenere campioni uniformi. Il mosaico vegetazionale è stato accertato in periodi diversi a partire dall'inizio della stagione vegetativa. In genere sono state considerate le coperture di quelle specie che al momento del rilevamento avevano raggiunto uno stadio di sviluppo che ne consentisse la classificazione. Le specie dell'ordine delle *Poacee* sono state riconosciute con esaminando la conformazione della ligula fogliare e della lamina a vista secondo la descrizione di Viggiani (2005). La nomenclatura di tutte le comunità di piante fa riferimento a quella proposta da Oberdorfer (1977, 1978, 1990, 1992).

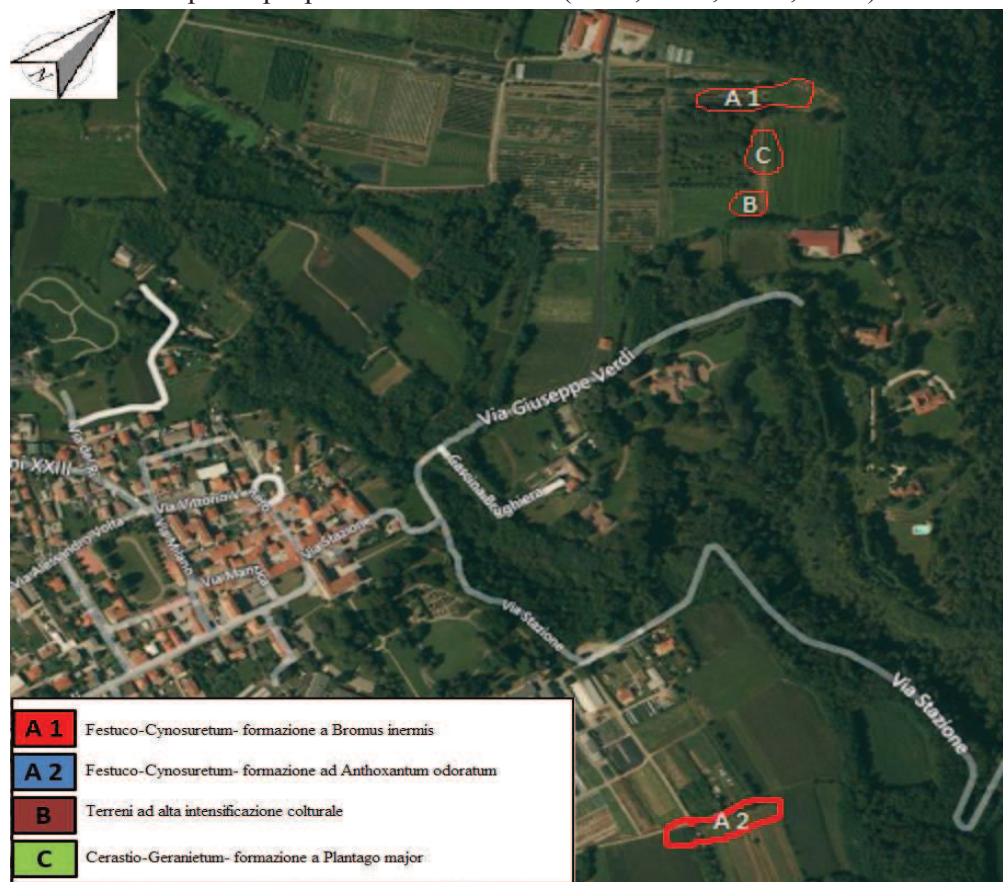


Figura 24: Vegetazione circostante le aree di prova presso la Fondazione Minoprio. Alternanza su piccola scala dei diversi tipi vegetazionali riscontrati. La rappresentazione delle aree soggette a rilevamento tiene conto della dimensione reale dell'area stessa.

Sulla base dell'analisi cluster della vegetazione in corrispondenza e nell'intorno dell'area di prova eseguita sulla matrice *specie x rilievi*, si sono potute definire 3 diverse classi vegetazionali (A, B e C) con coefficiente di similarità di 0.24 (Figura 25). Nell'analisi si sono prese in considerazione soltanto delle specie erbacee. Nonostante non sia stato semplice elaborare un vero e proprio sistema sintassonomico per i rispettivi cluster, non ultimo a causa di situazioni in cui le compagini sembrano mescolarsi, si è tentato di fornire un inquadramento generale degli ordini riscontrati durante il censimento. Confrontando i rilievi riportati in Tabella 25 con i dati disponibili in letteratura, nel cluster A, caratterizzato dal numero più elevato di specie, l'alleanza predominante può essere ascritta a *Festuco-Cynosuretum* tipico dei distretti pianeggianti, e nel quale si possono individuare 2 sottogruppi: il primo e più numeroso (A1) presenta come specie unificante *Bromus inermis* e fa capo alle praterie tipiche di versanti caldi delle quote inferiori della variante a *Festuco-Brometea*, in cui si inseriscono specie testimoni di matrici aride esposte a solatio quali *Anthoxantum odoratum*, *Urtica dioica*, *Brachypodium rupestre*, *Artemisia campestris* e *Lotus corniculatus*, ricorrenti anche in prati magri e trascurati di *Brometalia erecti* (Braun-Blanquet, 1964) ed in corrispondenza delle quali si riscontra la presenza di composite come *Achillea millefolium*. Nel secondo sottogruppo (A2) l'alleanza tende a sfumare più marcatamente nella classe di *Molinio-Arrenatheretalia* caratteristica di suoli più profondi, fertili e ben idratati (Oberdorfer, 1992; Gusmeroli, 2012), con specie caratteristiche quali *Trifolium repens*, *Silene vulgaris*, *Poa pratensis* e *Taraxacum officinale*, maggiormente occorrenti nei rilievi 3, 4 e 5, eseguiti nella porzione ovest adiacente all'area di studio considerata e nei pressi dei campi di propagazione di materiale per rinaturazioni, in porzioni di terreno corrispondenti al passaggio di canali per l'irrigazione ma interessati con minor incidenza a pratiche colturali. Specie chiave come *Arrenatherum elatius* e *Dactylis glomerata* sono qui presenti solo marginalmente e con bassi livelli di copertura (Tabella 25), mentre è da rimarcare la presenza di mosaici vegetazionali in cui la variante ad *Anthoxantum odoratum* e *Leontodon hispidus* prevalgono.

Per quanto riguarda la popolazione di infestanti ruderali, la fitocenosi predominante nella vegetazione circostante i campi di propagazione (cluster B e C in Tabella 25) può essere associata, in accordo con Oberdorfer (1983) all'ordine sintassonomico di *Polygono-Chenopodietalia* tipica di pioppeti inselvaticiti (Andreucci et al., 2003), a causa della presenza di specie ricorrenti in praterie meso-xeriche, interessate da matrice carbonatica così come da scarsità di suolo, dovuta principalmente alla notevole intensificazione colturale e frequenti apporti di concimazione. In tale contesto si contempla una netta prevalenza di compagini nitrofile frequenti in terreni incolti e ad alta intensificazione amministrativa quali *Stellarietea*, *Chenopodietea* ed *Artemisietea*, sintetizzabili all'interno dell'alleanza *Cerastio-Geranietum*. In essa la classe dominante appartiene a *Stellarietea mediae*, i cui si riscontrano specie prevalentemente terofite, tipiche di habitat instabili e poveri in specie (*Digitaria sanguinalis*, *Stellaria media* e *Amarantus retroflexus*), in associazione con l'ordine *Chenopodietalia*, con specie distintive *Setaria spp*, coltivata anche come foraggera (Hanf, 1990), *Erigeron annuus* e *Chenopodium album*. In corrispondenza del cluster B si riscontrano specie inquadrabili in *Cerastio-Geranietum* nella variabile più espressamente nitrofila dell'alleanza *Alchemillo-Poion supinae*, sotto la classe di *Plantaginetea* (Mucina et al, 1993) con formazione ad *Echinocloa crus-galli*.

I rilievi del gruppo vegetazionale C sono stati effettuati proprio in corrispondenza delle parcelle di studio, soggette a frequenti concimazioni carbonatiche. E' facilmente osservabile che in tale porzione vi e' una considerevole riduzione del numero totale di specie e in particolare modo di quelle cenosi che sono portavoce di condizioni di generale igrofilia, mentre il numero specie indicatrici di suolo calpestato facenti capo alla classe *Artemisietea*, quali ad esempio *Capsella bursa-pastoris*, *Conyza canadensis* e *Plantago major* prediligenti matrici sabbiose-limose (Hanf, 1990; Viggiani, 2002) e tipiche dell'alleanza *Poo supinae-Chenopodietum* (Ellenberg, 1996; Mucina et al. 1993), e' cresciuto notevolmente.

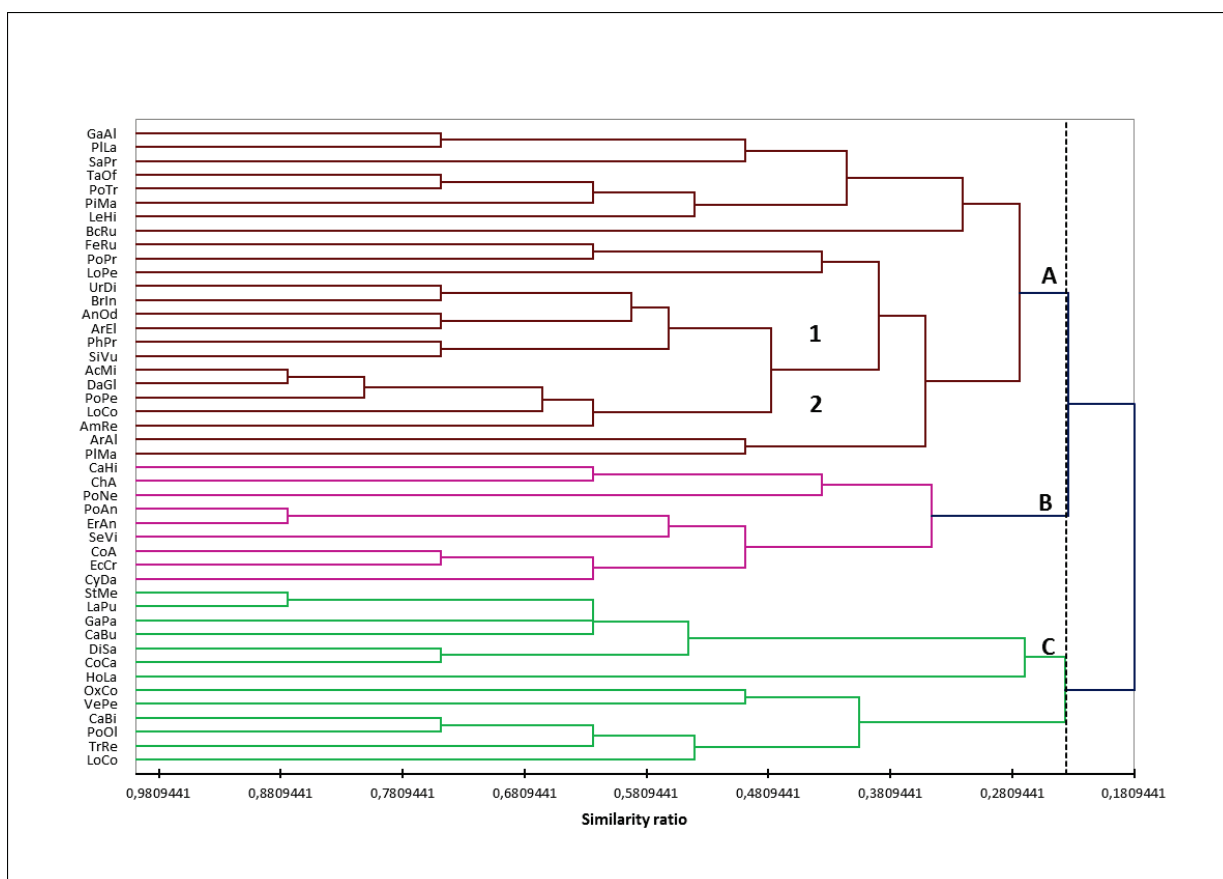


Figura 25: Dendrogramma delle specie costituenti la vegetazione circostante l'area dei campi di sperimentazione e propagazione presso la F.M. Cluster analysis eseguita sulla matrice *specie x rilievi*. Riassunto di 7 rilievi a partire da dati di frequenza. Coefficiente di similarità: similarity ratio, tecnica di agglomerazione: legame medio. Le classi sono identificate dalle lettere maiuscole.

Dell'area circostante i campi sperimentali, solo una piccola parte risulta ricoperta da vegetazione arborea, in cui la principale specie risulta essere *Castanea sativa*. Tuttavia, la componente principale dello strato erbaceo rilevato suggerisce un potenziale tipo di popolamento a *Quercion robori-petraeae* tipiche di comparti acidofili e xerotermini a sud della catena alpina, caratterizzati da scarsità in specie (Gusmeroli 2012; Oberdorfer, 1990).

Tabella 25: Caratteristiche varie dell'associazione *Festuco-Cynosuretum* e *Cerastio-Geranietaum* presso i campi di sperimentazione della F.M. La copertura delle singole specie e' espressa secondo la scala di Van der Maarel (1979).
Riassunto di 7 rilievi.

Cluster	A	A	A	B	B	C	C
Rilievo n°	3	4	5	1	6	2	7
Altitudine (m s.l.m.)	380	380	380	380	380	380	380
Esposizione (°)	350	350	350	350	350	340	340
Superficie rilevata (m ²)	20	30	30	120	120	70	70
Copertura strato erbaceo (%)	40	30	35	60	60	40	55
Numero di specie rilevate	12	9	13	26	14	21	24
<i>Stellarietea mediae</i>							
Galingsoga parviflora	2	+	1	+	3	2	4
Veronica persica	1	+	+	+	2	2	2
Oxalis corniculata	1	+	2	-	3	1	3
Chenopodium album	1	1	+	+	2	1	2
Lamium purpureum	2	+	1	1	1	2	2
Stellaria media	2	+	1	1	2	2	2
Cardamine hirsuta	+	1	+	+	2	+	2
Capsella bidens	+	+	1	+	1	+	1
Amarantus retroflexus	1	2	2	+	1	1	2
Conyza canadensis	2	2	2	2	2	2	2
Convolvulus arvensis	1	-	1	+	2	1	2
Capsella bursa-pastoris	2	1	1	1	3	2	3
<i>Plantaginea</i>							
Echinochloa crus-galli	1	1	1	1	2	1	2
Cynodon dactylon	1	1	2	+	1	1	1
Polygonum persicaria	1	2	2	-	2	1	2
Digitaria sanguinalis	2	2	2	1	3	1	3
Setaria viridis	1	2	2	1	2	1	3
Poa annua	2	2	2	1	2	1	2
Poa nevadensis	+	1	+	+	-	+	+
Portulaca oleracea	+	+	+	+	1	+	1
Plantago major	1	1	2	+	1	+	1
Erigeron annuus	2	2	2	1	2	1	2
<i>Molinio-Arrenatheretea</i>							
Plantago lanceolata	+	+	1	-	+	+	-
Lotus corniculatus	1	1	2	+	2	1	2
Trifolium repens	+	+	+	+	2	+	1
Poa trivialis	1	1	1	+	2	+	1
Holcus lanatus L.	1	2	3	2	3	2	3
Arrenatherum elatius	1	2	2	-	-	+	-
Taraxacum officinalis	1	1	1	+	-	1	1
Dactylis glomerata	1	2	2	-	1	1	2
Anthoxanthum odoratum	1	2	2	-	-	1	-
Poa pratensis	2	3	2	+	1	2	1
Achillea millefolium	1	2	2	-	2	1	2
Pimpinella major	1	1	1	+	-	+	-
Leontodon hispidus	+	+	1	+	-	+	1
Festuca rubra	2	2	2	-	1	1	1
Silene vulgaris	1	2	1	-	1	-	-
Lolium perenne	2	2	3	-	+	1	+
Galium album	+	+	1	-	-	-	-
Phleum pratensis	1	2	1	-	-	-	1
Salvia pratensis	-	1	1	-	-	+	-
<i>Festuco-Brometea</i>							
Bromus inermis	1	2	2	-	1	1	1
Lotus corniculatus	1	+	1	-	2	-	1
Urtica dioica L.	1	2	2	-	2	-	2
Brachypodium rupestre	1	2	1	+	-	2	+
Artemisia alba	1	2	2	+	+	+	+

2.2.2.2 Valutazione preventiva infestanti tramite campionamento seed bank con metodo Malone

Come risultato di tale processo si sono potute isolare la frazione affiorante in superficie, costituita principalmente da materiale organica e residui di microfauna, la frazione flottante sul fondo, costituita in prevalenza da sabbia e semi, e la frazione non soggetta a centrifuga, contenente colloidali e materiale organico grossolano.

Dopo la separazione delle frazioni in contenitori Petri e durante la fase di estrazione, ai campioni non e' più stata somministrata acqua. I contenitori sono stati scrutinati due volte la settimana e il numero di semi estratti registrato (Tabella 26).

Tabella 26: Risultati dell'estrazione di semi dalle varie frazioni di terreno separate secondo metodo Malone

1° centrifuga	Fondo centrifugato con sabbia	Frazione affiorante con materiale organico	Fondo non centrifugato
N° semi	-	-	-
2° centrifuga Frazione affiorante con materiale organico della prima centrifuga	Fondo flottante con sabbia	Frazione affiorante con residui organici	Fondo non centrifugato con colloidali e materiale organico grossolano
N° semi	76	159	101

Come appare evidente in Figura 26, la percentuale di semi recuperati e la relativa enumerazione varia in modo apprezzabile in base al metodo utilizzato; anche delle differenze significative sono state trovate. Il contenuto di semi nel campione affiorante collezionato dalla centrifugazione del fondo (circa $20.25 \cdot 10^3$ semi/m²) e' stato circa il doppio di quello ottenuto dalla semplice flottazione con alta aliquota di sabbia (circa $9.68 \cdot 10^3$ semi/m²).

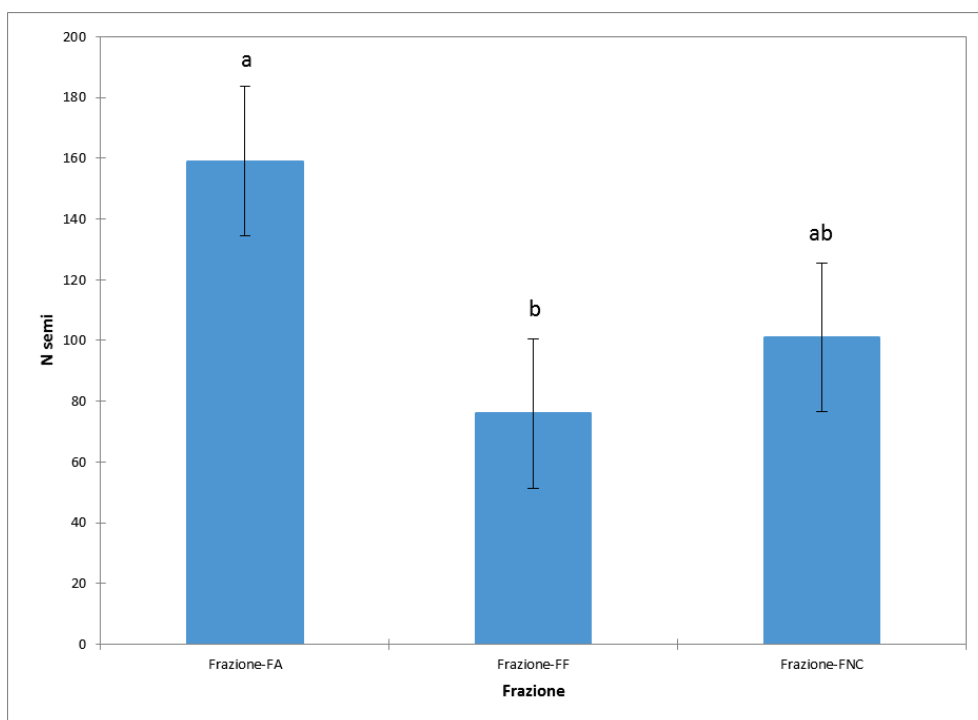


Figura 26: N° di semi rinvenuti dalle varie frazioni estratte dai campioni di terreno (FA= Fondo Affiorante; FF= Fondo Flottante; FNC= Fondo Non Centrifugato) del campo di studio presso F.M. secondo metodo Malone (1967). Separazione delle medie tramite LSD test con $\alpha = 0.05$. Barre senza lettere uguali sono significativamente differenti.

2.2.3 *Bromus erectus* Hudson

2.2.3.1 Assestamento della popolazione di infestanti

L'osservazione dello sviluppo di infestanti ha avuto luogo sul finire della stagione vegetativa. Nell'analisi della varianza riportata in Tabella 27 nessuno dei fattori principali e delle loro interazioni e' stato riscontrato provocare un effetto significativo sul controllo delle malerbe, mentre si rimarca un effetto altamente significativo del tempo dopo il trattamento.

Al momento del primo rilevamento si nota che nessun diserbante ha permesso un controllo totale sulle malerbe entro la fila sia in presenza che in assenza di applicazione di CA (Tabella 28), e pertanto non si registrano differenze significative nell'effetto. Nei 2 rilievi successivi un controllo abbastanza efficace e' stato fornito dai plots di Oxadiazon senza trattamento della banda di CA, mentre Flazasulfuron ha fatto registrare i risultati peggiori in termini di controllo ad ampio spettro; effetto intermedio riscontrabile nei plots di Pendimethalin e Linuron.

A partire dalla data del 4° rilievo, antecedente la pausa vegetativa, tutte le combinazioni i trattamento mostrano effetto di controllo intermedio e le differenze tra le medie di crescita risultanti non più significative.

Tabella 27: Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) a misure ripetute con $\alpha = 0.05$ sull'emergenza nel tempo della popolazione totale di infestanti su fila seminata con *Bromus erectus* Hudson in base ai fattori semplici (B= block-ripetizione, D= trattamento diserbante, CA= trattamento con carbone attivo, T= tempo dopo trattamento) ed alle loro interazioni (N=6; n.s. = non significatività, *=p<0.001).**

Fonte di variazione	Infestanti totali su fila seminata					
		df	SS III	MS	F	Sig.
Effetti tra soggetti						
B	Ipotesi	3	351.24	117.08	1.53	n.s.
D	Ipotesi	4	153.81	38.45	0.50	n.s.
	Errore (a)	12				
CA	Ipotesi	1	266.70	266.70	3.5	n.s
D x CA	Ipotesi	4	241.86	60.46	0.79	n.s.
	Errore (b)	27				
Effetti entro soggetti						
T	Ipotesi	5	1157.02	231.40	14.56	***
B x T	Ipotesi	15	157.03	10.47	0.66	n.s.
D x T	Ipotesi	20	350.54	17.52	1.10	n.s
CA x T	Ipotesi	5	100.92	20.18	1.27	n.s
D x CA x T	Ipotesi	20	414.75	17.32	1.09	n.s.
	Errore (c)	135				

Tabella 28: Controllo della popolazione di infestanti internamente alla fila seminata di *Bromus erectus* Hudson in dipendenza dei mezzi di controllo chimico e dell'applicazione della banda protettiva di CA (2.5 cm) ad ogni rilievo (N=6). Comparazione delle medie per l'interazione Diserbante x Carbone Attivo eseguita separatamente per ciascun rilievo tramite DMRT con $\alpha = 0.05$. In ciascuna colonna, le medie senza lettere comuni sono significativamente differenti.

Erbicidi	Dosi CA (g*m ⁻¹)	Crescita infestanti nel tempo (d.a.t.)					
		12	18	25	32	39	195
Linuron	8	6.50 ^a	8.00 ^{ab}	10.5 ^{ab}	10.20 ^{ab}	11.2 ^a	4.2 ^a
Oxadiazon	8	6.25 ^a	8.50 ^a	13.5 ^{ab}	13.70 ^a	13.0 ^a	2.5 ^a
Flazasulfuron	8	5.50 ^a	6.50 ^{ab}	7.75 ^{ab}	6.00 ^{ab}	8.5 ^a	4.2 ^a
Pendimethalin	8	5.0 ^a	9.75 ^a	4.25 ^a	9.25 ^{ab}	9.7 ^a	6.0 ^a
TNT	8	4.75 ^a	8.00 ^{ab}	12.75 ^{ab}	12.7 ^{ab}	9.0 ^a	3.5 ^a
Linuron	0	6.25 ^a	4.00 ^{ab}	7.00 ^{ab}	9.00 ^{ab}	8.5 ^a	3.5 ^a
Oxadiazon	0	3.75 ^a	2.00 ^b	5.25 ^b	7.00 ^{ab}	6.2 ^a	2.5 ^a
Flazasulfuron	0	6.00 ^a	10.25 ^a	6.75 ^{ab}	5.00 ^{ab}	6.2 ^a	1.7 ^a
Pendimethalin	0	5.00 ^a	5.50 ^{ab}	7.00 ^{ab}	6.00 ^{ab}	6.5 ^a	3.7 ^a
TNT	0	8.25 ^a	7.25 ^{ab}	14.50 ^a	10.5 ^{ab}	9.7 ^a	3.2 ^a

Analizzando invece l'effetto semplice del diserbante lateralmente alle file seminate, la composizione della vegetazione infestante al momento della ripresa vegetativa *Stellaria media* e *Lamium purpureum* conseguono in media i valori più alti di copertura, costituendo insieme più dell'80% della copertura totale di malerbe (Figura 27).

Tra le specie considerate problematiche, soltanto *Capsella bursa-pastoris* incrementa la sua quota con l'avanzare della stagione (dato non mostrato). *Poa annua* e *Lotus corniculatus*, ricorrenti al momento dello studio con relativamente alti valori di densità e copertura, risultano alla fine praticamente assenti.

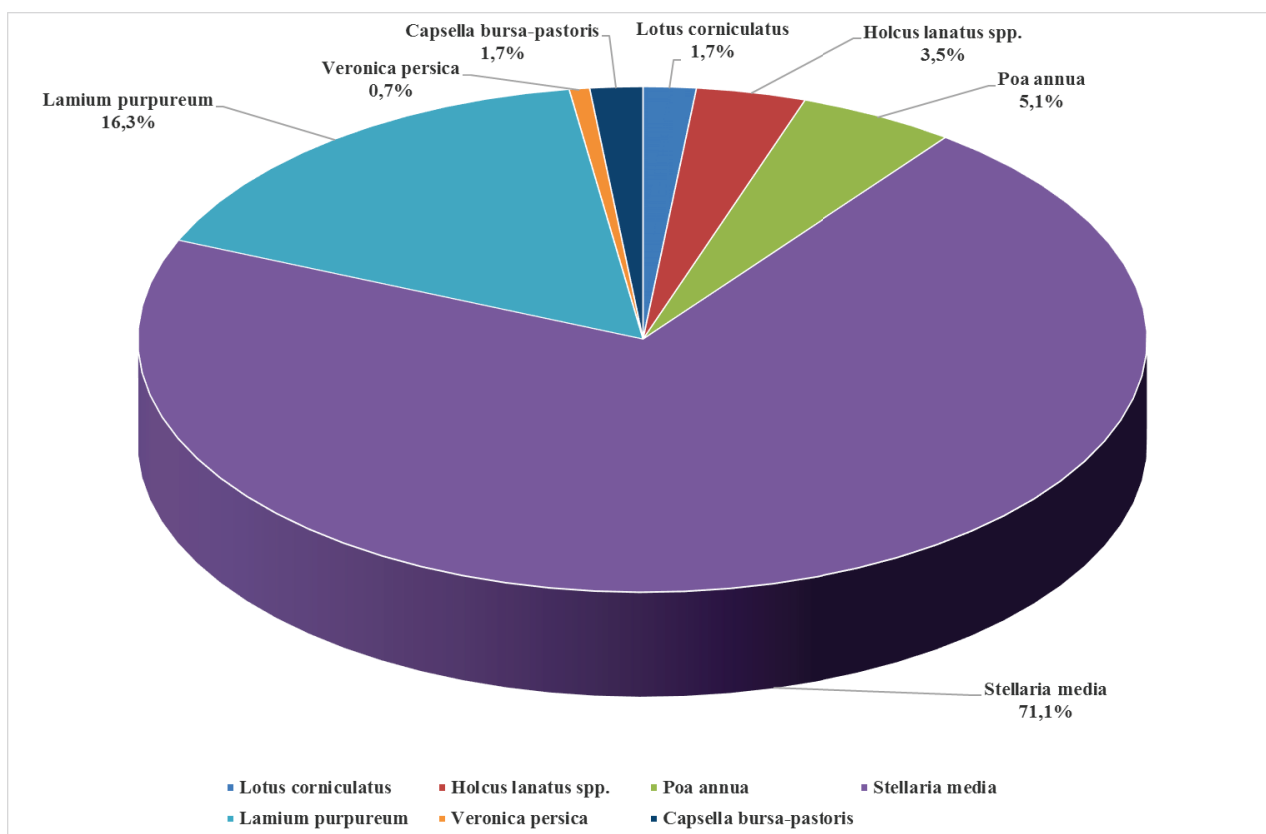


Figura 27: Contributo percentuale medio delle specie infestanti alla copertura totale di infestanti sulle aree laterali la fila seminata nel campo di studio di *Bromus erectus* Hudson alla ripresa vegetativa 2013. Media di 40 osservazioni per specie (diserbanti: Flazasulfuron, Linuron, Oxadiazon, Pendimethalin, TNT).

Come risulta evidente, anche sul finire della stagione vegetativa (23/10) la lotta alle specie infestanti dicotiledoni e' stata più problematica, avendo queste esibito ritmi di crescita maggiori delle specie monocotiledoni, assestandosi in circa a 140 piante/m² nei plots di controllo TNT (Figura 28b).

Nei confronti di quest'ultime, il trattamento con Linuron e' stato nel complesso quello meno efficace, facendo registrare un rapido incremento positivo al 39° giorno dal trattamento, mentre Pendimethalin e Flazasulfuron hanno fatto registrare i valori più bassi (circa 55% in meno), e il cui effetto non differisce significativamente da rilievo a rilievo.

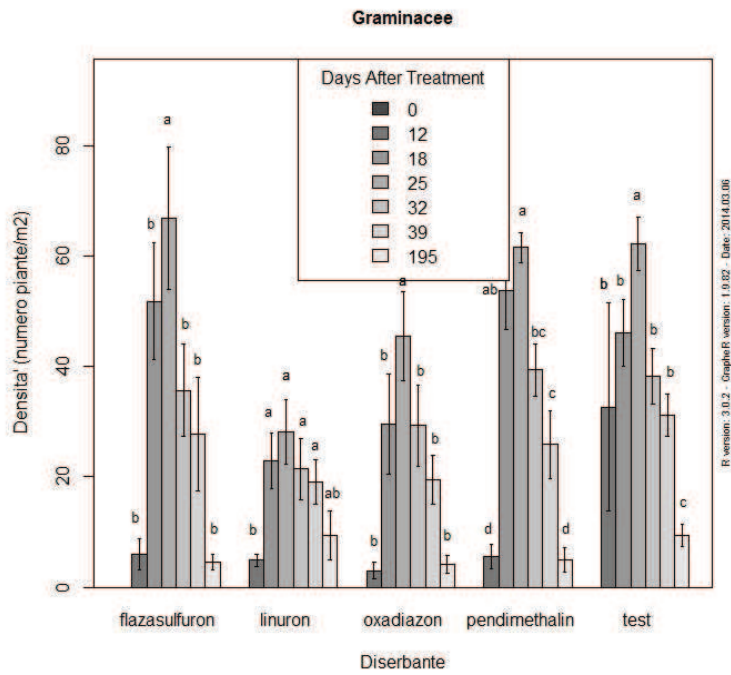
Per quanto riguarda il controllo delle infestanti graminacee, esse si sono affermate in tutti i plots con moderato valore di densità, con valori massimi di 65 piante/m². La popolazione di monocotiledoni, contrariamente a quanto osservato per le dicotiledoni, vede il suo massimo sviluppo a 25 giorni dopo il trattamento, decrescendo precocemente alla fine della stagione (Figura 28a).

A differenza di quanto ottenuto negli esperimenti di serra, Pendimethalin e Flazasulfuron mostrano qui scarso controllo sulle graminacee, abbondanti in tutti i plots. Dove Flazasulfuron e' stato impiegato, si sono registrate però a partire dal terzo rilievo infestanti più basse e meno sviluppate

rispetto alle altre versioni di trattamento, che a stento si sono distinte dalle piantine di *Bromus erectus* Hudson. Le infestanti monocotiledoni che avevano raggiunto alla data di ultimo rilievo un basso stadio di sviluppo, non sono state più abbondanti nella seguente stagione vegetativa, ad eccezione di *Poa annua*, particolarmente abbondante in tutte le parcelle (5.1% del totale infestanti, Figura 27), e in modo particolare in quelle trattate con Linuron e Pendimethalin. Inoltre, i suoi germinelli sono stati riscontrati maggiormente esternamente alle file seminate, mentre per le altre specie monocotiledoni i nuovi germinelli sono stati trovati prevalentemente all'interno delle file di semina protette con carbone attivo, in maniera prevalente sulle file trattate con Pendimethalin.

