



**Unione Europea  
Fondo Sociale  
Europeo**



**Ministero  
dell'Istruzione,  
dell'Università e  
della Ricerca**



**Università degli  
Studi di Palermo**

***Facoltà di Agraria***

---

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA E TECNOLOGIE AGRO  
FORESTALI**

**- sezione meccanica-  
Settore scientifico-disciplinare AGR/09**

**DOTTORATO DI RICERCA IN TECNOLOGIE PER LA  
SOSTENIBILITA' ED IL RISANAMENTO AMBIENTALE  
XXIII CICLO**

**APPLICAZIONE DELL'IDROSEMINA IN AREA  
MEDITERRANEA FORTEMENTE DEGRADATA COME  
TECNICA PER LA SOSTENIBILITA' ED IL RISANAMENTO  
AMBIENTALE**

**Coordinatore: Chiar.mo Prof. Sebastiano Calvo**

**Dottoranda:  
Dr. Valeria Pipitone**

**Tutor:  
Chiar.mo Prof. Pietro Catania**

**Co-Tutor:  
Ing. Mariangela Vallone**

## **RIASSUNTO**

La tecnica dell'idrosemina consiste nella distribuzione di una miscela complessa di sementi, concimi, collanti ed acqua su superfici di terreno mediante l'utilizzo di un'apposita macchina, l'idrosemnatrice. Si tratta di una tecnica di inerbimento che trova applicazioni in diverse situazioni ambientali anche difficili e presenta finalità di tipo paesaggistico. La necessità di effettuare il recupero ambientale di aree dove un metodo di semina tradizionale risulterebbe inefficace, può indirizzare verso l'impiego di soluzioni a basso impatto ambientale realizzando interventi specifici nell'ambito dell'ingegneria naturalistica che possono rappresentare, oggi, una valida alternativa alle tecniche dell'ingegneria tradizionale.

In questa ottica è stata condotta una ricerca avente lo scopo di sperimentare soluzioni per l'inerbimento di siti in area mediterranea impiegando la tecnica dell'idrosemina e ricorrendo a diverse tecniche di esecuzione della stessa. La ricerca eseguita ha consentito di evidenziare come una tecnica alternativa a quelle tradizionali, quale è quella dell'idrosemina, consenta di ottenere buoni risultati dal punto di vista dell'inerbimento in ambienti di tipo mediterraneo.

Parole chiave: *idrosemina, inerbimento, ambiente mediterraneo.*

## **SUMMARY**

Hydroseeding is a technique that involves the application of a complex mixture of seeds, fertilizers, mulch and water on lands through a suitable hydroseeding machine.

It is a technique increasingly used to establish vegetation on large degraded areas in order to perform the environmental protection.

The traditional sowing, in fact, would be ineffective in some particular areas difficult to recover and here the use of hydroseeding would represent a valid option within soil bioengineering.

In this context, a research was carried out in order to test solutions to grass cover some plots in the Mediterranean area using different hydroseeding techniques.

The research pointed out that an alternative technique of soil bioengineering as hydroseeding allows to obtain good results in terms of grass cover in the Mediterranean area.

*Key word: hydroseeding, vegetation cover, Mediterranean area.*

## **RINGRAZIAMENTI**

Un particolare ringraziamento va alle seguenti Ditte per la loro preziosa collaborazione senza la quale la presente ricerca non sarebbe potuta effettuarsi:

- **Full Service s.r.l.** di Ospedaletto Euganeo (PD), nella persona del Rappresentante Legale Sig. Federico Tecchio, per la fornitura delle diverse tipologie di prodotti e la collaborazione durante l'esecuzione delle prove;
- **Sogeir ATO AGI S.p.a.**, di Sciacca (AG), nella persona del Presidente Dott. Vincenzo Marinello, per la disponibilità del sito oggetto delle prove;
- **Vivai Ciaccio** di Sciacca, nella persona del titolare Sig. Gaspare Ciaccio per la concessione dell'idrosemiatrice e la collaborazione nella preparazione dell'area e nell'esecuzione delle prove.

## INDICE

1. Premessa	7
2. Stato dell'arte	10
3. Obiettivo della sperimentazione	50
4. Materiali e metodi	51
4.1 L'idrosemina	51
4.1.1 Aspetti da valutare per l'esecuzione dell'idrosemina	51
4.1.2 Materiali da impiegare	53
4.1.3 Le macchine per l'idrosemina	58
4.1.4 Ambiti di applicazione dell'idrosemina	60
4.1.5 Tipologie di idrosemine	61
4.1.5.1 Idrosemina semplice	62
4.1.5.2 Idrosemina potenziata con fibre di mulch	63
4.1.5.3 Idrosemina a spessore	64
4.1.5.4 Idrosemina a matrice di fibre legate o biostuoia idraulica	67
4.2 Studio preliminare del sito oggetto di sperimentazione	70
4.2.1 Identificazione delle specie autoctone	70
4.2.2 Campionamento del suolo	76
4.2.3 Studio climatico	77
4.3 Idrosemnatrice impiegata nell'esecuzione delle prove	77
4.4 Materiali impiegati per l'idrosemina	79
4.4.1 Specie idroseminate	79
4.4.2 Componenti della miscela per idrosemina	83
4.5 Tesi sperimentali	88
4.6 Monitoraggio del sito dopo l'intervento	94
4.7 Analisi statistica	95
5 Risultati e discussione	96
5.1 Campionamento del suolo	96

5.2	Dati termo pluviometrici_____	99
5.2.1	Dati climatici relativi al periodo antecedente l'intervento_____	99
5.2.2	Dati climatici relativi al periodo di monitoraggio successivo all'intervento_____	102
5.3	Copertura vegetale_____	105
5.4	Indice di successo dell'idrosemina (HSI)_____	112
5.5	Altezza vegetazione spontanea_____	113
5.6	Altezza vegetazione idroseminata_____	116
5.7	Distribuzione percentuale delle specie idroseminate_____	121
5.8	Volume d'acqua raccolto dalle diverse tesi oggetto di sperimentazione_____	127
5.9	Analisi statistica applicata a tutte le variabili_____	133
5.9.1	Parametro TotCOV_____	133
5.9.2	Parametro HCOV_____	137
5.9.3	Parametro HSI, indice di successo dell'idrosemina_____	140
5.9.4	Parametro acqua serbatoi_____	144
5.9.5	Parametro "altezza vegetazione spontanea"_____	148
5.9.6	Parametro "altezza monocotiledoni"_____	151
5.9.7	Parametro "altezza dicotiledoni"_____	155
5.9.8	Parametro "copertura percentuale monocotiledoni – monocov_____	158
5.9.9	Parametro "copertura percentuale dicotiledoni – dicocov_____	162
6.	Conclusioni_____	167
7.	Bibliografia_____	169

## 1. PREMESSA

L'obiettivo fondamentale delle scienze che operano nell'ambito della conservazione e riqualificazione ambientale è quello di conoscere approfonditamente e, contestualmente, conservare e proteggere le risorse ambientali nel loro complesso, secondo un equilibrato rapporto di valori, recuperando inoltre, per quanto possibile, il deterioramento del territorio provocato soprattutto nell'ultimo secolo.

In tale contesto un posto di rilievo occupa l'Ingegneria Naturalistica; l'Ingegneria Naturalistica è una disciplina nella quale si utilizzano le piante vive per stabilizzare e difendere versanti o sponde da processi erosivi e da altre forme di dissesto.

L'obiettivo principale dell'Ingegneria Naturalistica è la ricostruzione, in tempi brevi, di una copertura vegetale che riduca l'erosione superficiale, limitando il trasporto solido ed assolvendo compiti di drenaggio nei casi in cui il ristagno idrico possa rappresentare un elemento di instabilità del versante.

Nell'Ingegneria Naturalistica le piante non sono più considerate solo da un punto di vista estetico, ma funzionale, ovvero come un efficace materiale vivente da costruzione; ciò costituisce la peculiarità maggiore di tale disciplina che la differenzia da quelle che utilizzano solo materiali inerti.

La copertura vegetale svolge un'importante funzione nella difesa del suolo contrastando l'azione disgregatrice degli agenti atmosferici tramite azioni antierosive e regimanti di tipo meccanico ed idrologico. Le azioni di tipo meccanico indotte dalle piante sui versanti consistono nella protezione antierosiva dalle acque dilavanti unitamente alla stabilizzazione dello strato superiore del suolo ad opera degli apparati radicali, con la riduzione dell'erosione e del trasporto solido a valle; lungo un versante con copertura vegetale densa, la velocità di deflusso delle acque è circa  $\frac{1}{4}$  di quella che si avrebbe, a parità di pioggia, su suoli privi di vegetazione e, di conseguenza, l'azione erosiva, che varia con il quadrato della velocità, può scendere fino a  $\frac{1}{16}$ .

In Italia di Ingegneria Naturalistica si cominciò a parlare intorno alla fine dell'800, quando cioè iniziarono a diffondersi in Europa le tecniche di gestione (manutenzione) forestale. Furono soprattutto i tempi brevi di realizzazione e la relativa economia con cui si lavorava (ad esempio l'uso di materiali naturali reperibili direttamente sul luogo di intervento) che ne garantirono il successo e la rapida diffusione anche in altri ambiti applicativi. Negli ultimi anni, in Italia, si è registrata una maggiore sensibilità nei confronti dell'ambiente in generale ed in particolar modo della tutela del paesaggio, con un conseguente incremento nella diffusione delle tecniche di Ingegneria Naturalistica. E' fatto esplicito riferimento alle tecniche di I.N. nella **Legge n. 415 del 18 Novembre 1998** (Legge Merloni) e in leggi e circolari regionali.

Le tecniche di Ingegneria Naturalistica vengono applicate in diverse tipologie di ambiente:

- **corsi d'acqua:** consolidamento di sponde soggette ad erosione, rinaturalizzazione;
- **zone umide:** realizzazione di ambienti idonei alla sosta e alla riproduzione degli animali;
- **coste marine e lacustri:** consolidamento dei litorali soggetti ad erosione e assestamento delle dune sabbiose;
- **versanti:** consolidamento e inerbimento dei versanti;
- **infrastrutture viarie e ferroviarie:** costruzione, inerbimento e rinverdimento di scarpate e svincoli;
- **cave:** recupero ambientale di cave estrattive abbandonate;
- **discariche:** inerbimento e rinverdimento dei rilevati.

Le tecniche di I.N. prevedono l'utilizzo di piante intere o parti di esse (semi, radici, talee) in combinazione con materiali naturali inerti (legno, pietrame o terreno) o, in alternativa, con materiali artificiali biodegradabili (biostuoie, geojuta) e non (reti zincate, geogriglie, georeti, geotessili). Le piante utilizzate devono essere:



- **autoctone**, originarie cioè dell'ambiente in cui devono essere inserite (ad esempio in montagna si dovrebbe evitare l'uso di specie marino-costiere);
- **compatibili con l'ambiente** e non dannose alle altre specie naturalmente presenti, nel rispetto di tutto l'ecosistema;
- **pioniere**, ossia capaci di colonizzare e resistere in ambienti non favorevoli e/o sterili.

Tra le tecniche di Ingegneria Naturalistica, l'idrosemina risulta un sistema particolarmente adatto a inerbire le zone in pendio. Tale tecnica sfrutta un mezzo liquido, l'acqua, per distribuire, su delle superfici specifiche, sementi ed altri elementi coadiuvanti. Questa operazione viene effettuata con l'idrosematrice, un'apposita macchina specializzata, nella cui cisterna vengono inseriti i suddetti materiali. Questi sono miscelati in modo continuo ed omogeneo e distribuiti uniformemente sulla superficie da inerbire. Senza questa particolare attrezzatura, i prodotti tenderebbero a sedimentare e/o galleggiare, dando luogo ad una distribuzione non uniforme. La distribuzione avviene mediante una pompa particolare, capace di imprimere alla soluzione una notevole pressione, indispensabile per avere una gettata di parecchie decine di metri con un apposito cannoncino.