Tra le infestanti dicotiledoni, *Stellaria media* e' stata presente in tutti i plots con una copertura del 10% indifferentemente ai diversi diserbanti.

a



b

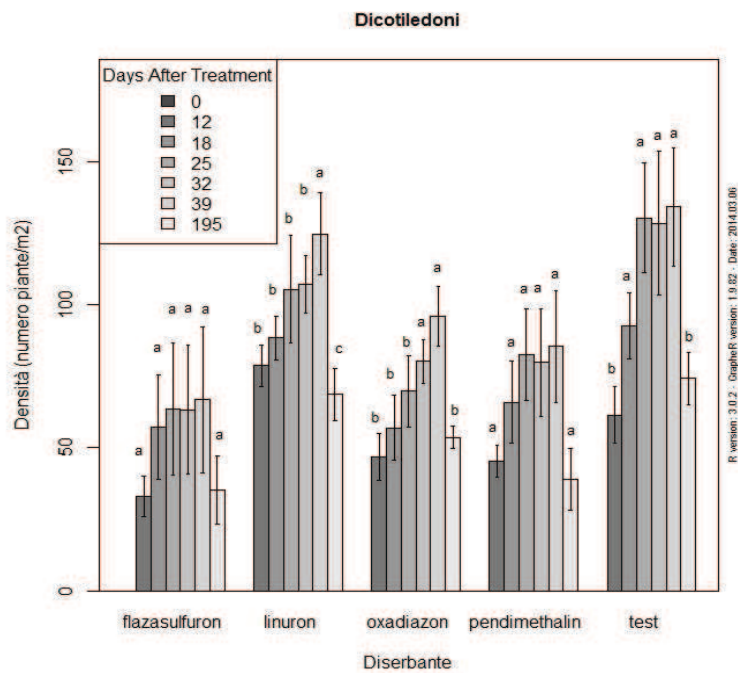


Figura 28: Densità di piante/m² delle specie infestanti graminacee (a) e dicotiledoni (b) ai singoli rilievi in relazione ai trattamenti erbicida. Solo i dati esterni alla fila seminata vengono considerati. Analisi della varianza eseguita su dati trasformati con funzione logaritmica separatamente per singolo diserbante. Separazione delle medie tramite LSD test con $\alpha = 0.05$. Barre senza lettere uguali sono significativamente differenti.

2.2.3.2 Dinamica vegetazionale entro fila di semina

Una notevole varietà di specie e' stata riscontrata alla data dell'ultimo rilievo all'interno delle parcelle di tutti i trattamenti. In Tabella 29 si riportano quelle riscontrate maggiormente entro le file di semina.

Sul campo sperimentale di *Bromus erectus* Hudson, la specie infestante maggiormente presente e' stata *Stellaria media* (Tabella 29). Specie quali *Lotus corniculatus* e *Veronica persica* mostrano frequenze inferiori al 10% nelle file soggette a protezione con CA, con un leggero incremento sulle file scoperte, mentre per le altre si assiste ad un trend maggiore nelle file soggette a trattamento CA. Le leggere differenze risultanti sono da attribuire principalmente al fatto che il fattore Carbone Attivo non ha prodotto alcun effetto (ANOVA, $F_{1,27} = 3.5$, $p > 0.05$). Tra la popolazione delle infestanti dicotiledoni, la specie che più efficacemente sono state controllate con semplice applicazione di erbicida e' stata *Capsella bursa-pastoris*, la cui frequenza e' stata contenuta sotto il 20%.

Tabella 29: Variazione di frequenza delle specie più ricorrenti nelle parcelle di *Bromus erectus* Hudson in base all'applicazione di carbone attivo (CA = 0-8 g*m⁻¹). La significatività del fattore CA e' stata testata mediante test di Friedman per ranghi. Separazione delle medie per ciascuna dose di carbone tramite test bilaterale di Nemenyi con $\alpha = 0.05$. Media di 4 replicazioni. Per ogni colonna, i valori senza lettere uguali sono significativamente differenti.

Specie	Test di Friedman			Frequenza (%)	
	df	Chi ²	Sig.	CA = 8 g*m ⁻¹	CA = 0 g*m ⁻¹
<i>Lotus corniculatus</i>	6	12.6	***	7 ^a	12.5 ^a
<i>Veronica persica</i>	6			9 ^a	13 ^a
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	6			15 ^{ab}	9.5 ^a
<i>Holcus lanatus spp.</i>	6			20 ^{ab}	23 ^{ab}
<i>Poa annua</i>	6			24 ^{ab}	19 ^{ab}
<i>Lamium purpureum</i>	6			30 ^b	28 ^{ab}
<i>Stellaria media</i>	6			35 ^b	35 ^b

La frequenza di *Stellaria media* e *Lamium purpureum* culmina in corrispondenza di Linuron, in cui essi sono stati rispettivamente circa 52% e 12%, per poi decrementare abbastanza accentuatamente dove Pendimethalin e' stato impiegato (Figura 29). *Lotus corniculatus*, presente con frequenza considerevole (circa 4%) all'interno delle file di Linuron, diviene praticamente assente nelle altre parcelle, incluse quelle di controllo.

Veronica persica e *Capsella bursa pastoris*, le quali saranno tra le specie più sviluppate nella prova di *Holcus lanatus* L., presentano all'inizio della stagione vegetativa ritmo di crescita alquanto stentato e sono risultate piuttosto rare in tutte le versioni di trattamento (al di sotto del 2%).

Graminacee come *Poa annua* ed *Holcus lanatus* spp, esibiscono altrettanto presenza secondaria, occupando prevalentemente le zone esterne alle file seminate (maggiormente riscontrabili con Pendimethalin).

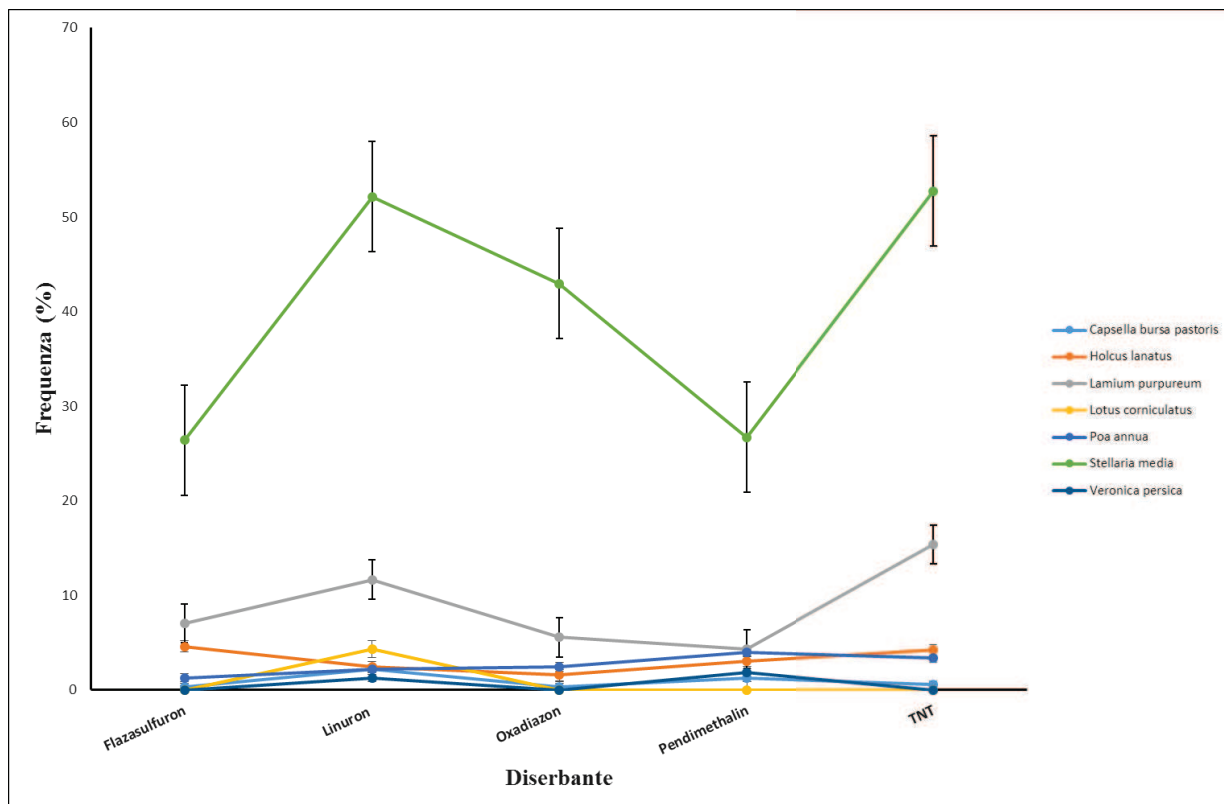


Figura 29: Variazione di frequenza di infestanti monocotiledoni e dicotiledoni nelle file seminate di *Bromus erectus* Hudson in dipendenza dei mezzi di trattamento chimico (data: 24/04). Media di 4 replicazioni.

Sempre alla data di ultimo rilievo, che ha coinciso con la ripresa vegetativa, differenze significative si denotano osservando la copertura totale di infestanti su fila seminata (Figura 30) tra la il trattamento congiunto di Linuron (1 L*ha⁻¹) con CA in dose 8 g*m⁻¹, con una copertura media di circa 37%, e di Oxadiazon (2 L*ha⁻¹) con CA in dose 0 g*m⁻¹, i cui valori di copertura sono valutabili < 10%.

In presenza del trattamento con carbone attivo, però, soltanto Flazasulfuron (80 g*ha⁻¹) e Pendimethalin (4 L*ha⁻¹) hanno permesso di tenere sotto controllo la crescita di infestanti (al di sotto del 20%), mentre con trattamento Linuron la copertura unitaria assestata supera quella delle piante di *Bromus erectus* Hudson (Figura 19), superiore anche rispetto ai plots di controllo TNT. Eventuali residui di materia inerte dalla precedente stagione vegetativa non sono stati presi in considerazione.

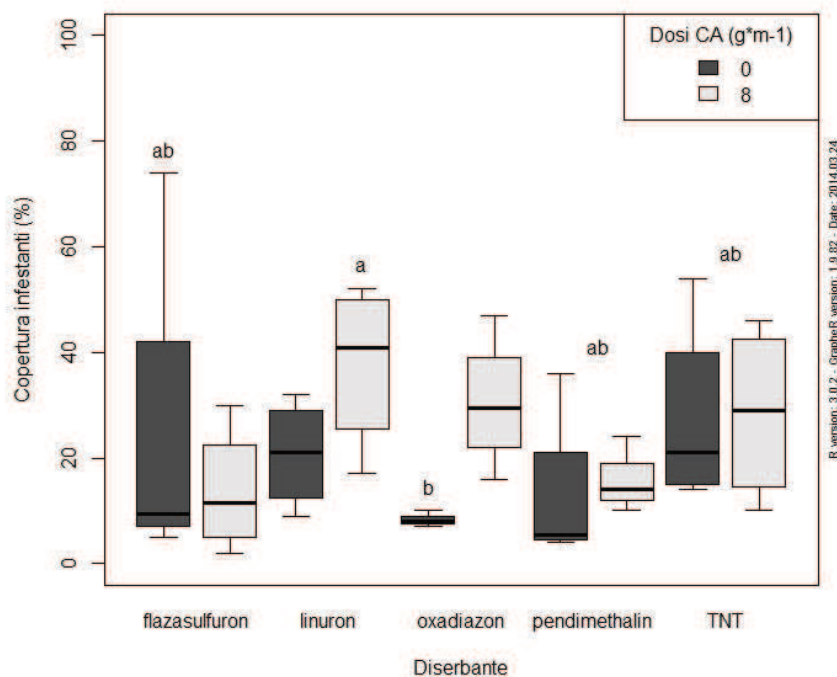


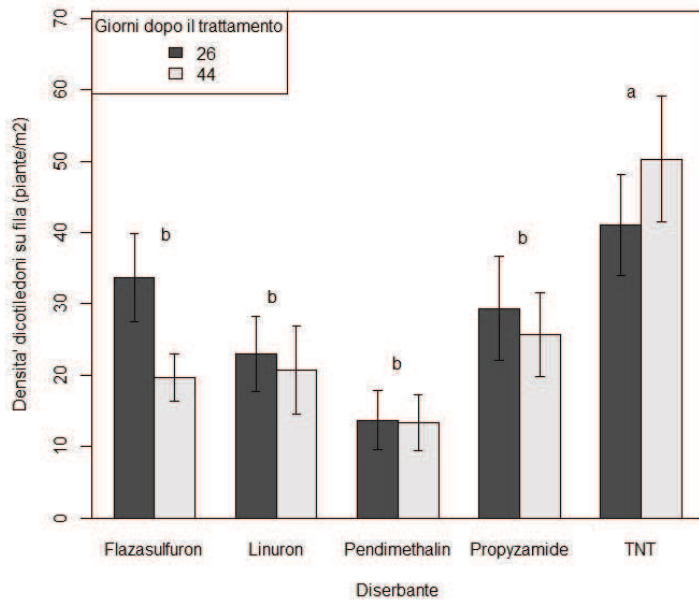
Figura 30: Copertura infestanti su fila seminata con semi di *Bromus erectus* Hudson in base ai trattamenti erbicidi + controllo. Media di 4 replicazioni per trattamento. Separazione delle medie tramite DMRT con $\alpha = 0.05$. Boxplots senza lettere uguali sono significativamente differenti.

2.2.4 *Achillea millefolium*

Il controllo delle infestanti su fila seminata mostra nel caso di *Achillea millefolium* presenta due tendenze distinte. La popolazione di dicotiledoni e' decresciuta con l'avanzare del tempo di osservazione con tutti i diserbanti, in maniera più consistente sulle file soggette a trattamento con Pendimethalin (Figura 31a); al contrario, la popolazione di graminacee sembra essere stata meno soggetta all'effetto dei trattamenti, e fa registrare pertanto un incremento significativo soprattutto in corrispondenza di Linuron (Figura 31b). Un controllo efficace sull'intera popolazione e' stato ottenuto con Pendimethalin, con il quale si denota una media di piante su fila inferiore a 5.

Questo trend e' confermabile anche alla fine del periodo di osservazione; con Linuron e Propyzamide le infestanti ricoprono oltre il 60% delle fila seminata e il loro grado di sviluppo e' stato considerato analogo a quello riscontrato nelle file di controllo TNT. La maggiore povertà di specie viene assestata con Flazasulfuron e Pendimethalin, rispetto al quale le infestanti a 78 giorni dal trattamento ricoprono soltanto il 15% circa della fila lunga 1 m (Figura 32).

a



b

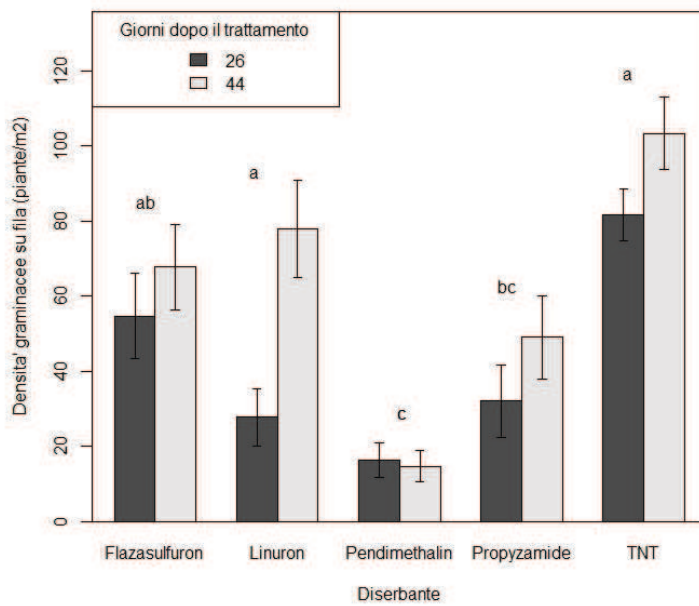


Figura 31: Crescita infestanti dicotiledoni (a) e monocotiledoni (b) a 26 e 44 giorni dal trattamento entro le file seminate di *Achillea millefolium*. Separazione delle medie tramite DMRT con $\alpha = 0.05$ e CI = 95%. I mezzi di trattamento senza lettere uguali sono significativamente differenti.

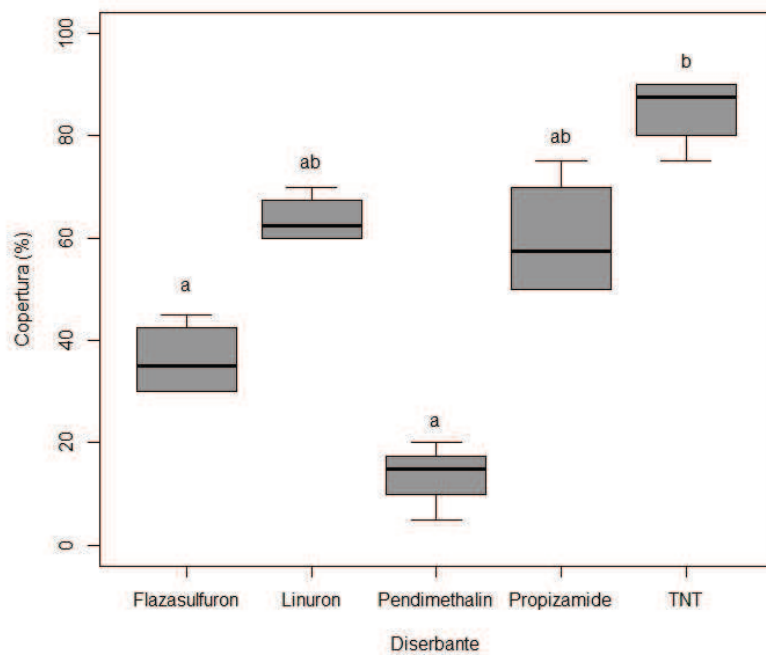


Figura 32: Effetto dei diversi prodotti erbicidi (Flazasulfuron, Linuron, Pendimethalin, Propyzamide, TNT) per l'area sperimentale di *Achillea millefolium* sulla copertura vegetazionale di infestanti a 78 giorni dall'applicazione. Separazione delle medie entro ogni ripetizione tramite test di Dunn bilaterale e aggiustamento Bonferroni con $\alpha = 0.05$. Boxplots senza lettere uguali sono significativamente differenti.

2.2.5 *Holcus lanatus* L.

La misurazione delle infestanti sulle zone adiacenti le file di semina (circa 20 cm) e' iniziata a dopo 26 giorni l'allestimento delle parcelle di prova. Da questo momento, tutti i fattori principali e le loro interazioni hanno prodotto effetto significativo sul controllo della popolazione di infestanti (Tabella 30). E' improbabile che ciò sia dovuto anche all'effetto dell'applicazione di CA, il quale, come si era già potuto constatare nelle prove in serra, tende a non muoversi attraverso la matrice superficiale.

Essendo l'interazione tra il fattore Diserbante e Tempo risultata significativa, le differenze tra le varie modalità di trattamento sono state esaminate nel dettaglio.

A differenza dell'esperimento di serra, Propyzamide non ha permesso di ottenere un controllo efficace dove CA non e stato impiegato, e con il procedere del periodo di osservazione si registrano differenze significative rispetto alle altre modalità (Tabella 30).

Tabella 30: Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) a misure ripetute con $\alpha = 0.05$ sull'emergenza nel tempo della popolazione totale di infestanti negli spazi adiacenti le file di semina di *Holcus lanatus* L. in base ai fattori semplici (B= block-ripetizione, D= trattamento diserbante, T= tempo dopo trattamento) ed alle loro interazioni (N=2; n.s. = non significatività, *= $p<0.05$, **= $p<0.01$, *= $p<0.001$). Differenze tra le modalità di trattamento erbicida esaminate tramite DMRT con $\alpha = 0.05$, CI = 95%.**

Fonte di variazione	Emergenza infestanti totali negli spazi interfilari					
		df	SS III	MS	F	Sig.
Effetti tra soggetti						
B	Ipotesi	3	1993.55	664.52	3.08	*
D	Ipotesi	4	70485.20	17621.3	81.85	***
D x B	Ipotesi	12	5456.40	454.70	2.11	*
	Errore (a)	40				
Effetti entro soggetti						
T	Ipotesi	1	444.67	444.67	6.99	**
B x T	Ipotesi	3	865.82	288.61	4.54	**
D x T	Ipotesi	4	824.86	206.21	3.24	*
D x B x T	Ipotesi	24	8262.86	344.28	5.41	***
	Errore (b)	80				
Erbicidi	Contrasti tra le modalità di trattamento					
	Diff.	26 d.a.t.	Sig.	Diff.	44 d.a.t.	Sig.
		t critico			t critico	
TNT vs Pendimethalin	68	2.24	***	79.50	2.24	***
TNT vs Flazasulfuron	48.33	2.19	***	59.91	2.19	***
TNT vs Linuron	44	2.12	***	50.33	2.12	***
TNT vs Propyzamide	41.83	2.02	***	41.50	2.02	***
Propyzamide vs Pendimethalin	26.16	2.19	***	38	2.19	***
Propyzamide vs Flazasulfuron	6.50	2.12	n.s.	18.41	2.12	***
Propyzamide vs Linuron	2.16	-	n.s.	8.83	2.02	*
Linuron vs Pendimethalin	24	2.12	***	29.16	2.12	***
Linuron vs Flazasulfuron	4.33	2.02	n.s.	9.58	2.02	*
Flazasulfuron vs Pendimethalin	19.66	2.02	***	19.58	2.02	***

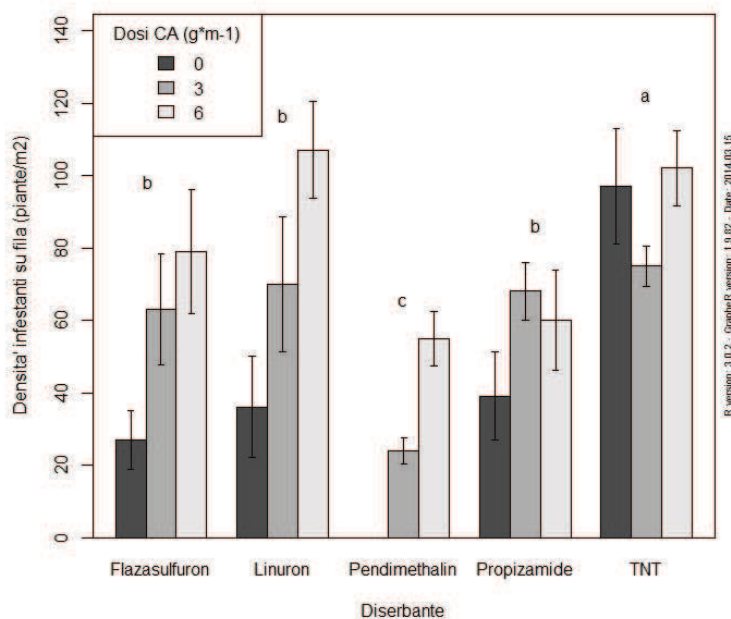
Maggiore variabilità nel controllo si nota osservando le interazioni multiple Diserbante x Carbone attivo nei rilievi a 26 e 44 giorni dopo il trattamento, dalla cui analisi è stato possibile individuare fino a 9 gruppi di trattamento. Al primo rilievo considerato i valori registrati oscillano tra circa 27 piante entro fila seminata con Linuron e banda di CA (2.5 cm) in dose $6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ e 0 piante accertate nelle file di Pendimethalin con $\text{CA} = 0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ (Tabella 31). Effetto intermedio è mostrato dal trattamento con Flazasulfuron, Linuron e Propyzamide, che abbinati con il trattamento CA non hanno fatto registrare differenze significative nei confronti delle parcelle di controllo TNT. Nel caso di Linuron e Propyzamide tale trend è confermato anche al momento del rilievo successivo.

Un high light dell'andamento di crescita in presenza di tutti i mezzi di trattamento è fornito in Figura 33.

Tabella 31: Controllo della popolazione di infestanti internamente alla fila seminata in dipendenza dei mezzi di controllo chimico e dell'applicazione della banda protettiva di CA (2.5 cm) ad ogni rilievo (N=2). Comparazione delle medie per l'interazione Diserbante x Carbone Attivo eseguita separatamente per ciascun rilievo tramite DMRT con $\alpha = 0.05$. I contrasti tra le modalita' di trattamento e le parcelle di controllo (TNT* CA = 0) sono studiate con test di Dunnett bilaterale con CI = 95% (n.s.= non significativita', *=p<0.05, **=p<0.01, *=p<0.001). In ciascuna colonna, le medie senza lettere comuni sono significativamente differenti.**

Erbicidi x CA (g*m ⁻¹)	Infestanti su fila (d.a.t.)		TNT- Erbicidi x CA (g*m ⁻¹)	Test di Dunnett (d.a.t.)			
	26	44		26		44	
				t critico	Sig.	t critico	Sig.
Linuron x CA (6)	26.75 ^a	23.50 ^{abc}	TNT vs Linuron (6)	2.94	n.s.	2.94	n.s.
TNT x CA (6)	25.50 ^{ab}	28.25 ^{ab}	TNT vs TNT (6)		n.s.		n.s.
Flazasulfuron x CA (6)	19.75 ^{a-d}	14.25 ^{c-f}	TNT vs Pendimethalin (0)		***		***
Propyzamide x CA (6)	15.00 ^{c-h}	15.25 ^{c-f}	TNT vs Pendimethalin (3)		***		***
Pendimethalin x CA (6)	13.75 ^{d-h}	12.00 ^{def}	TNT vs Flazasulfuron (0)		**		***
Linuron x CA (3)	17.50 ^{a-f}	21.50 ^{a-d}	TNT vs Linuron (0)		**		***
TNT x CA (3)	18.75 ^{a-e}	18.75 ^{bcd}	TNT vs Propyzamide (0)		*		**
Flazasulfuron x CA (3)	15.75 ^{c-g}	11.75 ^{def}	TNT vs Pendimethalin (6)		n.s.		**
Propyzamide x CA (3)	17.00 ^{b-f}	16.00 ^{cde}	TNT vs Propyzamide (6)		n.s.		*
Pendimethalin x CA (3)	6.00 ^{hi}	4.00 ^{fg}	TNT vs Flazasulfuron (3)		n.s.		**
Linuron x CA (0)	9.00 ^{ghi}	6.00 ^{efg}	TNT vs Propyzamide (3)		n.s.		n.s.
TNT x CA (0)	24.25 ^{abc}	29.75 ^a	TNT vs Linuron (3)		n.s.		n.s.
Flazasulfuron x CA (0)	6.75 ^{ghi}	5.25 ^{efg}	TNT vs TNT (3)		n.s.		n.s.
Propyzamide x CA (0)	9.75 ^{e-h}	11.0 ^{def}	TNT vs Flazasulfuron (6)		n.s.		*
Pendimethalin x CA (0)	0.00 ⁱ	0.00 ^g					

a



b

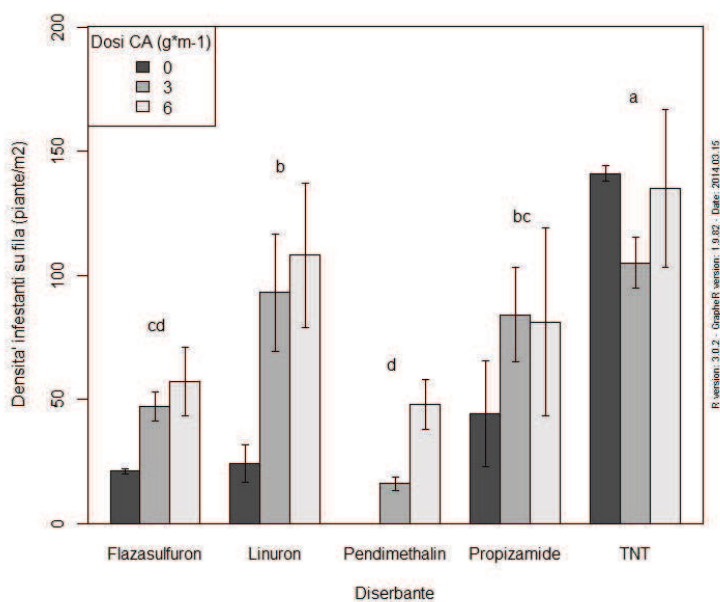


Figura 33: Andamento delle infestanti su fila in dipendenza dei mezzi di controllo erbicida e dell'applicazione di CA in diverse dosi (0-3-6 g*m⁻¹) a 26 d.a.t. (a) e 44 d.a.t. (b). Separazione delle medie tramite DMRT con $\alpha = 0.05$. I mezzi di trattamento senza lettere uguali sono significativamente differenti.

2.2.5.1 Mezzi di controllo infestanti

Sul campo sperimentale di *Holcus lanatus* L. la copertura di infestanti già alla data del primo rilievo raggiungevano nei plots fungenti da test (TNT) valori due volte superiori a quelle trattate con mezzi chimici (Figura 34a). Con l'avanzare del tempo d'osservazione, i trattamenti con Flazasulfuron e Linuron hanno fatto registrare effetti intermedi, mentre controllo con Pendimethalin ha avuto i più bassi valori in termini di densità di piante/m² in tutte le quattro ripetizioni. A 55 giorni dalla data di trattamento, la variazione di copertura totale di infestanti, rilevata senza tenere conto dell'apporto di carbone attivo, ha fatto registrare nelle parcelle di test e trattate con Propyzamide un forte incremento, mentre per gli altri trattamenti sono stati osservati valori estremamente bassi (Figura 34b). La densità dei germinelli di specie di malerbe è decrementata nei trattamenti con Flazasulfuron, Linuron e particolarmente con Pendimethalin (Figura 34c).

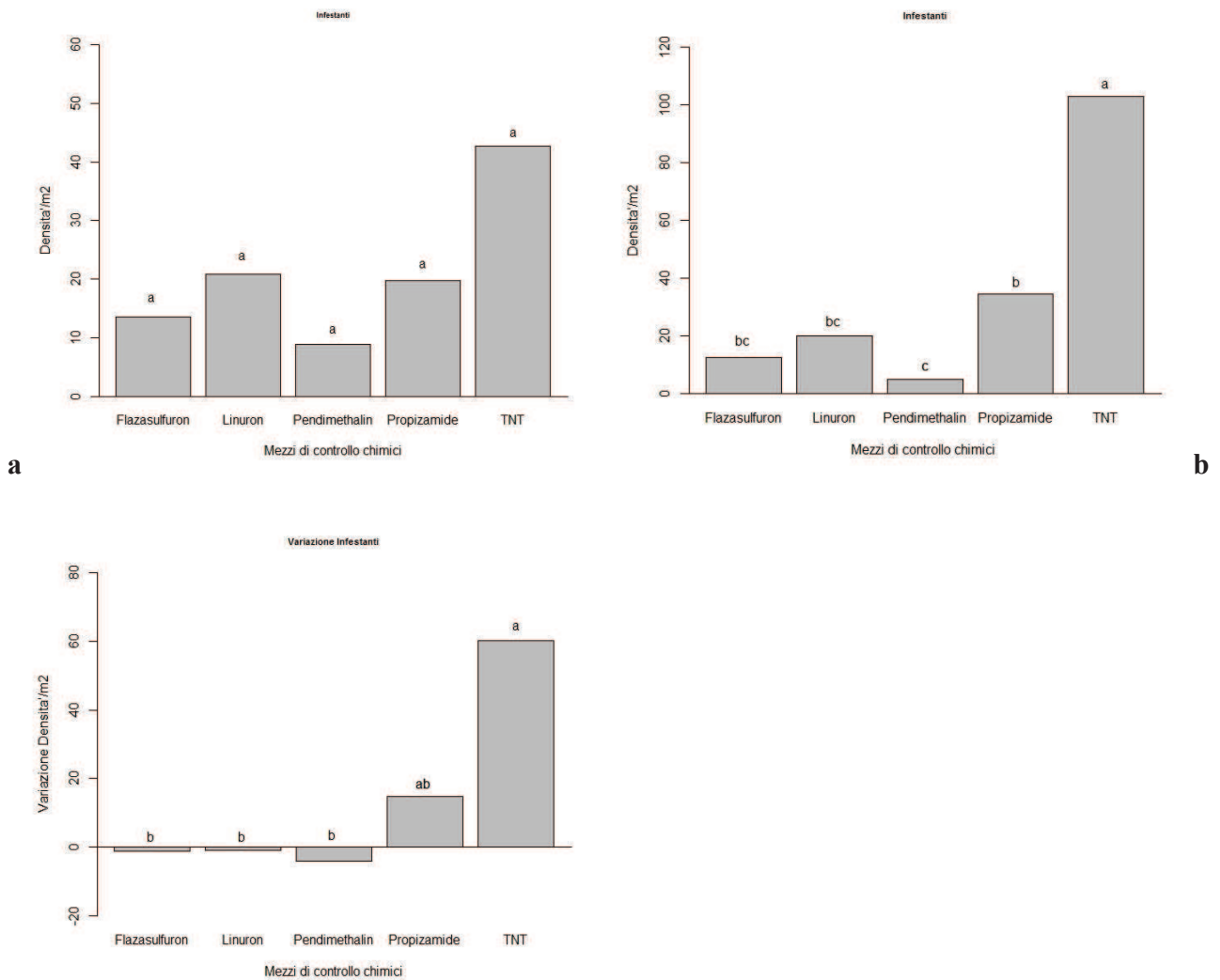


Figura 34: Densità della popolazione di infestanti su campo di prova di *Holcus lanatus* L. 21 giorni (a), a 55 giorni (b) dopo semina e trattamento, e la rispettiva variazione in funzione del trattamento erbicida (c). Media di quattro replicazioni per trattamento (Flazasulfuron, Linuron, Pendimethalin, Propyzamide e TNT). Analisi della varianza effettuata senza trasformazioni delle variabili. Separazione delle medie tramite test LSD di Fisher con $\alpha = 0.05$. Barre senza lettere uguali sono significativamente differenti.