La soluzione acquosa contiene una miscela composta da: fertilizzante organico a lunga durata con microelementi, fissatori e consolidanti, soluzioni e sostanze che accelerano la germinazione e attivano la flora microbiologica in suoli sterili, substrato di sviluppo ad alto potere di assorbimento idrico.

La quantità e la qualità dei singoli elementi da impiegare vengono scelte e determinate dopo una analisi dei luoghi, valutando anche i fattori pedoclimatici. I prodotti impiegati sono innocui a persone ed animali, compreso pesci, non inquinano l'ambiente ( suolo, sottosuolo, acque di scorrimento, falde acquifere, ecc.. ), sono biodegradabili in circa 6 mesi, e possono essere distribuiti anche con mezzi aerei.

In questo lavoro vengono presentati i risultati di uno studio sperimentale avente come oggetto l'applicazione della tecnica dell'idrosemina in ambiente mediterraneo.

## 2. STATO DELL'ARTE

Un metodo specifico per lo sviluppo di una copertura vegetale su pendii nudi derivanti dall'attività umana è l'idrosemina (ITGE, 1989). Come precedentemente descritto, questa tecnica comporta l'applicazione sulla superficie del terreno di una sospensione omogenea di acqua e semi.

In siti a bassa produttività l'aggiunta di mulch, fertilizzanti e stabilizzanti chimici migliora le condizioni del suolo e ciò è necessario per la germinazione e la crescita delle piante (Albaladejo Montoro J. et al. 2000). L'idrosemina è stata utilizzata in diverse tipologie di paesaggio, soprattutto in aree molto ripide o in cui le apparecchiature convenzionali non possono avere accesso (Simpson B. 1988; Thomson J. C. 1988).

Il successo di questo metodo dipende da diversi fattori (Tilton L. 1996) tra cui: a) le proprietà e la concentrazione di ogni componente della sospensione; b) le caratteristiche del territorio; c) la corretta scelta delle specie vegetali; d) l'impedimento del trasporto di semi da altre aree limitrofe ad opera del deflusso superficiale o del vento; e) il miglioramento delle condizioni del suolo al fine di facilitare la crescita vegetale (Albaladejo Montoro J. et al. 2000). Nelle zone aride a bassa produttività, per garantire la crescita delle specie vegetali introdotte, per prima cosa dovrebbero essere migliorate le proprietà fisiche e la fertilità del suolo (Albaladejo Montoro J. et al. 1996). Il modo più efficace per far ciò si ottiene attraverso l'aggiunta di componenti organici, i quali sono facilmente assimilabili dai microrganismi del suolo; questo processo riattiva la microbiologia di un terreno e migliora la sua struttura (Diaz E. et al. 1994).

Numerosi studi sono stati condotti all'estero su tale tecnica, mentre in Italia risultano più limitati.

Dal 1989 al 1992 Pilar Andrès e altri ricercatori hanno condotto uno studio in Catalogna utilizzando la tecnica dell'idrosemina; essi hanno monitorato numerose specie erbacee utilizzate per l'inerbimento di scarpate stradali. Per tale studio hanno applicato due tipi di trattamenti: idrosemina su marna, gesso e ardesia nudi,

e idrosemina su scarpate con pendii più dolci su cui vi era stato precedentemente distribuito il terreno rimosso (Andrès P. et al 1996).

La costruzione di un'autostrada in zone con topografia irregolare determina spesso la formazione di estese aree nude spesso con elevata pendenza. Nelle zone mediterranee, in cui l'erosione può essere un serio problema ambientale, la stabilizzazione e riforestazione delle scarpate stradali è una priorità.

Le piste stradali che tali studiosi hanno utilizzato per la sperimentazione erano situate in aree vicine l'una all'altra, eppure con condizioni geologiche e climatiche molto diverse. L'autostrada Garraf, che costeggia l'area protetta del Parco Naturale di Garraf, è stata costruita su materiali calcarei, marne e dolomie del periodo mesozoico. Questi substrati sono altamente fratturati e sono stati sottoposti a diversi cicli di carsismo. La media annuale della temperatura era approssimativamente 17° C e le precipitazioni totali annuali intorno a 468 mm, con due picchi in Aprile e Ottobre e un periodo secco tra Giugno e Settembre. Il Tunnel di Vallvidrera passa sopra substrati paleozoici composti da ardesie. La media annuale della temperatura era approssimativamente 13,5° C e le precipitazioni totali annuali intorno a 735 mm, con un massimo che si verifica nei mesi di Maggio e Ottobre ed un minimo durante il periodo estivo tra Giugno e Agosto.

I ricercatori hanno utilizzato per l'idrosemina due miscele di sementi, denominate H1 e H2. Le specie in queste miscele furono scelte con lo scopo di soddisfare i seguenti requisiti: 1) esse dovevano inizialmente garantire una densa copertura vegetale a rapida crescita per stabilizzare velocemente le nuove superfici nude, e 2) le specie introdotte dovevano, in un secondo tempo, permettere la loro sostituzione ad opera delle erbe autoctone e delle piante legnose. A tale scopo, alcune specie a rapido accrescimento e con elevata capacità di germinazione alle condizioni del breve periodo iniziale di mantenimento artificiale (terreno nudo fertilizzato ed irrigato), sono state introdotte insieme a specie resistenti alla siccità necessarie a garantire la copertura del terreno dopo la fine di questo periodo (Andrès P. et al 1996).

Per questa sperimentazione sono stati trattati due tipi di pendii, tagli stradali e scarpate. I tagli stradali sono stati creati dalle opere di scavo e sono costituiti da

strati di roccia nuda. Le scarpate sono stati costruite attraverso la deposizione di materiali incoerenti i quali sono stati compattati alla loro capacità di carico.

Nell'autostrada di Garraf, sui tagli stradali con una pendenza vicino a circa 45°, è stata fatta un'idrosemina diretta con una miscela di semi di tipo H1 sul gesso o marne. I semi sono stati applicati insieme ad una matrice acquosa che comprendeva fertilizzanti a lento rilascio (N:K:P, 15:15:15), polimeri e fibre corte di mulch di paglia. Nelle scarpate e nei tagli stradali con un gradiente di pendenza più dolce, il suolo è stato prima rimosso e corretto con compost organico e poi distribuito prima dell'idrosemina con la stessa miscela H1. La matrice acquosa in questo caso conteneva una più bassa quantità di polimeri e fertilizzanti rispetto a quella usata per i pendii di 45° o più.

Nel Tunnel di Vallvidrera, la costruzione di ripidi tagli stradali produsse superfici di roccia più o meno fratturata. Per i pendii di circa 45° o più ripidi, la superficie nuda è stata direttamente seminata con la miscela di semi di tipo H2 in un mix che includeva polimeri, fertilizzanti a lento rilascio (N:P:K, 15:15:15) e vari tipi di mulch, cellulosa, torba o argilla. Sui pendii meno ripidi, il terreno recuperato dallo scavo è stato migliorato con compost organico prima di essere distribuito sulle scarpate.

I risultati raggiunti da Andrès P. e i suoi collaboratori hanno permesso di concludere che l'idrosemina diretta non si è rivelato un buon metodo per la stabilizzazione di tagli stradali con una pendenza vicina a circa 45°. Con ardesie e gessi massicci il tasso di erosione è di poco conto e il costo di introdurre una copertura erbacea non è stato supportato dai risultati, poiché alla fine si è ottenuta una scarsa copertura. Solo le più soffici marne sono state un buon substrato per questi tipi di interventi di recupero. Solo il 50% delle specie incluse nella miscela di semi di tipo H1 nelle scarpate dell'autostrada di Garraf hanno contribuito alla protezione del suolo. Sulle scarpate in cui i ricercatori hanno mantenuto un'irrigazione durante la secca stagione estiva, le specie che più rapidamente hanno sviluppato una copertura sono state quelle seminate in primavera. La loro efficacia nei primi mesi era infatti molto più alta di quella ottenuta con le semine autunnali. L'orientamento del pendio è stato un altro importante fattore che ha influito sulla velocità con cui è stata raggiunta una copertura. Sull'autostrada di

Garraf, la percentuale iniziale di copertura sui tagli stradali e sulle scarpate esposte a sud è stata il doppio di quella presente sulle superfici esposte a nord. Con caratteristiche di temperatura ed umidità simili, l'unica differenza tra questi due tipi di pendii era l'intensità della radiazione solare. A quelle latitudini, in un giorno limpido del mese di Ottobre e su un pendio di circa 35°, l'intensità della radiazione mensile è di 3,9 Kcal/cm<sup>2</sup> per i pendii esposti a nord e di 15,4 Kcal/cm<sup>2</sup> per quelli esposti a sud (Seamann F. 1979). Poiché le differenze di copertura scompaiono circa cinque mesi dopo la semina, la differenza di insolazione può agire solo sulla germinazione e durante i primi stadi di sviluppo delle piante (Grime J. P. et al. 1965; Woledge J. et al. 1992). Per i pendii di diversa inclinazione, differenze visive in termini di copertura sono state evidenti solo quando venivano considerate differenze di inclinazione di più di 20° (Andrès P. et al 1996).

Tra il 1992 e il 1994 Muzzi E. ed altri ricercatori del Dipartimento di Colture Arboree dell'Università degli Studi di Bologna hanno condotto uno studio con lo scopo di confrontare diverse tecniche standard attualmente usate, per il ripristino e la bonifica di un territorio di un'ex cava situato nella regione appenninica del Nord Italia.

Le colline dell'Appennino e gli altipiani che si allungano dalla provincia di Bologna a quella di Reggio Emilia sono contrassegnate da un gran numero di siti di estrazione di materiali argillosi utili alle industrie locali di piastrelle di ceramica distribuite in tutta quest'area.

Nonostante gli sforzi delle agenzie locali di protezione ambientale, poco è stato fatto nel passato per recuperare questi siti di cava per l'agricoltura o altro e quindi per prevenire il loro abbandono (Muzzi E. et al. 1997).

Inoltre poco è stato fatto tecnicamente e scientificamente per sviluppare specifici metodi di rivegetazione per ex cave d'argilla (Ferrari C. et al. 1981). Vi è stato pertanto un ripiegamento sulle tecniche per la bonifica di terreni agricoli (Medici E. 1978), riforestazione di terreni boscosi (Giacobbe A 1961), controllo dell'erosione e delle frane (Gray D. H. et al. 1982) ed ancora introduzione di strategie di rivegetazione precedentemente applicate sia nel nord Europa (Sheldon J. C. et al. 1977; Smith J. A. et al. 1985, 1986) che nelle Alpi (Dragona G. 1969;

Dragona G et al. 1971), senza adeguate prove sperimentali per verificare la loro efficacia su suoli argillosi. Questa mancanza di una corretta pianificazione ha portato inizialmente a tentativi di bonifica senza successo, specialmente sui pendii (Bagnaresi U. et al. 1992).

I ricercatori dell'Università di Bologna hanno portato avanti una sperimentazione specificatamente progettata per il recupero di suoli argillosi dell'Appennino emiliano del nord Italia, dove, sebbene le precipitazioni medie annue non superino i 650 mm, 200 mm vengono in forma di violenti temporali estivi (Muzzi E. et al. 1997).

Il sito di sperimentazione era un pendio di 40° con terreno argilloso, alto pH e poca sostanza organica. Le tecniche analizzate sono state: 1) idrosemina + lavorazione del terreno, 2) idrosemina diretta sulle zolle, 3) mulch di paglia + catrame, 4) stuoie di juta + lavorazione del terreno e idrosemina, 5) stuoie di juta + lavorazione del terreno e 6) un controllo. Ogni parcella è stata arricchita con la stessa quantità di paglia tritata (120 g/m<sup>2</sup>), compost di verme (140 g/m<sup>2</sup>) e fertilizzante Biosol (140 g/m<sup>2</sup>); inoltre nelle tre parcelle idroseminate è stato usato anche il legante Terravest (36 g/m<sup>2</sup>). Sono stati confrontati per ogni trattamento la copertura del terreno, le specie, il deflusso superficiale e l'erosione.