Nel corso delle quattro osservazioni, la significatività dei fattori sperimentali è mutata col tempo. Circa undici settimane dopo l'allestimento del campo di prova di *Holcus lanatus* L. è stata misurata una copertura vegetazionale oscillante tra 5% e 90%. Come mostrano i risultati dell'analisi della varianza, l'efficacia del trattamento con Propyzamide nel controllo della densità delle infestanti negli spazi tra le file è stata intermedia tra le parcelle di controllo e le altre versioni di trattamento. I valori di densità assestati con le modalità di trattamento Propyzamide e Linuron sono stati consistentemente inferiori se comparati con quelli riscontrati nelle parcelle di controllo. Nonostante ciò, tuttavia, essi sono rimasti significativamente più alti rispetto a quelli accertati nelle parcelle trattate con Flazasulfuron e Pendimethalin. Tale andamento vale tanto per le dicotiledoni quanto per le infestanti graminacee.

Plots non trattati con mezzi chimici di controllo e fungenti da test presentavano il grado di copertura più elevato (83.4% in media).

2.2.5.2 Copertura e composizione botanica

Tra i prodotti erbicidi impiegati, i plots trattati con Linuron, i cui valori di copertura di infestanti erano relativamente bassi al momento del 4° rilievo, sono diventate quelle con il più alto grado di infestazione (80% in media), mentre il valore più basso in tutte le ripetizioni (10% in media) è stato riscontrato nei plots dove Pendimethalin è stato applicato. A 78 giorni dall'operazione di semina e trattamento, quando l'effetto residuale di Linuron è cessato, il suo effetto di controllo è stato trovato non essere significativo. L'effetto del controllo con Flazasulfuron e Propyzamide si è assestato invece su valori intermedi tra e Pendimethalin e le parcelle di controllo TNT (Figura 35).

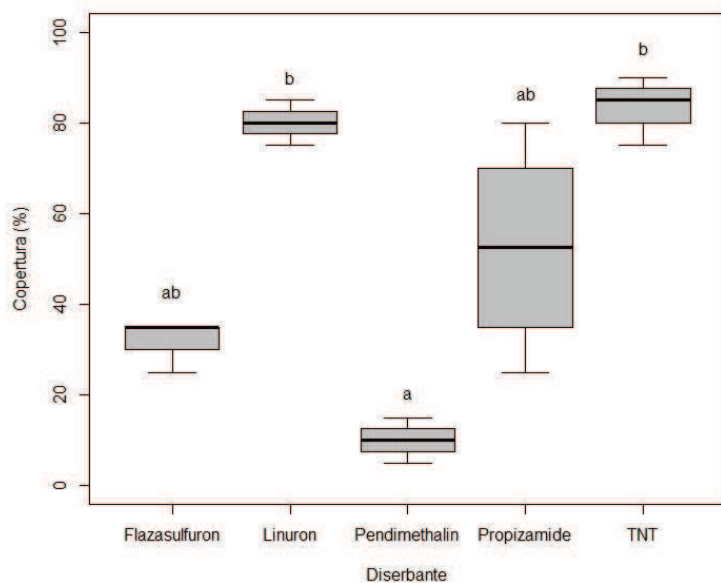


Figura 35: Effetto dei diversi prodotti erbicidi (Flazasulfuron, Linuron, Pendimethalin, Propyzamide, TNT) per l'area sperimentale di *Holcus lanatus* L. sulla copertura vegetazionale a 78 giorni dall'applicazione. Separazione delle medie entro ogni ripetizione tramite test di Dunn bilaterale e aggiustamento Bonferroni con $\alpha = 0.05$. Boxplots senza lettere uguali sono significativamente differenti.

La densità di piante accertate a 55 giorni dopo semina e trattamento, come presupposto, è stata molto variabile, oscillando tra 3 e 121 piante/m². Dalle analisi a posteriori si è potuto quindi assestare una densità media di 35 piante/m² (fanerogame). I valori medi decrescono dal blocco 2 (41 piante/m²) al blocco 1 (30 piante/m²); il blocco 3 presenta invece valore intermedio (37 piante/m²).

Le dicotiledoni hanno rappresentato numericamente quasi il 67% delle infestanti totali, seguite dalle graminacee (24%) e dalle leguminose (9%). In tutto sono state classificate 21 specie (Tabella 32). La maggior parte di esse e' stata individuata anche tra la vegetazione adiacente il campo di prova. La presenza di *Trifolium repens* non e' stata registrata nei rilievi eseguiti nell'area limitrofa il campo sperimentale, bensì e' stata accertata in una porzione non troppo distante essa. In particolare, *Poa annua* e *Chenopodium album* sono stati riscontrati spesso nell'area vicina alle parcelle. La più alta densità di piante viene raggiunta da un gruppo di quattro dicotiledoni (*Galingsoga parviflora*, *Capsella bursa-pastoris*, *Oxalis corniculata* L., *Conyza canadensis*). Tra le graminacee, il valore più grande e' stato trovato per *Digitaria sanguinalis*. Le leguminose sono rappresentate con valori molto bassi (3 piante/m²) da *Lotus corniculatus*.

In generale, la proporzione tra le specie non ha riflettuto l'abbondanza effettiva della vegetazione del soprasuolo circostante. Alcune graminacee infestanti, quali *Setaria viridis* o *Echinochloa crus-galli*, aventi una densità considerevole all'interno delle parcelle trattate, si sono mostrate alquanto scarseggianti nella vegetazione adiacente e meno soggetta a pratiche colturali.

Allo stesso modo, dicotiledoni quali *Taraxacum officinalis*, *Brachypodium rupestre* e *Silene vulgaris*, con discreti valori di copertura nella vegetazione circostante, sono state praticamente assenti o al più la loro presenza limitata ad un'unica e sporadica famiglia (es.: Caryofillacee).

Tabella 32: Infestanti rilevate sul campo sperimentale di *Holcus lanatus* L. presso la Fondazione Minoprio (data rilievo: 11/06/2013).

Specie	Densità piante/m ²	Specie	Densità piante/m ²
Graminacee	188	Dicotiledoni	509
<i>Digitaria sanguinalis</i>	146	<i>Galingsoga parvi flora</i>	125
<i>Setaria viridis</i>	21	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	119
<i>Echinochloa crus-galli</i>	19	<i>Oxalis corniculata</i> L.	92
<i>Cynodon dactylon</i>	1	<i>Conyza canadensis</i>	90
<i>Poa spp</i>	1	<i>Erigeron annuus</i>	30
Leguminose	4	<i>Portulaca oleracea</i>	17
<i>Lotus corniculatus</i>	3	<i>Cerastium arvensis</i>	9
<i>Trifolium repens</i>	1	<i>Chenopodium album</i>	8
		<i>Convolvulus arvensis</i>	7
		<i>Stellaria media</i>	4
		<i>Veronica persica</i>	3
		<i>Polygonum persicaria</i>	3
		<i>Amaranthus retroflexus</i>	1
		<i>Cardamime hirsuta</i>	1

2.2.5.3 Frequenze delle specie

Andando ad esaminare i valori di frequenza percentuale ottenuti dal rilievo delle diverse forme biologiche, si vede subito che *Conyza canadensis* ed *Erigeron annuus*, così *Digitaria sanguinalis*, *Setaria viridis* ed *Echinochloa crus-galli* siano correlate negativamente con il trattamento a Pendimethalin, mentre una forte correlazione positiva intercorre tra le stesse e le parcelle di controllo TNT, testimoni del grado di infestazione originario. Tra le specie citate e in particolar modo le graminacee, bassi valori di frequenza si rimarcano anche nelle parcelle di Flazasulfuron (Tabella 33), mentre dove Propyzamide e' stata impiegata i valori di frequenza crescono soprattutto per *Echinochloa crus-galli* e *Poa annua*, oltre che per alcune composite considerate tra le più problematiche quali *Galingsoga parviflora*, il cui valore di copertura e di densità e' stato giudicato il più elevato (fino al 22% dell'intera parcella, dato non mostrato) ed *Oxalis corniculata* (4.2 %).

Tabella 33: Variazione di frequenza delle varie specie rilevate nel campo di prova di *Holcus lanatus* L. (data:11/06) in base ai diversi trattamenti erbicidi. Correlazione tra le variabili studiata tramite correlazione di Pearson a 2 code con $\alpha = 0.05$ (n.s.= non significatività, *= $p < 0.05$, **= $p < 0.01$, ***= $p < 0.001$). Separazione delle medie tramite LSD test con $\alpha = 0.05$. Le medie di frequenza senza lettere uguali sono significativamente differenti.

Specie	Diserbante									
	TNT		Propyzamide		Flazasulfuron		Linuron		Pendimethalin	
Pearson's r	r	Sig.	r	Sig.	r	Sig.	r	Sig.	r	Sig.
<i>Galingsoga parviflora</i>	0.773	***	0.419	*	-0.351	n.s.	-0.397	n.s.	-0.443	*
	8.60 ^a		6.3 ^b		1.00 ^c		1.00 ^c		1.00 ^c	
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	0.99	***	-0.209	n.s.	-0.290	n.s.	-0.263	n.s.	-0.236	n.s.
	14.4 ^a		0.65 ^b		0.65 ^b		0.65 ^b		0.65 ^b	
<i>Conyza canadensis</i>	0.730	***	0.466	*	-0.278	n.s.	-0.422	*	-0.495	*
	5.6 ^a		4.5 ^a		0.90 ^b		0.90 ^b		0.90 ^b	
<i>Oxalis corniculata</i>	0.890	***	0.218	n.s.	-0.370	n.s.	-0.370	n.s.	-0.370	n.s.
	9.00 ^a		4.2 ^b		0.00 ^c		0.00 ^c		0.00 ^c	
<i>Cerastium arvensis</i>	0.963	***	-0.391	n.s.	-0.090	n.s.	-0.090	n.s.	-0.391	n.s.
	0.90 ^a		0.10 ^b		0.10 ^b		0.10 ^b		0.10 ^b	
<i>Veronica persica</i>	0.612	**	-0.408	*	0.612	**	-0.408	*	-0.408	*
	0.20 ^a		0.00 ^b		0.00 ^b		0.20 ^a		0.00 ^b	
<i>Portulaca oleracea</i>	0.99	***	-0.267	n.s.	-0.267	n.s.	-0.197	n.s.	-0.267	n.s.
	1.01 ^a		0.00 ^b		0.00 ^b		0.056 ^a		0.00 ^b	
<i>Cardamine hirsuta</i>	1.00	***	-0.250	n.s.	-0.250	n.s.	-0.250	n.s.	-0.250	n.s.
	1.00 ^a		0.00 ^b		0.00 ^b		0.00 ^b		0.00 ^b	
<i>Stellaria media</i>	1.00	***	-0.250	n.s.	-0.250	n.s.	-0.250	n.s.	-0.250	n.s.
	1.60 ^a		0.35 ^b		0.35 ^b		0.35 ^b		0.35 ^b	
<i>Convolvulus arvensis</i>	0.250	n.s.	0.250	n.s.	0.250	n.s.	0.250	n.s.	-1.00	n.s.
	0.15 ^a		0.15 ^a		0.20 ^a		0.15 ^a		0.15 ^a	

<i>Chenopodium album</i>	0.943 *** 1.03 ^a	0.086 n.s. 0.343 ^a	-0.343 n.s. 0.00 ^b	-0.343 n.s. 0.00 ^b	-0.343 n.s. 0.00 ^b	-0.343 n.s.
<i>Erigeron annuus</i>	0.647 ** 1.02 ^a	-0.311 n.s. 1.02 ^a	0.287 n.s. 1.02 ^a	0.168 n.s. 1.02 ^a	-0.790 *** 0.20 ^a	
<i>Digitaria sanguinalis</i>	0.851 *** 10.9 ^a	-0.298 n.s. 1.16 ^c	-0.361 n.s. 1.16 ^c	0.283 n.s. 6.4 ^b	-0.475 * 1.16 ^b	
<i>Setaria viridis</i>	0.857 *** 1.6 ^a	-0.257 n.s. 0.35 ^a	0.257 n.s. 0.35 ^a	-0.343 n.s. 0.35 ^a	-0.514 * 0.35 ^a	
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0.964 *** 1.20 ^a	-0.127 n.s. 0.00 ^b	-0.218 n.s. 0.10 ^b	-0.127 n.s. 0.00 ^b	-0.491 * 0.40 ^b	
<i>Poa annua</i>	-0.250 n.s. 0.00 ^a	1.00 *** 0.10 ^a	-0.250 n.s. 0.00 ^a	-0.250 n.s. 0.00 ^a	-0.250 n.s. 0.00 ^a	
<i>Lotus corniculatus</i>	0.875 *** 0.20 ^a	-0.375 n.s. 0.025 ^b	-0.375 n.s. 0.025 ^b	-0.375 n.s. 0.025 ^b	0.250 n.s. 0.025 ^b	
<i>Amaranthus retroflexus</i>	-0.375 n.s. 0.025 ^b	0.250 n.s. 0.025 ^b	-0.375 n.s. 0.025 ^b	0.875 *** 0.20 ^a	-0.375 n.s. 0.025 ^b	
<i>Polygonum persicaria</i>	0.612 *** 0.20 ^a	-0.408 * 0.00 ^b	-0.408 * 0.00 ^b	0.612 ** 0.20 ^a	-0.408 * 0.00 ^b	
<i>Trifolium repens</i>	1.00 *** 0.20 ^a	-0.250 n.s. 0.00 ^b	-0.250 n.s. 0.00 ^b	-0.250 n.s. 0.00 ^b	-0.250 n.s. 0.00 ^b	
<i>Cynodon dactylon</i>	1.00 *** 1.00 ^a	-0.250 n.s. 0.00 ^b	-0.250 n.s. 0.00 ^b	-0.250 n.s. 0.00 ^b	-0.250 n.s. 0.00 ^b	

Tendenza simile alla frequenza assestata per singolo diserbante si osserva anche nel numero di specie infestanti rilevate sulla singola parcella, parametro che vede le parcelle di controllo con valori 3 volte superiori a quelle di Pendimethalin (Figura 36), le quali anche 78 giorni dopo il trattamento hanno dimostrato un grado di infestazione stagnante (Figura 36; Figura 37).

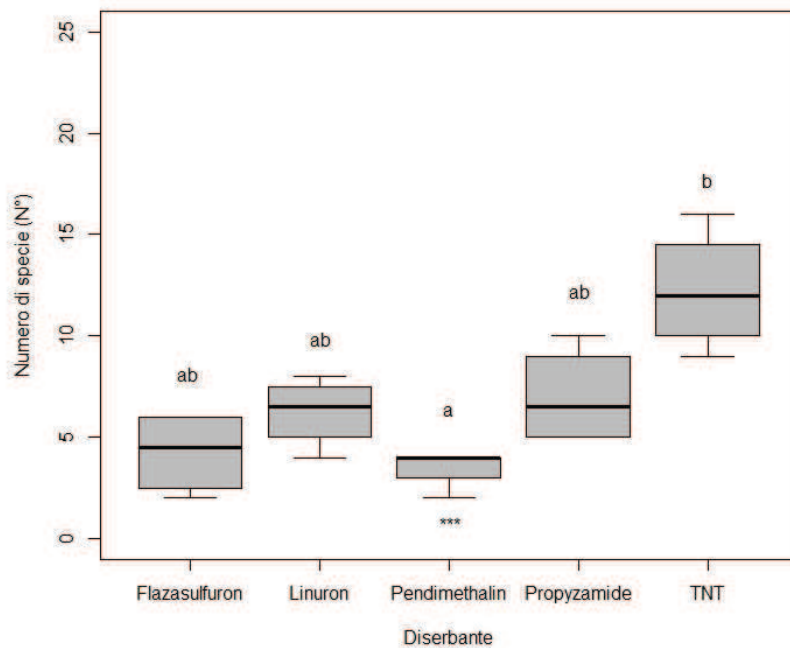


Figura 36: Effetto dell'applicazione dei diversi erbicidi sul numero di specie infestanti rilevato (data: 11/06). La significatività dell'effetto del diserbante e' stata calcolata tramite test di Kruskal-Wallis con test bilaterale di Dunn e aggiustamento di Bonferroni con $\alpha = 0.05$. Boxplots senza lettere uguali sono significativamente differenti. Boxplots con almeno un asterisco indicano differenza significative rispetto al controllo-TNT (***) ($***=p<0.001$).



Figura 37: Dilazione della crescita di infestanti adiacentemente alle file di semina di *Achillea millefolium* (secondo piano) ed *Holcus lanatus* L. (primo piano), protette da banda di CA ($3-6 \text{ g}^* \text{m}^{-1}$) in una parcella trattata con Pendimethalin (data: 04/07). Rimarchevole sviluppo arretrato di *Achillea millefolium*.

2.2.5.4 Dinamica vegetazionale della popolazione di infestanti in base al trattamento erbicida

Per meglio comprendere le interrelazioni tra i diversi mezzi erbicidi antigerminello, dai quali e' attesa azione ad ampio spettro, e le famiglie di malerbe alle quali fanno capo le specie riscontrate su rilievo di campo di *Holcus lanatus* L., e' stata effettuata l'Analisi delle Componenti Principali (PCA, *Principal Component Analysis*) a partire dalla matrice di correlazione (Figura 38). L'ordinamento dei vari mezzi mette subito in risalto una netta separazione lungo il primo asse tra le parcelle di controllo TNT e le altre versioni di trattamento.

Dalla Tabella 34 si evince che TNT e Pendimethalin hanno una forte correlazione con l'asse F1, che da sola e' in grado di spiegare il 66.79% della variabilità totale (Figura 38). Trattamento con Linuron risulta differente dal resto dei prodotti e strettamente correlato soltanto alla famiglia delle Amarantacee, che presentano appunto un forte legame con l'asse F2. Lungo il secondo asse, che spiega soltanto il 16.37% della variabilità totale, si assiste ad un consistente spostamento verso l'alto del trattamento con Linuron; in corrispondenza di esso, la copertura di alcune specie come *Polygonum persicaria*, *Amaranthus retroflexus*, *Erigeron annuus* e *Digitaria sanguinalis* e' stata trovata notevolmente maggiore che nelle parcelle degli altri diserbanti, con valori simili a quelli del controllo.

I trattamenti effettuati con Flazasulfuron, Propyzamide e Pendimethalin mostrano tendenza ad unificarsi, e possono perciò essere discriminati e classificati in uno stesso gruppo. In particolar modo, una correlazione significativamente negativa e' esibita da Pendimethalin e Flazasulfuron nei confronti della famiglia delle Poacee, alla quale fanno capo graminacee molto competitive come *Poa spp*, *Cynodon dactylon*, *Digitaria sanguinalis* e *Setaria spp*.

Tabella 34: Valori di \cos^2 per i quali la correlazione delle variabili con il rispettivo asse del grafico biplot risulta maggiore (valori in grassetto).

Erbicidi	F1	F2	F3	F4
Linuron	0,108	0,878	0,000	0,014
Flazasulfuron	0,267	0,112	0,621	0,000
Propyzamide	0,138	0,015	0,140	0,707
Pendimethalin	0,610	0,150	0,155	0,085
TNT	0,993	0,004	0,001	0,003

Tuttavia, come riportato in Tabella 34, Flazasulfuron presenta un legame più forte con l'asse F3, in corrispondenza del quale il maggiore contributo della variabilità totale e' fornito dalle famiglie delle Scrofulariacee, con formazione a *Veronica persica* e delle Convolvulacee, con formazione a *Convolvulus arvensis* (dati non mostrati).

Dall'ordinamento così ottenuto non risalta una precisa clusterizzazione delle classi; tuttavia, tra le famiglie strettamente correlate con le parcelle di controllo TNT (quadrante in basso a destra) vi si riscontra una prevalenza di quelle specie implicate nel cluster C (specie xerofile di terreni sabbiosolimosi nella forma a *Plantago major*), mentre nel quadrante in alto a destra si collocano quelle categorizzate nel cluster B (terreni ad alta intensificazione colturale caratterizzati da povertà in specie).

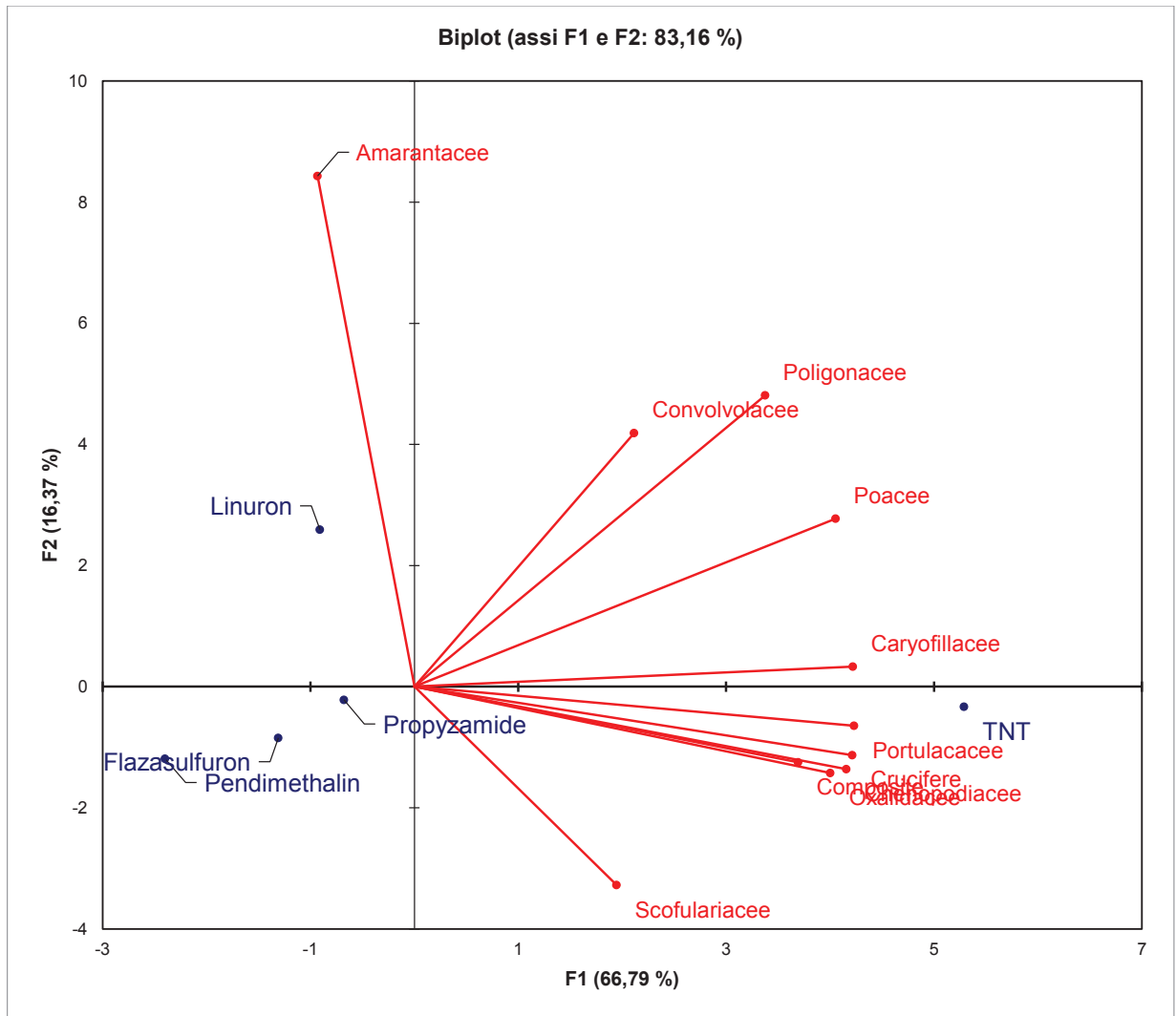


Figura 38: Ordinamento delle diverse forme biologiche di infestanti attraverso l'Analisi delle Componenti Principali (PCA) della matrice *copertura x erbicidi* costituita dai dati complessivi delle prove di campo di *Holcus lanatus* L. Solo i valori esterni alla fila seminata vengono considerati. Per la disposizione spaziale delle variabili e' stato usato il grafico biplot a distanza.

Qualche indicazione riguardo i fattori ecologici che possono aver influenzato la dinamica della vegetazione in presenza dei diversi mezzi di trattamento nelle parcelle sperimentali di *Bromus erectus* Hudson e *Holcus lanatus* L. e' stata ottenuta dall'analisi delle medie pesate dei fattori ecologici di Ellenberg relativi alle specie ivi rilevate (Figura 39). Variazioni non significative sono

state trovate per quanto riguarda gli indici di continentalità, umidità e fabbisogno di nutrienti, anche se essi tendenzialmente decrementano nelle parcelle di Linuron e Flazasulfuron. Prendendo in considerazione le parcelle non trattate TNT, tali valori oscillano tra 3 e 4, testimoniando quindi la maggiore incidenza di specie ricorrenti in distretti dal clima oceanico occidentale con suoli tendenzialmente aridi a falda profonda e impoveriti di sostanza organica (Pignatti et al, 2005). Una chiara tendenza negativa del numero di specie considerando gli indici di luce, temperatura e richiesta di nutrienti azotati e' stata osservata invece per il trattamento con Flazasulfuron, con valori oscillanti intorno a 3. Osservando l'incidenza di questi indici nelle parcelle di controllo, si denota una prevalenza di specie adattate alle condizioni della fascia temperata, colonizzanti i terreni di pianura fino alla bassa montagna e dall'attitudine mesofila, ossia mancanti su terreni decisamente acidi o basici (Pignatti et al, 2005).

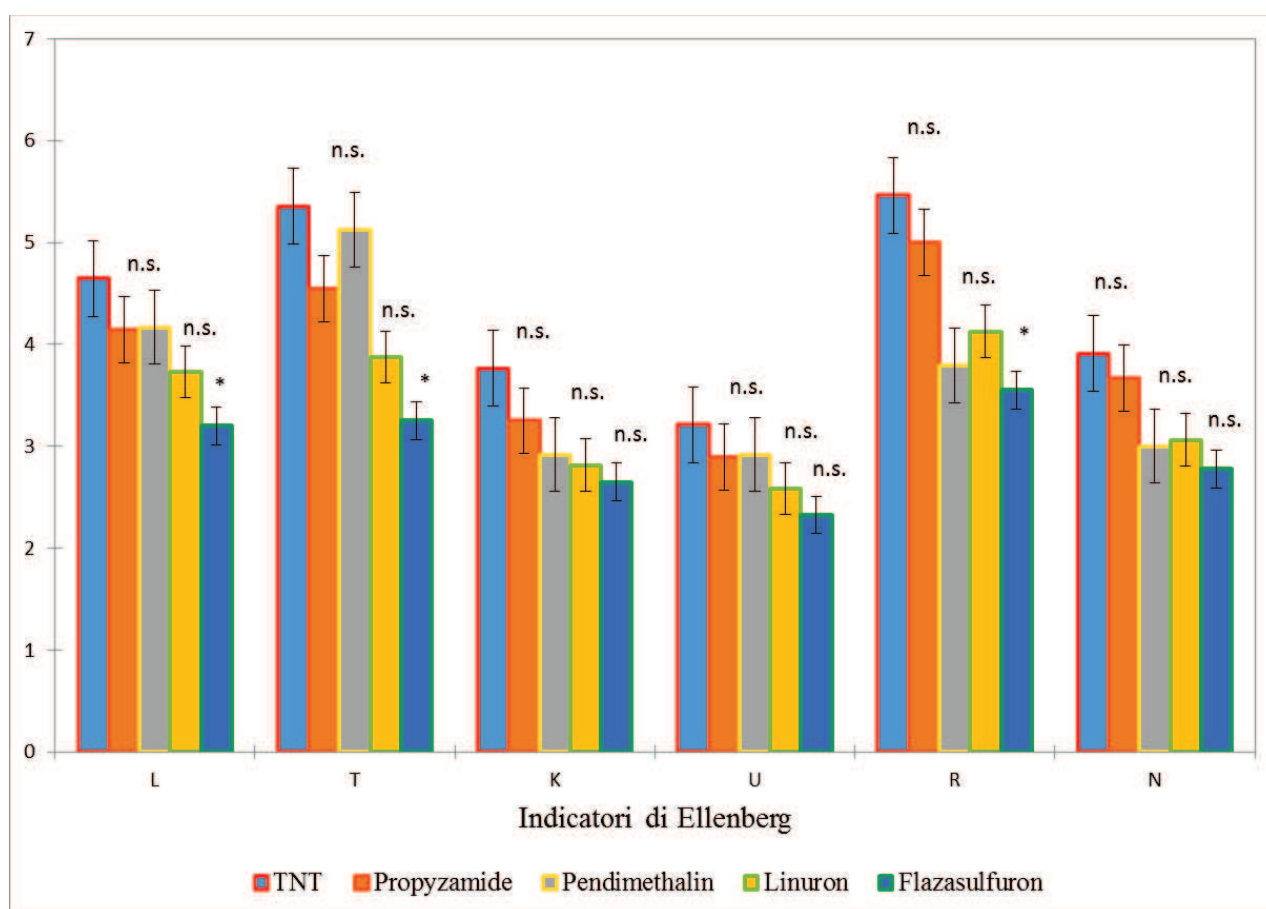


Figura 39: Medie pesate degli indicatori ecologici di Ellenberg nella stagione vegetativa 2013 delle specie sui campi di studio di *Bromus erectus* Hudson ed *Holcus lanatus* L.: L= Luce; T= Temperatura; K= Continentalità; U= Umidità; R= Reazione con il substrato; N= Nutrienti. Entro ogni mezzo di trattamento, la significatività e' stata studiata tramite test LSD di Fisher con $\alpha = 0.05$ (n.s.= non significatività, $*=p<0.05$).

2.3- Discussioni

Applicazione della tecnica del charcoal banding alle colture da seme di specie autoctone

2.3.1 PROVA IN SERRA

2.3.1.1 Qualità dei semi

Per quanto riguarda la percentuale di germinazione dei semi in laboratorio e il peso di 1000 semi (TSW), non sono rimarcabili differenze sostanziali tra il lotto proveniente dal Consorzio Alta Valtellina (denominazione XAV) e quello ottenuto dal campo di propagazione di flora autoctona presso Fondazione Minoprio (denominazione XCM 11.5 1° scelta), mentre una riduzione del peso dei semi (0.06 g) e della percentuale di germinazione è rimarcabile per il lotto di 2° scelta (denominazione XCM 11.5.2), che non ha subito trattamenti di pulizia della frazione. Se tali risultati siano anche attribuibili alle fluttuazioni climatiche lungo il periodo di raccolta, resta però inspiegato.

2.3.1.2 Sensibilità dei germinelli di *Achillea millefolium* ai diserbanti

Senza l'applicazione della banda di carbone attivo, i risultati delle indagini circa la suscettibilità di *Achillea millefolium* ai diversi diserbanti suggeriscono che nella prova *Achillea millefolium* I lo sviluppo più rapido in termini di altezza e densità/m² è stato conseguito con l'uso di Propyzamide e Flazasulfuron applicati nella dose minima prescritta dal produttore (rispettivamente 4 L*ha⁻¹ e 0.08 kg*ha⁻¹), esibito già 5 giorni dopo semina e trattamento. È interessante rimarcare come nelle parcelle trattate con Propyzamide in *Achillea millefolium* I e *Achillea millefolium* II il trend germinativo nel tempo è stato simile a quello ottenuto nelle parcelle di controllo non trattate (TNT), e all'interno della fila non si sono registrati segni di fitotossicità (Figura 40).



Figura 40: Esempio rappresentativo di plot di *Achillea millefolium* I trattato con Propyzamide. Fotografia scattata 21 giorni dopo il trattamento.

Al contrario, nelle file trattate con Pendimethalin, spruzzato in dose $4 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$, solo il 16% dei semi sono germinati al momento di massimo sviluppo in *Achillea millefolium* I, assestato a circa 13 giorni dopo l'allestimento delle parcelle.

Conformemente all'esperimento di Burr et al. (1972), in *Achillea millefolium* I i semi messi a dimora ad una profondità di 0.5 cm hanno recepito in uguale misura a quelli seminati a 2 cm nel terreno il trattamento protettivo del carbone ($F_{1,66} = 3.62^{\text{n.s.}}$).

Con il procedere del periodo di osservazione si è registrato però un forte decremento di densità di piantine in entrambi gli esperimenti, e ciò testimonia una suscettibilità abbastanza accentuata di *Achillea millefolium* nei confronti di quasi tutti gli erbicidi in assenza di protezione con carbone attivo, in particolar modo con le varianti Pendimethalin e Linuron, seppur impiegati nella dose più bassa.

2.3.1.3 Effetto protettivo del carbone attivo

In serra, i due quantitativi di carbone attivo (120 e $240 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) non differiscono marcatamente nell'effetto e non sempre sono stati in grado di offrire sufficiente protezione ($F_{2,42} = 0.62^{\text{n.s.}}$). La risposta germinativa di *Achillea millefolium* agli erbicidi PRE-emergenza è stata, in linea di massima, simile a quella riscontrata in altri esperimenti su piante cresciute in seminiere (Willoughby et al, 2003; Clay et al, 2006), ossia Pendimethalin e Linuron risultati maggiormente fitotossici, con meno evidenze di un vero effetto protettivo dall'applicazione di carbone attivo, e

Propyzamide la variante meno dannosa in combinazione con tutte le dosi usate di carbone attivo (Figura 41a). Tuttavia, tale apparente mancanza di effetto può anche essere dovuta al fatto di non aver sparso precisamente la banda di carbone sulle file, lasciando così i semi esposti all'azione diretta dell'erbicida (Figura 41b).

Ulteriori sperimentazioni con applicazione di trattamento a carbone in dosi maggiori e su un campione maggiore di semi sarebbero necessarie per confermare che tale mezzo di protezione non ha effetto con Linuron e Pendimethalin in ambiente di serra.



Figura 41: Seminiere danesi accoglienti sementi di *Achillea millefolium* e soggette a trattamento con Propyzamide (a) e con Pendimethalin (b), entrambi in dose $4 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Con altri erbicidi come Flazasulfuron, che a differenza di Pendimethalin e Linuron esplica la sua azione mediante assorbimento radicale, vi e' la possibilità che una quantità sufficiente di prodotto sia stata legata dalle microparticelle del carbone attivo prima che questo abbia potuto traslocarsi per via radicale e danneggiare i tessuti.

Questo aspetto non e' stato osservato con trattamento Propyzamide, nei confronti del quale l'impiego di carbone attivo ha inaspettatamente agito sinergicamente, provocando decrementi di piantine sempre più rimarcabili nel tempo.

2.3.2 PROVA SU CAMPO

2.3.2.1 Considerazioni generali della prova su campo

Condizioni climatiche

In accordo con le aspettative basate sulla posizione altitudinale del sito di sperimentazione, le condizioni climatiche in entrambe le stagioni vegetative sono state ritenute relativamente favorevoli per la crescita delle piante.

Nel periodo di affermazione si ha ragione di ritenere che i germinelli delle colture non hanno subito ne' stress idrici ne' danni da freddo. Tuttavia, l'alta frequenza di precipitazioni e l'incidenza di eventi intensi di pioggia immediatamente successivi la preparazione dell'area di prova (Tabella 1) potrebbero aver influito negativamente sul legame di alcuni erbicidi con la matrice come ad esempio Propyzamide (Cockerham, 1985). L'insorgenza di deflusso superficiale nella fase iniziale potrebbe aver causato il trasporto verso il basso dei semi e altri materiali con il movimento dell'acqua.

Alla fine della prima stagione vegetativa, eventi avversi come gelate diffuse sono stati estremamente rari; inoltre, la disponibilità d'acqua e' stata ritenuta adeguata per tutto il periodo d'osservazione.

La ventilazione media tipica del sito non si ritiene possa essere stata rilevante per la scorretta crescita delle piantine.

Suolo

Le differenze riscontrate tra la vegetazione indisturbata circostante il sito di sperimentazione e quella all'interno delle parcelle di prova confermano quanto osservato già da diversi autori. Richardson et al. (2000) osservano che i siti soggetti ad alta intensificazione colturale vanno incontro a notevole decremento di carbonio organico (fino a 10 volte meno rispetto al contenuto originario) ed a notevole incremento della componente azotata (fino a 15 volte in più rispetto al contenuto originario). Analoga situazione e' stata appunto contemplata per il terreno del sito di osservazione in campo della Fondazione Minoprio, anche se in misura più lieve a causa della parziale re-incorporazione dello strato superficiale di suolo con apporti carbonatici attraverso lo spianamento del terreno mediante mezzo meccanico. Per questo motivo il contenuto in nutrienti e' stato giudicato ad un livello soddisfacente. In particolar modo, il contenuto in nitrati e' stato valutato al di sopra del livello minimo necessario per le comunità di piante alla crescita auto-sostenuta in terreni con alto grado di disturbo antropico, corrispondente approssimativamente a 0.05%, in accordo con Claassen and Hoogan, 1996). Anche il contenuto in P_2O_5 riscontrato si colloca superiormente all'intervallo considerato normale per le matrici sabbiose dagli stessi autori, oscillante tra 122 e 142 $mg \cdot kg^{-1}$ di terreno, mentre la frazione di potassio scambiabile (0.04

meq/100 g s.s.) e' stata trovata molto inferiore alla soglia considerata ottimale (oscillante tra 0.25 e 0.35 meq/100 g s.s., Valagussa et al, 2011).

Il contenuto in humus nel suolo (3.3%) rientra invece leggermente al di sotto della gamma accettabile per i terreni con elevato contenuto di sabbia (corrispondente circa al 5% in accordo con Miller, 2000). Tuttavia, comparazioni dirette con campioni di terreno analizzate in regioni profondamente diverse dal sito di prova possono non essere attendibili, dal momento che anche nel caso di matrici tendenzialmente silicatiche il contenuto in scheletro può raggiungere alti valori. Persino il valore misurato al fine del lavoro con campioni setacciati a 2 mm può non essere rappresentativo della situazione complessiva nel campo.

Le analisi delle particelle non e' stata eseguita su campioni provenienti dall'area interessante lo studio, ma e' ipotizzabile che là il terreno contenga maggiore materiale costituente lo scheletro rispetto a settori meno soggetti ad intensificazione colturale, in quanto con le operazioni meccanizzate (aratura, erpicatura, etc.) gli strati superficiali e profondi si mescolano insieme e di conseguenza il contenuto in scheletro aumenta con l'aumentare della profondità (Mosimann, 1983). L'incremento di calcio carbonato rilevato dopo l'allestimento delle aree di studio e' un evidente segno di mescolamento degli strati profondi con quelli superficiali, soggetti appunto a frequenti apporti ammendanti.

2.3.2.2 Analisi di purezza e peso di 1000 semi

La coltivazione di *Bromus erectus* Hudson su terreno di fondovalle ha permesso il raggiungimento precoce della fase riproduttiva per quasi tutti i campioni utilizzati. Un incremento nella velocità di crescita e sviluppo può essere relazionato al fatto che i campioni sono stati propagati in condizioni controllate e favorevoli sia dal punto di vista climatico che nutrizionale. In genere deve essere raggiunta una taglia minima perché la riproduzione possa avere inizio (Samson and Werk, 1986). Nel caso di *Bromus erectus* Hudson, tale fase può considerarsi iniziata quando i rametti inferiori si raccolgono in numero di 2, e la pannocchia inizia ad assumere colorazione marrone (Krautzer et al, 2004).

Il peso di 1000 semi non scarificati di una popolazione di *Bromus erectus* Hudson di 1° scelta, propagata presso Fondazione Minoprio (4.38 g) e' stato molto simile a quello ottenuto dal campione propagato presso DET dell'Università di Pavia (PV III) indifferentemente alle operazioni di pulizia dei semi da residui di coltivazione e da individui infestanti (4.21 g).

Ad eccezione della popolazione di 2° scelta e non pre-trattata con KNO₃, la germinazione osservata e' da considerarsi soddisfacente, ed ha risposto allo standard di accettabilità di almeno 75% (Krautzer, 1995b).

Nel caso di *Holcus lanatus* L., con semi non selezionati e non trattati la minore germinazione osservata e' stata già riportata da diversi autori (Wilhelm, 1990; Krautzer, 1995a), ed il cui trend germinativo e' oscillato tra il 20% e il 40%. Le considerazioni avanzate per *Bromus erectus* Hudson riguardo l'influenza dell'ambiente della piante madre sulla germinazione possono considerarsi valide anche per *Holcus lanatus* L. Resta non chiaro se l'influenza delle condizioni ambientali in cui e' stata propagata la pianta madre così come le operazioni di purificazione abbia giocato un ruolo chiave sul peso di 1000 semi assestato, in quanto le differenze nel peso tra i due trattamenti

risultano poco evidenti (0.324 g per il campione XCM I ripulito e 0.318 g per XCM II non purificato).

2.3.2.3 *Bromus erectus* Hudson

Analogamente a quanto affermato da Krautzer (2004; 1995a), *Bromus erectus* Hudson si è mostrato una specie molto competitiva e frugale. Con trattamento a Flazasulfuron e Pendimethalin si è potuto assestare una media di 155 piante/m² prima della pausa vegetativa, e ciò indica che anche soltanto una semplice limitazione della pressione delle malerbe durante le prime fasi di sviluppo è stata sufficiente a garantire alla coltura di affermarsi correttamente e successivamente competere con le infestanti. Si considera che *Bromus erectus* Hudson abbia un'alta produzione sementiera potenziale (Werder, 1996) e produzione di sementi di 12-15 kg*ha⁻¹ non sono rare alla prima raccolta (Krautzer, 2004; 1996b).

Suscettibilità di Bromus erectus Hudson ai diserbanti

I diserbanti testati e le dosi applicate sono riportati in Tabella 14. Tra i quattro trattamenti condotti, i germinelli hanno mostrato alta sensibilità a Flazasulfuron, che nei primi 2 blocchi riceventi più luce, ha provocato la nascita di piantine rosse e dall'aspetto rinsecchito, con evidenti segni di fitotossicità e/o ustioni. Prima della fine della stagione vegetativa, Oxadiazon applicato in dose 2 L*ha⁻¹ ha determinato una mortalità sulle file non protette da carbone attivo del 97%. Con la ripresa vegetativa, un sensibile aumento di tolleranza nei confronti di Oxadiazon è da ricondurre in parte alla decomposizione del principio attivo, in parte al vigore manifestato dalla nascita di nuovi germinelli rimasti quiescenti al momento della messa a dimora e usciti dalla dormienza in seguito ad aumento di umidità del terreno (Hartmann et al, 1990).

Protezione di Bromus erectus Hudson con carbone attivo

Carbone attivo, applicato in forma di banda protettiva in dose pari a 8 g*m⁻¹ ha conferito una ragguardevole protezione da tutti gli erbicidi. Diversamente dagli esperimenti di McCalla et al. (2000), un notevole incremento della produzione di germinelli è stato osservato nelle parcelle di Oxadiazon (167 piantine/m²); ciò conferma che un tale quantitativo di protezione è stato sufficiente a proteggere le radichette neoformate delle piantine germinate, attraverso il quale l'erbicida viene traslocato nei tessuti meristemati. Con gli altri erbicidi, i quali esplicano la loro azione attraverso l'adsorbimento tramite l'ipocotile, c'è stata minor evidenza di un'efficace azione da parte del carbone. Una buona resa è stata ottenuta anche con Linuron e Pendimethalin, ma va rimarcata la presenza di germinelli con sintomi di fitotossicità, in aumento con il procedere della stagione, anche in presenza di carbone attivo.

Un possibile incremento dell'azione schermante nei confronti di Oxadiazon può essere riconducibile al fatto che l'adsorbimento da parte del carbone dei residui fitotossici in condizioni di suolo umido: numerosi studi riguardanti l'effetto protettivo del carbone dimostrano che, sulle colture da seme trattate con erbicidi dello stesso gruppo di Oxadiazon e Pendimethalin,

l'applicazione della banda a secco su terreno bagnato permette una maggiore protezione (Hoagland, 1989).

Sono desiderabili però ulteriori sperimentazioni sulle facoltà protettive del carbone applicato sottoforma di banda prima che si possano avanzare conclusioni univoche riguardo i prodotti testati, specialmente per le varieghe condizioni su campo: per fare un esempio, dal momento che all'inizio dello studio i primi due blocchi di ripetizione ricevevano più ore di sole, si sarebbe portati ad attribuire a ciò eventuali differenze di germinazione rispetto al resto dell'area.

Tale studio è stato ripetuto prima della fine della stagione vegetativa 2013 al fine di confermare questi primi risultati.

2.3.2.4 *Achillea millefolium*

In contrasto con quanto osservato nella prova di *Bromus erectus* Hudson, ma coerentemente con i risultati ottenuti dalle esperienze in serra, la crescita di *Achillea millefolium* su campo è proceduta molto lentamente. Conformemente alle osservazioni di Krautzer et al. (2004), l'elevata pressione delle malerbe a foglia larga, sia entro che fuori la fila di semina, ha impedito alle piantine di *Achillea millefolium* di raggiungere, nel periodo considerato, una biomassa fogliare consistente.

Dopo 6 settimane la produzione di germinelli sani fluttua in media tra i 5 ed i 12/m (Tabella 19) e valori di copertura su fila seminata in tutte le parcelle estremamente bassi (0.68% in media su quelle trattate con Linuron, dati non mostrati), seppur in condizioni favorevoli in termini di disponibilità idriche per l'apertura degli acheni (Oomes and Elberse, 1976; Bostock and Benton, 1979). In accordo con le ricerche di Franzaring et al. (2001), i sintomi di fitotossicità sono comparsi già tre giorni dopo l'operazione di trattamento ed hanno interessato dapprima l'estremità fogliare, per poi espandersi fino al centro. Tali effetti risultavano molto evidenti nelle parcelle trattate con Pendimethalin, che è noto aver un buon controllo pre-emergenza di molte colture eccetto che per le Composite (Willoughby and Clay, 1999).

Protezione dei semi di Achillea millefolium dall'effetto dell'erbicida

La risposta germinativa di *Achillea millefolium* nei confronti del trattamento combinato di erbicidi e carbone attivo è variato nel corso delle indagini. Carbone attivo in tutte le dosi applicate (120, 240 kg*ha⁻¹) ha significativamente ridotto la tossicità se comparato con le parcelle che non hanno ricevuto il trattamento protettivo (Figura 42). Meno evidente è la differenza tra le due dosi, che hanno permesso una sufficiente protezione per tutto il periodo.

A causa di intensi eventi piovosi susseguitisi dopo semina e trattamento, è ragionevole credere che una parte dei semi sia stata lisciviata al di fuori delle file, entrando in contatto con la componente tossica dell'erbicida negli spazi adiacenti i solchi. Tra le varianti di trattamento, le parcelle trattate con Propyzamide (Kerb Flo[®]) sembrano aver subito meno l'azione di controllo, in quanto tale erbicida esibisce la tendenza di essere trasportato profondamente nel suolo se più di 50 mm di pioggia accorrono nei 7 giorni successivi all'applicazione (Cockerham, 1985). L'eventuale di lisciviazione del terreno non ha invece costituito un problema per gli altri erbicidi,

i quali vengono assorbiti efficacemente dai colloidali anche in presenza di terreno già bagnati (Cockerham, 1985).

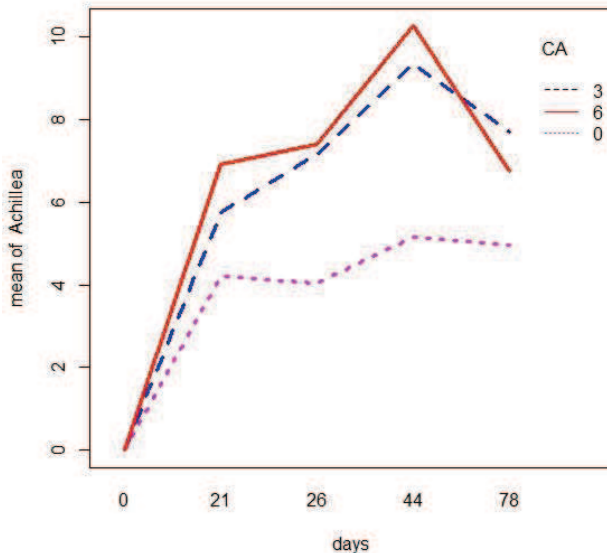


Figura 42: Andamento dell'emergenza di *Achillea millefolium* lungo il periodo di osservazione in base alle dosi applicate di carbone attivo ($\text{g}\cdot\text{m}^{-1}$).

Tuttavia, in corrispondenza di Pendimethalin, che su matrice altamente sabbiosa come quella delle parcelle di studio vede ridurre il proprio effetto residuale, soltanto con carbone attivo applicato a $6 \text{ g}\cdot\text{m}^{-1}$ si è potuto ottenere un'adeguata protezione nel tempo, anche 100% di piantine in più rispetto alle parcelle di controllo non trattate.

Sulla funzione protettiva della banda di carbone l'umidità del terreno al momento dell'applicazione non si ritiene abbia giocato ruolo chiave (Burr et al, 1972).

2.3.2.5- *Holcus lanatus* L.

Conformemente agli studi di Bailey (1966), con semina primaverile ed alta umidità relativa (circa 80%, Tabella 1), seguita da periodi di relativa siccità, i germinelli di *Holcus lanatus* L hanno esibito rapido sviluppo, che ha permesso loro di essere competitivi già dalle prime fasi di crescita (Watt, 1978a). L'operazione di aratura eseguita prima dell'inizio della ripresa vegetativa può avere contribuito alla corretta affermazione delle piantine (Mortimer, 1976).

Sulle file dove non è stato sparso carbone attivo, è stato osservato fin dall'inizio dello studio un consistente decremento di densità di *Holcus lanatus* L., indicando che tutte le varianti di trattamento hanno danneggiato le piantine nelle file.

Come osservato nelle ricerche di Fryer and Makepeace (1978), Linuron nella dose consigliata dal produttore ($1 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) comporta severi decrementi di copertura in assenza della banda di carbone attivo; analogo discorso vale per Pendimethalin e Propyzamide, adatti al controllo della specie nelle

regioni dove essa popola i prati sottoforma di infestante (McCarty, 2001). Con il procedere della stagione, tutte le versioni di trattamento hanno però mostrato un decremento nell'effetto fitotossico. I risultati dell'esperimento mostrano che l'uso di carbone attivo ha conferito protezione efficace per tutti i tipi di trattamento ($F_{2,30} = 44.7 = p < 0.001$). La sua applicazione in dose $240 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ha fornito complessivamente adeguata protezione da Pendimethalin e Propyzamide, mentre con Flazasulfuron e Linuron la dose intermedia, anche nel caso di *Holcus lanatus* L. pari a $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, è stata sufficiente a schermare l'effetto fitotossico nel tempo. Al termine del periodo di osservazione, la quasi assenza di differenze tra le versioni di trattamento in abbinamento alla dose intermedia di carbone attivo si ritiene possa essere dovuta alla cessazione del controllo sulle malerbe (vedi Parte 2) ed all'affermazione delle piantine in termini di espansione e di conquista dello spazio vitale disponibile (Grime and Hunt, 1975).

In considerazione della resa germinativa complessiva, si può dedurre che il trattamento con Propyzamide sia stato adeguato in un'ottica di successiva produzione di semente di *Holcus lanatus* L.

Controllo della popolazione di malerbe

2.3.3 PROVA IN SERRA

Dal momento che la presente prova è stata pianificata principalmente per testare la suscettibilità delle specie studiate e delle malerbe ai diserbanti scelti e al carbone attivo, non è stato fatto nessun tentativo di valutare la popolazione di infestanti esternamente alle file seminate, considerata anche la difficoltà della stima visiva a causa della prossimità delle piantine entro ed al di fuori delle file. L'eventuale presenza di diatomee sulle aree soggette agli sgocciolamenti di irrigazione non è stata presa in considerazione.

I risultati conseguiti in *Achillea millefolium* I e *Achillea millefolium* II difficilmente conducono a conclusioni univoche. In *Achillea millefolium* I sono risultati effetti significativi sia da parte dell'applicazione di carbone attivo che della sua interazione con il fattore diserbante ($F_{4,67} = 9.25^{***}$). Analizzando singolarmente le singole combinazioni, si ha rilevato un consistente decremento della popolazione di infestanti dicotiledoni, ricorrenti con valori maggiori di copertura, soltanto con Linuron ($1 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$), Propyzamide ($4 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$) e Pendimethalin ($4 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$), impiegati su file non trattate con carbone attivo si è potuto ottenere un efficace controllo, mentre tale classe è risultata praticamente immune dall'effetto dell'erbicida con tutti i prodotti se abbinati a trattamento protettivo, nel caso della presente esperienza erogato in monodose ($240 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), determinando valori di copertura totale media superiore del 50% rispetto alle file non trattate.

Per il controllo della popolazione di graminacee meglio si adattano Flazasulfuron e Pendimethalin (Muccinelli 2011), quest'ultimo estremamente efficace nel controllo delle piantine tra la banda di carbone attivo.

Globalmente, anche per quanto riguarda il controllo della flora infestante non si sono registrate differenze di crescita tra la banda protettiva e trattamento del terreno a profondità 0.5 cm e 2 cm (Nishimoto et al., 1969).

Nel caso di *Achillea millefolium* II osservazioni analoghe si possono fare per il trattamento con Flazasulfuron, il quale ha esibito un'azione efficace soltanto verso la popolazione di graminacee in abbinamento alla dose più alta di carbone. Controllo eccellente e' stato poi fornito da Pendimethalin e Propyzamide sia in presenza che in assenza della banda di carbone. Al contrario, Linuron ($2 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$) ha dimostrato una netta inefficacia, crescente con il quantitativo di carbone.

Come osservato anche da Willoughby and Clay (1999), nelle serre con rivestimento in polietilene come quella dello studio corrente, in cui la radiazione solare riscalda il suolo e gli interni più velocemente di quanto il calore accumulato possa abbandonare la struttura (Anonimo, 2009), trattamento con Propyzamide può incrementare notevolmente la sua efficacia sulle specie annuali sia della famiglia di graminacee che dicotiledoni (Willoughby, 1996b). Nei confronti di quest'ultime, un controllo efficace si e' potuto conseguire già con dose intermedia di carbone attivo ($120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), ed al contempo una crescita ragguardevole di piantine di *Achillea millefolium*.

Nessuna differenza significativa e' stata trovata nell'applicazione di Pendimethalin con le diverse quantità di carbone attivo nel controllo delle malerbe dicotiledoni (Tabella 25). Nei confronti di quest'ultime, tendenza inversa rispetto a tutti gli altri diserbanti, ossia netta inefficacia su terreno lasciato scoperto dalla banda protettiva, e' stata dimostrata anche da Flazasulfuron, con cui la densità di infestanti e' stata simile a quella riscontrata nei plots TNT. Questo comportamento, rilevato anche nelle prove su campo, potrebbe essere dovuto al fatto che il prodotto ha la tendenza a muoversi nel terreno, intaccando meglio la piantina bersaglio nelle primissime fasi di sviluppo (Beam et al, 2004). Allo stesso modo, e' possibile che una parte della dose impiegata si sia mossa al di sotto del carbone attivo, risultando inefficace verso le piante a partire dall'emissione della 3° foglia.

Nel complesso, conformemente ai risultati delle ricerche di Rolston (1978), la presente sperimentazione rivela che, in condizioni di serra, la soluzione senza addizione di carbone attivo può essere un'alternativa conveniente al suo impiego.

Nella protezione dall'effetto tossico dell'erbicida non si ritiene che l'ammontare di irrigazione periodica nell'ambiente serra (16 ore giornaliere) sia stata determinante (Ahrens, 1965; Burr et al., 1972), anche se un movimento laterale del prodotto a seguito dell'erogazione di pioggia artificiale quale concausa di una sua minore efficacia non può essere escluso.

2.3.4 PROVA SU CAMPO

2.3.4.1 Valutazione generale della prova di campo

Seed bank

Negli ultimi 15 anni in Europa Occidentale sono state condotte numerose sperimentazioni riguardo l'analisi seed bank (Thompson et al, 1997), sia in ambiente di fondovalle (Colbach and Debaecke, 1998; Forcella et al, 1996) sia in ambiente montano (Prock et al, 1998; Urbanska and Fattorini, 1998a, Urbanska and Fattorini, 1998b; Diemer and Prock, 1993). In aree soggette ad alta intensificazione colturale, dove lo strato superficiale del suolo è stato rimosso o lasciato in abbandono, è stata riscontrata in più anni successivi una densità seed bank di specie naturali decisamente bassa (circa 50 semi/m², Gold et. al, 1996).

In confronto a quanto riportato dalle ricerche di diversi autori su terreni agricoli in Nord Italia (Zanin et al, 1992) e altrove (Mayor and Dessaint, 1998; Forcella et al, 1992; Warnick, 1984; Barralis and Chadoeuf, 1987; Roberts and Chancellor, 1986), il valore di densità/m² osservato dall'estrazione manuale dai vari campioni è stato consistentemente basso.

Come appare evidente in Figura 26, la percentuale di semi recuperati e la relativa enumerazione varia in modo apprezzabile in base al metodo utilizzato; anche se delle differenze significative sono state trovate dall'ANOVA. Il contenuto di semi nel campione affiorante collezionato dalla centrifugazione del fondo (circa 20.25*10³ semi/m²) è stato circa il doppio di quello ottenuto dalla semplice flottazione con alta aliquota di sabbia (circa 9.68*10³ semi/m²). Valori simili sono stati riscontrati anche da Baldoni et al. (2000) in terreni soggetti a frequenti operazioni di aratura e trattamenti erbicida.

Inoltre, a differenza delle considerazioni di Espeland et al. (2010), l'emergenza percentuale di infestanti osservata negli studi su campo è stata molto superiore della percentuale di germinazione ottenuta nelle piastre Petri in laboratorio. Con buona probabilità, la germinazione percentuale sarebbe potuta essere maggiore se trattamenti atti ad interrompere la dormienza fossero stati applicati (Hock et al., 2006), la cui entità sarebbe dovuta variare a seconda delle specie (Clauss and Venable, 2000).

Per quanto concerne l'operazione di affioramento e setacciatura si può giungere alla conclusione che il rinvenimento di ogni specie sementiera è stato significativamente influenzato dalla tessitura del suolo. In particolare, la presenza cospicua di particelle di sabbia ha determinato il fatto che i semi vi aderissero e che venisse loro impedito di essere trasportati in superficie durante l'operazione di affioramento a monte dell'aggiunta di K₂CO₃. In accordo con le ricerche di Mesgaran (2007), tanto maggiore la presenza di particelle sabbiose, quanto più alto il rischio di sottoestimazione dell'effettiva popolazione sementizia.

Composizione vegetazionale circostante

Anche dal punto di vista della vegetazione circostante le aree di prova, il sito di sperimentazione presso Fondazione Minoprio ha presentato una situazione abbastanza favorevole. La presenza di vegetazione autoctona ben stabilizzata e in stretto contatto con i campi di studio costituisce un vantaggio per una possibile immigrazione di specie autoctone nelle parcelle sperimentali, dal momento in cui la flora circostante funge da fonte di semi e/o propaguli vegetativi. Considerando anche le modifiche dei siti di rilievo, considerevoli ma non sostanziali, a causa della conservazione del terriccio originario, l'uso della vegetazione circostante quale riferimento di valutazione per una succesevole operazione di rinaturazione e' giudicato plausibile.

In altre parole, i rilievi effettuati anche in settori si soggetti a disturbo antropico, ma mai ripristinati dal punto di vista del mosaico vegetazionale, hanno fornito importanti indicazioni riguardo le specie che sarebbero in grado di diffondersi e ri-colonizzare le aree meccanizzate. Infatti, la classificazione delle compagini vegetazionali eseguita alla Fondazione Minoprio fornisce la prova che, anche in taluni casi, i residui di piante di specie naturali, contenute negli strati superficiali di suolo, sono in grado, per lo meno in presenza di condizioni favorevoli, di spuntare nuovamente e permettere così una rapida ri-colonizzazione, come già dichiarato da Bradshaw (1997a). Essi svolgerebbero diverse funzioni benefiche:

- In prima istanza, il contributo diretto al raggiungimento di un'adeguata copertura vegetativa nel breve periodo.
- Secondariamente, la creazione di un micro ambiente per i germinelli di altre specie seminate, garantendo loro una succesevole affermazione (Bradshaw, 1987). Sotto questo aspetto, in ambienti come quelli di fondovalle, lo stabilirsi di germinelli di specie vulnerabili a stress idrici estivi potrebbe essere incentivato dal fatto che la copertura fogliare delle specie naturali protegge lo strato superficiale del suolo dall'essiccamento, già con moderato valore di densità unitaria.

Al contrario, in un ecosistema come quello montano tale funzione e' spesso perseguita dalle specie a rapido accrescimento incluse nei miscugli di semente, quali ad esempio *Triticum aestivum* o *Secale cereale* (Ferchau, 1998), con lo svantaggio però che queste piante sono destinate a sparire dopo la prima stagione invernale ed e' stata dimostrata la loro inefficacia alle quote più alte (Wild and Florineth, 1999).

- Infine, i residui di piante di specie naturali rappresentano una possibile fonte di semente per ulteriori ri-colonizzazioni attraverso riproduzione sessuata, riducendo così la distanza di spostamento delle diaspore per raggiungere il sito da rinaturare. Questa e' una funzione molto importante, se si pensa che i semi di numerose specie si disperdono a pochi metri di distanza dall'origine (Booth and Hutchings, 1990). Rapportato all'ambiente montano, Urbanska (1997) ha dimostrato che i semi del 50% delle specie presenti potevano essere reperiti entro il primo metro di distanza dalla sorgente più vicina, mentre soltanto il 20% si spostavano a distanze di 5 m, e distanze eccedenti i 18 m erano molto rare. Ad esempio, i semi di *Silene*

vulgaris spp, la cui presenza e' stata ampiamente rilevata marginalmente le aree di studio, germinano entro brevissima distanza dalla pianta madre (Urbanska, 1988).

2.3.4.2 Dinamica vegetazionale di infestanti su campo di studio di *Bromus erectus* Hudson

Anche per la valutazione della crescita della popolazione di infestanti, il periodo d'osservazione si e' esteso a due stagioni vegetative. Considerando plausibile le combinazioni dei mezzi di controllo già testate per la crescita dei germinelli di *Bromus erectus* Hudson con l'apporto di carbone attivo, si possono sottolineare differenze stagionali nella composizione botanica della flora infestante. La stessa abbondanza delle singole infestanti, la cui rilevazione ha avuto luogo alla ripresa vegetativa, può essere stata causata dalle fluttuazioni stagionali delle specie, nonché dal processo di successione annuale. In media, con l'applicazione di diserbante si e' potuto mantenere la popolazione totale di infestanti nelle file seminate entro le 10 piante/fila. Precedentemente alla pausa vegetativa, la maggiore competizione per l'affermazione e' stata osservata delle file trattate con Flazasulfuron in presenza di carbone attivo ($8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$), rispetto al quale la copertura di infestanti prima della seconda stagione e' stato assestato a valori vicini a 5%, mentre sulle file nella variante di controllo-TNT esse esibivano già valori di copertura prossimi a 35%.

A partire dalla seconda stagione, solo la versione di trattamento Oxadiazon, pur sempre in combinazione con carbone, ha mostrato un complessivo effetto persistente in termini di numero di piante sopravvissute sulla popolazione totale precedentemente assestata; tale discorso non vale invece per la copertura, la quale assume con Oxadiazon e Linuron su carbone attivo valori addirittura superiori a quelli accertati nelle parcelle di controllo, rispettivamente 33% e 38%, nonché un grado di sviluppo piuttosto avanzato. Tale comportamento potrebbe essere attribuibile anche al fatto che da queste classi di erbicidi e' attesa scarsa mobilità relativa attraverso la matrice (Helling, 1970).

Il punto cruciale nella lotta alle malerbe e' stata giudicata la competizione nelle file non protette dal carbone attivo così come negli spazi ad esse adiacenti, in quanto qui' la flora avventizia ha più possibilità di ricoprire le piantine di *Bromus erectus* Hudson. Al momento della rilevazione e in accordo con le osservazioni di Van Elsen (1994) e' risultato evidente un incremento precoce di specie molto competitive come *Stellaria media* e *Lamium purpureum*, presenti fortemente comunque anche nelle file protette dalla banda nera. Verso tali specie a foglia larga, risultati rincuoranti sono stati ottenuti con l'impiego di Flazasulfuron e Pendimethalin, con ai quali la frequenza di tale specie e' stata contenuta rispettivamente, a 26% e 4%. L'efficace effetto su tali specie conseguita con Flazasulfuron potrebbe essere attribuita al fatto che, sottoforma di granuli idrodispersibili, il prodotto e' in grado di combinare la sua azione residuale con un'azione di contatto, prerogativa che gli permette anche un largo impiego anche come erbicida POST-emergenza (McCullough, 2011).

L'incidenza di *Lotus corniculatus* e' stata riscontrata soltanto marginalmente nei plots, confinata al solo trattamento con Linuron (Steven et al, 1976).

Conformemente agli studi di Neel (1977), *Holcus lanatus* spp, la cui ricorrenza relativamente frequente va attribuita alla propagazione di ecotipi locali presso il sito a partire dagli anni 90', ma osservata nelle parcelle come infestante, e altre graminacee come *Poa* spp, sono state controllate con efficacia con Oxadiazon (4 L*ha⁻¹), come mostrato in Figura 43. I risultati conseguiti confermano quanto espresso da Altland (2010), ovvero che da Oxadiazon e' atteso un controllo peggiore su tanti esponenti delle Cariofillacee, tra cui appunto *Stellaria media* o *Cerastium arvensis*, assente però tra o plots ivi considerati.