I dati complessivi raccolti in tre anni di sperimentazione mostrano significative differenze nei trattamenti testati. Infatti vi è stata una chiara distinzione tra i trattamenti che hanno favorito un buon inerbimento e controllato l'erosione (paglia e catrame, juta su terreno lavorato e idrosemina su juta e terreno lavorato) e i trattamenti di idrosemina (su zolle e su terreno lavorato) che non hanno mostrato particolari differenze rispetto alla parcella di controllo (Muzzi E. et al. 1997). Infatti, per quanto riguarda la copertura vegetale, i dati variano sensibilmente nei tre anni di sperimentazione, ma alla fine i trattamenti più efficaci risultarono paglia + catrame, juta + terreno lavorato e idrosemina + juta + terreno lavorato, mentre i meno efficaci furono idrosemina + terreno lavorato e idrosemina su zolle (Muzzi E. et al. 1997).

Per quanto riguarda il controllo del deflusso superficiale e dell'erosione, una comparazione dei dati indicò l'effetto positivo delle misure anti-erosive. Le marcate differenze in deflusso superficiale e accumulo di limo tra le parcelle con

(paglia + catrame, juta + terreno lavorato, idrosemina + juta + terreno lavorato) e senza sistema anti-erosione, i primi mostranti valori di gran lunga più limitati dei secondi, forniscono un'ampia evidenza.

Poiché l'idrosemina mostrò poveri risultati, i ricercatori conclusero che questa è, e rimane, una tecnica di semina che non può competere con le tecniche di controllo dell'erosione del suolo, divenendo efficace solo quando associata a lavorazione del terreno ed essendo pesantemente dipendente dalle caratteristiche del suolo. Inoltre i trattamenti testati differivano anche in termini economici: l'idrosemina risultò essere la tecnica meno costosa ma, allo stesso tempo, meno efficace (Muzzi E. et al. 1997).

Merlin G. ed altri ricercatori dell'Università francese nel 1998 hanno condotto uno studio comparativo della capacità di germinazione e di adesione di vari idrocolloidi usati per opere di rivegetazione attraverso idrosemina.

La tecnica dell'idrosemina prevede la miscelazione di semi selezionati con sostanze colloidali in una soluzione acquosa con aggiunta anche di fertilizzanti. I colloidali utilizzati devono rispondere a vari criteri al fine di garantire il successo delle opere di ripristino. Essi devono: a) possedere un certo grado di fluidità quando disciolti in acqua; b) garantire l'adesione dei semi sui vari supporti e favorire la loro stabilità in pendenza sia con acqua corrente che contro gli effetti del vento; c) consentire un'efficace germinazione e il successo dell'impianto delle piantine attraverso una buona crescita radicale; d) non causare alcun danno all'ambiente; e) limitare il processo di erosione ad opera del vento e dell'acqua; f) contribuire in generale al ripristino o alla creazione di importanti funzioni biologiche ed ecologiche, come la produzione primaria e la successione delle specie; g) avere un basso costo (Merlin G. et al. 1999).

I componenti colloidali utilizzati in questa sperimentazione sono stati classificati secondo le loro proprietà chimiche. La maggior parte di essi sono rappresentativi dei polimeri utilizzati per l'idrosemina; essi variano per origine (naturali o sintetici) e per le loro proprietà, come la viscosità o l'idrofobicità. Una distinzione sulla base della loro capacità teorica di trattenere acqua è stata fatta tra gli idrocolloidali e gli idroretentori. Quest'ultimi, essendo estremamente idrofili, gonfiano in acqua formando un idrogel. Tra le principali famiglie di composti di

origine naturale, gli alginati sono polimeri costituiti da due monomeri legati ( $\beta$  – D mannuronato e  $\alpha$  – L glucuronato), gli xantani sono etero polisaccaridi con un alto peso molecolare, le gomme di guar (galattomannano) sono polimeri di galattosio e mannosio e la cellulosa è un polimero di D – glucosio. La stragrande maggioranza di idroretentori e polimeri sintetici sono poliacrilammidi (Merlin G. et al. 1999).

La sperimentazione è stata condotta su terreni in pendenza con un'inclinazione di circa 35°. Sono state utilizzate venti parcelle di 1m x 1,5m e alla base di ogni parcella è stata creata una struttura a forma di grondaia per consentire il recupero della massa di terreno eroso. Ogni 3 – 5 giorni il suolo eroso veniva rimosso e pesato. Le concentrazioni colloidali usate corrispondono ad una viscosità compatibile con i requisiti tecnici dell'idrosemina. La densità dei semi era di 18 g/m<sup>2</sup> in equivalente proporzione per ciascuna specie (1:1:1). La semina è stata fatta con l'aiuto di una irroratrice con un ugello regolabile che ha permesso una distribuzione omogenea della miscela. I componenti non idrosolubili sono stati applicati manualmente dopo l'idrosemina.

La densità di germinazione confermò che i colloidali migliorano la copertura vegetale del suolo e, tra questi, i componenti cellulosici furono i più efficienti. Anche per quanto riguarda l'adesione del seme al suolo, i componenti cellulosici risultarono i migliori, seguiti dai polimeri sintetici; solo la gomma di Guar ebbe un effetto negativo sull'adesione.

Infine la sperimentazione dimostrò le proprietà antierosive di tutti i componenti testati, ma con importanti differenze nei loro rispettivi livelli di efficienza. I composti cellulosici dimostrarono di essere i più efficienti; tuttavia, a causa del loro elevato costo e della difficoltà di applicazione, il loro uso nelle opere di ripristino può essere limitato (Merlin G. et al. 1999). L'uso nell'idrosemina di colloidali, che si comportano come ammendanti del suolo, procura, seppur brevemente, una certa stabilità del suolo e favoriscono la germinazione e l'adesione delle specie seminate, può accelerare i processi di rivegetazione ed anche incoraggiare la ricolonizzazione di aree artificialmente erose da parte della flora locale (Miyawaki A. et al. 1993; Whisenant S. G. et al. 1995).



Tra il 1993 e il 1997 è stato condotto uno studio sperimentale a El Cabril (Cordoba, Spagna) su due aree con una pendenza del 40% per testare l'efficacia della tecnica dell'idrosemina sul controllo dell'erosione del suolo (Albaladejo Montoro J. et al. 2000).

I trattamenti testati sono stati: 1) idrosemina con applicazione di mulch vegetale; 2) idrosemina con aggiunta di acidi umici; 3) idrosemina con aggiunta di mulch vegetale e acidi umici; 4) un controllo senza idrosemina o ammendanti del suolo. Sono state utilizzate per la sperimentazione due serie di quattro parcelle di 3m x 10m, una esposta ad est e l'altra esposta ad ovest. Ogni parcella è stata delimitata da strisce di lamiera che affondavano nel terreno per circa 20 cm. Il deflusso superficiale e i sedimenti totali venivano intercettati nella parte più bassa della parcella e convogliati in un serbatoio di stoccaggio. Le quattro tipologie di trattamenti sono state realizzate nel Novembre 1993 su entrambi i versanti.

Si è visto che sette mesi dopo l'idrosemina la percentuale di copertura vegetale era aumentata in tutte le parcelle trattate e la densità della copertura vegetale è stata più alta sulle parcelle esposte ad est rispetto a quelle esposte ad ovest. Ciò era da aspettarselo dato che il versante est è meno soleggiato pertanto con un contenuto di umidità superiore rispetto al versante ovest, facilitando l'attecchimento della vegetazione.

Inoltre, tutti i tipi di trattamenti, confrontati con il controllo, hanno mostrato una significativa riduzione sia del deflusso superficiale che della perdita di suolo. L'idrosemina con aggiunta di mulch vegetale e acidi umici è stato il trattamento più efficace nel ridurre il deflusso superficiale e la perdita di suolo e anche l'idrosemina con aggiunta di acidi umici ha dato risultati molto buoni. Invece il trattamento idrosemina con aggiunta di mulch vegetale è stato leggermente meno efficace rispetto agli altri due (Albaladejo Montoro J. et al. 2000).

La notevole riduzione in deflusso superficiale nelle parcelle trattate durante i primi stadi dopo l'idrosemina, può essere attribuita all'effetto combinato dei seguenti fattori sulla superficie del suolo: a) protezione contro l'impatto delle gocce di pioggia (Mostaghimi S. et al. 1989) grazie all'applicazione di paglia e mulch vegetale sulla superficie del suolo; e b) la riduzione dell'erodibilità del terreno derivante da un aumento nell'infiltrazione e nella capacità di ritenzione

idrica, e da un generale miglioramento della struttura del terreno grazie all'aggiunta degli ammendanti organici (Albaladejo Montoro J. et al. 2000; Gupta S. C. et al. 1977; Khaleel R. et al. 1981; Stocking M. et al. 1994).

Infine, nonostante i buoni risultati forniti dai tre trattamenti, sono state riscontrate differenze significative tra essi per quanto riguarda la produzione di sedimenti. I trattamenti 1) idrosemina con aggiunta di mulch vegetale e acidi umici e 2) idrosemina con aggiunta di acidi umici hanno ridotto la perdita di suolo più efficacemente del trattamento idrosemina con aggiunta di mulch vegetale (Albaladejo Montoro J. et al. 2000). Gli acidi umici liquidi sono più facilmente incorporati nel terreno, promuovendo rapidamente la crescita delle popolazioni microbiche, migliorando la struttura del suolo e diminuendo l'erosibilità del terreno (Roldan A. et al. 1994, 1996).

Nel 2000 è stato pubblicato uno studio condotto al fine di stabilire se esista un rapporto tra la copertura vegetale del terreno fornita dai miscugli convenzionali e il tasso di erosione.

La copertura vegetale e il grado di erosione sono stati monitorati contemporaneamente su alcune scarpate dell'autostrada Maresme nei pressi di Barcellona, in Spagna (Andres P. et al. 2000). Da sud-ovest a nord-est, l'autostrada è divisa in tre settori, con un'aridità decrescente dal primo settore al terzo. I settori I e II sono stati costruiti su graniti della pianura costiera, dove l'influsso marittimo è forte. Il settore III si allontana dalla costa e va verso la catena pre-costiera di montagne, su ardesie; il microclima diventa umido e fresco, con un influsso marittimo più dolce. In ogni settore dell'autostrada, sono state scelte due scarpate poste una di fronte all'altra, una rivolta a nord-ovest e l'altra rivolta a sud-est. Su queste scarpate, sei in tutto, è stata applicata la tecnica dell'idrosemina utilizzando miscele di sementi commerciali.

In un secondo tempo sono stati monitorati contemporaneamente copertura vegetale e grado di erosione. La percentuale di copertura si rivelò significativamente più bassa nel settore I rispetto ai settori II e III, mentre non vi furono grandi differenze in tale percentuale tra le scarpate rivolte a nord-ovest e quelle rivolte a sud-est; pertanto, in condizioni ambientali simili, l'efficacia dell'idrosemina fu più bassa nel settore I rispetto al II e al III. Il tasso di erosione,

calcolato utilizzando il peso dei sedimenti raccolti, fu rilevato solo per i settori I e II e si rivelò più alto in Settembre e Ottobre, periodo in cui vi sono frequenti temporali, mentre rimase trascurabile durante il resto dell'anno in cui si è svolto il monitoraggio.

Il tasso di erosione misurato sulle scarpate del settore I fu considerato intollerabile, mentre quello misurato sulle scarpate del settore II fu definito tollerabile. In condizioni climatiche e geologiche simili, l'unica differenza relativa al rischio di erosione tra le scarpate dei settori I e II, fu la percentuale di copertura vegetale che risultò maggiore nel settore II. Pertanto, dato che la copertura vegetale fu minore del 25% nel settore I e circa il 50% nel settore II, fu chiaro da questi risultati che una copertura maggiore o uguale al 50% diventa un obiettivo da perseguire per prevenire l'erosione di scarpate stradali, soprattutto in aree soggette ad intense piogge primaverili ed autunnali (Andres P. et al. 2000).

Brofas G. e Varelides C. hanno condotto uno studio, pubblicato nel 2000, sui resti di una miniera di bauxite nella Grecia centrale. Essi hanno fatto alcune prove sul campo: a) idrosemina (H), b) idrosemina + mulch di paglia (HM), c) idrosemina + mulch di paglia + una rete plastica di fissaggio (HMN) e d) idrosemina + mulch di paglia + un'emulsione di asfalto di fissaggio (HMA), e hanno misurato per tre anni consecutivi la copertura vegetale, il numero di piante e la produzione di biomassa (Brofas G. et al. 2000).

La montagna di Giona, nella Grecia centrale, è un importante sito di estrazione di bauxite. La sperimentazione è stata realizzata sui resti di roccia calcarea di una cava sul lato sud-est della montagna, ad una altitudine di 1100 m slm. L'area è in una zona climatica con inverni freddi, con una media annuale delle precipitazioni di 1186 mm. Le parcelle sperimentali erano sulla superficie di un pendio con un'inclinazione del 75%. Per facilitare la crescita della vegetazione e rendere il terreno omogeneo, è stata applicata sulle parcelle una copertura di 30 cm di terra fine.

L'idrosemina è stata realizzata con mezzi meccanici a spruzzo, mentre la distribuzione del mulch di paglia è stata fatta con una speciale macchina detta aeromulcher. La rete di plastica con maglie di 2 cm x 2 cm è stata usata per il fissaggio della paglia ed è stata mantenuta in posizione fino a che le piante non

hanno coperto di vegetazione lo strato di paglia. Infine, la soluzione di asfalto è stata spruzzata meccanicamente dopo l'applicazione del mulch di paglia.

La sperimentazione iniziò nel Novembre del 1991 e, in Giugno, in tre anni consecutivi, sono state prese le misurazioni di a) numero di piante per metro quadrato, b) produzione di biomassa secca per ettaro, c) percentuale di copertura vegetale e d) composizione della vegetazione. I migliori risultati, nel primo anno, furono ottenuti dai trattamenti combinati (HM, HMN, HMA) e i peggiori dal trattamento H in tutti gli anni, sebbene i risultati per H nel 1994 furono migliori di quelli del 1993 e del 1992. Mentre per la sola idrosemina vi fu un miglioramento nel corso dei tre anni, per i trattamenti combinati (HM, HMN, HMA) vi fu un'alta performance nel primo anno e una performance costantemente più bassa nei due anni successivi.

Per tutti i parametri esaminati, comunque, i trattamenti combinati furono molto più efficienti della sola idrosemina, specialmente nel primo anno. I trattamenti combinati portarono con successo alla creazione di vegetazione, mentre con la sola idrosemina lo sviluppo della vegetazione si limitò ad alcune chiazze all'interno delle parcelle. Come conseguenza di ciò, apparve una certa erosione nelle parcelle H e fu trovato del suolo eroso accumulato alla base di tali parcelle, mentre alla base delle parcelle trattate con mulch non si trovò alcun accumulo di terreno eroso.

Tali risultati permisero ai ricercatori di concludere che i trattamenti combinati danno risultati significativamente superiori rispetto alla sola idrosemina, indicando che il mulch è necessario per lo sviluppo ottimale della vegetazione sui resti di miniere. Tuttavia il loro effetto diminuisce dopo il primo anno, mentre la vegetazione creata con la sola idrosemina mostra un lento miglioramento nel corso del tempo, principalmente a causa dell'invasione delle specie autoctone (Brofas G. et al. 2000).

Nel 2002 è stato pubblicato uno studio condotto da alcuni ricercatori dell'Università della California; essi hanno svolto un esperimento per esaminare come il metodo di semina, l'irregolarità e le caratteristiche del suolo possano influire sullo sviluppo e la crescita delle specie seminate e se persistevano

differenze tra i trattamenti dopo la seconda stagione di crescita (Montalvo A. M. et al. 2002).

La miscela di semi utilizzata era costituita da sei specie native del Sud della California, diverse per dimensioni dei semi, requisiti di germinazione e andamento della crescita. I metodi di semina applicati sono stati tre: 1) Idrosemina con una miscela di semi, acqua e fibre di legno tinte di verde; 2) Foratura, spingendo i semi nel terreno ad una profondità di 6 – 12 mm; in questo caso i semi erano stati precedentemente mescolati con crusca di frumento per aumentare la massa e promuoverne una distribuzione uniforme; 3) Imprinting, cioè i semi venivano spinti ad una profondità di 10 cm attraverso l'uso di una macchina detta imprinter ed anche in questo caso i semi erano mescolati con crusca. Tutti i trattamenti, una volta fatti, sono stati arricchiti con mulch di paglia di riso (Montalvo A. M. et al. 2002). Per evitare che lo spesso strato di mulch interferisse con la germinazione di alcune specie, ne è stato usato circa il 76% di quello considerato efficace nel frenare l'erosione in assenza di semina (Miles S. R. et al. 1989; Robichaud P. R. et al. 2000). La percentuale di terreno coperto dalla vegetazione seminata (percentuale di copertura) è stata usata come un indicatore del valore del controllo dell'erosione (Noble E. L. 1965; Robichaud P. R. et al. 2000).

I risultati ottenuti dalla sperimentazione hanno mostrato che lo sviluppo di tutte le specie presenti nella miscela di semi variò grandemente in funzione del metodo utilizzato, con pronunciate differenze specie-specifiche in risposta ai tre trattamenti. Per quanto riguarda la densità o percentuale di copertura per tutte le specie, l'imprinting è stato il trattamento che ha mostrato risultati più consistenti rispetto agli altri due. La risposta della densità delle piante al metodo di semina è stata associata alla dimensione dei semi stessi; le due specie a seme più grande (Lupinus e Nassella) mostravano una densità significativamente più bassa nel trattamento con idrosemina rispetto agli altri due trattamenti, le restanti specie a seme più piccolo avevano invece una densità più bassa nel trattamento con foratura rispetto all'imprinting o all'idrosemina (Montalvo A. M. et al. 2002).

Infine, a causa delle scarse prestazioni delle specie a seme più grande nel trattamento con idrosemina e dell'elevato costo di tale tecnica, i ricercatori

conclusero che sarebbe preferibile l'uso dell'idrosemina su pendii ripidi e zone rocciose, cioè in aree che non si prestano all'applicazione di altre tecniche, utilizzando preferibilmente una miscela di semi di piccole dimensioni (Montalvo A. M. et al. 2002).

Tra il 1997 e il 2000 Cano A. ed altri hanno condotto uno studio, pubblicato nel 2002, nel nord della Spagna per valutare gli effetti a breve termine dell'esposizione alle radiazioni solari (SRE) sullo sviluppo delle piante in scarpate stradali, create a seguito della costruzione di strade, dopo aver applicato la tecnica dell'idrosemina con piante erbacee (Cano A. et al. 2002).

I lavori di terra tipici di molti progetti di costruzione creano tagli in pendenza di terreno privo di vegetazione che presentano importanti fluttuazioni giornaliere di temperatura ed umidità (Balisky A. C. et al. 1995) e questi risultano dannosi per i processi di rivegetazione (Schiechl H. M. 1980; Jover F. 1997). La variabilità della radiazione solare è un importante fattore microclimatico e il suo angolo di incidenza è determinato dall'orientamento e dalla pendenza del terreno considerato; inoltre, più elevato è l'irraggiamento solare più caldo e più arido risulta il pendio (Andres P. et al. 1996). La pendenza è, dal canto suo, un altro importante fattore microclimatico; una maggiore pendenza dei terreni porta ad un intenso deficit idrico a causa della bassa infiltrazione e dell'elevato deflusso superficiale, anche in condizioni di clima umido (Miyazaki T. et al. 1993). Questo effetto è particolarmente rilevante su pendii con superfici compatte o con bassa porosità (Morgan R. P. C. 1980; Coppin N. J. et al. 1982). Inoltre, si è visto che variazioni topografiche dell'SRE influenzano la creazione e lo sviluppo della vegetazione (Torri D. 1996; Oberhuber W. et al. 2000).

Il sito di sperimentazione di Cano A. e gli altri ricercatori era localizzato nei pressi di Vigo, in Galizia (Nord-ovest della Spagna), sulle colline costiere che sono state scavate a causa di lavori stradali nel 1993, ad una altitudine di circa 400 m s.l.m. Il principale materiale roccioso presente era gneiss.

Nel luglio del 1997 è stata applicata l'idrosemina per la stabilizzazione dei pendii e a scopo ornamentale; i materiali usati in un'unica applicazione sono stati: mulch a fibre corte, fertilizzante chimico solubile, collante organico e una miscela commerciale di semi. E' stato messo in atto un semplice progetto sperimentale per

la raccolta dei dati, con tre trattamenti e cinque repliche per ogni trattamento. Tali trattamenti sono stati applicati su tre scarpate con differente esposizione alle radiazioni solari (SRE): Sud-Ovest, Sud e Sud-Est. All'interno di ogni scarpata sono state scelte a caso cinque parcelle come unità sperimentali (15 in totale).

I risultati del loro studio hanno mostrato che anche una piccola variazione nell'esposizione locale può significativamente influenzare a breve termine la creazione di una copertura vegetale. La densità totale delle piantine, la biomassa vegetale e la copertura aumentano in modo evidente lungo il gradiente S – SO – SE (Cano A. et al. 2002). Inoltre la scarpata esposta a SE ha mostrato un picco di irraggiamento giornaliero anticipato, rimanendo, pertanto, durante il giorno, relativamente più fresca e più umida rispetto a quelle esposte a SO e S. Dato che la durata dell'irraggiamento a SE coincide con il massimo gradiente di temperatura, l'evapotraspirazione potenziale è inferiore rispetto a quella dei pendii a SO e S; ciò favorisce la conservazione dell'umidità sulla superficie e quindi una maggiore disponibilità di acqua per le piante (Cano A. et al. 2002).

La scarpata esposta a S risulta invece la più secca; quindi si è notato un aumento relativo della disponibilità di acqua lungo il gradiente S – SO – SE. Questo gradiente risulta più pronunciato alle latitudini temperate dell'emisfero settentrionale (Jones H. G. 1996). Infine, anche se la biomassa vegetale è rimasta bassa in tutte le scarpate, essa comunque incrementa lungo il gradiente S – SO – SE; questo risultato indicò l'effetto della limitazione d'acqua sullo sviluppo delle piantine.

Un deficit cronico d'acqua è noto che riduce la superficie fogliare (Dale J. E. 1988) e, anche se questa riduzione non è stata significativa nella sperimentazione di Cano A. ed altri, si è invece notata una consistente diminuzione del numero totale di foglie, in accordo con i risultati ottenuti in condizioni di siccità da Marriot C. A. ed altri ( Marriot C. A. et al. 1999; Cano A. et al. 2002).

Nel 2004 è stato pubblicato uno studio condotto da alcuni ricercatori dell'Università della Virginia per valutare l'efficacia di un polimero, il poliacrilamide (PAM), nel ridurre il deflusso superficiale in siti di costruzione.

Nel 1950 un poliacrilamide (PAM) a basso peso molecolare fu introdotto come metodo per il controllo dell'erosione in agricoltura; a quel tempo il PAM veniva

distribuito nel terreno ad una concentrazione superiore a 83 kg/ha (Ben-Hur M. et al. 1989). Tuttavia, la miscelazione del PAM nel terreno era molto costosa e il prodotto scomparve dal mercato. Con i progressi nella chimica del polimero, il PAM è stato reintrodotta alla fine del 1980 come polimero ad alto peso molecolare e tutt'oggi è ampiamente utilizzato per il controllo dell'erosione (Soupir M. L. et al. 2004).