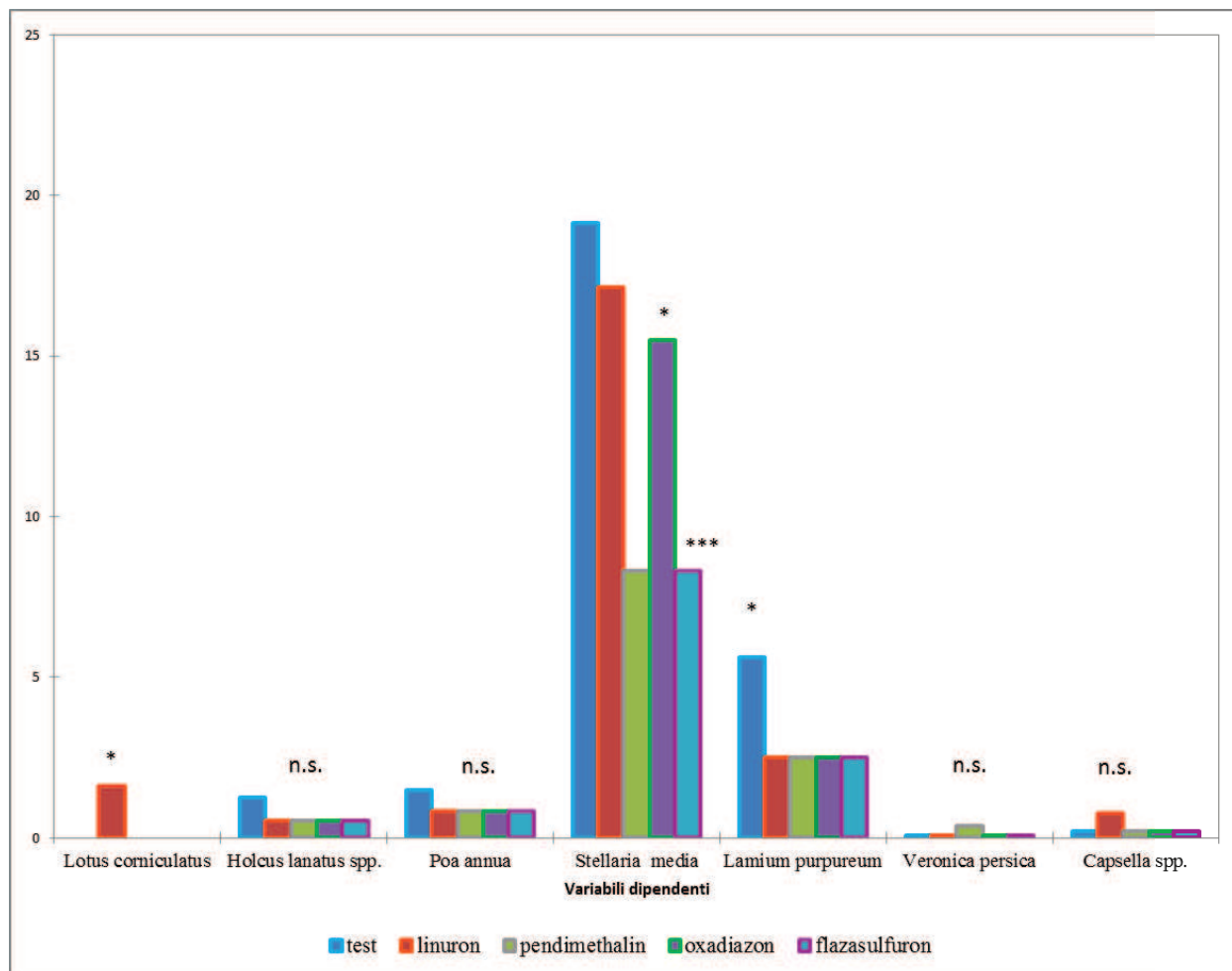


Figura 43: Emergenza delle singole specie di infestanti sugli spazi adiacenti le file seminate in dipendenza dei singoli erbicidi. Analisi della varianza eseguita senza trasformazioni di variabili. Separazione delle medie tramite LSD test con $\alpha = 0.05$. Barre con almeno un asterisco sono significativamente differenti da quelle più distanti (n.s.= non significatività, *= $p < 0.05$, ***= $p < 0.001$).

2.3.4.3 Infestanti su campo di studio di *Achillea millefolium*

La questione riguardo l'efficacia dei diversi mezzi di controllo sulle singole specie di infestanti non può avere un'ulteriore conferma con il presente esperimento, in quanto che non è stata condotta alcuna investigazione circa la densità e la copertura delle specie ricorrenti. Tuttavia, il loro effetto combinato con la banda di carbone attivo (2.5 cm) sull'inibizione del totale della popolazione in confronto alla resa dei semi di *Achillea millefolium* può essere valutato.

Come precedentemente osservato, al fine di incentivare la produzione di biomassa e la successiva fioritura dei capolini di *Achillea millefolium* nelle varieghe condizioni di campo, è opportuno mettere a punto tecniche per aumentare la selettività dell'erbicida soprattutto nei confronti delle infestanti a foglia larga, che, competendo con la coltura per l'accesso alle risorse fin dalle prime fasi, ne rallentano la crescita e lo sviluppo in termini di biomassa (Chambers, 1997). Ad oggi, non esistono ancora sufficienti esperienze relative ad un controllo chimico selettivo delle dicotiledoni (Krautzer et al, 2004), e perciò soluzioni integrate come l'applicazione di carbone attivo (3,6 g*m⁻¹) devono essere in questo caso introdotte.

A dispetto di quanto ottenuto nella prova in serra, Pendimethalin è parso essere un trattamento adeguato nel corso della sperimentazione, con il quale la popolazione di malerbe, in cui le specie dominanti a foglia larga hanno esibito rapido sviluppo, è stata mantenuta costantemente sotto controllo (sotto le 10 piantine per fila). La necessità dell'apporto di carbone attivo nella dose maggiore (240 kg*ha⁻¹) potrebbe però far crescere considerevolmente i costi di gestione. I risultati conseguiti con i semi di *Achillea millefolium* su campo mostrano che un incremento nella dose utilizzata è comunque auspicabile al fine di massimizzare la successiva resa per ettaro di semi, includendo semi con una variabilità genotipica più alta possibile.

Con le altre versioni di trattamento, la perdita di vigore nelle piantine di *Achillea millefolium* è stata giudicata troppo accentuata perché una buona resa sementiera si sarebbe potuta conseguire. Inoltre, con Linuron e Propyzamide la massima copertura di infestanti (entro e fuori la fila) è stata osservata essersi concentrata più o meno già alla data del terzo rilievo (fine di maggio) con valori superiori al 60%, restando invariata anche in estate inoltrata. È infatti risaputo che tali erbicidi possiedono sì un'alta persistenza nel terreno (80 giorni per Propyzamide e fino a 115 giorni nel caso di Linuron in accordo con Tei, 1998), ma molto bassa solubilità in acqua (Sgattoni, 1984; Zanin and Berti, 1989), il che li rende difficilmente assorbibili dalla banda di carbone.

I problemi riscontrati nelle operazioni di controllo di *Achillea millefolium* dalle malerbe e dall'effetto tossico degli erbicidi, sia in serra che su campo, possono essere sintetizzati come segue:

- Ad esclusione di Propyzamide, tutti i mezzi di controllo chimico impiegati hanno arrecato danni ai germinelli di *Achillea millefolium*.
- Similmente agli studi di Dabrowska (1977b), su matrice con bassa capacità di campo *Achillea millefolium*, nonostante sia classificata come specie ruderale, ha dimostrato uno sviluppo e crescita piuttosto stentati, con foglie di dimensioni ridotte e, a tratti visibile, deposizione

pilifera sulle stesse. Il susseguirsi di eventi di pioggia intensi, con il rischio di ristagno idrico, possono contribuire a ciò (Williams, 1984).

- Come già riportato da Clausen et al. (1940; 1948; 1958), gli ecotipi marittimi e montani di *Achillea millefolium* al meglio si adattano alle condizioni del loro ambiente naturale. La trasplantazione da un ambiente altitudinale ad uno di fondovalle potrebbe essere quindi stata alla base della scarsità di vigore osservata.
- Tra i mezzi di controllo utilizzati, soltanto Pendimethalin ha mostrato un'azione più ad ampio spettro sulle malerbe nel corso delle indagini. Tuttavia, per essere espletato, Pendimethalin ha richiesto sempre la dose maggiore di carbone attivo per mitizzarne l'effetto sui semi della coltura. Per questo motivo, nel caso di *Achillea millefolium* si consiglia di affiancare al controllo chimico operazioni di controllo meccanico quali sarchiatura con vomere per gli spazi tra le file e con spazzole per gli spazi interfilari (Black and Bewley, 2000; Krautzer et al, 2004).
- A causa della crescita lenta e conseguentemente della debole capacità competitiva contro le malerbe, gli interventi di controllo, sia meccanici che chimici, potrebbero essere necessari anche alla seconda stagione di coltivazione. La fioritura relativamente tardiva e la differenza di taglia tra la maggioranza delle malerbe ed *Achillea millefolium* renderebbero possibili tali operazioni, senza il rischio di danneggiare i capolini e che le infestanti abbiano il sopravvento.
- In alternativa, si può cercare di diminuire la pressione delle infestanti effettuando diserbi chimici selettivi contro le graminacee (Häfliger and Scholz, 1980, 1981, 1982; Krautzer, 2004). A tal fine e' stato condotto alla fine del periodo d'osservazione un diserbo mirato con LEOPARD® in dose 5 ml/ L H₂O (Quizalofop-P-Ethyl, Agam Chemical Manufactures Ltd). Tale trattamento si e' però dimostrato inefficace, a causa del fatto che le specie più competitive erano già entrate nella fase di levata.

2.3.4.4 Dinamica vegetazionale infestanti su campo di studio di *Holcus lanatus* L.

La soddisfacente germinazione dei semi di *Holcus lanatus* L. già osservata conseguita con tutte le versioni di trattamento e confrontata poi con quella assestata nelle parcelle non trattate, e' in accordo con quanto misurato da diversi autori (Grime and Hunt, 1975; Remison, 1976, 1978; Fossati, 1980;). Nonostante non ci siano controprove, tali risultati lasciano supporre che la propagazione dei semi della specie in territori di fondovalle può portare ad un incremento della qualità dei semi.

Nel presente esperimento non si vuole avanzare una risposta definitiva su un metodo adeguato di controllo chimico; per un efficace controllo sulle malerbe nel lungo periodo, diversi autori hanno registrato la necessità di apportare alle parcelle fertilizzanti NPK precedentemente al trattamento erbicida (Elliot et al, 1974; Haggar, 1976; Remison and Snaydon, 1978; Tollenaar et al, 1994; Blackshaw et al, 2002, 2004). Limitatamente a quest'ultimo, considerazioni analoghe

all'esperimento di *Achillea millefolium* possono essere fatte anche per *Holcus lanatus* L. Considerando l'effetto congiunto di trattamento diserbante e applicazione di carbone attivo, Pendimethalin (4 L*ha^{-1}) ha mostrato un'alta efficacia nel controllo della popolazione totale di malerbe (graminacee e dicotiledoni) in corrispondenza di tutte le dosi di carbone ($0,3,6 \text{ g*m}^{-1}$), crescente lungo il periodo di osservazione. Flazasulfuron, la cui efficacia sulla popolazione di monocotiledoni può essere ivi confermata già con la dose intermedia di carbone, ha altresì esibito un effetto piuttosto lieve nei riguardi delle specie dicotiledoni altamente competitive, tanto più lieve quanto maggiore la dose di carbone attivo. Inoltre, se la densità di malerbe si è ridotta nel tempo, la copertura totale delle parcelle ha assunto un relativamente grande incremento a 11 settimane dall'intervento.

Lo stesso trend è stato riscontrato anche con Linuron, che vede le sue componenti tossiche ridursi drasticamente ed inefficacemente in abbinamento con la banda protettiva. Similmente a quanto riportato da diverse ricerche (Klingman and Ashton, 1975; Steven et al, 1976), il livello di copertura delle malerbe nella parcella è aumentato fortemente senza grandi variazioni della loro densità, cosa che indica che le infestanti allocate internamente alle file seminate hanno espanso notevolmente la loro copertura. Con l'inizio dell'estate, pare addirittura la copertura di malerbe sia impossibile da tenere sotto controllo con Linuron, le cui parcelle non si distinguevano più da quelle di controllo non trattate, con valori di copertura di infestanti prossimi all'80%. La divergenza nell'effetto di tale prodotto con il procedere della stagione è stato testimoniato già da diversi autori (Fretz, 1974; Merrick, 1975; Steven et al, 1976) i quali raccomandano l'impiego di Linuron in combinazione di altri erbicidi PRE-emergenza, tra cui il già sperimentato Oxadiazon (Ronstar 2G[®]) oppure Alachlor (Lasso[®]) al fine di ampliarne lo spettro d'azione.

Per quanto concerne la composizione botanica, come già circostanziato per l'esperienza di *Bromus erectus* Hudson, sono evidenti differenze quantitative e qualitative tra la vegetazione circostante l'area di prova e le parcelle studiate. Soltanto l'11% delle specie rilevate in esse sono state anche accertate nel mosaico vegetazionale circostante, ed in ogni caso con valori di copertura visiva molto modesti.

Sul totale della parcella, il controllo di specie molto pioniere come *Erigeron annuus* è stato circa l'80% con Pendimethalin, con il quale anche graminacee problematiche come *Digitaria sanguinalis*, *Conyza canadensis* e *Setaria viridis* sono decrementate di frequenza (circa 50%), similmente a quanto risultato dalle ricerche di Kapusta (1979). A 8 settimane dall'inizio dello studio, Linuron e Propyzamide sono stati considerati inadatti al controllo delle specie chiave dell'infestazione originaria delle parcelle di controllo quali *Galinsoga parviflora*, *Conyza canadensis*, *Veronica persica* e *Poa annua*, anche se la correlazione leggermente debole di quest'ultima con le specie nominate ($R^2 = 0.46$, dato non mostrato) suggerisce che la valutazione dell'incidenza della specie come indicatore discriminante dell'efficacia dei trattamenti sarebbe solo parzialmente vera. Riguardo i limiti di controllo di *Poa annua* con Linuron, i risultati conseguiti coincidono con le affermazioni di altri autori (Jacquemin and Henderlong, 1976; Ingratta et al, 1979).

Lamium purpureum, che alla ripresa vegetativa dimostra una fioritura precocemente (Hanf, 1990) e che era stato trovato con alti valori di densità su campo di studio di *Bromus erectus* Hudson, e' risultato praticamente assente nei rilievi eseguiti alla fine di maggio – inizio giugno (Anonimo, 2014).

L'ordinamento osservato dell'abbondanza delle famiglie in relazione ai diserbanti e' ugualmente confermabile dai dati di letteratura. *Digitaria sanguinalis*, *Poa annua*, *Setaria viridis* ed *Echinochloa crus-galli* sono conosciute essere tipiche colonizzatrici di terreni agricoli ricchi di nutrienti azotati (Moyer and Dryden, 1977; Moyer et al, 1979; Hume, 1982), mentre e' rimarcabile una notevole diminuzione della loro incidenza allontanandosi dall'area soggetta ad intensificazione colturale. Nel contesto delle parcelle di studio, queste rappresentanti della famiglia Poacee hanno mostrato scarsa crescita con i trattamenti Pendimethalin e Flazasulfuron, ai quali risultano fortemente scorrelate ($R^2 = -0.88$, $p < 0.001$) con un forte declino in abbondanza (Singh et al, 2012). Al contrario, anche in accordo con Muccinelli (2011), nelle parcelle dove Flazasulfuron e' stato spruzzato va rimarcata una forte crescita di Scrofulariacee e Convolvulacee, alle quali fanno capo rispettivamente forme biologiche come *Veronica persica* e *Convolvulus arvensis*.

Lo scostamento del trattamento Linuron non rappresenta necessariamente un aspetto negativo, se la competizione intraspecifica tra un numero minore di specie ruderali porta ad un decremento di densità delle stesse, come avvenuto di fatti per le Crucifere o le Chenopodiacee (Giardini, 1992) ed ad una migliore affermazione delle piantine di *Holcus lanatus* L.

Operazioni di trattamento POST-emergenza, che nel caso del presente esperimento ha avuto luogo all'inizio dell'estate mediante impiego di 2-4 DB (MALERBANE PRATI Chimiberg, DIACHEM SPA) in dose 8.3 ml/ L H₂O possono contribuire a ridurre la pressione della popolazione di dicotiledoni; infatti, bisogna enfatizzare che nella prima stagione vegetativa la priorità di intervento e' volta ad incentivare la diffusione spaziale e l'addensamento della coltura, riducendo l'effetto di competizione con le specie a più rapido accrescimento. Tuttavia, queste operazioni devono essere spesso effettuate entro l'emissione della 4° foglia delle specie bersaglio o comunque prima che esse entrino nella fase di levata, e la necessità di affiancare operazioni ripetute di sfalcio può determinare una consistente crescita dei costi (Wiese et al, 1995; South, 2000).

L'analisi della variazione degli indicatori ecologici rivela che una carenza di reazione con il substrato, gli aspetti climatici e variazioni della radiazione luminosa ha maggiormente influenzato la dinamica vegetazionale nelle parcelle trattate con Flazasulfuron. Il decremento in base all'indicatore di reazione con il substrato può essere ricondotto o a una riduzione di abbondanza di specie occorrenti principalmente su matrice sabbiosa e mediamente acida, o ad un aumento di specie con attitudine opposta. Tale risultato contraddice alcune affermazioni riguardo allo sviluppo di meccanismi di resistenza agli erbicidi inibenti l'enzima acetolattato sintetasi (ALS) da parte di alcune Composite quali proprio *Erigeron* spp. e *Conyza canadensis* (Yamasue et al, 1992; Holm et al, 1997; Heap, 2001). La diminuzione osservata sembra essere legata alla retrocessione di tali specie, oltre che di *Echinochloa crus-galli* e *Setaria* spp. Inoltre, la tendenza osservata al declino di specie con alto fabbisogno in termini di temperatura e di luce potrebbe costituire un buon presupposto, seppur minimo, per una corretta affermazione di specie autoctone come *Anthoxanthum*

odoratum o *Festuca rubra*, sempre presenti nella vegetazione adiacente all'area di studio e decisamente meno esigenti tanto in termini del fabbisogno di sostanze nutritive quanto nell'ottica di fluttuazioni climatiche, soprattutto dal punto di vista della produzione del seme e della successiva disseminazione.

Conclusioni

I risultati delle indagini eseguite dimostrano che il potenziale d'uso del carbone attivo per la protezione di colture da seme presenta un management piuttosto articolato. La risposta germinativa all'effetto combinato del diserbo chimico con carbone attivo è infatti condizionata da una serie di fattori.

Flazasulfuron, data la sua elevata attitudine alla migrazione nel terreno, tende ad essere meno adsorbito dal carbone in qualsiasi dosaggio. Essendo traslocato per via fogliare, esplica una buona gamma d'azione verso le graminacee, ma soltanto nelle prime fasi di sviluppo. Questa inefficacia nel lungo periodo viene tanto più corroborata dal fatto che la molecola, con l'aumento delle temperature, si altera da un punto di vista chimico.

Linuron e Propyzamide, alla stregua di molte classi di erbicidi esibenti scarsa mobilità relativa nel terreno, presentano modesta solubilità in acqua, e tendono quindi ad essere adsorbiti dal carbone in tutte le loro componenti. Se da un lato ciò permette uno sviluppo post-germinativo delle colture senza apprezzabili segnali di fitotossicità, dall'altro comporta una maggiore mortalità di quest'ultime nel lungo periodo, dovuta molto probabilmente all'innescò di competizione interspecifica con la flora avventizia internamente alla fila seminata.

Tra i gruppi di erbicidi testati, soltanto Pendimethalin ha comportato un controllo efficace sulle infestanti con azione ad ampio spettro negli spazi intra- ed interfilari in presenza di carbone attivo, seppur nel dosaggio più alto.

Per quanto riguarda la crescita di *Achillea millefolium*, il verificarsi di pioggia intensa potrebbe avere dilavato i semi dal letto di semina; allo stesso tempo, la creazione di ristagni idrici ha determinato l'asfissia di buona parte della popolazione iniziale di semi e di conseguenza una crescita meno vigorosa delle piante. Di conseguenza, lo scarso accrescimento esibito da *Achillea millefolium* su campo ha reso inadeguata la specie a competere con la popolazione di malerbe.

Purtroppo, attualmente è disponibile solo una quantità molto limitata di informazioni riguardo l'utilità di questi prodotti per garantire/ favorire lo sviluppo e di conseguenza la moltiplicazione di semi di specie utili. Bisogna inoltre tener conto che in diverse regioni del mondo alcune delle colture scelte, come *Holcus lanatus* L. ed *Achillea millefolium* accorrono sottoforma di infestanti.

Sulla base dei risultati, tuttavia, si è in grado di affermare che, in ambiente controllato come quello di serra, la protezione dei semi di *Achillea millefolium* già con una dose intermedia di carbone attivo a monte del trattamento può portare ad un significativo miglioramento del ritmo di crescita e sviluppo della specie.

Nel complesso, l'applicazione della tecnica del charcoal banding è stata giudicata meglio attuabile con specie aventi una crescita relativamente rapida nelle prime fasi di sviluppo ed alta frugalità per quanto riguarda l'accesso ai nutrienti, come osservato per *Bromus erectus* Hudson ed *Holcus lanatus* L. In tal caso, il punto cruciale nella lotta alle malerbe risiede nel controllo della popolazione di graminacee. Trattamenti di diserbo selettivo possono affiancare le operazioni in

PRE-emergenza; ciò nonostante, essi sono limitati all'intervento sulle singole piante, ed in ogni caso darebbero risultati insoddisfacenti soprattutto se le infestanti si trovano già in fase di levata.

Una perdita della popolazione sementiera originaria in conseguenza dell'uso di diserbante e/o aumento dei costi per la susseguente purificazione dei semi prodotti appare inevitabile. Sotto questo punto di vista, l'aggiunta di mezzi di protezione naturale come il carbone attivo può costituire una buona alternativa alle tecniche convenzionali di propagazione del seme.

Operazioni meccanizzate come sarchiatura ed erpicatura o diserbi selettivi mirati sulle infestanti dicotiledoni mediante barra umettatrice ripetute vengono tollerate bene da tali specie e possono coadiuvare all'ottenimento di buone rese produttive.

Va inoltre menzionata la ricerca, ancora in corso d'opera, su altri materiali che potrebbero essere usati come protettivi. Come è noto, il carbone attivo trova largo impiego per la purificazione delle acque dai residui chimici; da diversi anni, però, sono state sviluppate nuove sostanze polimeriche, che in alternativa al carbone attivo adempiono con altrettanta efficacia tale funzione adsorbente (Kunin, 1977). Se tali materiali possano avere un uso effettivo come protezione anche dell'effetto dell'erbicida, non vi sono tuttavia sufficienti informazioni a sostegno.

La ricerca futura si focalizzerà piuttosto sullo sviluppo e la diffusione di mezzi per un più preciso spargimento della sospensione di carbone attivo come le pompe botte, da tempo affermate in alcune regioni del mondo come gli USA, le quali permetteranno di estendere la tecnica del charcoal banding anche su larga scala.

Complessivamente, i risultati della presente ricerca lasciano supporre che almeno due obiettivi importanti possono essere conseguiti in seguito allo sviluppo e all'affermazione di mezzi protettivi nei riguardi delle colture da rinaturazione. In prima istanza, essi permettono di intensificare la selettività dell'azione dell'erbicida meglio dei prodotti standard disponibili sul mercato; dal punto di vista della fertilità del suolo, il completamento del ciclo vitale delle specie autoctone potrebbe condurre nel lungo periodo ad un'importante riduzione degli input iniziali di fertilizzanti chimici, con conseguente raggiungimento di maggiore ricchezza in specie. Anche nel presupposto della sua funzione protettiva, il carbone attivo non sembra provocare perdite rimarcabili di fertilità del terreno.

In secondo luogo, per lo meno dal punto di vista economico, la corretta affermazione di popolazioni di specie autoctone con l'intervento combinato carbone attivo - diserbante può portare a riduzioni dei costi di gestione nel lungo termine, se si prende in considerazione la superfluità di ulteriori interventi chimici e la possibilità di attuare con maggiore flessibilità le operazioni colturali precedenti l'intervento di ripristino ambientale come ad esempio la purificazione dei lotti da semi di malerbe, a dispetto dei costi iniziali delle sementi che potrebbero risultare maggiori.

Referenze

- Adler, W.; Oswald, K., Fischer, R., 1994:** “*Exkursionsflora von Österreich*“, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Wien.
- Ahrens, J.F., 1965:**“*Improving selectivity in horticultural crops with activated carbon*“, Proc. No. East. Weed Contr. Conf., 19: 366-367.
- Altland, J., 2010:**” *Top 10 Reasons Your Herbicide Failed*”, Ph.D. Dissertation, NWREC, Oregon State University.
- Amen, R.D., 1966:** “*The extent and role of seed dormancy in alpine plants*“, The Quarterly Revue of Biology, Vol. 41, 271-281.
- Anderson, V.L., 1927:**”*Studies on the vegetation of the English chalk*“, Vol. V., The water economy of the chalk flora, J. Ecol., 15: 72-129.
- Anderson, J.P., 1959:**” *Flora of Alaska and adjacent parts of Canada*“, Ames, IA: Iowa State University Press.
- Andreucci, F., Bagliani, C., Berta, G., Castelli, M., 2003:**” *La vegetazione della Riserva Naturale Speciale della Val Sarmassa (Italia, Pordenone, Asti)*“, Riv. Piem. Sc. Nat., 24: 3-65.
- Anonimo, 2009:**”*3-Year Project To Verify Effectiveness of High Tunnels in Natural Research Conservation*“, www.usda.gov.
- Anonimo, 2014:**”*Michigan’s Worst Weeds*“, MSU Weed Science, Michigan State University.
- Bailey, A.W., 1966:**” *Forest associations and secondary succession in the southern Oregon Coast Range*“, Corvallis, OR: Oregon State University, Degree Thesis.
- Baker, H.G., 1965:**” *Characteristics and modes of origin of weeds*“, In: Baker, H.G., Stebbins G.L.:” *The genetics of colonizing species*“, Academic Press, New York, USA, 147-172.
- Baldoni, G., Catizone, P., Viggiani, P., 2000:** “*Relationship between Seed Bank and Actual Weed Flora as Influenced by Soil Tillage and Chemical Control*“, Ital. J. Agron., 4, 1, 11-22, Università di Bologna.
- Barkworth, M. E., Capels, K. M., Long, S., Anderton, L. K., Piep, M. B., 2007:**” *Flora of North America north of Mexico*“, Vol. 24: Magnoliophyta: Commelinidae (in part): Poaceae, part 1. New York: Oxford University Press.
- Barralis, G., Chadoeuf, R., 1987:**” *Potential semencier des terres arables*“, Weed Res., 27: 417-424.
- Bätzing, W., 1991:** ”*Die Alpen: Entstehung und Gefährdung einer europäischen Kulturlandschaft*“, C.H. Beck, München.

- Beam, J.B., Baker, W.L., Askew, S.D.**, 2004: "Efficacy of Flazasulfuron for Weed Control in Bermudagrass", Proceedings of the Southern Weed Science Society, Vol. 57.
- Beddows, A.R.**, 1961: "Flowering behaviour, compatibility and major gene differences in *Holcus lanatus* L.", New Phytologist, 60: 312-324.
- Beddows, A.R.**, 1961: "Biological flora of the British Isles: No. 2148. *Holcus lanatus* L. L", Journal of Ecology, 49 (2): 421-430.
- Berardi, R.**, 2009: "Fondamenti di geotecnica", CittàStudiEdizioni, Milano.
- Berger, J.J.**, 1993: "Ecological restoration and nonindigenous plant species: a review", Restoration Ecology 1: 74-82.
- Betz, R.F.**, 1986: "One decade of research in prairie restoration at the Fermi National Accelerator Laboratory (Fermilab)", Batavia, III, 179-185, Moorhead Tri-College Univ., Centre for Environmental Studies.
- Black, M., Bewley, J.D.**, 2000: "Seed Technology and its Biological Basis", Sheffield Academic Press.
- Blachshaw, R.E., Semach, G., Janzen, H.H.**, 2002: "Fertilizer application method affects nitrogen uptake in weeds and wheat", Weed Sci., 50: 634-641.
- Blachshaw, R.E., Molnar, L.J., Janzen, H.H.**, 2004: "Nitrogen fertilizer timing and application method affect weed growth and competition with spring wheat", Weed Sci., 52: 614-622.
- Blaschke, H.**, 1991a: "Distribution, mycorrhizal infection and structure of roots of calcicole floral elements at treeline, Bavarian Alps, Germany", Arctic and Alpine Research, 23: 444-450.
- Bleak, A.T.**, 1959: "Germinative characteristics of grass seed under snow", J. Range Manage, 12: 298-302.
- Booth, K.D., Hutchings, M.J.**, 1990: "A study of the feasibility of re-establishment of chalk grassland vegetation following arable cultivation", In: Hillier, S.H., Walton, D.H.W., Wells, D.A. (Eds): Calcareous grassland-ecology and management. Bluntisham Books, Huntingdon, 173-174.
- Bostock, S.J., Benton, R.A.**, 1979: "The reproductive strategies of five perennial Compositae", J Ecol., 67: 91-108.
- Bottinelli, A., Ceriani, R.M., Spoleto, P., Gusmeroli, F., Tosca, A.**, 2011: "Inerbimenti tecnici ad alta quota", Quaderni della ricerca N° 134.
- Bradshaw, A.D.**, 1984: "Ecological significance of genetic variation between populations", 213-228 In: Dirzo, R., Sarkhan, J.: "Perspectives on plant population ecology", Sinauer Assoc., Sunderland, Mass., 213-228.

- Bradshaw, A.D.**, 1987:” *The reclamation of derelict land and the ecology of ecosystems*”, In: Jordan, W.R., Gilpin, M.E., Aber, J.D. (Eds): *Restoration ecology: A synthetic approach to ecological research*. Cambridge University Press, Cambridge, 53-74.
- Bradshaw, A.D.**, 1997a:” *The importance of soil ecology in restoration science*”, In: Urbanska, K.M., Webb, N.R., Edwards, P.J. (Eds): *Restoration ecology and sustainable development*. Cambridge University Press, Cambridge, 33-64.
- Braun-Blanquet, J.**, 1964:” *Pflanzensoziologie*”, 3. Auflage, Springer, Wien.
- Buhler, D.D., Hartzler, R.G., Forcella, F.**, 1997: “*Implications of weed seedbank dynamics to weed management*”, *Weed Science*, Vol. 45: 329-336.
- Burr, R. J., Lee, W. O., Appleby, A. P.**, 1972:” *Factors Affecting Use of Activated Carbon to Improve Herbicide Selectivity*”, *Weed Science Society of America*, Vol 20, Issue 2:180-183, , Oregon State University, Corvallis.
- Campbell, J.A., Best, K.F., Budd, A.C.**, 1966:” *99 range forage plants of the Canadian prairies*”, Canada Department of Agriculture Publication 964, Ottawa, ON.
- Camussi, A., Möller, F., Ottaviano, E., Sari Gorla, M.**, 1986:” *Metodi statistici per la sperimentazione biologica*”, Zanichelli, Bologna.
- Cardina, J., Sparrow, D.H.**, 1996:”*A comparison of methods to predict weed seedling populations from the soil seed bank*”, *Weed Science*, Vol.44: 46-51.
- Carlson, J.R.**, 1986: “*New developments in plant materials for high elevation*“, Schuster, M.A.; Zuck, R.H. (Eds): *Proceedings: High Altitude Revegetation Workshop N° 7*. Colorado Water Resources Research Institute Information Series 58, Fort Collin, 122-130.
- Case, T.J.**, 1990:” *Invasion resistance arises in strongly interacting species-rich model competition communities*”, *Proceedings of the National Academy of Science* 87: 9610-9614.
- Ceriani, R.M., Ferrario, A., Villa, M.**, 2011: “*Il fiorume: una risorsa per la biodiversità*”, *Quaderni della Biodiversità CFA*, Oggiono-Lecco.
- Chambers, J.C.**, 1997:” *Restoring alpine ecosystems in the Western United States: environmental constraints, disturbance, characteristics and restoration success*”, In: Urbanska, K.M., Webb, N.R., Edwards, P.J. (Eds): *Restoration ecology and sustainable development*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 161-187.
- Chapin, F.S.**, 1980:” *The mineral nutrition of wild plants*”, *Annual Review of Ecology and Systematics* 11: 233-260.
- Claassen, V., Hoogan, M.**, 1996:” *Soil nitrogen thresholds for revegetation of degraded soil*“ In: Keammerer, W.R. (Ed.): *Proceedings: High Altitude Revegetation Workshop N° 12*, Colorado Water Resources Research Institute Information Series 83, Fort Collins, pp. 254-265.

- Clausen, J., Keck, D.D., Hiesey, W. M.**, 1940:“*Experimental studies on the nature of species I. The effect of varied environments on western North American plants*”, Carnegie Inst., Washington Publ., 520: 296-324.
- Clausen, J., Keck, D.D., Hiesey, W.M.**, 1948:“*Experimental studies on the nature of species III. Environmental responses of climatic races of Achillea*”, Carnegie Inst., Washington Publ., 581.
- Clausen, J., Hiesey, W.M.**, 1958:“*Experimental studies on the nature of species IV. Genetic structure of ecological races*”, Carnegie Inst., Washington Publ., 615.
- Clay, D.V., Dixon, F.L., Willoughby, I.**, 2006:“*The potential safeners and protectants to increase tolerance of tree seeds to pre-emergence herbicides*”, Quarterly Journal of Forestry, 107-113.
- Claus, M.J., Venable, D.L.**, 2000:“*Seed germination in desert annuals: an empirical test of adaptive bet hedging*”, American Naturalist, 155: 168-186.
- Cockerham, S.T.**, 1985:“*Turfgrass, Water Conservation*”, Gardening ed., 118-120.
- Colbach, N., Debaecke, P.**, 1998:“*Integrating crop management and crop rotation effects into models of weed population dynamics: a review*”, Weed Science, 46: 717-728.
- Conert, H.J.**, 1998:“*Illustrierte Flora von Mitteleuropa*”, Band I., Teil 3. Spermatophyta: Angiospermae: Monocotyledones 1 (2) Poaceae (echte Gräser oder Süßgräser), Parey Buchverlag, Berlin.
- Coughtrey, P.J., Martin, M.H.**, 1978:“*Cadmium uptake and distribution in tolerant and non-tolerant populations of Holcus lanatus grown in solution culture*”, Oikos, 30: 555-560.
- Cramer, C.**, 1991:“*Tougher than weeds—native prairie plants, better management trim roadside spraying 90%*”, The New Farm 13: 37-39.
- Dabrowska, J.**, 1977b:“*Effect of soil moisture on some morphological characters of Achillea collina, A. millefolium spp. millefolium and A. pannonica*”, Ekol. Pol., 25: 272-288.
- D’Antonio, C., Meyerson, L.A.**, 2002:“*Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis*”, Restoration Ecology 10: 703-713.
- Dell’Omodarme, M.**, 2012:“*Esercitazioni di statistica biomedica*”, GNU Free Documentation License, Versione 1.3.
- Deutsch, Allan**, 1973:“*New Twist in Weed Control*”, Weed Science, Vol. 20: 12-13.
- Diemer, M., Prock., S.**, 1993:“*Estimates of alpine seed bank size in two Central European and in one Scandinavian subarctic plant communities*”, Arctic and Alpine Research, 25: 194-200.
- Edwards, P.J., Abivardi, C.**, 1997:“*Ecological engineering and sustainable development*”, In: K. M. Urbanska, N. R. Webb, and P. J. Edwards: “*Restoration ecology and sustainable development*”, ed. Cambridge University Press, 325-352, Cambridge, UK.