Il PAM aumenta l'infiltrazione attraverso il mantenimento di una struttura dei pori più permeabile (Soika R. E. et al. 1998). Inoltre aumenta la coesione del terreno, consolida gli aggregati del suolo e fa flocculare le particelle sospese in una soluzione creando aggregati e quindi diminuendo la trasportabilità del suolo (Bavernik F. W. 1994; Trout T. J. et al. 1995; Soika R. E. et al. 1996; Roa-Espinosa A. et al. 1999). Questo prodotto può essere sciolto in acqua e poi applicato al terreno oppure può essere diffuso a secco sulla superficie del terreno. Poiché il PAM non lascia materiale residuo, esso non interferisce con le attività di costruzione (Soupir M. L. et al. 2004).

L'obiettivo dello studio fu quello di determinare l'efficacia di tre soluzioni acquose e un'applicazione a secco di PAM granulare nel ridurre il deflusso superficiale e di confrontare la sua efficacia con quella di mulch di paglia e dell'idrosemina.

Sono stati applicati sei trattamenti in un cantiere situato nel Campus della Virginia Tech University. I trattamenti includevano PAM secco, tre diverse concentrazioni di PAM in soluzione acquosa, mulch di paglia e idrosemina. Questi trattamenti sono stati confrontati per determinare la loro efficacia nel ridurre il deflusso superficiale e l'erosione. La soluzione acquosa di PAM è stata applicata a tre concentrazioni, 1,68 kg/ha, 3,36 kg/ha e 6,73 kg/ha, che rappresentano rispettivamente la metà della dose raccomandata (low PAM), la dose raccomandata (rec. PAM) e il doppio della dose raccomandata (high PAM). Queste soluzioni acquose sono state miscelate con acqua e applicate al terreno con un'idroseminatrice. Invece il PAM secco fu mescolato al fertilizzante e applicato ad una dose di 20,17 kg/ha, cioè la dose raccomandata.

Tra tutti i trattamenti studiati, il mulch di paglia risultò il più efficace seguito dal low PAM, mentre tra i trattamenti con il PAM, il low PAM e il PAM secco



risultarono i migliori. Invece nessuno dei trattamenti studiati ridusse significativamente il volume del deflusso superficiale. Infine i risultati indicarono che la maggior parte di questi trattamenti possono essere efficaci solo poco dopo la loro applicazione (Soupir M. L. et al. 2004).

In Italia, gli studi condotti sull'idrosemina non sono molti; tra questi però bisogna menzionare quelli condotti da Balsari ed altri, i quali hanno posto l'attenzione sulle macchine idroseminatrici. Nel 2005 e nel 2006 hanno condotto due studi per valutare la funzionalità e i costi di inerbimento delle diverse macchine idroseminatrici.

Nel primo studio hanno confrontato le prestazioni funzionali di tre idroseminatrici impiegate in tre diversi cantieri del comprensorio dell'Alta Val di Susa (To); essi hanno valutato l'area irrorata impiegando diverse tipologie di ugelli, l'omogeneità della miscela all'interno del serbatoio e la qualità della distribuzione determinando le piante germinate nell'area oggetto dell'inerbimento (Balsari P. et al. 2005).

Un'idroseminatrice, schematicamente è costituita da un telaio in acciaio su cui vengono montati un serbatoio, con al suo interno un sistema di agitazione della miscela, una pompa, un motore per l'azionamento di quest'ultima, e un sistema per la distribuzione della miscela.

Le tre macchine utilizzate in questa sperimentazione differivano per la capacità del serbatoio, per la potenza del motore e per la tipologia dell'agitatore (meccanico o idraulico). Nei tre cantieri si è proceduto a: determinare l'area dell'impronta del getto impiegando due tipologie di ugelli (a cono e a ventaglio) alla pressione di 4 bar; verificare la qualità dell'omogeneizzazione della miscela all'interno del serbatoio delle macchine; verificare l'uniformità di distribuzione dei semi sull'area seminata.

I risultati ottenuti hanno mostrato che per quanto riguarda l'area di impronta del getto, l'ugello a cono, in condizioni dinamiche (lancia mossa dall'operatore), risulta migliore poichè può far giungere il getto fino a circa 40 m dal punto di erogazione. Per ciò che concerne l'omogeneizzazione della miscela all'interno del serbatoio, si è visto che la macchina che aveva agitatore meccanico e serbatoio di ridotte dimensioni era la più efficiente poiché era in grado di fornire una

sufficiente omogeneità dei semi all'interno del serbatoio a tutti i livelli di riempimento dello stesso; inoltre i semi della famiglia delle leguminose risultarono più semplici da miscelare rispetto a quelli della famiglia delle graminacee (Balsari P. et al. 2005).

Il secondo studio condotto da Balsari e altri riguardava la valutazione dei costi di inerbimento con idrosemina (Balsari P. et al. 2006). A tal fine sono stati determinati i consumi di carburante, i tempi e le capacità di lavoro di tre idroseminatrici impiegate in tre cantieri sempre del comprensorio dell'Alta Val di Susa.

Per quanto riguarda i tempi e la produttività del lavoro, i risultati ottenuti hanno dimostrato che l'operazione di trasporto, preparazione della macchina e omogeneizzazione della miscela è stata quella in grado di incidere maggiormente sui tempi complessivi di lavoro (fino ad oltre il 50%). Il tempo necessario per la distribuzione vera e propria della miscela, invece, è risultato strettamente legato alla dimensione del raggio di distribuzione del punto di erogazione. Inoltre, i consumi di carburante per unità di superficie idroseminata sono risultati considerevoli.

La sperimentazione ha permesso di concludere che l'inerbimento con l'idrosemina comporta dei costi sensibilmente più elevati rispetto alle tecniche di inerbimento tradizionali a causa, soprattutto, del costo della miscela distribuita, che risulta incidere per circa l'80% sul costo totale di tale operazione (Balsari P. et al. 2006).

Tra il 2003 e il 2006, in una zona marittima del Mediterraneo nei pressi di Malaga, nel sud della Spagna, Matesanz S. ed altri hanno condotto uno studio con lo scopo di verificare se la tecnica dell'idrosemina fa aumentare in modo significativo la ricchezza di specie e la copertura vegetale e se le specie idroseminate possono agire da starter agevolando la formazione di vegetazione e scomparendo una volta che le comunità si sono stabilite (Matesanz S. et al. 2006).

Con tale obiettivo, i ricercatori hanno svolto tre anni di monitoraggio della dinamica della vegetazione su scarpate stradali idroseminate e non.

Il successo delle opere di rinverdimento delle scarpate autostradali può essere considerato alto quando le specie appartenenti alla miscela idroseminata colonizzano i pendii e favoriscono la stabilizzazione e la protezione contro

l'erosione (Muller S. et al. 1998). Tuttavia, la quantificazione di questo successo non tiene in considerazione le caratteristiche ecologiche delle comunità emergenti, le loro dinamiche nel tempo e la portata delle implicazioni ecologiche sul paesaggio determinate dall'uso di specie esotiche (Matesanz S. et al. 2006). Inoltre, il monitoraggio è generalmente limitato ai primi mesi dopo l'idrosemina (Andrès P. et al. 1996; Andrès P. et al. 2000; Bochet E. et al. 2004). I cambiamenti nella composizione delle specie e la loro abbondanza devono invece essere monitorati nel tempo per capire le funzioni dell'ecosistema (Reay S. D. et al. 1999) che possono consentire di ricreare comunità naturali (Sluis W. J. 2002). Capire, pertanto, come le comunità vegetali di scarpate idroseminate e non idroseminate si evolvono nel breve e medio termine è fondamentale al fine di distinguere l'importanza relativa della colonizzazione naturale rispetto a quella dovuta alle miscele di semi introdotte con l'idrosemina, soprattutto in condizioni di clima secco o semi-arido, dove l'idrosemina standard frequentemente rende scarsi risultati (Andrès P. et al. 2000).

Per il loro studio Matesanz S. e gli altri ricercatori hanno proposto un Indice di Successo dell'Idrosemina (HSI), per determinare il contributo relativo dell'idrosemina alla comunità. Esso è stato definito come segue:

$$\text{HSI} = \text{HydC} / \text{TC}$$

Dove HydC è la copertura assoluta delle specie idroseminate in percentuale, e TC è la copertura totale della parcella in percentuale (Matesanz S. et al. 2006).

I risultati hanno mostrato che l'HSI, che varia da 0 a 1, è sempre stato basso, variando da  $0,26 \pm 0,06$  nel 2003 e  $0,20 \pm 0,04$  nel 2004. Inoltre né il tipo di trattamento né il tempo hanno avuto effetti significativi sulla copertura vegetale, e lo stesso valeva per la ricchezza di specie e per la biomassa epigea.

Pertanto gli studiosi hanno concluso che l'idrosemina non ha avuto effetti significativi sulla ricchezza di specie, la copertura e la biomassa epigea sulle scarpate oggetto di studio. Inoltre, le specie idroseminate che si sono sviluppate con successo, non sono diminuite come numero in modo significativo nel corso del tempo, suggerendo che queste specie, contrariamente a quanto previsto, non

hanno agito da starter favorendo l'insediamento di comunità vegetali e scomparendo dopo la prima stagione di crescita.

Questi risultati hanno permesso ai ricercatori di affermare che, sebbene l'idrosemina sia stata considerata come il metodo più efficace per il ripristino di piste autostradali nel corso degli ultimi due decenni, essa non è necessaria quando nella zona sono presenti contemporaneamente una serie di condizioni favorevoli quali clima, pendenza e proprietà del suolo (Matesanz S. et al. 2006).

Nel 2006 è stato pubblicato uno studio condotto da De Oña J. ed altri che ha visto l'uso dell'idrosemina per l'applicazione di fanghi provenienti da impianti di trattamento delle acque reflue urbane su scarpate stradali (De Oña J. et al. 2006).

Mentre diversi tipi di compost sono stati testati per la rivegetazione di autostrade, i fanghi di depurazione sono stati testati soltanto per fini agricoli; pertanto, in questo lavoro è stata studiata la sua applicazione, con lo scopo di vedere se aiutava lo sviluppo della vegetazione su scarpate stradali.

L'esperimento fu realizzato in un ambiente semi-arido, caratterizzato da alta erosività climatica (brevi ma intense piogge) e vegetazione limitata, dove i processi di erosione hanno un grande impatto. Per lo studio è stato scelto un terrapieno autostradale nello Stabilimento di Riciclaggio Rifiuti e Compostaggio di Gàdor (Almería, sud della Spagna). Il materiale degli argini, che proveniva da uno scavo da discariche dello stabilimento dei rifiuti, è stato classificato come sabbia di limo, le cui caratteristiche agronomiche erano molto limitate.

La selezione delle specie da piantare è stata fatta sulla base di criteri biotecnici e ambientali e su considerazioni fitosociologiche. Sono state selezionate specie autoctone locali, le quali presentano una buona capacità di adattarsi a condizioni negative. Le specie selezionate furono: sparto (*Stipa tenacissima*), timo (*Thymus capitatus*) e due tipi di ginestra (*Genista umbellata* e *Retama monosperma*). Furono utilizzati due diversi processi di semina: idrosemina per sparto e timo e semina manuale per i due tipi di ginestra. Al momento della sperimentazione, prima di tutto sono stati distribuiti i fanghi disidratati; la semina manuale delle due ginestra fu fatta prima dell'idrosemina di sparto e timo e l'unica manutenzione è stata l'irrigazione durante le prime tre settimane dopo la semina (De Oña J. et al. 2006).

I risultati ottenuti da tale sperimentazione dimostrarono che entrambe le specie piantate manualmente mostrarono risultati soddisfacenti. Tuttavia, per ciò che concerne le specie piantate con idrosemina, la performance delle diverse specie è risultata significativamente diversa: la germinazione del timo ha raggiunto un valore massimo di circa sette piante a m<sup>2</sup>, mentre la germinazione dello sparto è risultata molto più bassa, raggiungendo un valore massimo di poco superiore ad una pianta a m<sup>2</sup>.

Infine si è visto che il timo non cresceva se i fanghi non venivano applicati. Questa ricerca dimostrò che l'applicazione di questi fanghi su scarpate stradali incrementa la copertura vegetale. Pertanto, dati i risultati positivi ottenuti, l'utilizzo di fanghi di depurazione su scarpate stradali dovrebbe essere incoraggiato (De Oña J. et al. 2006).