- Ellenberg, H.**, 1996:” *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*“, 5., stark veränderte und verbesserte Auflage, Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Elliot, J.G., Oswald, A.K., Allen, G.P., Haggard, R.J.**, 1974:”*The effect of fertilizer and grazing on the botanical composition and output of an Agrostis/Festuca sward*”, J. Br. Grassl. Soc., 29: 29-35.
- Elsen, T. van**, 1994:” *Die Fluktuation von Ackerwildkraut-Gesellschaften und ihre Beeinflussung durch Fruchtfolge und Bodenbearbeitungs-Zeitpunkt*”, Dissertation, University of Kassel.
- Engel, R.K., Moser, L.E., Stubbendieck, J., Lowry, S.R.**, 1987:”*Yield accumulation, leaf area index and light interception of smooth brome grass*”, Crop Sci., 27: 316-321.
- Espeland, E.K., Perkins, L.B., Leger, E.A.**, 2010: “*Comparison of Seed Bank Estimation Techniques Using Six Weed Species in Two Soil Types*”, Rangeland Ecology & Management, Vol. 63: 243-247, University of Nevada.
- Farmacopea Ufficiale XII Ed. 2008**, “*Carbone Vegetale Attivato*”.
- Ferchau, H.A.**, 1998:” *Rehabilitating ecosystems at high altitudes*”, In: Cairns, J. (Ed): *Rehabilitating damaged ecosystems*. Vol. II, CRC Press, Boca Raton, 193-209.
- Finnern, H., Grottenthaler, W., Kühn, D., Pählchen, W., Schrapf, W.G., Sponagel, H.**, 1996: “*Bodenkundliche Kartieranleitungen*“, 4. verbesserte und erweiterte Auflage, Hannover.
- Florineth, F.**, 1982: “ *Begrünungen von Erosionszonen im Bereich und über der Waldgrenze*“, Zeitschrift für Vegetationstechnik, 5: 20-24.
- Florineth, F.**, 1988: “*Versuche einer standortgerechten Begrünung von Erosionszonen über der Waldgrenze*“, Zeitschrift für Vegetationstechnik, 11: 118-122.
- Florineth, F.**, 1992 :”*Hochlagenbegrünung in Südtirol*“, Rasen, Turf, Gazon, Vol. 23: 74-78.
- Florineth, F.**, 1999: “*Begrünung von Skipisten*“, Motor im Schnee, 30: 44-47.
- Florineth, F.**, 2007: “*Piante al posto del cemento*“, Il verde editoriale, Milano.
- Forcella, F.**, 1992:” *Prediction of weed seedling density from buried seed reserve*”, Weed Res., 32: 29-38.
- Forcella, F., Durgan, R., Buhler, D.D.**, 1996:” *Management of weed seedbank ecology in Low-input*”, International Weed Control Congress, International Weed Science Society Copenhagen, 107.
- Fossati, A.**, 1980:” *Keimverhalten und frühe Entwicklungsphasen einiger Alpenpflanzen*”, Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH Zürich 73, Zürich

Franzaring, J., Kempenaar, C., Van der Eerden, L.J.M., 2001:“*Effects of vaporous of chlorpropham and ethofumesate on wild plant species*”, ELSEVIER, 8: 1-8.

Frascati, F., 2008:” *Formulario di statistica con R*”, Università degli Studi di Firenze.

Fretz, T.A., 1974:” *Evaluation of herbicide combinations for use in shad tree nurseries*”, Ohio Agri. Res. Dev. Cen. Res. Sum., 79: 65-70.

Fryer, J.D., Makepeace, R.J., 1978:” *Weed Control Handbook: Recommendations including plant growth regulators*”, Vol. 2, 8th ed. Blackwell Scientific Publishers, Oxford, U.K.

Gazzetta Ufficiale dell’Unione Europea, 2010:” *Direttiva 2010/60/EU*”, Commissione del 30/08/2010 sulle deroghe per la commercializzazione delle miscele di sementi di piante foraggere destinate ad essere utilizzate per la preservazione dell’ambiente naturale, Sez. Direttive.

Giardini, L., 1992:” *Agronomia generale, ambientale ed aziendale*”, Patron Editore, 4° Ediz, Bologna.

Gist, G.R., Smith, R.M., 1948:” *Root development of several common forage grasses to a depth of eighteen inches*”, Plant Dis., 40: 1036-1042.

Golafshan, M.G., Yasari, E., 2012: “*Comparison of Sampling Methods for Estimating Seed Bank and Weed Population Densities during the Growing Season*”, Journal of Agricultural Science, Vol. 4, N° 9, 39-46, Payame Noor University.

Golafshan, M.G., Yasari, E., 2012: “*Study of the Spatial Relationship between Seed Bank and Weed Populations and the Distribution Pattern of Weeds in Corn Fields during the Growing Season*”, International Journal of Biology, Vol. 4, N° 4:101-109, Payame Noor University.

Gold, H.J., Bay, J., Wilkerson, G.G., 1996:” *Scouting for weeds, negative binomial distribution*”, Weed Science, 44: 504-510.

Goldberg, D.E., 1987:” *Neighbourhood competition in an old-field plant community*”, Ecology, 68: 1211-1223.

Gomez, K.A., Gomez, A.A., 1984:” *Statistical Procedures for Agricultural Research*”, Wiley-Interscience John Wiley and Sons, 2nd Ed., New York, Sydney, London, Toronto.

Goodall, D.W., 1952:” *Some considerations in the use of point quadrats for the analysis of vegetation*”, Australian Journal of Scientific Research 5: 1-41.

Grabherr, G., 1978: “ *Schädigungen der natürlichen Vegetation über der Waldgrenze durch die Anlage von Schipisten und deren Fähigkeit zur Regeneration. Ergebnisse des MAB-Programmes, Obergurgl. In: Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (Ed): Begrünungsmaßnahmen im Gebirge. Wissenschaftliches Seminar gehalten vom 16-18 Oktober 1978 in Berchtesgaden, Germany*“, Laufen/Salzbach, 45-51.

- Gray, D.H.**, 1995: “*Influence of vegetation on the stability of slopes*“, Gray, D.H., Grimshaw, R.G., Barker, D.H. (Eds): *Vegetation and Slopes: stabilisation, protection and ecology*. Proceedings of the international conference held at the University Museum, Oxford, 29-30 September 1994, Thomas Telford Ltd, London, 2-25.
- Grichar, W.J., Lloyd-Reilley, J. et al.**, 2012: “*Safening of Native Grass to Herbicides by Using Carbon Bands*”, *Weed Science Society of America*, Vol. 26: 499-505, Texas Agrilife Research.
- Grime, J.P., Hunt, R.**, 1975:” *Relative growth rate: its range and adaptive significance in a local flora*”, *J. Ecol.*, 63: 393-422.
- Gusmeroli, F.**, 2012:” *Prati, pascoli e paesaggio alpino*”, SoZooAlp, Università degli Studi di Milano.
- Häfliger, E., Scholz, H.**, 1980:” *Grass Weeds 1*”, Documenta Ciba-Geigy Schweiz.
- Häfliger, E., Scholz, H.**, 1981:” *Grass Weeds 2*“, Documenta Ciba-Geigy Schweiz.
- Häfliger, E.**, 1982:”*Monocot Weeds 3*“, Documenta Ciba-Geigy Schweiz.
- Haggar, R.J.**, 1976:” *The seasonal productivity, quality and response to nitrogen of four indigenous grasses compared with Lolium perenne*”, *J. Br. Grassl. Soc.*, 31: 197-207.
- Hanf, M.**, 1990: “*Infestanti d’Europa*”, BASF, Edagricole, Bologna.
- Hardy BBT Limited**, 1989:” *Manual of plant species suitability for reclamation in Alberta*”, Alberta Land Conservation and Reclamation Council Report No. RRTAC 89-4.
- Hart, R.H., McGuire, W.S.**, 1964:” *Effect of clipping on the invasion of pastures by velvetgrass, Holcus lanatus L.*”, *Agron. J.*, 56: 187-188.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T.**, 1990:” *Plant propagation. Principles and Practices*“, 5th edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Heap, I.**, 2001:”*International survey of herbicide resistant weeds*”, www.weedscience.com (Aprile 2001).
- Helling, C.S.**, 1970:”*Movement of s-triazine herbicides in soils*”, *Res. Rev.*, 32: 175-210.
- Hoagland, R.E.**, 1989:”*The use of activated carbon and other adsorbents as herbicide safeners*”, In: “*Crop Safeners for Herbicides*”, Hatzios, K.K., Hoagland, R.E., Academic Press, San Diego, 243-281.
- Hock, S.M., Knezevic, S.Z., Petersen, C.L., Eastin, J., Martin, A.R.**, 2006:” *Germination techniques for common lambsquarters (Chenopodium album) and Pennsylvania smartweed (Polygonum pensylvanicum)*”, *Weed Technology*, 20: 530-534.

Holaus, K., 1997: "Standortgerechte Hochlagenbegrünung unter Einbindung der Saatstärke", Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein (Ed.): Bericht über die Gumpensteiner Samereientagung zum Thema „Standortgerechte Saatgutmischungen für Grünland und Landschaftsbau“, am 18. und 19. September 1997 an der BAL Gumpenstein, BAL Gumpenstein, Irnding, 33-39.

Holm, L., Doll, J., Holm, E., Pancho, J., Herberger, J., 1997: "World weeds: Natural histories and distribution", John Wiley and Sons, Inc., Toronto, ON.

Hulten, E., 1968: "Flora of Alaska and neighboring territories", Stanford, CA: Stanford University Press.

Hume, L., 1982: "The long-term effects of fertilizer application and three rotations on weed communities in wheat (after 21-22 years at Indian Head, Saskatchewan)", Can. J. Plant Sci., 62: 741-750.

Ingratta, R.G., Stephenson, G.R., Switzer, C.M., 1979: "Selective control of annual bluegrass in Kentucky bluegrass turf with Linuron", Can. J. Plant Sci., 59: 469-473.

International Seed Testing Association, 1999: "International Rules for Seed Testing", ISTA Handbook, Ed. M. Kruse, Bassersdorf.

Jacobs, J.S., Sheley, R.L., 1999: "Competition and niche partitioning among *Pseudoroegneria spicata*, *Hedysarum boreale*, and *Centaurea maculosa*", Great Basin Naturalist 59: 175-181.

Jacot, K.A., Lüscher, A., Nösberger, J., Hartwig, U.A., 2000: "The relative contribution of symbiotic N₂ fixation and other nitrogen sources to grassland ecosystems along an altitudinal gradient in the Alps", Plant and Soil, Vol. 225: 201-211, Zürich.

Jacquemin, P.L., Henderlong, P.R., 1976: "Selective control of *Poa annua* in Kentucky blue grass", Proc. Northeast. Weed Sci. Soc., 30: 345-350.

Jagschitz, J.A., 1979: "Charcoal's neutralizing powers", Golf Course Management, Vol. 47: 21-25.

Johnson, B.J., 1976: "Effect of activated charcoal on herbicide injury during establishment of centipede grass", Agronomy Journal 68: 802-805.

Kapusta, G., 1979: "Seedbed tillage and herbicide influence on soy-bean (*Glycine max*) weed control and yield", Weed Sci., 27: 520-526.

Klingman, G.C., Ashton, F.M., 1975: "Weed Science: Principles and Practices", John Wiley and Sons, New York.

Köck, L., 1975: "Pflanzenbestände von Schipisten in Beziehung zu Einsaat und Kontaktvegetation", Rasen, Turf, Gazon 6: 102-106.

- Köck, L., Holaus, K. Walch, A.**, 1989: "*Quantitative und qualitative Veränderungen der Vegetation durch den Einfluss des Schisportes auf Pisten und Langlaufloipen*", 50 Jahre Landesanstalt für Pflanzenzucht und Samenprüfung in Rinn, Rinn, 59-79.
- Köhler, W., Schachtel, G., Voleske, P.**, 1996: "*Biostatistik. Einführung in die Biometrie für Biologen und Agrarwissenschaftler*", Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- König, F., Mott, N.**, 1986.: "*Anleitungen zum Kennenlernen der Gräser auf dem Grünland*", 9. Auflage. Verlagsgesellschaft für Ackerbau, Kassel.
- Krautzer, B.**, 1995a: "*Einsatz standortgerechter Alpin-Saatgutmischungen für Begrünungen im Gebirge*", Internationales Symposium Interpraevent- Garmisch-Partenkirchen, Tagungspublikation, Band 5, Villach, 145-154.
- Krautzer, B.**, 1995b: "*Saatgutvermehrung alpiner Gräser und Kräuter*", Rasen, Turf, Gazon, Vol. 26: 123-131.
- Krautzer, B.**, 1996b: "*Recultivation of alpine areas with seed of alpine plants*", Grassland Science in Europe, 1: 775-779.
- Krautzer, B.**, 1996c: "*Strategien zur Schaffung und Erhaltung einer stabilen Grasnarbe in alpinen Lagen*", Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein (Ed): Alpenländisches Expertenforum „Erhaltung und Förderung der Grasnarbe“, BAL Gumpenstein, 5.-6. September 1996. BAI Gumpenstein, Irdning, 61-67.
- Krautzer, B.**, 1997a: "*Entwicklung standortgerechter Saatgutmischungen für die Begrünung in Hochlagen*", Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein (Ed): Bericht über die Gumpensteiner Samereientagung zum Thema "Standortgerechte Saatgutmischungen für Grünland und Landschaftsbau", am 18. und 19. September 1997 an der BAL Gumpenstein. BAL Gumpenstein, Irdning, 25-31.
- Krautzer, B.**, 1997b: "*Standortgerechte Hochlagenbegrünungsmischungen im Vergleich zu Handelssaatgut*", Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein (Ed.): 50 Jahre Forschung für die alpenländische Landwirtschaft 1947-1997. BAL Gumpenstein, Irdning, 193-202.
- Krautzer, B., Peratoner, G., Bozzo, F.**, 2004: "*Specie erbacee idonee al sito*", Publishing Management Service, Information Division, FAO, Pordenone.
- Krautzer, B. et al.**, 2006: "*Site-specific high zone restoration in the alpine region*", Publishing Management Service, Information Division, FAO, Pordenone.
- Kunin, R.**, 1977: "*Polymeric adsorbents for treatment of waste effluents*", Polymer Engineering and Science, 17: 58-62.
- Kutschera, L.; Lichtenegger, E.**, 1982: "*Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen*", Band I., Monocotyledonae, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Lam, L., 2010:“*An introduction to R*”.

Landolt, E., 1977:“*Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora*”, Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH Zürich 64, Zürich.

Lee, W.O., 1973: “*Clean grass seed crops established with activated carbon bands and herbicides*”, *Weed Science*, Vol. 21, issue 6: 537-541, Oregon State University, Corvallis.

Legendre, P., Gallagher, E.D., 2001:“*Ecologically meaningful transformations for ordination of species data*”, *Oecologia*, 129: 271-280.

Leyshon, A.J., Campbell, J.A., 1995:“*Effect of nitrogen fertilizer residues on the response of irrigated bromegrass to fertilizer nitrogen*”, *Can. J. Plant Sci.*, 75: 381-386.

Lichtenegger, E., 1994a: “*Hochlagenbegrünung mit Alpinsaatsgut*“, *Der Förderungsdienst*, Vol. 42: 125-131.

Linscott, D.L., Hagin, R.D., 1967:“*Protecting alfalfa seedlings from a triazine with activated charcoal*”, *Weeds* 15: 304-306.

Maarel, E. van der, 1979:“*Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effect on community similarity*”, *Vegetatio*, 39: 97-114.

Malone, C.R., 1967:“*A rapid method for enumeration of viable seeds in soil*”, *Weeds*, Vol.15:381-382.

Masters, R.A., Nissen, S.J., Gaussoin, R.E., Beran, D.D., Stougaard, R.N., 1996:“*Imidazolinone herbicides improve restoration of Great Plains grasslands*”, *Weed Technol.* 10: 392-403.

Mayor, J.P., Dessaint, F., 1998:“*Influence of weed management strategies on soil seedbank density*”, *Weed Res.*, 38: 95-105.

McCalla, J., Richardson, M.D., Boyd, J.W., Karcher, D.E., 2000:“*Herbicide evaluations for establishment of newly-seeded bermudagrass*”, *AAES Research Series*, 483: 58-60.

McCarty, L.B., 2001:“*Color Atlas of Turfgrass Weeds*”, John Wiley and Sons, New York, Sydney, London, Toronto.

McCullough, P., 2011:“*New Herbicides for Weed Control in Turf*”, Dissertation, Turfgrass Management, University of Georgia.

McGrath, S.P., Baker, A.G.M., Morgan, A.N., Salmon, W.J., Williams, M., 1980:“*The effects of interactions between cadmium and aluminium on the growth of two metal tolerant races of *Holcus lanatus* L.*”, *Env. Poll. (Serv. A)*, 23: 267-277.

McGrath, S.P., Rorison, I.H., 1982:“*The influence of nitrogen source on the tolerance of *Holcus lanatus* L. and *Bromus erectus* Huds. to manganese*”, *New Phytol.*, 91: 443-452.

- Mehnert, C., Voigtländer, G., Weis, G,** 1985: “*Eignung verschiedener Grasarten zur Ansaat auf als Skipistenfläche genutzten Kalkböden in den Bayerischen Alpen*“, Zeitschrift für Vegetationstechnik, 6: 33-37.
- Merrick, J.E.,** 1975:“*Oxadiazon- weed control in ornamentals*”, Proc. Northeastern Weed Sci. Soc., 29: 341-344.
- Mesgaran, M.B. et al,** 2007:”*Comparison of three methodologies for efficient seed extraction in studies of soil weed seedbanks*”, Weed Research, Vol. 47: 472-478, University of Tehran.
- Miller, E., Miller, C.,** 2000:” *Organic Gardening, a comprehensive guide to chemical-free growing*”, John Wiley and Sons, 1st Ed.
- Mlot, C.,** 1990:” *Restoring the prairie*”, BioScience 40: 804-809.
- Morgan, R.P.C.,** 1986:”*Soil erosion and conservation*”, Longman Scientific & Technical, Harlow.
- Mortimer, A.M.,** 1974:” *Studies of germination and establishment of selected species with special reference to the fates of seeds*“, Ph.D. Thesis, University College of North Wales, Bangor, U.K.
- Mortimer, A.M.,** 1976:” *Aspects of the seed population dynamic of Dactylis glomerata L., Holcus lanatus L., Plantago lanceolata L. and Poa annua L.*”, Proc. 1976 British Crop Prot. Conf. Weeds, 687-694.
- Mosimann, T.,** 1981:” *Geoökologische Standortsindikatoren für die Erosionsanfälligkeit alpiner Hänge nach Geländeingriffen für Pistenanlagen*”, Geomethodica, 6: 143-174.
- Mosimann, T.,** 1983:“ *Landschaftsökologischer Einfluss von Anlagen für den Massenskisport*“, Vol. 2, Bodenzustand und Bodenstörungen auf planierten Skipisten in verschiedenen Lagen (Beispiel Crap Sogn Gion/Laax GR). Materialien zur Physiogeographie 3, Basel.
- Mott, J.J., Tothill, And J.C.,** 1984:”*Management of Australia’s Rangelands*”, ed. G.N. Harrington, A.D. Wilson, M.D. Young, CSIRO: Melbourne, 255-269.
- Moyer, J.R., Dryden, R.D.,** 1977:“*Effects of combined applications of triallate or trifluralin with solution nitrogen on wheat, wild oats and green foxtail*”, Can. J. Plant Sci., 57: 479-484.
- Moyer, J.R., Dryden, R.D., Chow, P.N.P.,** 1979:” *Effect of barban and flamprop methyl with solution nitrogen on wheat, wild oats and green foxtail*”, Can. J. Plant Sci., 59: 351-356.
- Muccinelli, M.,** 2011: “*Prontuario degli agro farmaci*”, 13° Ediz, Bologna.
- Mucina, L., Grabherr, G., Wallnöfer, S.,** 1993:”*Die Pflanzengesellschaften Österreichs*“, Teil I-III, Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, New York.
- Müller-Dombois, D., Ellenberg, H.,** 1974:“*Aims and Methods of Vegetation Ecology*“, John Wiley and Sons, New York, Sydney, London, Toronto.

- Naeem, S., Knops, J. M. H., Tilman, D., Howe, K. M., Kennedy, T., Gale, S., 2000:**” *Plant diversity increases resistance to invasion in the absence of covarying extrinsic factors*”, *Oikos* 91: 97-108.
- Neel, P.L., 1977:**” *Effects of Oxadiazon preemergence herbicide on weed control and growth of sixteen species of containerized ornamental plants*”, IFAS Agricultural Research Center, Proc. Fla. State Hort. Soc., 90: 353-355.
- Newesely, C., Tasser, E., Spadinger, P., Cernusca, A., 2000:**”*Effects of land-use changes on snow gliding processes in alpine ecosystems*”, *Basic and Applied Ecology*, 1: 61-67.
- Nishimoto, R.K., Appleby, A.P., Furtick, W.R., 1969:**” *Plant response to herbicide placement in soil*”, *Weed Science*, 17: 475-478.
- Norcini, J.G., Aldrich, J.H., Martin, F.G., 2003:**” *Tolerance of native wildflowers to imazapic*”, *J. Environ Hort* 21: 68-72.
- Oberdorfer, E., 1977:**” *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*”, Teil I, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- Oberdorfer, E., 1978:**” *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*“, Teil II, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- Oberdorfer, E., 1983:**”*Pflanzensoziologische Exkursionsflora*”, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Oberdorfer, E., 1990:**” *Pflanzensoziologische Exkursionsflora*”, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Oberdorfer, E., 1992:**” *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*“, Teil IV. Fischer Verlag, Stuttgart.
- Oomes, M.J. M., Elberse, W.T., 1976:**”*Germination of six grasslands herbs in micro-sites with different water contents*”, *J. Ecol.*, 64: 745-755.
- Peart, D.R., 1989:**”*Species interactions in a successional grassland I*”, Seed rain and seedling recruitment, *Journal of Ecology*, 77(1): 236-251.
- Peratoner, G., 2002:** ”*Organic seed propagation of alpine species and their use in ecological restoration of ski runs in mountain regions*”, Doctor Degree Thesis, Kassel University Press.
- Peratoner, G., Krautzer, B., Graiss, W., Venerus, S., Partl, C., 2006:** ”*Evoluzione della vegetazione di piste da sci inerbite con miscugli di semente di specie idonee al sito*”, Applicazioni delle Tecniche di Ingegneria Naturalistica in Settori Infrastrutturali e del Territorio, Bologna.
- Pignatti, S., 1982b:**” *Flora d'Italia*”, Volume terzo, Edagricole, Bologna.
- Pignatti, S., 1997:** ”*Flora d'Italia*”, Volume terzo, Edagricole, Bologna.

- Pignatti, S., Menegoni, P., Pietrosanti, S., 2005:**” *Bioindicazione attraverso le piante vascolari*” In: Valori di indicazione secondo Ellenberg per le specie della Flora d’Italia, Braun-Blanquetia 39, Ed. Camerino.
- Pojar, J., MacKinnon, A., 1994:**” *Plants of the Pacific Northwest coast: Washington, Oregon, British Columbia and Alaska*”, Redmond, WA: Lone Pine Publishing.
- Prock, S., Mader, G., Cernusca, A., 1998:**” *Die Diasporenbank subalpiner Weideflächen in den Alpen ind ihre Bedeutung für die Sukzession*”, Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, 28: 241-248.
- Remison, S.U., 1976:**” *Root interactions among grass species*”, Ph.D. Thesis, University of Reading, Reading, U.K.
- Remison, S.U., 1978:**” *The effects of mineral nutrition and density of root interactions in three grass species*”, Ann. Bot., 42: 277-283.
- Remison, S.U., Snaydon, R.W., 1978:**” *Yield, seasonal changes in root competitive ability and competition for nutrients among grass species*”, J. Agric. Sci. (Camb.), 90: 115-124.
- Ricci, V., 2005:** “*Rappresentazione analitica delle distribuzioni statistiche con R*”, Versione 0.4.
- Ricci, V., 2006:** “*Principali tecniche di regressione con R*”, Versione 0.3.
- Richardson, D.M., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M.G., Panetta, F.D., West, C.J., 2000:**” *Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions*”, Diversity and Distributions, Vol. 6, 2: 93-107.
- Roberts, H.A., Chancellor, R.J., 1986:**” *Seed banks of some arable soils in the English Midlands*”, Weed Res., 26: 251-257.
- Robinson, A., 2010:**” *IcebreakeR*”, University of Melbourne.
- Rodaro, P., 2007:** “*Inerbimenti di piste da sci: esperienze in Alto Adige*”, Professione Montagna-Ambiente/ Ingegneria Naturalistica – 91:70-71.
- Rolston, M.P., 1978:**”*Control of Volunteer Legumes During Establishment of Legume Seed Crops With Activated Carbon Bands and Non-selective Herbicides*”, Doctor Degree Thesis, Oregon State University.
- Rolston, M.P., Lee, W.O., Appleby, A.P., 1979a:**” *Volunteer legume control in legume seed crops with carbon bands and herbicides*”, Vol. I. White clover. Agron. J., 71: 665-670.
- Rolston, M.P., Lee, W.O., Appleby, A.P., 1979b:**” *Volunteer legume control in legume seed crops with carbon bands and herbicides*”, II. Red clover and alfalfa. Agron. J. 71: 671-675.
- Romo, J.T., Grilz, P.L., 1990:**” *Invasion of the Canadian prairies by an exotic perennial*”, Blue Jay, 48: 130-135.

- Rothmaler, W.**, 2002: "Exkursionsflora von Deutschland", Band 2. Gefäßpflanzen: Grunband 18., Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.
- Samson, D.A., Werk, K.S.**, 1986: "Size-dependent effects in the analysis of reproductive effort in plants", *American Naturalist*, 127: 667-680.
- Schauer, T., Caspari, C.**, 1975: "Flora e fauna delle alpi", Arnoldo Mondadori Editore, Verona.
- Schiechtl, H.M.**, 1972: "Probleme und Verfahren der Begrünung extremer Standorte im Voralpen- und Alpenraum", *Rasen, Turf, Gazon*, 3: 1-6.
- Schramm, P.**, 1992: "Prairie restoration: a twenty-five year perspective on establishment and management", in D.D. Smith and C.A. Jacobs, eds. *Proceedings of the 12th North American Prairie Conf.* Cedar Falls, IA: University of Northern Iowa Press, 169-177.
- Scrucca, L.**, 2010: "Note sul linguaggio ed ambiente statistico R", Università degli Studi di Perugia.
- Sehgal, D.K.**, 2012: "SPLIT-PLOT AND STRIP-PLOT DESIGNS", I.A.S.R.I., 377-388, Library Avenue, New Delhi.
- Sgattoni, P., Mallegni, C., Orsi, E., Kovacs, A.**, 1984: "Weeds and herbicides in wheat in Italy", *Proc. EWRS Symp. "Integrated weed management in cereals"*, Helsinki, 163-171.
- Shirley, S.**, 1994: "Restoring the Tallgrass Prairie", Iowa City: University of Iowa Press.
- Singh, M., Ramirez, A.H.M., Jhala, A.J., Malik, M.**, 2012: "Weed Control Efficacy and Citrus Response to Flazasulfuron Applied Alone or in Combination with Other Herbicides", *Sci. Res., American Journal of Plant Sciences*, 3: 520-527.
- Snedecor, G.W., Cochran, W.G.**, 1980: "Statistical Methods", 7th Ed., Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Sokal, R. R., Rohlf, F.J.**, 1995: "Biometry. The principles and practice of statistics in biological research", 3^o Ed., W.H. Freeman and Company, New York.
- Soliani, L.**, 2005: "Manuale di statistica per la ricerca e la professione", Università degli Studi di Parma.
- Soper, K.**, 1959: "Root anatomy of grasses and clovers", *N.Z.J. Agric. Res.*, 2: 329-341.
- South, D.B.**, 2000: "Tolerance of southern pine seedlings to clopyralid", *Southern J. Appl. For.*, 24: 51-56.
- Spatz, G., Park G.J., Weiss, G.B.**, 1987: "Untersuchungen zur Einwanderung autochthoner Arten auf planierten und begrüneten Schipisten in der subalpinen und alpinen Stufe", *Natur und Landschaft*, 62: 293-295.

- Steven, C., Fretz, Prochanska, Fretz, T.A.**, 1976: “*Herbicide combinations for weed control in skyline honeylocust*”, *Journal of Arboriculture*, 76: 233-236.
- Swinton, S.M., King, R.P.**, 1994:” *A bioeconomic model for weed management in corn and soybean*”, *Agric. Sys*, Vol. 44: 313-335.
- Tabot, Ramadjita**, 1982: “*Activated carbon: its neutralizing effects on a preemergent herbicide*”, PhD. Thesis, The University of Arizona.
- Tei, F.**, 1998:” *Il controllo della flora infestante nelle colture orticole*”, *Atti XI Conv. S.I.R.F.I.*:” *Il controllo della flora infestante nelle colture orticole*”, Bari, 1-241.
- Thompson, J.D., Turkington, R.**, 1988:” *The biology of Canadian Weeds N° 82 Holcus lanatus L.*”, *Canadian Journal of Plant Science*, 68: 131-147.
- Thompson, K., Bakker, J., Bekker, R.**, 1997:” *The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity*”, University Press, Cambridge.
- Tilman, D.**, 1997:” *Community invasibility, recruitment limitation, and grassland biodiversity*”, *Ecology* 78: 81-92.
- Tollenaare, M., Nissanka, S.P., Aguilera, A., Weise, F.S., Swanton, C.J.**, 1994:” *Effect of weed interference and soil nitrogen on four maize hybrids*”, *Agron. J.*, 86: 596-601.
- Tosca, A., Spoleto, P. et al.** 2012: “*Inerbimenti tecnici montani- Filiera autoctona*”, *ACER* 03/2012, Il Verde Editoriale, pp 39-43.
- Urbanska, K.M.**, 1988:” *High altitude revegetation research in the Swiss Alps: experimental establishment and performance of native plant populations in machine-graded ski runs above the timberline*”, In: Keammerer, W.R., Brown, L.F. (Eds): *Proceedings: High Altitude Revegetation Workshop N° 8*. Colorado Water Resources Research Institute Information Series 59, Fort Collins, 115-128.
- Urbanska, K.M.**, 1990: “*Standortgerechte Skipistenbegrünung in hochalpinen Lagen*“, *Zeitschrift für Vegetationstechnik* 13: 75-78.
- Urbanska, K.M.**, 1997:”*Restoration ecology research above the timberline: colonization of safety islands on a machine-graded alpine ski run*”, *Biodiversity and Conservation*, 6: 1655-1670.
- Urbanska, K.M., Fattorini, M.**, 1998a:” *Seed bank studies in Swiss Alps*”, Vol. I, Un-restored ski run and the adjacent intact grassland at high elevation, *Botanica Helvetica*, 108: 93-104.
- Urbanska, K.M., Fattorini, M.**, 1998b:” *Seed bank studies in the Alps*”, Vol. II, Restoration plots on a high-alpine ski run, *Botanica Helvetica*, 108: 289-301.
- Valagussa, M., D’Angelo, G., Papponi, L., Tosca, A., Scaccabarozzi, R., Bernasconi, C.**, 2011: “*Gli indicatori di qualità del suolo per una corretta gestione*”, *Quaderni MAC*, Vertemate con Minoprio.