Nel 2007 è stato pubblicato uno studio, condotto in Spagna da Estàun V. ed altri, sull'effetto dell'inoculazione micorrizica sullo sviluppo di nove specie di graminacee e leguminose che possono essere potenzialmente utilizzate in opere di ripristino in area mediterranea (Estàun V. et al. 2007). Per tale sperimentazione, l'inoculo di micorrizici arbuscolari è stato aggiunto alla miscela per l'idrosemina, e poi ne è stato studiato l'effetto sia in serre che in campo aperto.

L'uso di inoculi sia micorrizici che di altri tipi nelle attività di ripristino ambientale è fortemente consigliato grazie agli effetti di questi microrganismi sullo sviluppo delle piante, sul complesso ciclo dei nutrienti e sulla sostenibilità dell'ecosistema (Miller R. M. et al. 1992). Pertanto lo sviluppo commerciale di inoculanti micorrizici è ormai una realtà (Blal B. 2003).

Durante le prime fasi di un progetto di ripristino ambientale, uno degli obiettivi principali è la creazione di un diffuso sistema radicale per stabilizzare il terreno e ridurre al minimo l'erosione, fornendo un supporto strutturale alla successione tardiva delle piante. Ciò è generalmente ottenuto utilizzando una miscela di graminacee e leguminose (Skousen J. et al. 1996). Le graminacee hanno un sistema radicale esteso e fibroso che trattiene bene il suolo; le leguminose, quali piante che fissano l'azoto, sono un fattore chiave per la crescita della fertilità del terreno che spesso è estremamente bassa. Entrambe le famiglie di piante sono note per essere micotrofiche (Harley J. L. et al. 1987), quindi l'aggiunta di un fungo

arbuscolare alla miscela di semi utilizzati nel processo di idrosemina potrebbe essere un metodo per migliorare l'attecchimento e la crescita delle piantine (Estaùn V. et al. 2007).

L'obiettivo dello studio condotto da Estaùn V. e gli altri ricercatori è stato quello di selezionare le adeguate combinazioni pianta – fungo che potrebbero essere utilizzate nelle miscele di idrosemina e valutare le implicazioni dell'aggiunta di quest'inoculo alle miscele (Estaùn V. et al. 2007).

I risultati ottenuti dalla sperimentazione hanno permesso agli studiosi di concludere che tutte le piante studiate mostrano un aumento della crescita quando inoculate con funghi micorrizici arbuscolari. Pertanto l'utilizzo di miscele per idrosemina con legumi, graminacee e inoculi di funghi micorrizici arbuscolari nella bonifica di aree gravemente danneggiate può essere considerata una tecnologia che consente il trattamento di vaste aree, garantendo la crescita di legumi altamente micotrofici e aumentando così le possibilità di raggiungere il successo dell'opera di ripristino (Estaùn V. et al. 2007).

Alcuni ricercatori hanno pubblicato nel 2007 un lavoro in cui hanno esaminato l'influenza di una miscela commerciale di semi per idrosemina, per l'inerbimento dei rifiuti di una miniera di uranio nella Spagna centro-occidentale in condizioni di clima mediterraneo semi-arido (Martìnez-Ruiz C. et al. 2007).

In aree con un clima mediterraneo semi-arido, presenti in gran numero in Spagna, la bassa e irregolare distribuzione delle piogge è il principale fattore limitante la crescita delle piante (Noy-Meir I. 1973; Zohary M. 1973) e la copertura vegetale tende ad essere scarsa e sparsa (Schelesinger W. H. et al. 1990); in tali situazioni l'idrosemina può aumentare significativamente la copertura vegetale (Martìnez-Ruiz C. et al. 2007). Inoltre, la tecnica dell'idrosemina è stata ampiamente utilizzata per migliorare lo sviluppo della vegetazione e la stabilizzazione del terreno in pendii ripidi ed inaccessibili come quelli creati dalle opere di estrazione (Sheldon J. C. et al. 1977; Roberts R. D. et al. 1985; Albaladejo J. et al. 2000; Brofas G. et al. 2000).

Questi ricercatori hanno ipotizzato, per il loro studio, che le dinamiche precoci di rivegetazione, in condizioni di clima mediterraneo semi-arido, fossero influenzate sia dall'idrosemina di specie alloctone che dall'esposizione del sito.

Per capire questi fattori, essi hanno confrontato lo sviluppo, sia naturale che indotto dall'uomo, delle comunità vegetali in discariche di uranio con differente esposizione nella Spagna centro-occidentale; inoltre hanno esaminato l'efficacia delle specie introdotte nel fornire una copertura vegetale e la diversità nelle prime fasi di successione in base alla differente esposizione (Martínez-Ruiz C. et al. 2007).

Lo studio è stato condotto in una miniera di uranio nella provincia di Salamanca, Spagna, dismessa più di dieci anni fa. Il sito ha un clima mediterraneo semi-arido con una media delle precipitazioni annue di 500 mm, una acuta siccità estiva ed una media annuale della temperatura di 12,7°C. I rifiuti prodotti dall'estrazione del minerale di uranio sono stati accumulati in diverse discariche con un angolo di inclinazione di circa 37°. Tali rifiuti consistevano in grossi frammenti rocciosi di ardesia mescolati con una piccola percentuale di materiale più fine (10% < 2mm). L'opera di ripristino della vegetazione richiese, laddove possibile, la copertura dei rifiuti con uno strato spesso circa 30 cm di sedimenti di tessitura più fine, scavati da 10 a 150 cm di profondità dalla vicina Fossa Arkoses; conseguentemente tale materiale poteva contenere semi e resti di piante. L'idrosemina fu applicata nell'autunno del 1992 su due depositi di detriti (con entrambi i versanti nord e sud disponibili); sono state distinte due aree ben definite, con proprietà del suolo paragonabili, sullo stesso versante del deposito, uno è stato idroseminato e l'altro no.

I risultati mostrarono che l'idrosemina aumenta significativamente la copertura vegetale solo due anni dopo la sua applicazione sul versante esposto a nord. L'idrosemina favorì la copertura di graminacee sui versanti esposti a nord e una copertura di leguminose su quelli esposti a sud, divenendo le differenze significative nel secondo e terzo anno di sperimentazione. In particolare, due anni dopo l'idrosemina, le specie seminate costituivano il 17% della copertura vegetale totale, ed erano rappresentate soprattutto dalle graminacee *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne* e *Dactylis glomerata* sui versanti esposti a nord, e dalla leguminosa *Lupinus hispanicus* su quelli esposti a sud. In seguito il loro contributo alla copertura vegetale totale diminuì significativamente (Martínez-Ruiz C. et al. 2007).

I risultati ottenuti permisero ai ricercatori di concludere che le specie idroseminate hanno un effetto positivo relativamente piccolo e di breve durata nel fornire una copertura vegetale rispetto alle specie autoctone, mostrando differenze nelle loro prestazioni in relazione all'esposizione. I pendii esposti a sud mostrarono le condizioni più sfavorevoli alla crescita vegetale a causa della loro scarsa capacità di conservare l'umidità del suolo (Cano A. et al. 2002; Tormo J. et al. 2006). Pertanto l'effetto positivo delle fibre corte di mulch, usate per l'idrosemina, sullo sviluppo delle piante attraverso la conservazione dell'umidità del suolo (Sheldon J. C. et al. 1977; Luken J. O. 1990) fu evidente solo sui versanti esposti a nord. La miscela di sementi utilizzata per l'idrosemina non risultò, pertanto, adatta all'area di studio e il costo di introdurre una copertura erbacea non era giustificato, visto che il risultato finale era stato una copertura vegetale povera (Martínez-Ruiz C. et al. 2007).

In Spagna è stato condotto uno studio, pubblicato nel 2007, che ha posto l'attenzione sulle specie vegetali utilizzate nella tecnica dell'idrosemina.

Una pratica comune nella rivegetazione delle scarpate autostradali è l'uso per l'idrosemina di specie commerciali a rapida crescita, senza prestare particolare attenzione al suolo, al clima e, in generale, alle caratteristiche di ciascun sito (Matesanz S. et al. 2007). Tali specie commerciali sono principalmente graminacee e leguminose che creano velocemente una densa copertura vegetale, la quale, però, è in grado di prevenire l'erosione solo per pochi mesi (Bochet E. et al. 2007). L'importanza di utilizzare specie autoctone oggi sta diventando ampiamente riconosciuta e i progetti di recupero vanno gradualmente prendendo in considerazione per l'idrosemina miscele di semi di specie autoctone, specialmente in avverse condizioni climatiche e pedologiche (Matesanz S. et al. 2007).

Alcuni studi hanno messo in evidenza il vantaggio dell'uso di specie native nella rivegetazione di scarpate stradali (HarperLore B. L. 1996; Brindle F. A. 2003; Petersen S. L. et al. 2004), non solo per la preoccupazione riguardo all'introduzione di genotipi esotici (Brown C. S. et al. 2000; Tinsley M. J. et al. 2006; Andel J. V. 2006), ma anche per evitare possibili danneggiamenti delle



specie commerciali causati dalle avverse condizioni locali, in particolare clima e proprietà del suolo (Bochet E. et al. 2004).

L'obiettivo generale della sperimentazione è stato quello di studiare separatamente l'influenza della composizione delle specie, densità, relativa abbondanza e tempi di comparsa di ogni specie, sulle prestazioni globali della comunità che viene inizialmente creata dopo idrosemina con miscele di semi diversi su terreni di gesso. Questa sperimentazione è stata condotta fra Marzo ed Agosto del 2004 in una serra a Madrid. Nell'insieme delle potenziali specie, i ricercatori hanno selezionato *Lolium rigidum* Gaudin – una graminacea commerciale a rapida crescita ampiamente utilizzata – e sei specie autoctone tolleranti terreni gessosi (*Colutea arborescens*, *Helianthemum squamatum*, *Lepidium subulatum*, *Gypsophila struthium*, *Thymus zygis* e *Launaea resedifolia*), già utilizzate in precedenza nella tecnica dell'idrosemina applicata a suoli di gesso. I vasi utilizzati in serra erano di 13 cm x 13 cm x 25 cm (3 litri di capacità) e sono stati ben irrigati per tutta la durata della sperimentazione. Il substrato del terreno è stato raccolto da diverse scarpate di gesso della M50 (Madrid, Spagna), subito dopo la sua costruzione, al fine di ricreare nei vasi le condizioni del terreno che le specie delle miscele per l'idrosemina avrebbero sulle scarpate.

In termini generali, i risultati mostrarono che la selezione delle specie da utilizzare su scarpate stradali di gesso è cruciale per il buon esito della rivegetazione. La specie altamente competitiva e a rapida crescita *Lolium rigidum* non ha favorito l'attecchimento e la crescita delle specie autoctone da gesso. Infatti le miscele che hanno mostrato i tassi di sopravvivenza più bassi delle specie da gesso erano quelle contenenti *Lolium rigidum*; inoltre, la presenza di *L. rigidum* aveva ridotto sia l'altezza media che la biomassa fuori terra delle specie da gesso.

Pertanto, sebbene le specie commerciali e quelle native possono avere ruoli differenti e complementari, con le prime che riescono rapidamente a stabilizzare ed arricchire il suolo, e le seconde che forniscono resilienza e tolleranza alla siccità estiva, il loro simultaneo utilizzo in idrosemina non conduce a buoni risultati (Matesanz S. et al. 2007).

Uno studio condotto da J. Tormo ed altri, e pubblicato nel 2007, ha avuto lo scopo di valutare se la diffusione di terriccio e l'idrosemina con specie locali piuttosto

che commerciali potrebbe migliorare la copertura vegetale su depositi di materiale di risulta (Tormo J. et al. 2007).

La costruzione di strade e ferrovie ha spesso un impatto significativo sul terreno e sulla vegetazione a causa della movimentazione di grandi quantità di suolo. Le risultanti scarpate, che sono costituite dall'accumulo e dalla compattazione dei materiali provenienti da una zona adiacente, spesso presentano pendii ripidi e terreno poco consolidato molto vulnerabile all'erosione (Arnaez J. et al. 1994; Navarro J. et al. 1996; Nicolau J. M. 2002).

Alcuni autori hanno promosso il ripristino passivo secondo cui la colonizzazione vegetale spontanea attraverso la dispersione dei semi da aree vicine potrebbe produrre un'alta copertura vegetale e una buona protezione del suolo (Prach K. et al. 2001). Tuttavia, in condizioni di clima semi-arido, tali scarpate diventano meno ospitali per la colonizzazione vegetale (Bochet E. et al. 2004). In tali situazioni la colonizzazione spontanea è troppo lenta per fornire una copertura vegetale efficace per il controllo dell'erosione del suolo (Nicolau J. M. 1996).

Il successo della colonizzazione vegetale spontanea potrebbe essere aumentato attraverso l'uso di tecniche di miglioramento del suolo; l'aggiunta di terriccio facilita la creazione della vegetazione poiché migliora le proprietà fisiche e chimiche del terreno (Cotts N. R. et al. 1991; Harwoods M. R. et al. 1999; Balaguer L. 2002) e, allo stesso tempo, fornisce una banca di semi che possono facilitare la rivegetazione (Wards S. C. et al. 1996; Rokich D. P. et al. 2000; Holmes P. M. 2001). L'idrosemina è stata ampiamente utilizzata per l'inerbimento delle scarpate in Spagna; tuttavia, in condizioni di clima mediterraneo semi-arido, questa tecnica non produce una copertura vegetale sufficientemente densa (Muzzi E. et al. 1997; Bochet E. et al. 2004). Generalmente le specie usate in queste semine non sono selezionate per le condizioni climatiche locali e raramente sono adatte agli ambienti mediterranei semi-aridi, con lunghi periodi di siccità e piogge erosive (Bochet E. et al. 2004).

Lo studio condotto da Tormo J e gli altri ricercatori ha messo a confronto l'efficacia relativa di tre tipologie di rivegetazione, in condizioni di clima semi-arido, su queste scarpate: 1) distribuzione di uno strato superficiale di suolo; 2)

idrosemina con specie commerciali; 3) idrosemina con specie locali selezionate (Tormo J. et al. 2007).

Per questo studio sono state scelte 24 parcelle di terreno (di 4 x 4 m ciascuna) all'interno di un tratto di 1 km della stessa strada, per assicurare simili condizioni litologiche e climatiche. Tutte le scarpate erano relativamente omogenee, con un angolo di inclinazione di circa 29°. Le parcelle erano situate tutte nella parte centrale del pendio. Sei di queste parcelle sono state scelte a caso e non vi è stato diffuso terriccio; sulle restanti parcelle vi è stato distribuito terriccio e poi sono state assegnate in modo casuale ai seguenti trattamenti (sei parcelle per ogni trattamento): 1) idrosemina con miscele di specie commerciali (TS + ComMix), 2) idrosemina con specie locali selezionate (TS + SelMix) e 3) terriccio senza idrosemina (Only TS).

I risultati della sperimentazione mostrarono che la diffusione di terriccio aveva un'influenza diretta sulla copertura vegetale, infatti le parcelle con aggiunta di terriccio avevano una copertura vegetale maggiore rispetto a quelle senza terriccio. Le parcelle idroseminate, indipendentemente dalla miscela di sementi utilizzata, raggiunsero più del 50% della copertura vegetale 5 mesi dopo il trattamento e continuarono a fornire una copertura significativamente maggiore per tutta la durata della sperimentazione rispetto alle parcelle non idroseminate. Solo all'inizio l'uso della miscela di specie locali selezionate ha prodotto una copertura vegetale totale maggiore rispetto alla miscela di sementi commerciali, poiché in seguito la copertura è rimasta la stessa indipendentemente dalla miscela di semi utilizzata. Tuttavia, la copertura parziale fornita dai semi inclusi nella miscela di specie localmente selezionate è stata comunque maggiore rispetto a quella fornita dalle miscele commerciali (Tormo J. et al. 2007).

I risultati ottenuti permisero agli studiosi di concludere che l'uso della tecnica dell'idrosemina ha prodotto una maggiore copertura vegetale rispetto al solo uso di terriccio; tuttavia l'uso di terriccio ha determinato una maggiore copertura rispetto alle parcelle non trattate. La bassa copertura vegetale nelle parcelle non trattate indica che senza misure di ripristino, la colonizzazione naturale in condizioni semi-aride avviene lentamente (Bochet E. et al. 2007). Di conseguenza un recupero attivo sembra essere essenziale per il miglioramento dello sviluppo

della vegetazione in questi ambienti. Negli habitat mediterranei, la siccità estiva che precede le precipitazioni erosive autunnali è un momento critico per i progetti di rivegetazione; la sperimentazione non ha mostrato alcuna diminuzione significativa della copertura vegetale dopo la stagione estiva, sia nelle parcelle idroseminate che in quelle con il solo terriccio; pertanto, entrambi gli approcci sembrano essere efficaci nel fornire una copertura vegetale nel periodo più critico (Tormo J. et al. 2007). Le parcelle seminate con miscela di sementi commerciali avevano raggiunto una copertura vegetale totale simile a quella delle parcelle seminate con miscela di sementi localmente selezionate, ma questa somiglianza scompariva quando veniva esaminata la copertura determinata solo dalle specie seminate invece di quella totale. In questo caso la copertura delle specie localmente selezionate è stata fino a 20 volte superiore rispetto a quella determinata dalle specie commerciali. Infine è stato evidenziato che la copertura vegetale totale delle parcelle idroseminate decresce con il tempo, ma quella dovuta alle specie localmente selezionate è rimasta superiore al 45%, mentre quella dovuta alle specie commerciali dopo pochi anni risulta quasi scomparsa (Tormo J. et al. 2007).

Questi risultati indicano, pertanto, che la scelta e la selezione delle specie da idroseminare è un importante passo nella pianificazione dei processi di rivegetazione di habitat in condizioni semi-aride (Siniscalco C. A. et al. 1998).

Nel 2007 è stato pubblicato un'interessante studio condotto nella Grecia centrale da Brofas G., come proseguimento di quello precedentemente descritto condotto sempre dallo stesso ricercatore e pubblicato nel 2000.

In questa sperimentazione sono stati esaminati tre diversi tipi di mulch e leganti per la creazione di una copertura vegetale attraverso l'idrosemina su un pendio costituito da resti di estrazione di bauxite (Brofas G. et al. 2007).

Il ripristino vegetativo delle aree danneggiate comporta la stabilizzazione dei versanti, il controllo dell'erosione, il miglioramento delle condizioni e della struttura del terreno e il miglioramento visivo delle caratteristiche del paesaggio (Coppin N. J. et al. 1982; FAO 1985). Tuttavia, la creazione di una vegetazione su un pendio costituito da materiali sterili derivanti dallo sfruttamento minerario, risulta di solito difficile, e ciò è dovuto soprattutto alle condizioni ecologiche

sfavorevoli che prevalgono in queste aree (Whisenant S. G. et al. 1995; Jochimsen M. E. 2001).

Nelle miniere di bauxite della Grecia centrale le condizioni dei depositi di scarti calcarei sono particolarmente difficili per l'attecchimento e lo sviluppo della vegetazione a causa del limitato contenuto di materiale fine (<2mm) e di sostanze nutrienti, in particolare sodio, potassio e fosforo (Brofas G. 1979; Brofas G. 1992).

Per la creazione di vegetazione sono state utilizzate numerose tecniche, tra cui l'idrosemina, la fertilizzazione e l'impiego di mulch sono stati ampiamente utilizzati su tali aree, con risultati diversi a seconda delle condizioni e dei mezzi utilizzati (Brofas G. et al. 2007). Il mulch migliora le condizioni del suolo e facilita lo sviluppo della vegetazione riducendo l'erosione (Barnett A. P. et al. 1967; Sidle R. C. et al. 1993; Petersen S. L. et al. 2004), evitando temperature estreme sulla superficie del suolo e migliorando le condizioni di umidità del terreno (Unger P. W. 1978; Schuman G. E. et al. 1998; Blanco-García A. et al. 2005).

Lo studio è stato condotto nella località di Sideritis sul monte Giona, vicino al villaggio di Gravia, nella Grecia centrale, ad un'altitudine di 900 m e in una zona coperta di cumuli di calcare derivante dalle miniere di bauxite. Per lo studio furono applicati quattro diversi trattamenti a parcelle di dimensioni 5m x 18m. I quattro trattamenti includevano: 1) idrosemina come controllo; 2) idrosemina con cellulosa più un collante organico a base di alghe marine; 3) idrosemina con cellulosa più un collante sintetico; 4) idrosemina più mulch di paglia e asfalto di fissaggio (Brofas G. et al. 2007). Ogni anno, per i successivi quattro anni, sono stati stimati il numero di piante, il peso secco della biomassa e la copertura vegetale in percentuale.

I risultati della sperimentazione mostrarono che la sola idrosemina diede poveri risultati, mentre gli altri trattamenti crearono una soddisfacente copertura vegetale sin dal primo anno. I trattamenti con cellulosa diedero buoni risultati e furono efficaci quasi quanto quelli con mulch di paglia. Pertanto il costoso mulch di paglia potrebbe essere applicato solo in siti sensibili all'erosione che necessitano di un'immediata protezione o in altre aree con condizioni ecologiche marginali

(Brofas G. et al. 2007). I collanti aggiuntivi usati con la cellulosa furono ugualmente efficaci e non crearono alcun problema allo sviluppo della vegetazione; la scelta tra i due collanti è quindi solo una questione di disponibilità e prezzo.

Il declino della vegetazione negli ultimi due anni di sperimentazione, con conseguente riduzione dell'efficacia per il controllo dell'erosione, mostrò la necessità di adottare misure correttive. Visto che la fertilizzazione è uno dei metodi che migliora in modo significativo l'attecchimento e lo sviluppo della vegetazione, la si può, pertanto, considerare come un mezzo che potrebbe rallentare o addirittura invertire il processo di declino (Brofas G. et al. 2007).

Sempre nel 2007 è stato pubblicato un interessante studio condotto da Bochet E. ed altri ricercatori; tale sperimentazione aveva diversi obiettivi: 1) stabilire una procedura per selezionare le specie native adatte alla rivegetazione di scarpate stradali; 2) convalidare la procedura attraverso esperimenti di semina in campo e 3) valutare i costi dell'utilizzo di specie autoctone per l'idrosemina rispetto all'uso di quelle commerciali (Bochet E. et al. 2007).

Il principale obiettivo dell'idrosemina è generalmente a breve termine e consiste nella stabilizzazione meccanica di pendii nudi e nel controllo dell'erosione ad opera dell'acqua. La prevalenza di questo obiettivo geomorfologico ha portato all'uso per l'idrosemina di specie commerciali a rapida crescita (Matesanz S. et al. 2006). Quest'ultime specie commerciali sono principalmente graminacee e leguminose che favoriscono una rapida e densa copertura vegetale adatta a prevenire l'erosione nei primi mesi dopo la costruzione della strada.

Tuttavia, in condizioni di clima secco e semi-arido, l'uso di specie commerciali ha prodotto risultati poco convincenti sulle scarpate stradali. In molti casi, la maggior parte delle specie commerciali seminate scompare dopo la prima stagione di crescita (Andrès P. et al. 2000; Martínez-Ruiz C. 2000), e la copertura totale vegetale è solitamente troppo bassa per favorire il controllo dell'erosione, fatta eccezione per le condizioni più favorevoli come i versanti esposti a nord e/o pendii più dolci (Bochet E. et al. 2004). Pertanto, le specie autoctone possono presentarsi come una valida alternativa per migliorare il successo dell'idrosemina su scarpate stradali in condizioni semi-aride; inoltre offrono vantaggi ecologici

rilevanti come, ad esempio, la conservazione della diversità locale, l'esistenza di ecotipi adatti alle specifiche condizioni ambientali, la creazione di habitat compatibili per altre piante autoctone e per gli animali e il potenziamento della colonizzazione naturale (Nòvak J. et al. 2003; Petersen S. L. et al. 2004).