- Vargas-Mendoza, M.D., Fowler, N.L.**, 1998:” *Resource-based models of competitive interactions*”, In: “*Intraspecific competition in *Ratibida columnifera* (Asteraceae)*”, American Journal of Botany 87:932-939.
- Vescovo, L., Scotton, M.**, 2002:” *Duration of seed germinability of alpine legumes and grasses for eroded areas restoration*”, Grassland Science in Europe, 7: 394-395.
- Viggiani, P.**, 2002: “*Dicotiledoni spontanee ed infestanti*”, Edagricole, 1° Ediz, Bologna.
- Viggiani, P.**, 2005. “*Graminacee spontanee ed infestanti*”, Edagricole, 1° Ediz, Bologna.
- Wagner, W. L., Herbst, D. R., Sohmer, S. H.**, 1999:”*Manual of the flowering plants of Hawaii*”, Revised edition. Volume 1. Honolulu, HI: University of Hawaii Press.
- Warnick, M.A.**, 1984:” *Buried seeds in arable soils in Scotland*”, Weed Res., 24: 261.
- Watt, T.A.**, 1976:” *The emergence, growth, flowering and seed production of *Holcus lanatus* L. sown monthly in the field. Proceedings*”, British Crop Protection Conference Weeds, 2: 565-574.
- Watt, T.A.**, 1978:” *The biology of *Holcus lanatus* L. (Yorkshire fog) and its significance in grassland*”, Herbage Abstracts, 48(6): 195-204.
- Watt, T.A.**, 1978a:” *Yorkshire fog (*Holcus lanatus* L.)- a review and some recent research*”, J. Sports Turf Res. Inst., 54: 15-22.
- Watt, T.A.**, 1978b:” *The biology of *Holcus lanatus* and its significance in grassland*”, Herb. Abstr., 48: 195-204.
- Werder, M.**, 1996:” *Saatgutvermehrung von subalpinen Ökotypen des horstbildenden Schwarzs-Rotschwingels*”, Rasen, Turf, Gazon, 27: 19-20.
- Westbrooks, R.**, 1998:”*Invasive plants, changing the landscape of America: fact book*”, Federal Interagency Comitee for the Management of Noxious and Exotic Weeds, Washington D.C., USA.
- Westhoff, V., Van der Maarel, E.**, 1978:”*The Braun-Blanquet approach*“, In: Whittaker, R.H. (Ed.): Classification of plant communities, Junk, The Hague, pp. 287-399.
- Wiese, A.F., Salisbury, C.D., Bean, B.W.**, 1995:”*Downy brome (*Bromus tectorum*), jointed goatgrass (*Aegilops cylindrical*) and horseweed (*Conyza canadensis*) control in fallow*”, Weed Technol., 9: 249-254.
- Wild, A., Florineth, F.**, 1999:” *Untersuchung von Begrünungsmethoden über der Waldgrenze*”, Rasen, Turf, Gazon, 30: 4-13.
- Wildi, O., Orloci, L.**, 1990:” *Numerical exploration of community patterns*”, SPB Academic Publishing, The Hague.

- Wilhelm, T.**, 1990:” *Experimentelle Untersuchungen über das Regenerationsverhalten einiger alpiner Gräser*”, Degree thesis, University of Innsbruck, Department of Botany.
- Williams, R.D.**, 1984:”*Crop Protection Handbook – Grass and Clover Swards*“, BCPC Publications England.
- Williamson, D.R., Morgan, J.L.**, 1994: “*Nursery weed control*“, In: Aldhouse, J.R., Mason, W.L.:”*Forest Nursery Practice*”, Forestry Commission Bulletin, 111, HMSO, London.
- Willoughby, I.**, 1996b:” *Weed control when establishing new farm woodlands by direct seeding*”, Research Information Note 286, Forestry Commission, Edinburgh.
- Willoughby, I., Clay, D.V.**, 1999:”*Herbicide Update*”, Forestry Commission Technical Paper 28: 1-50.
- Willoughby, I., Clay, D.V., Dixon, F.L.**, 2003:” *The effect of pre-emergent herbicides on germination and early growth of broadleaved species used for direct seedling*”, Forestry, 76 (1): 83:94.
- Wilson, S.D., Gerry, A.K.**, 1995:” *Strategies for mixed-grass prairie restoration: herbicide, tilling and nitrogen manipulation*”, Rest. Ecol., 3: 290-298.
- Yamasue, Y., Kamiyama, K., Hanioka, Y., Kusanagi, T.**, 1992:”*Paraquat resistance and its inheritance in seed germination of the foliar resistant biotypes of Erigeron canadensis L. and Erigeron sumatrensis*”, Retz. Pestic. Biochem. Physiol., 44: 21-27.
- Zachar, D.**, 1982:” *Soil erosion. Development in soil science 10*”, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York.
- Zanin, G., Berti, A.**, 1989:” *Per una sempre migliore realizzazione degli interventi chimici*”, Atti Conv. SILM: “ Il diserbo delle colture agrarie: attualità e prospettive”, Torino, 119-148.
- Zanin, G., Mosca, G., Catizone, P.**, 1992:” *A profile of the potential flora in maize fields of the Po valley*”, Weed Res., 38: 143-152.
- Zuur-Isler, D.**, 1982 ” *Germinating behaviour and early life phases of some species from alpine serpentine soils*”, Berichte des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rübel, Vol. 49: 76-107.

Sitografia fondamentale e allegati

<http://www.agro.basf.it>

<http://www.aic.ca>

<http://cran.r-project.org/other-docs.html>

<http://www.cropinfo.net/AnnualReports/2009/ActivatedCarbonOnions.html>

<http://www.dx.doi.org/10.5539/jas.v4n9p39>

<http://www.fitogest.imagelinenetwork.com>

<http://www.jstor.org/stable/4042189>

<http://www.r-project.org/>

<http://www.SciRP.org/journal/ajps>

<http://www.softarelibero.it/gnudoc/fdl.it.html>

<http://www.usda.gov>

<http://www.usga.org>

<http://www.weedscience.com>

<http://www.wssa.net>

▣ Allegato 1: The GLM Procedure Repeated Measures ANOVA

The SAS System

The GLM Procedure

Class Level Information		
Class	Levels	Values
block	4	1 2 3 4
diserbante	5	TNT flzasulfuron linuron oxadiazon pendimethalin
CA	2	0 8

Number of Observations Read	40
Number of Observations Used	40

Dependent Variable: bromo_0

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	12	0	0	.	.
Error	27	0	0		
Corrected Total	39	0			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	bromo_0 Mean
0.000000	.	0	0

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
block	3	0	0	.	.
diserbante	4	0	0	.	.
CA	1	0	0	.	.
diserbante*CA	4	0	0	.	.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
block	3	0	0	.	.
diserbante	4	0	0	.	.
CA	1	0	0	.	.
diserbante*CA	4	0	0	.	.

Dependent Variable: bromo_12

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	12	2502.600000	208.550000	4.48	0.0006
Error	27	1257.175000	46.562037		
Corrected Total	39	3759.775000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	bromo_12 Mean
0.665625	26.06930	6.823638	26.17500

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
block	3	884.0750000	294.6916667	6.33	0.0022
diserbante	4	487.4000000	121.8500000	2.62	0.0572
CA	1	540.2250000	540.2250000	11.60	0.0021
diserbante*CA	4	590.9000000	147.7250000	3.17	0.0293

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
block	3	884.0750000	294.6916667	6.33	0.0022
diserbante	4	487.4000000	121.8500000	2.62	0.0572
CA	1	540.2250000	540.2250000	11.60	0.0021
diserbante*CA	4	590.9000000	147.7250000	3.17	0.0293

Dependent Variable: bromo_18

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	12	6046.400000	503.866667	10.75	<.0001
Error	27	1265.975000	46.887963		
Corrected Total	39	7312.375000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	bromo_18 Mean
0.826872	21.48229	6.847479	31.87500

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
block	3	67.275000	22.425000	0.48	0.7001
diserbante	4	2354.750000	588.687500	12.56	<.0001
CA	1	1651.225000	1651.225000	35.22	<.0001
diserbante*CA	4	1973.150000	493.287500	10.52	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
block	3	67.275000	22.425000	0.48	0.7001
diserbante	4	2354.750000	588.687500	12.56	<.0001
CA	1	1651.225000	1651.225000	35.22	<.0001
diserbante*CA	4	1973.150000	493.287500	10.52	<.0001

Dependent Variable: bromo_25

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	12	5685.700000	473.808333	17.33	<.0001
Error	27	738.200000	27.340741		
Corrected Total	39	6423.900000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	bromo_25 Mean
0.885085	15.63180	5.228837	33.45000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
block	3	28.300000	9.433333	0.35	0.7930
diserbante	4	1950.150000	487.537500	17.83	<.0001
CA	1	1416.100000	1416.100000	51.79	<.0001
diserbante*CA	4	2291.150000	572.787500	20.95	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
block	3	28.300000	9.433333	0.35	0.7930
diserbante	4	1950.150000	487.537500	17.83	<.0001
CA	1	1416.100000	1416.100000	51.79	<.0001
diserbante*CA	4	2291.150000	572.787500	20.95	<.0001

Dependent Variable: bromo_32

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	12	5256.700000	438.058333	10.45	<.0001
Error	27	1131.300000	41.900000		
Corrected Total	39	6388.000000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	bromo_32 Mean
0.822902	19.91699	6.473021	32.50000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
block	3	120.200000	40.066667	0.96	0.4275
diserbante	4	2408.500000	602.125000	14.37	<.0001
CA	1	1144.900000	1144.900000	27.32	<.0001
diserbante*CA	4	1583.100000	395.775000	9.45	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
block	3	120.200000	40.066667	0.96	0.4275
diserbante	4	2408.500000	602.125000	14.37	<.0001
CA	1	1144.900000	1144.900000	27.32	<.0001
diserbante*CA	4	1583.100000	395.775000	9.45	<.0001

Dependent Variable: bromo_39

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	12	5336.000000	444.666667	13.43	<.0001
Error	27	893.775000	33.102778		
Corrected Total	39	6229.775000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	bromo_39 Mean
0.856532	17.52780	5.753501	32.82500

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
block	3	116.475000	38.825000	1.17	0.3384
diserbante	4	2380.150000	595.037500	17.98	<.0001
CA	1	1199.025000	1199.025000	36.22	<.0001
diserbante*CA	4	1640.350000	410.087500	12.39	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
block	3	116.475000	38.825000	1.17	0.3384
diserbante	4	2380.150000	595.037500	17.98	<.0001
CA	1	1199.025000	1199.025000	36.22	<.0001
diserbante*CA	4	1640.350000	410.087500	12.39	<.0001

Dependent Variable: bromo_195

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	12	2434.200000	202.850000	4.06	0.0012
Error	27	1350.575000	50.021296		
Corrected Total	39	3784.775000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	bromo_195 Mean
0.643156	36.59805	7.072574	19.32500

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
block	3	221.675000	73.891667	1.48	0.2429
diserbante	4	1187.150000	296.787500	5.93	0.0015
CA	1	600.625000	600.625000	12.01	0.0018
diserbante*CA	4	424.750000	106.187500	2.12	0.1055

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
block	3	221.675000	73.891667	1.48	0.2429
diserbante	4	1187.150000	296.787500	5.93	0.0015
CA	1	600.625000	600.625000	12.01	0.0018
diserbante*CA	4	424.750000	106.187500	2.12	0.1055

The GLM Procedure

Repeated Measures Analysis of Variance

Tests of Hypotheses for Between Subjects Effects

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
block	3	664.071429	221.357143	1.43	0.2548
diserbante	4	8128.514286	2032.128571	13.16	<.0001
CA	1	5403.214286	5403.214286	34.99	<.0001
diserbante*CA	4	6188.857143	1547.214286	10.02	<.0001
Error	27	4169.500000	154.425926		

The GLM Procedure

Repeated Measures Analysis of Variance

Univariate Tests of Hypotheses for Within Subject Effects

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F	Adj Pr > F	
						G - G	H-F-L
tempo	6	35781.84286	5963.64048	391.53	<.0001	<.0001	<.0001
tempo*block	18	773.92857	42.99603	2.82	0.0003	0.0039	0.0021
tempo*diserbante	24	2639.58571	109.98274	7.22	<.0001	<.0001	<.0001
tempo*CA	6	1148.88571	191.48095	12.57	<.0001	<.0001	<.0001
tempo*diserbante*CA	24	2314.54286	96.43929	6.33	<.0001	<.0001	<.0001
Error(tempo)	162	2467.50000	15.23148				

Greenhouse-Geisser Epsilon	0.5723
Huynh-Feldt-Lecoutre Epsilon	0.6658

Allegato 2: Schede tecniche diserbanti impiegati nelle indagini

Linea ERBICIDA

CHIKARA 25 WG

ERBICIDA PER IL DISERBO
DI VITE, OLIVO, AGRUMI
E PER LE AREE NON COLTIVATE

Composizione	Flazasulfuron* g 25
Formulazione	Granuli idrodispersibile
Classificazione	Non classificato
Registrazione	N. 10929 del 15/05/2001
Confezione	50 g - 200 g

Chikara 25 WG è un erbicida sistemico che viene assorbito per via fogliare e radicale e prontamente traslocato nei tessuti meristematici delle infestanti. Si impiega in applicazioni di pre-emergenza o post-emergenza precoce delle infestanti in miscela con preparati a base di glifosate (alle dosi indicate in etichetta per le varie infestanti).

Trattamento per coltura			
COLTURA	INFESTANTI CONTROLLATE	DOSE	TEMPO di CARENZA
VITE	Graminacee: <i>Echinochloa crus galli, Lolium multiflorum, Lolium perenne, Lolium rigidum, Setaria verticillata.</i>	60-80 g/ha	60 gg
AGRUMI			30 gg
OLIVO	Dicotiledoni: <i>Amaranthus retroflexus, Capsella bursa pastonis, Chenopodium album, Cyperus rotundus, Euphorbia, Diplotaxis erucoides, Erigeron canadensis, Geranium dissectum, Geranium rotundifolium, Lamium purpureum, Malva sylvestris, Matricaria chamomilla, Mercurialis annua, Oxalis spp., Picris echinoides, Polygonum aviculare, Polygonum persicaria, Portulaca oleracea, Ranunculus acris, Raphanus raphanistrum, Senecio vulgaris, Sinapis arvensis, Sonchus spp., Stellaria media, Urtica urens, Taraxacum officinale.</i>	200 g/ha	non previsto
AREE NON DESTINATE ALLE COLTURE AGRARIE (strade ferrate, aree industriali, aree ed opere civili, aree urbane e agricole non coltivate)			

AVVERTENZE AGRONOMICHE

Il trattamento di post-emergenza è efficace se le infestanti si presentano nei primi stadi dello sviluppo (altezza max 10 cm). L'impiego su infestanti a foglia larga ben sviluppate potrebbe risultare inefficace. Irrigazioni o piogge cadute entro le 2 ore dal trattamento possono ridurre l'efficacia e l'attività erbicida del prodotto sulle infestanti già emerse. L'intervento su infestanti sofferenti per cause diverse quali siccità, freddo, ecc., potrebbe risultare inefficace.

Chikara 25 WG se usato da solo, deve essere sempre addizionato ad un coadiuvante tensioattivo non ionico al fine di migliorare la distribuzione e l'aderenza e quindi facilitare l'assorbimento del prodotto da parte delle infestanti trattate.





AFALON® DS

ERBICIDA SELETTIVO PER LA LOTTA ALLE INFESTANTI ANNUALI DI COLTURE INDUSTRIALI ED ORTICOLE



CARATTERISTICHE

AFALON DS è un erbicida in formulazione "lowable" che agisce per assorbimento radicale e fogliare sulle infestanti in fase di germinazione impedendo la germinazione del seme e lo sviluppo del germinello. È indicato nel controllo, di infestanti annuali dicotiledoni *Amaranthus retroflexus*, *Aragallis arvensis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Chenopodium album*, *Galinsoga parviflora*, *Matricaria chamomilla*, *Mercurialis annua*, *Papaver rhoeas*, *Plantago* spp., *Polygonum* spp., *Portulaca oleracea*, *Raphanus raphanistrum*, *Senecio vulgaris*, *Sinapis* spp., *Solanum nigrum*, *Sanctus* spp., *Stellaria media*, *Thlaspi arvensis*, *Urtica* spp., *Veronica* spp., e *Digitalis sanguinalis*, *Echinochloa crus galli*, *Poa annua*, *Setaria* spp. tra le graminacee. Alle dosi di impiego indicate, AFALON DS non persiste nel terreno più di 2-3 mesi per cui è assolutamente sicuro per le colture in successione.

AVVERTENZE

Non superare le dosi consigliate ed impiegare la dose più bassa nei terreni sabbiosi. Non impiegare nei terreni troppo leggeri ed in quelli poveri di sostanza organica (inferiore a 1%). Distribuire il prodotto impiegando 400-600 litri di acqua per ettaro, in giornate poco ventilate.

TRASPORTO DINI

3082

CLASSIFICAZIONE ADR

9

GRUPPO IMBALLAGGIO

III

COLTURA	DOSI DI IMPIEGO	NOTE	INTERVALLO DI SICUREZZA	CONFEZIONE
Asparago	1-2 L/Ha	Su terreno preparato, prima della fuoriuscita dei turioni		Fazione da 1 L (12x)
	0,8-1,4 L/Ha	Sui nuovi impianti subito dopo la messa a dimora degli ovali e prima dell'emergenza		
Carciofo	1-1,5 L/Ha	Sui nuovi impianti riprodotti per carducci, 15-25 giorni dopo la messa a dimora		
	1,2-1,5 L/Ha	Sugli impianti vecchi alla ripresa vegetativa, prima che i germogli siano lunghi 15-20 cm		
	2 L/Ha	In pre-emergenza, su seme ben coperto		
Carota	1,5 L/Ha	In post-emergenza quando la coltura presenta almeno il secondo palco fogliare (4 foglie vere) e le infestanti sono allo stadio di piantala. In caso di impiego in pre-emergenza ripetuto a circa un mese dalla nascita delle piante in post-emergenza	60 giorni per tutte le colture	
Fagiolo, fagiolino	1-1,25 L/Ha	In pre-emergenza, subito dopo la semina; nei terreni leggeri ridurre la dose a 0,8 L/Ha		
Finochlio	0,5-1 L/Ha	In post-emergenza quando la coltura ha differenziato la 4a foglia o in post-trapianto superata la crisi		
Girasole	1-1,25 L/Ha	In pre-emergenza della coltura, subito dopo la semina		
Mais	1,1-1,3 L/Ha	In pre-emergenza della coltura, subito dopo la semina		
Patata	1,5-2 L/Ha	Subito dopo la messa a dimora dei tuberi o successivamente purché prima dell'emergenza della coltura		
Sedano	1,5-2 L/Ha	In post-trapianto, superata la crisi (a 8-10 giorni dal trapianto)		
Sola	0,9-1,5 L/Ha	In pre-emergenza della coltura		

COMPOSIZIONE	FORMULAZIONE	INDICAZIONI DI PERICOLO	N. REGISTRAZIONE
Linuron puro 37,8% (450 g/L)	Dispersione acquosa	T - Tossico N - Pericoloso	6574 del 24-04-1996



KERB® FLO



Erbicida selettivo per il diserbo di alcune colture orticole: fragole, pomacee, vite e della barbabietola da zucchero

Composizione:
Propamato puro 36 g
(+ 400 g)
Calcolando q.li a 100 g

Indicazione di pericolo:
Xn Nocivo
N pericoloso per l'ambiente

Formulazione:
Sospensione liquida

Confezione:
Bottiglia HDPE da 1 litro

Imballo:
12 confezioni da 1 litro

Registrazione:
N° 7590 del 12/07/2000



COLTURE	PRINCIPALI INFESTANTI CONTROLLATE	DOSE	NOTE ED EPOCA DI IMPIEGO	TEMPI DI CARENZA
Lattughe e simili: dolcetta, lattuga, indivia, cicoria di città, dente di leone, valerianella	Infestanti sensibili Alyceae spp., Digitalis sanguinalis, Lolium spp., Poa spp., Setaria spp., Avena fatua, Bromus spp., Chenopodium Album, Cuscuta spp., Papaver spp., Plantago spp., Polygonum persicaria, Polygonum aviculare, Portulaca oleracea, Solanum nigrum, Stellaria media, Urtica spp., Veronica spp., Rumex spp. (da seme)	3,5 - 4,5 l/ha	A) Pre emergenza delle infestanti in pre semina pre impianto con innaffiatura; In postemilia (e post-tradito in caso di assestazioni) effettuare ai 15 gg. successivi. B) Post emergenza delle infestanti, solo in sistemi in vitro con sistema unico.	Non richiesto
Medica	Infestanti mediamente sensibili Amaranthus spp., Capsella bursa-pastoris, Echinochloa crusgalli, Polygonum lapathifolium	2,5 - 4 l/ha	Nella vite: contro la Cuscuta (entro febbraio o dopo il primo dilavio entro 34 giorni).	Non richiesto
Leguminose foraggere (Trifoglio violetto, Sialia, Lupinella, Trifoglio italiano)	Infestanti resistenti Amaranthus gracilis, Cyperus spp., Galinsoga parviflora, Matricaria chamomilla, Sonchus oleraceus.	2 - 2,5 l/ha	Sulle colture in uso in autunno - inverno (entro febbraio).	Non richiesto
Mela, Pero		3,5 l/ha	Il trattamento può essere effettuato dal periodo autunnale fino al inizio primavera.	Non richiesto



erbicidi

COLTURE	PRINCIPALI INFESTANTI CONTROLLATE	DOSE	NOTE E/O EPOCA DI IMPIEGO	TEMPI DI CARENZA
Barbabietola da zucchero	<p>Infestanti sensibili Abiescens spp., Digitaria sanguinalis, Lolium spp., Poa spp., Setaria spp., Avena fatua, Bromus spp., Chenopodium Album, Cirsium spp., Papaver spp., Plantago spp., Polygonum persicaria, Polygonum aviculare, Portulaca oleracea, Solanum nigrum, Stellaria media, Urtica spp., Veronica spp., Amaran spp. (da semi)</p> <p>Infestanti medianamente sensibili Amaranthus spp., Capsella bursa-pastoris, Echinochloa crusgalli, Polygonum lapathifolium</p>	<p>0,5 - 0,7 l/ha</p> <p>1 - 1,5 l/ha</p> <p>4 - 5 l/ha</p>	<p>Prima efficace l'età della coltura di più in avanti con trattamenti fruttuosi da devono essere effettuati sin dalla fase cotiledonea / 2 foglie vere della coltura all'aumento i dosaggi più bassi.</p> <p>Dalle 4-6 foglie vere si possono utilizzare dosaggi di 1-1,5 l/ha.</p> <p>Per trattamenti tardivi utilizzare i dosaggi più elevati anche se in avanti molto tardi i trattamenti un controllo preleva del parassita.</p>	Non richiesto
Vite	<p>Infestanti resistenti Amaranthus graecizans, Cyperus spp., Galinsoga parviflora, Matricaria chamomilla, Sonchus oleraceus</p>	3,5 l/ha	Definitivo il prodotto durante il periodo fino autunno pieno inverno ed estivo anche con trattamenti invernali. Effettuare i trattamenti primaverili prima di dare ai vitigni gelba.	Non richiesto

Tossicità: al fine di prevenire contaminazioni da importazioni illegali e per salvaguardare l'autenticità, il prodotto è tracciabile con metodologia brevettata.

Norme di uso:
Fitotossicità: il prodotto può essere fitotossico per le colture non indicate in etichetta. Su barbabietola da zucchero, abbondanti piogge dopo il trattamento possono provocare malformazioni.
 Ripetere i sottoposti intervalli fra l'applicazione del Kerb Flo e la successiva semina di colture sensibili.

- a) colture moderatamente tolleranti (mais, fragola, sorgo, patata, crucifere): 2 mesi
 - b) colture mediamente sensibili (melanzana, fieno, aglio, menta, cipolla, peperone, patata, girasole, barbabietola da zucchero, pomodoro): 4 mesi
 - c) colture molto sensibili (cereali da granella in genere orzo, avena, frumento, segale e graminacee foraggere): 6 mesi.
- Effettuare prima dell'impianto di tali colture una profonda lavorazione interrando concimi organici.
Rischi di nodosità: non fare pascolare il bestiame a distanza inferiore a 20 giorni dal trattamento.



STOMP® AQUA

ERBICIDA PER IL CONTROLLO DI INFESTANTI DICOTILEDONI E GRAMINACEE ANNUALI PER TUTTE LE COLTURE ESTENSIVE, FRUTTICOLE, ORTICOLE E PER LA VITE

COMPOSIZIONE

100 g di prodotto contengono 38,72 g di Pendimethalin (pari a 465 g/l)

FORMULAZIONE

Sospensione acquosa concentrata di capsule (CS)

CLASSIFICAZIONE

N, pericoloso per l'ambiente

REG. MIN. SALUTE

N° 13093 del 10-03-2009

CONFEZIONE

Fiacone da 1 litro
Tanica da 5 litri
Tanica da 10 litri

IMBALLO

Cartone
- da 10 fiaconi
- da 4 taniche
- da 2 taniche

CARATTERISTICHE

STOMP® AQUA esplica in maniera eccellente la propria attività diserbante. Si dimostra selettivo verso le colture trattate e perfettamente in grado di inibire la germinazione dei semi e lo sviluppo dei germellini delle più importanti infestanti annuali sia Dicotiledoni, sia Graminacee. STOMP® AQUA controlla le infestanti anche nello stadio di piantula, purché le Graminacee non abbiano superato lo stadio di 1-1,5 foglie e le Dicotiledoni lo stadio di 2-3 foglie vere.

MODALITÀ D'USO

STOMP® AQUA non deve essere incorporato nel terreno (ad eccezione della Soia). Si consiglia di impiegare le dosi più alte su terreni argillosi. STOMP® AQUA è compatibile con gli erbicidi contenenti Clortoluron, Dicamba, Dimetamidato, Glifosato, Linuron e Terbutilazina.

AVVERTENZE

Dal trattamento erbicida far trascorrere almeno 6 mesi prima di seminare nuove colture. Nessun rischio esiste invece per le successive colture da trapianto. In caso di forzate risemie su terreni già trattati con STOMP® AQUA, evitare il contatto dei nuovi semi con il diserbante, riseminando alle profondità suggerite, senza rimuovere il terreno oppure dopo un'aratura profonda almeno 20 cm. L'aratura è necessaria se si preferisce seminare Barbabietola da zucchero, anziché riseminare la coltura trattata.

INFESTANTI CONTROLLATE

Dicotiledoni: Amaranto, Anagallide, Atriplice, Borsapastore comune, Centocchio, Dentaria, Eliotropo selvatico, Erba morello, Erba storta comune, Erba verdona, Falsa ortica, Farnello comune, Fumaria, Greppino dei campi, Mercorella, Nontiscordardimè, Ortica minore, Papavero, Peverina a foglie strette, Poligono persicaria, Porcellana comune, Ranuncolo strisciante, Renaiola comune, Stregona annuale, Veronica e Viola dei campi.
Graminacee: Cappellini dei campi, Coda di volpe, Fienarola, Giavone americano, Giavone comune, Pabbio, Sanguinella e Sorghetta da seme.

COLTURA	DOSE (l/ha)	EPOCA D'IMPIEGO	INTERVALLO DI SICUREZZA (gg)
AGLIO	2-2,5	Pre o post-emergenza	75
ALBICOCCO NETTARINE, PESCO	2-2,5	Inverno ad in pre-emergenza delle infestanti	-
ARACHIDE	2-2,5	Pre-emergenza	-
ASPARAGO	2-2,5	Dopo trapianto	80
CARCIOFO	2-2,5	Pre-emergenza o pre-riccio	80
CAROTA	2-2,5	Pre o post-emergenza	80
CAVOLI	2-2,5	Pre-trapianto	100
CECE	1-1,75	Pre-emergenza (dose più bassa nei terreni sciolti)	-
CIPOLLA	1,5-2	Pre-emergenza, pre-trapianto o post-emergenza	75
FAGIOLINO, FAGIOLO	1-1,75	Pre-emergenza (dose più bassa nei terreni sciolti)	60
FAVA, FAVINO	1,5-2	Pre-emergenza (dose più bassa nei terreni sciolti)	-
FINOCCHIO	2-2,5	Pre e post-emergenza e pre e post-trapianto (non usare su terreni sabbiosi)	75
FRUMENTO ORZO, SEGALE	2-2,5	Pre o post-emergenza	90
GIRASOLE	2-2,5	Pre-emergenza	-
LATTUGHE E SIMILI *** WITLOOF	1,0-1,5* 1,5-2,5**	Pre-trapianto	-
MAIS	2-2,5	Pre o post-emergenza	90
MELANZANA	2	Pre-trapianto	75
MELO, PERO	2-2,5	Inverno ad in pre-emergenza delle infestanti	-
ORNAMENTALI, VIVAI	2	Post-trapianto	-
PATATA	2-2,5	Pre-emergenza	-
PEPERONE	1,5-2	Pre-trapianto	75
PIOPPO	2-2,5	Post-trapianto	-
PISELLO	2-2,5	Pre-emergenza (dose più alta per semine autunnali)	-

ERBICIDI STOMP® AQUA CAMPI E DOSI D'IMPIEGO

COLTURA	DOSE (l/ha)	EPOCA D'IMPIEGO	INTERVALLO DI SICUREZZA (gg)
POMODORO	1-1,75	Pre-trapianto	75
RISO*	2-2,5	Pre o post-emergenza	90
SOIA	1,5-2	Pre-emergenza	-
TABACCO	1-2,5 2-2,5 1-1,75	Pre-trapianto su terreni argillosi su terreni sabbiosi	- - -
TAPPETI ERBOSI	1,5-2	Post-emergenza	-
VITE	2-2,5	Inverno ed in pre-emergenza delle infestanti	-

* IN ASCIUTTA

RONSTAR 2G

SELECTIVE, PRE-EMERGENCE HERBICIDE



Bayer Environmental Science

Registrant: Bayer CropScience Inc.
 Suite #100, 3151-114th Avenue S.E.,
 Calgary, Alberta T2Z 3K2
 1 888 285 6647

GROUP 14 HERBICIDE

FOR CONTROL OF CERTAIN ANNUAL BROADLEAF AND GRASS WEEDS IN WOODY ORNAMENTAL SHRUBS, VINES AND TREES GROWN IN CONTAINERS

Guarantee: Oxadiazon 2%

PCPA Registration No.: 23600 PEST CONTROL PRODUCTS ACT

Net Content 227 kg

Commercial: Caution Poison

Date of issue: 1.01.99

General Information:

RONSTAR 2G is a selective, pre-emergence herbicide for control of certain annual broadleaf and grass weeds in woody ornamental shrubs and trees grown in containers. RONSTAR 2G controls weeds by killing the young weed seedlings as they come in contact with the herbicide during germination.

Ensure RONSTAR 2G granules are distributed uniformly in the container (uniform application is essential for satisfactory weed control). Calibrate the applicator prior to use, according to the manufacturer's directions, and check frequently during the application to be certain that the equipment is working properly.

Directions for Use:

For use on ornamentals grown in containers only
DO NOT APPLY BY AIR. NOT TO BE USED ON PLANTS GROWN IN THE FIELD.

USE PRECAUTIONS:

RONSTAR 2G will not work effectively under dry soil conditions and weeds emerging during this time may not be controlled. Prostrate plants, ivy, creepers or vines lying directly on the soil surface may be damaged by splashing of product onto leaves from rain or irrigation.

TIMING:

Apply RONSTAR 2G anytime during the year, prior to weed seed germination. RONSTAR 2G can be applied to both newly transplanted and established ornamentals and trees. Application can be made to actively growing or dormant ornamentals and trees. Reapply or overhead irrigation after application of RONSTAR 2G will improve weed control activity of RONSTAR 2G. Do NOT apply to wet foliage or under conditions in which granules will collect on leaves.

APPLICATION RATE:

Remove existing weed growth before application. For extended weed control, a second application of RONSTAR 2G may be needed 60 to 120 days after the previous application. Use 10 - 22.5 g of product/m² of pot surface area.

Examples of rates of product to use per pot based on standard pot sizes:

Pot Size (diameter) (centimetres)	Rate (g of product/pot)
25	0.5 - 1.2
31	0.7 - 1.6
46	1.6 - 3.7
61	2.9 - 6.6

To calculate the amount of product to use per pot for pot sizes not listed here, use the following equation to determine the area of the pot (m²): $3.14 \times r^2$ (where $r = 1/2$ of the diameter of the pot i.e. radius in metres)

Calculate the amount of product to use based on a rate of 10 - 22.5 g/m².

WEEDS CONTROLLED:

Annual Broadleaf Weeds	Annual Grass Weeds
Sinkweed	Annual bluegrass
Bittercress	Barnyard grass*
Common groundsel	Green foxtail
Lamb's-quarters	Yellow foxtail
Purslane	Crabgrass

Black nightshade
 Pigweed* (redroot, tumble)
 Shepherd's-purse

*at 22.5 g product/m²

CROP TOLERANCE:

RONSTAR 2G may be used at the recommended rates on the following ornamental species:

Cherry (Nanking)	Lilac
Cumari (Alpha)	Maple (Vine)
Dogwood	Pine (Mugo, Scotch)
Elder (Golden)	Potentilla
Euonymus (Emerald, Gold)	Spruce (Colorado, Serbian)
Juniper	

Note: The following plant varieties have been found to be sensitive to RONSTAR 2G.

Plant Species	Varieties
Andromeda	Snowdrift, Temple bell
Azalea	Pink champagne, Hershey
	Lauchstruar, Menalo
	John Heamons, Hino-Crimson
	White grandeur, Everest, Great
	Robaria
	Eichholz, Himalayan, Shanghai
	Pelle red inc. Samaria bush
	Mediamheia pink
	Pendula
	Red heart
	Daphnodes, Nova, Zambia
	Prinila
	Dansana
	Davidi

*Bayer Environmental Science
 A Business Group of Bayer CropScience

RONSTAR and Bayer are registered trademarks of the Bayer Group.

031017

Herbicide Resistance Management:

For resistance management, RONSTAR 2G is a Group 14 herbicide. Any weed population may contain or develop plants naturally resistant to RONSTAR 2G and other Group 14 herbicides. The resistant biotypes may dominate the weed population if these herbicides are used repeatedly in the same field. Other resistance mechanisms that are not linked to site action, but specific for individual chemicals, such as enhanced metabolism, may also exist. Appropriate resistance management strategies should be followed.

TO DELAY HERBICIDE RESISTANCE:

Where possible, rotate the use of RONSTAR 2G or other Group 14 herbicides with different herbicide groups that control the same weeds in a field.

Use tank mixtures with herbicides from a different group when such is permitted.

Herbicide use should be based on an IPM program that includes scouting, historical information related to herbicide use and crop rotation, and considers tillage (or other mechanical), cultural, biological and other chemical control practices.

Monitor treated weed populations for resistance development.

Prevent movement of resistant weed seeds to other fields by cleaning harvesting and tillage equipment and planting clean seed.

Contact your local extension specialist or certified crop advisors for any additional pesticide resistance-management and/or integrated weed-management recommendations for specific crops and weed biotypes.

For further information or to report suspected resistance, contact your local Bayer CropScience representative, or call Bayer CropScience Inc. free at 1-888-295-6647.

Precautions:

KEEP OUT OF REACH OF CHILDREN.

Wear protective gloves and coveralls at all times when handling the product.

Avoid contact with skin, eyes and clothing.

Store the container tightly closed away from seeds, fertilizer, plants and foodstuffs.

Wash dust from skin or eyes immediately.

Harmful if swallowed.

Avoid breathing dust.

After use, wash hands and other exposed skin.

This pesticide is toxic to fish. Avoid contamination of ponds, streams, rivers and other water sources.

If this pest control product is to be used on a commodity that may be exported to the U.S. and you require information on acceptable residue levels in the U.S., contact 1-866-375-4648 or www.cropso.org/.

This product contains a petroleum distillate which is moderately to highly toxic to aquatic organisms. Avoid contamination of aquatic systems during application. Do not contaminate these systems through direct application, disposal of waste or cleaning equipment.

First Aid:

If swallowed, induce vomiting by touching the back of the throat with a finger or blunt object. Repeat until vomit fluid is clear. Get medical attention or contact a poison control centre.

In case of skin contact, remove contaminated clothing and wash skin thoroughly with soap and water.

In case of eye contact, flush with plenty of water for 15 minutes and get medical attention.

TOXICOLOGICAL INFORMATION:

Medical personnel should contact Bayer CropScience's medical information services toll-free 1-800-334-7577. This product contains **PETROLEUM DISTILLATES.**

Storage:

May be stored at any temperature.

Disposal:

1. Empty bag.
2. Follow provincial instructions for any required additional cleaning of the bag prior to its disposal.
3. Make the empty bag unusable for further use.
4. Dispose of the bag in accordance with provincial requirements.

DISPOSAL OF UNUSED, UNWANTED PRODUCT:

For information on the disposal of unused, unwanted product, or contaminated, unworked soil, and for the cleanup of spills, contact the Provincial Regulatory Agency or the Manufacturer.

Notice to Buyer:

Seller's guarantee shall be limited to the terms set out on the label and subject thereto, the buyer assumes the risk to persons or property arising from the use or handling of this product and accepts the product on that condition.

Notice to User:

This control product is to be used only in accordance with the directions on this label. It is an offence under the Pest Control Products Act to use a control product under unsafe conditions.

**IN CASE OF SPILLS, POISONING OR FIRE,
TELEPHONE EMERGENCY RESPONSE NUMBER
1-800-334-7577 (24 HOURS A DAY)**

Appendice A

Abbreviazioni

ALS	Aceto lattato sintetasi
ANOVA	Analysis of Variance
ARPA	Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente
AS	Aqueous Solution
CA	Activated Charcoal (Carbone Attivo)
CAL	Calcium Acetate Lactate
CI	Confidence Interval
CSC	Capacita’ di Scambio Cationico
CV	Coefficiente di Variazione
d.a.t.	Days after Treatment
DET	Dipartimento di Ecologia del Territorio
df	Degree of freedom
DMRT	Duncan’s Multiple Range Test
F	Valore F di Fisher
F.M.	Fondazione Minoprio
GAC	Granular Activated Carbon
GLM	Generalized Linear Model
ISTA	International Seed Testing Association
K ₂ CO ₃	Carbonato di Potassio
KNO ₃	Nitrato di Potassio
kPa	Kilo Pascal
LSD	Least Significant Difference
λ di Wilks	Valore Lambda di Wilks
MAC	Minoprio Analisi e Certificazioni

MANOVA	Multivariate Analysis of Variance
meq	Milli equivalenti
min	Minuto
MIRT	Minoprio Ricerca e Trasferimento
MSE	Mean Square of Error
MS	Mean Square
m ²	Metro quadrato
Na ₂ CO ₃	Sodio bicarbonato
(NaPO ₃) ₆	Esametafosfato di Sodio
p	P value (Valore di P per livello di significatività)
PAC	Powdered Activated Carbon
P ₂ O ₅	Anidride fosforica
PCA	Principal Component Analysis
Pd	Palladio
Pt	Platino
RCB	Randomized Complete Block
SD	Standard Deviation
SE	Standard Error
Sig.	Significatività stocastica
SS	Sum of Squares
s.a.	Sostanza attiva
s.s.	Sostanza secca
TNT	Trial Not Treated
TP	Top of Paper
TSW	Thousand Seed Weight
WDG	Water Dispersable Granules

Appendice B

Lista delle Tabelle

Tabella 1: Somme mensili dei giorni di pioggia, eventi di precipitazione intensa e medie di umidità relativa del sito sperimentale a Vertemate con Minoprio durante il periodo d'indagine (Ott. 2012- Lug. 2013).

Tabella 2: Metodi utilizzati per le analisi del terreno secondo le linee guida riportate nei quaderni DM (Metodi di analisi chimico- fisica dei suoli, 1992-2002).

Tabella 3: Indicazioni quantitative dei lotti di vendita per *Achillea millefolium*, *Holcus lanatus* L. e *Bromus erectus* Hudson secondo le normative ISTA (1999).

Tabella 4: Scheda di laboratorio per test di germinazione in accordo con la procedura ISTA (1999).

Tabella 5: Risultati dell'analisi di purezza e peso di 1000 semi condotti su *Achillea millefolium*, *Bromus erectus* Hudson e *Holcus lanatus* L. da diverse provenienze.

Tabella 6: Composizione ed effetti attesi dei prodotti selezionati (feniluree, solfoniluree, nitroderivati, azotorganici) per il controllo delle malerbe negli esperimenti condotti. Informazioni più specifiche sui prodotti sono reperibili presso i rispettivi produttori.

Tabella 7: Caratteristiche di trattamenti erbicida inclusi negli studi sul carbone attivo di serra e campo. Riferimento alla formulazione del prodotto in termini di s.a., dose*ha⁻¹ di prodotto puro, secondi di erogazione della soluzione per singola parcella e fornitore ufficiale.

Tabella 8: Mezzi di controllo chimico impiegati per le prove su campo di *Bromus erectus* Hudson. Riferimento alla formulazione del prodotto in termini di s.a., dose*ha⁻¹, l H₂O*ha⁻¹ utilizzati per il trattamento, secondi di erogazione della soluzione per singola parcella e la dose di prodotto in H₂O*l⁻¹.

Tabella 9: Indicazione delle metodologie e parametri implicate nella prova di campionamento seed bank.

Tabella 10: Risultati dell'analisi della varianza per test di ipotesi univariati per effetti fra ed entro soggetti sul totale dei rilievi con contributo dei predittori (B = block- replicazione, D = trattamento diserbante, CA = trattamento con carbone attivo, P = profondità di semina, T = tempo dopo trattamento), e loro interazioni semplici e multiple secondo schema strip-split-plot sulla crescita di *Achillea millefolium*.

Tabella 11: Contrasti dei mezzi di trattamento diserbante per singolo stadio di osservazione sulla crescita del germinello di *Achillea millefolium*.

Tabella 12: Medie di germinazione unitaria di *Achillea millefolium* 5, 13, 21 e 29 giorni dopo il trattamento. Medie riferite a 4 replicazioni con effetto combinato di trattamento erbicida e trattamento protettivo CA (0-6 g*m⁻¹).

Tabella 13: Effetto dei fattori principali (B=block- ripetizione, D= trattamento con diserbante, CA= trattamento con carbone attivo, T= tempo dopo trattamento) sulla resa germinativa di *Achillea millefolium* per l' esperimento di serra *Achillea millefolium* II.

Tabella 14: Resa germinativa media di *Achillea millefolium* durante il periodo di osservazione in dipendenza dei mezzi chimici per il controllo delle infestanti e dei mezzi di difesa da trattamento erbicida su fila seminata.

Tabella 15: Contrasti dei mezzi di trattamento erbicida nei confronti dei plots di controllo per stadio temporale di osservazione del potenziale di emergenza del germinello di *Achillea millefolium*.

Tabella 16: Schema dei risultati dell'analisi della varianza relativa al potenziale germinativo dei semi di *Bromus erectus* Hudson nel tempo su campo sperimentale. Effetto dei fattori principali (B= block-ripetizione, D= trattamento diserbante, CA= trattamento con carbone attivo, T= tempo dopo trattamento) e studio delle loro interazioni secondo schema strip-split-plot.

Tabella 17: Numero di germinelli al m lineare sviluppati di *Bromus erectus* Hudson nei diversi stadi di osservazione.

Tabella 18: Contrasti dei mezzi di trattamento erbicida nei confronti dei plots di controllo per stadio temporale di osservazione del potenziale di emergenza del germinello di *Bromus erectus* Hudson.

Tabella 19: Schema dei risultati dell'analisi della varianza relativa al potenziale germinativo dei semi di *Achillea millefolium* nel tempo su campo sperimentale. Effetto dei fattori principali (B= block-ripetizione, D= trattamento diserbante, CA= trattamento con carbone attivo, T= tempo dopo trattamento) e studio delle loro interazioni.

Tabella 20: Numero di germinelli al m lineare sviluppati di *Achillea millefolium* nei diversi stadi di osservazione in relazione all'effetto combinato dei trattamenti diserbanti e dell'effetto protettivo della banda di CA ($g \cdot m^{-1}$).

Tabella 21: Schema dei risultati dell'analisi della varianza relativa al potenziale germinativo dei semi di *Holcus lanatus* L. nel tempo su campo sperimentale. Effetto dei fattori principali (B= block-ripetizione, D= trattamento diserbante, CA= trattamento con carbone attivo, T= tempo dopo trattamento) e studio delle loro interazioni.

Tabella 22: Risultati del test post-hoc illustrante la risposta germinativa dei semi *Holcus lanatus* L. in funzione dell'interazione tra le tecniche applicate di controllo erbicida e di trattamento con CA ($g \cdot m^{-1}$).

Tabella 23: Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) a misure ripetute con $\alpha = 0.05$ sull'emergenza nel tempo della popolazione totale di infestanti su fila seminata in base ai fattori semplici (B= block-ripetizione, D= trattamento diserbante, CA= trattamento con carbone attivo, T= tempo dopo trattamento) ed alle loro interazioni.

Tabella 24: Controllo della popolazione di infestanti monocotiledoni e dicotiledoni internamente alla fila seminata di *Achillea millefolium* in dipendenza dei mezzi di controllo chimico e dell'applicazione della banda protettiva di CA ad ogni rilievo (N=4).

Tabella 25: Caratteristiche varie dell'associazione *Festuco-Cynosuretum* e *Cerastio-Geranietum* presso i campi di sperimentazione della F.M. La copertura delle singole specie e' espressa secondo la scala di Van der Maarel (1979). Riassunto di 7 rilievi.

Tabella 26: Risultati dell'estrazione di semi dalle varie frazioni di terreno separate secondo metodo Malone.

Tabella 27: Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) a misure ripetute con $\alpha = 0.05$ sull'emergenza nel tempo della popolazione totale di infestanti su fila seminata con *Bromus erectus* Hudson in base ai fattori semplici (B= block-ripetizione, D= trattamento diserbante, CA= trattamento con carbone attivo, T= tempo dopo trattamento) ed alle loro interazioni

Tabella 28: Controllo della popolazione di infestanti internamente alla fila seminata di *Bromus erectus* Hudson in dipendenza dei mezzi di controllo chimico e dell'applicazione della banda protettiva di CA (2.5 cm) ad ogni rilievo (N=6).

Tabella 29: Variazione di frequenza delle specie più ricorrenti nelle parcelle di *Bromus erectus* Hudson in base all'applicazione di carbone attivo (CA = 0-8 g*m-1).

Tabella 30: Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) a misure ripetute con $\alpha = 0.05$ sull'emergenza nel tempo della popolazione totale di infestanti negli spazi adiacenti le file di semina di *Holcus lanatus* L. in base ai fattori semplici (B= block-ripetizione, D= trattamento diserbante, T= tempo dopo trattamento) ed alle loro interazioni.

Tabella 31: Controllo della popolazione di infestanti internamente alla fila seminata in dipendenza dei mezzi di controllo chimico e dell'applicazione della banda protettiva di CA (2.5 cm) ad ogni rilievo (N=2).

Tabella 32: Infestanti rilevate sul campo sperimentale di *Holcus lanatus* L. presso la Fondazione Minoprio (data rilievo: 11/06/2013).

Tabella 33: Variazione di frequenza delle varie specie rilevate nel campo di prova di *Holcus lanatus* L. (data:11/06) in base ai diversi trattamenti erbicidi.

Tabella 34: Valori di \cos^2 per i quali la correlazione delle variabili con il rispettivo asse del grafico biplot risulta maggiore (valori in grassetto).

Appendice C

Lista delle Figure

Figura 1: Possibili strategie per ottenere materiale per interventi di rinaturazione (Peratoner, 2002).

Figura 2: Schema di propagazione dei semi di specie indigene per la rinaturazione di aree erose in regioni montane (Peratoner, 2002).

Figura 3: Localizzazione dell'area di sperimentazione presso la scuola di floro-orto-frutticoltura della Fondazione Minoprio presso il comune di Vertemate con Minoprio (Como, I).

Figura 4: Temperature medie mensili e somma delle precipitazioni al sito di sperimentazione presso la F.M. durante il periodo di investigazione.

Figura 5: Esempio di schema di disegno strip-plot relativo ad ogni varietà di pianta (striscia verticale), con 5 livelli di trattamento erbicida (D_0, D_1, D_2, D_3, D_4) come striscia orizzontale e 3 aliquote di trattamento CA (C_1, C_2, C_3) come fattore di intersezione, in 4 repliche.

Figura 6: Esempio di disposizione di esperimento fattoriale $3 \times 5 \times 2$ arrangiato secondo disegno strip-split-plot con 2 specie come fattore verticale (S_1 e S_2), 5 tipi di trattamento erbicida (D_0, D_1, D_2, D_3, D_4) come trattamento orizzontale, 3 aliquote di trattamento con CA (C_1, C_2, C_3) come plot di intersezione, in 4 repliche x tempo dopo trattamento (fattore subplot).

Figura 7: Dispositivo contasemi di precisione CONTADOR utilizzato per la preparazione delle provette per le sperimentazioni.

Figura 8: Curve degli andamenti delle temperature medie giornaliere in serra in riferimento al mese (dati relativi al periodo di studio inclusi). Foto concessa dal Centro Agricolo della F.M.

Figura 9: Disegno sperimentale relativo al campo di prova di *Bromus erectus* Hudson presso Fondazione Minoprio

Figura 10: Disegno sperimentale a scala ridotta dei campi di studio per *Holcus lanatus* L. ed *Achillea millefolium*.

Figura 11: Peso dei semi di lotti di 3 diverse provenienze di *Achillea millefolium* (raccolta 2012): Consorzio Alta Valtellina (XAV 10.5) a 1142 s.l.m., Campo Croce Minoprio (XCM 11.5, XCM 11.5.2) a 342 m s.l.m.

Figura 12: Germinazione cumulativa di semi trattati purificati (XAV 10.5, XCM 11.5) e non purificati (XCM 11.5.2) di *Achillea millefolium* raccolti dal Consorzio Alta Valtellina, 1142 m s.l.m. (XAV 10.5) e propagati in Campo Croce Minoprio di selezione nell'anno 2012 (XCM 11.5.2) e 2013 (XCM 11.5).

Figura 13: Illustrazione della variazione di produzione di germinelli vitali in considerazione dei 3 livelli di dose di CA (0,3,6 g*m⁻¹) da 13 giorni dopo il trattamento (a) a 29 giorni dopo il trattamento (b).

Figura 14: Percentuale di germinazione in laboratorio di semi di *Bromus erectus* Hudson (a) e peso di 1000 semi (b) di 4 campioni differenti. Media di 5 replicazioni.

Figura 15: Relazione tra peso dei semi e germinazione delle varie frazioni di *Bromus erectus* Hudson. I dati riportati si riferiscono a test di germinazione condotti in laboratorio sotto condizioni controllate ed omogenee.

Figura 16: Sviluppo germinelli di *Bromus erectus* Hudson in considerazione del controllo con Flazasulfuron (a), Linuron (b), Oxadiazon (c), Pendimethalin (d) e TNT (e) a 0, 12, 18, 25, 32, 39, 195 giorni dopo il trattamento.

Figura 17: Influenza dei diversi mezzi di trattamento chimico sulla quantità di germinelli con sintomi di fitotossicità o esibenti crescita anormale. Media di 6 rilievi.

Figura 18: Sviluppo dei germinelli di *Bromus erectus* Hudson in considerazione di 4 trattamenti erbicidi PRE-emergenza in aggiunta di plots di controllo non trattati (TNT) prima della fine della stagione vegetativa (0-39 d.a.t.) ed alla ripresa della stagione vegetativa (195 d.a.t.).

Figura 19: Copertura di *Bromus erectus* Hudson alla fine del periodo di osservazione in funzione del trattamento diserbante e del trattamento protettivo con CA (0-8 g*m⁻¹).

Figura 20: Germinazione dei semi di *Holcus lanatus* L. di campioni di semi non scarificati e purificati (XCM I) e non purificati trattati (XCM II), valutata 7 e 28 giorni dopo l'incubazione in laboratorio vitro.

Figura 21: Assestamento della germinazione media di *Holcus lanatus* L. su 4 rilievi per 4 trattamenti erbicidi più TNT- test (a); Andamento germinativo di *Holcus lanatus* L. mediante trattamento con Flazasulfuron (particolare delle 3 dosi di CA) (b).

Figura 22: Germinazione su campo dei semi di *Holcus lanatus* L. all'interno dei 4 rilievi (a= 21 d.a.t., b= 26 d.a.t., c= 44 d.a.t., d=78 d.a.t.) in funzione dell'effetto congiunto del trattamento chimico erbicida e trattamento con CA.

Figura 23: Medie di germinazione di *Holcus lanatus* L. a 26 d.a.t. (a), 78 d.a.t. (b) e mortalità unitaria (c) tenente conto dell'interazione tra trattamento erbicida e CA in diverse dosi.

Figura 24: Vegetazione circondante le aree di prova presso la Fondazione Minoprio. Alternanza su piccola scala dei diversi tipi vegetazionali riscontrati. La rappresentazione delle aree soggette a rilevamento tiene conto della dimensione reale dell'area stessa.

Figura 25: Dendrogramma delle specie costituenti la vegetazione circostante l'area dei campi di sperimentazione e propagazione presso la F.M. Cluster analysis eseguita sulla matrice *specie x rilievi*. Riassunto di 7 rilievi a partire da dati di frequenza. Coefficiente di similarità: similarity ratio, tecnica di agglomerazione: legame medio. Le classi sono identificate dalle lettere maiuscole.

Figura 26: N° di semi rinvenuti dalle varie frazioni estratte dai campioni di terreno (FA= Fondo Affiorante; FF= Fondo Flottante; FNC= Fondo Non Centrifugato) del campo di studio preso F.M. secondo metodo Malone (1967).

Figura 27: Contributo percentuale medio delle specie infestanti alla copertura totale di infestanti sulle aree laterali la fila seminata nel campo di studio di *Bromus erectus* Hudson alla ripresa vegetativa 2013. Media di 40 osservazioni per specie (diserbanti: Flazasulfuron, Linuron, Oxadiazon, Pendimethalin, TNT).

Figura 28: Densità di piante/m² delle specie infestanti graminacee (a) e dicotiledoni (b) ai singoli rilievi in relazione ai trattamenti erbicida. Solo i dati esterni alla fila seminata vengono considerati. Analisi della varianza eseguita su dati trasformati con funzione logaritmica separatamente per singolo diserbante.

Figura 29: Variazione di frequenza di infestanti monocotiledoni e dicotiledoni nelle file seminate di *Bromus erectus* Hudson in dipendenza dei mezzi di trattamento chimico (data: 24/04). Media di 4 replicazioni.

Figura 30: Copertura infestanti su fila seminata con semi di *Bromus erectus* Hudson in base ai trattamenti erbicidi più controllo. Media di 4 replicazioni per trattamento.

Figura 31: Crescita infestanti dicotiledoni (a) e monocotiledoni (b) a 26 e 44 giorni dal trattamento entro le file seminate di *Achillea millefolium*.

Figura 32: Effetto dei diversi prodotti erbicidi (Flazasulfuron, Linuron, Pendimethalin, Propyzamide, TNT) per l'area sperimentale di *Achillea millefolium* sulla copertura vegetazionale di infestanti a 78 giorni dall'applicazione.

Figura 33: Andamento delle infestanti su fila in dipendenza dei mezzi di controllo erbicida e dell'applicazione di CA in diverse dosi (0-3-6 g*m⁻¹) a 26 d.a.t. (a) e 44 d.a.t. (b).

Figura 34: Densità della popolazione di infestanti su campo di prova di *Holcus lanatus* L. 21 giorni (a), a 55 giorni (b) dopo semina e trattamento, e la rispettiva variazione in funzione del trattamento erbicida (c). Media di quattro replicazioni per trattamento (Flazasulfuron, Linuron, Pendimethalin, Propyzamide e TNT).

Figura 35: Effetto dei diversi prodotti erbicidi (Flazasulfuron, Linuron, Pendimethalin, Propyzamide, TNT) per l'area sperimentale di *Holcus lanatus* L. sulla copertura vegetazionale a 78 giorni dall'applicazione.

Figura 36: Effetto dell'applicazione dei diversi erbicidi sul numero di specie rilevato (data: 11/06).

Figura 37: Dilazione della crescita di infestanti adiacentemente alle file di semina di *Achillea millefolium* (secondo piano) ed *Holcus lanatus* L. (primo piano), protette da banda di CA (3-6 g*m⁻¹) in una parcella trattata con Pendimethalin (data: 04/07). Rimarchevole sviluppo arretrato di *Achillea millefolium*.

Figura 38: Ordinamento delle diverse forme biologiche di infestanti attraverso Analisi delle Componenti Principali (PCA) della matrice *copertura x erbicidi* costituita dai dati complessivi delle prove di campo di *Holcus lanatus* L.

Figura 39: Medie pesate degli indicatori ecologici di Ellenberg nella stagione vegetativa 2013 delle specie sui campi di studio di *Bromus erectus* Hudson ed *Holcus lanatus* L.: L= Luce; T= Temperatura; K= Continentalità; U= Umidità; R= Reazione con il substrato; N= Nutrienti.

Figura 40: Esempio rappresentativo di plot di *Achillea millefolium* I trattato con Propyzamide. Fotografia scattata 21 giorni dopo il trattamento.

Figura 41: Seminiere danesi accoglienti sementi di *Achillea millefolium* e soggette a trattamento con Propyzamide (a) e con Pendimethalin (b), entrambi in dose 4 L*ha⁻¹.

Figura 42: Andamento dell'emergenza di *Achillea millefolium* lungo il periodo di osservazione in base alle dosi applicate di carbone attivo (g*m⁻¹).

Figura 43: Emergenza delle singole specie di infestanti sugli spazi adiacenti le file seminate in dipendenza dei singoli erbicidi. Analisi della varianza eseguita senza trasformazioni di variabili.

Riassunto

Negli ultimi decenni si è assistito ad un forte incremento dei fenomeni di erosione del suolo anche nelle regioni alpine, spesso causato dalla costruzione di infrastrutture per il turismo invernale ed estivo. Questo ha provocato anche il danneggiamento della copertura erbacea, la cui restituzione è una misura importante per prevenire un'ulteriore erosione nel lungo periodo.

I miscugli di sementi convenzionali, generalmente utilizzati per interventi di rigenerazione del cotico erboso, contengono varietà di specie propagate in territorio di fondovalle, poco adatte quindi alle condizioni climatiche ed edafiche proprie delle regioni montane e pertanto richiedenti costose operazioni di mantenimento, come ad esempio sfalci periodici e fertilizzazioni.

L'impiego di specie autoctone alpine e subalpine nei miscugli di sementi si può ritenere un approccio adeguato per conseguire una rivegetazione durevole dei cotici in alta quota, caratterizzati dalla prevalenza di specie perenni. La produzione di sementi autoctone risulta però di difficile esecuzione soprattutto a causa della loro scarsa competitività nei confronti delle infestanti dei terreni agricoli. A causa della lenta crescita soprattutto nelle prime fasi è quindi necessario proteggere la coltura dalle malerbe.

Sul mercato non sono disponibili prodotti completamente selettivi rispetto alle specie infestanti e la pianta desiderata, la quale risulta anch'essa danneggiata dai residui fitotossici che permangono nel terreno.

Varie tecniche sono state sviluppate per inattivare l'applicazione di erbicidi PRE-emergenza sui semi delle colture. In particolare, per la produzione di sementi foraggere come *Lolium perenne* o *Poa pratensis* si utilizza la tecnica del charcoal banding, messa a punto negli USA nella prima metà degli anni 70', ovvero la distribuzione di carbone attivo sulla striscia seminata a circa 2-2,5 cm di ampiezza sopra la fila di semina; in alternativa, il seme stesso può essere ricoperto col carbone attivo.

Esso adsorbe il diserbante e lo inattiva sulla fila seminata, lasciando germinare il seme della specie coltivata. Gli spazi interfilari, invece, rimangono soggetti al trattamento che, senza il bisogno di espletare azione selettiva, inibisce la crescita delle infestanti.

Scopo del presente lavoro di tesi è stato quello di applicare e valutare l'efficacia della tecnica del charcoal banding per la produzione di sementi di specie autoctone, che verranno poi utilizzate in progetti di rinaturazione. Semi di *Achillea millefolium*, *Holcus lanatus* L. e *Bromus erectus* Hudson sono stati protetti dall'effetto fitotossico di alcuni diserbanti anti-germinello tramite applicazione di carbone attivo allo stato pulviscolare su fila seminata prima che gli erbicidi venissero spruzzati.

Tramite esperienze di serra e campo, condotte presso la Fondazione Minoprio (Vertemate con Minoprio, (CO), 380 m s.l.m.), ci si è focalizzati su due aspetti relativi all'effetto protettivo del carbone attivo. Per prima cosa, è stata investigata la risposta germinativa dei semi delle specie sopracitate, adatte ad inerbimenti tecnici, nei confronti dell'effetto congiunto del trattamento con carbone attivo e trattamento diserbante in periodi di osservazione diversi.

In seconda istanza, sono state avanzate valutazioni sull'efficacia dell'effetto residuale dei diversi prodotti nel controllo della densità di piante infestanti sia all'interno della fila seminata che nell'area ad essa adiacente, soggetta soltanto a trattamento con diserbante.

Infine, confrontando i risultati con i dati di letteratura, si è provato a stabilire se la quantità di carbone impiegata fosse stata sufficiente a proteggere le piante messe a dimora dall'effetto tossico dei vari prodotti testati.

In ogni esperimento condotto, i quattro trattamenti erbicidi unitamente all'applicazione di carbone attivo sono stati arrangiati in parcelle secondo disegno a blocco completamente randomizzato trifattoriale (RCB) costituente uno schema strip plot, e poi assegnati alle rispettive specie. In totale sono stati previsti 4 blocchi (o ripetizioni) per esperimento. In aggiunta alle parcelle soggette a trattamento con diserbante, si è tenuta una 5^o parcella non trattata, con funzione di controllo e indicante il grado di infestazione originario (TNT). Le parcelle sono costituite da strisce di 1 m per gli esperimenti di campo e 50 cm per gli esperimenti di serra ospitanti rispettivamente 100 e 50 semi per specie.

Al fine di rendere le valutazioni più snelle, le diverse specie sono state studiate distintamente all'interno dell'area di prova.

Nello studio di serra, l'applicazione di carbone attivo ha conferito protezione efficace ai semi di *Achillea millefolium* da Propyzamide, mentre con Pendimethalin, Linuron e Flazasulfuron ci sono meno evidenze di una sua azione protettiva.

Negli studi di campo invece, una produzione soddisfacente di piantine è stata ottenuta con Pendimethalin e Linuron, rispetto ai quali però i semi di *Holcus lanatus* L. e *Bromus erectus* Hudson hanno avuto sufficiente protezione soltanto con la dose maggiore di carbone attivo impiegata (240 kg*ha⁻¹). In corrispondenza di tali varianti di trattamento, anche il controllo sulle infestanti ha prodotto risultati soddisfacenti.

In particolare, Pendimethalin e Flazasulfuron hanno permesso un efficace controllo sullo sviluppo di infestanti graminacee, mentre per la popolazione di dicotiledoni Flazasulfuron si è dimostrato meno efficace.

I campioni di terreno, prelevati dall'area oggetto di studio, rivelano una cospicua riduzione del contenuto di sostanza organica e nutrienti crescente col grado di meccanizzazione della superficie ed un alto contenuto in sabbia, motivo per cui l'indagine seed bank eseguita dopo l'applicazione dei mezzi di trattamento non ha permesso l'identificazione o la conferma univoca del numero di specie rilevato empiricamente a vista.

Come confermato da diverse esperienze pratiche, in presenza di terreno con un'alta aliquota di sabbia, l'applicazione della banda 2.5 cm di CA a 120 kg ha⁻¹ (3 g*m⁻¹) spesso non è in grado di conferire adeguata protezione dal trattamento erbicida sia per quanto riguarda le piante coltivate sia per la flora avventizia.

I risultati indicano che la produzione di materiale vegetale per interventi di alta quota in territorio di fondovalle e' impresa piuttosto ardua. Una percentuale relativamente alta di malerbe ed ulteriori operazioni di ripulitura dei semi da eventuali residui fitotossici possono essere necessarie, con un evidente crescita dei costi. L'incidenza di eventi di pioggia intensi con conseguente formazione di ristagni idrici, seguiti da alte temperature, sembrano avere limitato nella crescita *Achillea millefolium*. Sarebbe opportuno sviluppare nuove tecniche atte ad aumentare la selettività del trattamento erbicida nei confronti di infestanti a foglia larga, che competono con la specie per l'uso delle risorse.

Tuttavia, la tecnica del charcoal banding, finalizzata ad incrementare la selettività del trattamento erbicida tra pianta coltivata e pianta avventizia, può essere fattibile per quelle specie con crescita relativamente rapida nelle prime fasi di sviluppo, come dimostrato per *Holcus lanatus* L. e *Bromus erectus* Hudson, se impiegato con erbicidi appropriati.

La ricerca futura si focalizzerà sullo sviluppo e la diffusione di mezzi per un più preciso spargimento della soluzione di carbone attivo. Sono quindi necessarie ulteriori ricerche prima che il suo impiego come mezzo di protezione contro i danni da erbicida sia raccomandabile anche su larga scala.

Nel presupposto della sua funzione protettiva, il carbone attivo non sembra provocare perdite rimarcabili di fertilità del terreno anche con apporti di ammendanti.

Parole chiave:

Produzione di specie naturali; rinaturazione; protezione da erosione; *Achillea millefolium*; *Holcus lanatus* L.; *Bromus erectus* Hudson; trattamenti erbicidi PRE-emergenza; controllo infestanti; effetto protettivo di CA; germinazione; seed bank.

Ringraziamenti

A questo punto vorrei porgere i miei più sentiti ringraziamenti a tutti coloro che hanno collaborato in vario modo alla realizzazione di questa dissertazione:

- Prof. Dr.ssa A. Zottola per avermi dato l’opportunità di svolgere l’attività pratica presso la Fondazione Minoprio;
- Dr. A. Tosca per avermi dato l’opportunità di lavorare a questo interessante argomento e per il supporto fornito durante il corso dei lavori, così come Dr. D. Ballabio e Dr.ssa P. Spoleto del centro MIRT (Minoprio Ricerca e Trasferimento) per alcuni aspetti di assistenza tecnica;
- Prof. Dr. S. Bocchi per la sua volontà di svolgere la funzione di relatore e per la revisione critica del manoscritto;
- Dr.ssa C. Formigoni dell’Azienda Ospedaliera Sant’Anna di Como per l’impegno profuso nel reperire parte della letteratura utilizzata e per la revisione della forma della parte referenziale;
- Prof. Dr.ssa F. Clerici del Dipartimento di Chimica Generale ed Organica presso UNIMI per la fornitura dei reagenti utilizzati nell’indagine seed bank, nonché per la revisione e i consigli riguardo la stesura della parte riassuntiva;
- I collaboratori del centro MAC (Minoprio Analisi e Certificazioni) per aver fornito la classificazione e lo studio dei parametri del suolo, nonché per la messa a disposizione del materiale necessario per il campionamento seed bank;
- I ricercatori dell’IRCCS del Dipartimento di Oncologia Mario Negri: W. Torri, I. Floriani e T. Cogliati per le consulenze statistiche e la collaborazione nello svolgimento delle analisi;
- Certamente, ringraziamenti speciali spettano a Marica, Marco, Andrea, Giuliana, Antonio, Lucia, Elio, Chiara, Dimitri e Giacomo, ossia coloro che mi hanno supportato, tra le tante cose, fornendo delucidazioni ed un utile supporto riguardo le procedure analitiche con i rispettivi software (Chiara), attraverso la lettura critica e le correzioni linguistiche e stilistiche delle bozze (Marica e Marco) e per aver contribuito a creare una piacevole atmosfera anche nelle fasi più agitate (tutti). Grazie per la vostra pazienza!!