Bochet E. e d'altri ricercatori hanno proposto nel loro studio un'efficace procedura per selezionare le specie native idonee alla rivegetazione di scarpate stradali, che si adattino alle condizioni locali dell'area degradata che deve essere ripristinata. Questa procedura si basa sulla identificazione della vegetazione spontanea che colonizza le scarpate e sull'ipotesi che i colonizzatori spontanei sono le specie più adatte alla rivegetazione delle scarpate (Bochet E. et al. 2007).

L'area di studio è situata nella regione di Utiel-Requena, un altopiano a 500 m s.l.m. nella Spagna orientale; sono state selezionate due diverse scarpate stradali, una tra il km 267 e il km 307 dell'autostrada A3 (sito Requena) e l'altra tra il km 189 e il km 190 della strada N330 (sito Utiel). L'intero processo di selezione delle specie consisteva di due diverse fasi: selezione delle specie e convalida.

Lo studio della flora è stato eseguito da due persone che si spostavano sulle scarpate in due linee parallele alla strada, una nella parte superiore e l'altra nella parte inferiore del versante, e rilevavano tutte le specie che si trovavano nei loro rispettivi campi di visione. Tra quelle identificate, è stato scelto un sottogruppo di specie di maggior successo (SelMix), e questo è stato sottoposto ad un esperimento di idrosemina. La loro performance è stata confrontata con quella di una miscela commerciale di semi standard (ComMix).

I risultati della sperimentazione mostrarono che la copertura vegetale prodotta dalle specie selezionate era significativamente più alta di quella prodotta dalle specie commerciali; ciò permise ai ricercatori di concludere che la selezione delle specie appropriate prima di attuare la rivegetazione è fondamentale per garantire il successo dell'opera di recupero di scarpate stradali in aree con condizioni climatiche sfavorevoli; inoltre, la densa copertura prodotta dalle specie autoctone selezionate, durante tutto il periodo della sperimentazione, sembra essere in grado di ridurre i tassi di erosione da 50% a oltre il 90% rispetto ad un suolo nudo (Bochet E. et al. 2007). Questi ricercatori hanno anche fatto una stima dei costi, la quale rivela grandi differenze (anche di 30 volte) tra due miscugli di sementi,

quello disponibile in commercio e quello selezionato di specie autoctone; quest'ultimo ha un costo maggiore dovuto principalmente alla differenza dei costi per la raccolta dei semi.

Queste differenze possono in parte spiegare il perché le specie commerciali sono ancora preferite a quelle autoctone per i progetti di recupero e il perché ci si trova di fronte ad un circolo vizioso: poiché le specie autoctone non sono disponibili per i fornitori di sementi, nessuno ne consiglia il loro uso nelle opere pubbliche; di conseguenza i costruttori delle strade non richiedono tali specie e i fornitori di sementi non investono nella produzione di specie autoctone; pertanto, il risultato è che le specie autoctone non sono ancora disponibili dai fornitori di sementi e non hanno, quindi, un prezzo competitivo (Bochet E. et al. 2007).

Nel 2008 è stato pubblicato uno studio condotto da Tormo J. ed altri ricercatori con lo scopo di stabilire l'importanza relativa di diversi fattori nel determinare la composizione definitiva delle specie dopo semina in scarpate stradali.

In molti casi le tecniche di rivegetazione attraverso idrosemina portano alla formazione di terreni con poca variabilità di specie, a causa della dominanza di poche specie o di specie spontanee su tutte quelle seminate (Andres P. et al. 2000; Kleijn D. 2003; Waldron B. L. et al. 2005). Sebbene il controllo dell'erosione può essere raggiunto anche in terreni con bassa biodiversità, una elevata ricchezza di specie è, tuttavia, l'obiettivo preferibile, poiché una larga gamma di specie che rispondono in modo diverso alle diverse perturbazioni ambientali incrementa la probabilità che il nuovo ecosistema sia resistente e/o resiliente alle condizioni future (Hildebrand R. H. et al. 2005; Hooper D. U. et al. 2005; Tormo J. et al. 2008).

Per il loro studio, i ricercatori hanno condotto tre differenti esperimenti: 1) semina sperimentale su scarpate stradali per determinare la performance delle specie a campo aperto; 2) semine in serra, con le stesse specie utilizzate sulle scarpate, per studiare gli effetti dei filtri ecologici (stress idrico e coesistenza vegetale) sulla performance delle specie; e 3) analisi delle relazioni esistenti tra le caratteristiche vegetali delle specie seminate (specifica massa del seme e specifica biomassa vegetale) e il successo della semina e le abilità competitive nell'esperimento in serra (Tormo J. et al. 2008).



I fattori presi in considerazione sono stati divisi in tre gruppi; il primo gruppo di fattori dipende dalla quantità di semi per specie utilizzati per l'idrosemina (densità di semi); il secondo gruppo di fattori comprende gli stress ambientali e la coesistenza delle specie; infine il terzo gruppo comprende le caratteristiche vegetali, in particolare la biomassa vegetale specifica e la massa del seme.

L'esperimento in campo è stato condotto su alcune scarpate stradali lungo la strada N-330 in Utiel (Spagna orientale); esse erano costituite da marne calcaree e argille. Le condizioni climatiche dell'area di studio sono mediterranee, con una media annuale di temperatura e precipitazione di 12°C e 399 mm rispettivamente (Pèrez A. 1994). Lo strato superficiale di suolo utilizzato sulle scarpate proveniva dai campi agricoli presenti nell'area prima della costruzione della strada ed è stato distribuito sulle scarpate immediatamente dopo la costruzione della strada. Lo spessore di questo strato era compreso tra 10 e 20 cm. Sulle scarpate furono selezionate sei parcelle (di 4m x 4m ciascuna), tutte lungo una sezione di 1 km sulla N-330, al fine di assicurare le stesse condizioni litologiche e climatiche. L'idrosemina fu realizzata nel novembre 2003 e la copertura vegetale di ogni specie fu misurata 1 e 2 anni dopo l'idrosemina; tale copertura vegetale per specie fu registrata da due osservatori solo in un'area centrale di 2m x 2m in ogni parcella.

Per determinare la specifica massa del seme, furono pesati 25 semi di ogni specie usando una bilancia di precisione con una sensibilità di 0,01 mg. Per determinare invece la specifica biomassa vegetale, le piante furono fatte crescere in serra, in vasi di 5cm x 5cm x 20cm, una per vaso; alla fine della stagione di crescita, sono state raccolte le biomasse aeree di cinque individui per specie, fatte seccare a 80°C e poi pesate. Inoltre gli esperimenti in serra sono stati condotti al fine di capire come le specie sono influenzate dagli effetti congiunti dello stress idrico e della coesistenza.

I risultati ottenuti da questo studio hanno permesso ai ricercatori di concludere che, di questi fattori presi in considerazione, sembra che, nelle scarpate stradali, lo stress idrico, sia direttamente che attraverso la sua relazione con la specifica massa del seme e con la biomassa vegetale, influenzi la performance delle specie. Di conseguenza sia le condizioni climatiche che la selezione delle specie possono

essere fattori chiave nel determinare l'esito dell'idrosemina su scarpate stradali in aree del Mediterraneo con clima semi-arido (Tormo J. et al. 2008).

Alcuni ricercatori hanno condotto uno studio, pubblicato nel 2008, con lo scopo di capire se l'esposizione al sole può influenzare il successo dell'idrosemina e lo sviluppo della vegetazione su ripidi pendii di rifiuti di carbone (Gonzàles-Alday J. et al. 2008). Per far ciò hanno scelto, quale luogo di sperimentazione, una miniera di carbone a cielo aperto vicino a Villanueva de la Peña, nella Spagna settentrionale.

L'effetto dell'esposizione alle radiazioni solari è in primo luogo causato dall'angolo del sole rispetto alla superficie del suolo (Dubayah R. C. 1994; Torri D. 1996; Evans T. P. et al. 2000; Oberhuber W. et al. 2000), che a sua volta influenza la temperatura della superficie del suolo, il grado di evaporazione e l'umidità del suolo (Kirby M. J. et al. 1990).

Nell'emisfero settentrionale, la radiazione solare ricevuta sulla superficie del suolo è minore sui pendii esposti a nord rispetto a quelli esposti a sud (Mayland H. F. 1972; Dubayah R. C. 1994), e di conseguenza la vegetazione si sviluppa più facilmente sui pendii esposti a nord (Andrès P. et al. 1996; Sternberg M. et al. 2001; Bochet E. et al. 2004), in parte a causa dell'aumentata disponibilità di acqua (Tormo J. et al. 2006).

Nel primo anno dopo l'idrosemina, gli studiosi hanno monitorato, ogni due mesi, le dinamiche delle specie idroseminate in tre parcelle di 20 m<sup>2</sup> su pendii esposti a nord e a sud. Inoltre, per il loro studio, i ricercatori hanno utilizzato il già menzionato Indice di Successo dell'Idrosemina (HSI) di Matesanz (Matesanz S. et al. 2006) per determinare il relativo contributo delle specie idroseminate alla comunità.

I risultati della sperimentazione mostrarono che l'esposizione era correlata alla copertura vegetale totale e che i pendii esposti a sud ebbero la più bassa copertura. L'esposizione influenzò anche le dinamiche precoci delle graminacee e leguminose idroseminate sui versanti; la copertura dovuta alle graminacee fu maggiore sui versanti esposti a nord per tutta la durata dello studio, mentre per le leguminose le differenze di copertura vegetale tra versanti esposti a nord e quelli esposti a sud comparvero più tardi. Inoltre l'esposizione influenzò anche il

contributo relativo sia delle leguminose che delle graminacee sulla copertura totale vegetale, con le graminacee dominanti su entrambi i versanti nord e sud.

I risultati ottenuti permisero ai ricercatori di concludere che lo sviluppo della vegetazione dopo idrosemina è influenzato dall'esposizione alle radiazioni solari; il manto erboso è stato sempre superiore sui versanti esposti a nord rispetto a quelli esposti a sud (Gonzàles-Alday J. et al. 2008).

Nel 2010 è stato pubblicato un articolo di Bochet E. ed altri ricercatori in cui venivano presentati i risultati conclusivi, in termini di protezione dall'erosione di scarpate stradali, ottenuti da diversi studi effettuati nella Spagna orientale dal 2000 in poi.

Tre erano gli obiettivi principali di questi ricercatori: 1) migliorare le proprie conoscenze riguardo i fattori di pendenza e vegetazione che controllano l'erosione del suolo e la colonizzazione vegetale su scarpate stradali in condizioni semi-aride; 2) valutare l'efficacia di uno strato superficiale di suolo, dell'idrosemina e della selezione delle specie nella protezione del suolo contro l'erosione e 3) stabilire su base scientifica le priorità tra i componenti dell'ecosistema che devono essere presi in considerazione nei futuri piani di recupero di scarpate stradali (Bochet E. et al. 2010). Quest'articolo nasce da una serie di studi condotti da questi ricercatori negli anni precedenti, in particolare quello pubblicato nel 2007 di cui si è diffusamente parlato precedentemente. L'approccio sperimentale descritto in questo studio ha permesso di identificare i fattori e i processi ecologici che controllano la colonizzazione vegetale e i processi di erosione su scarpate stradali, al fine di individuare e testare, in una seconda fase, potenziali strategie di recupero.

L'analisi dei processi di rigenerazione naturale su scarpate stradali ha messo in evidenza che l'angolo di pendenza gioca un ruolo rilevante sullo sviluppo della vegetazione e sul grado di erosione; i risultati, infatti, mostrarono che la vegetazione era quasi assente sulle scarpate con pendenza superiore ai 45°. L'alto grado di erosione può spiegare la scarsità di vegetazione su queste scarpate rispetto a quelle con minore pendenza (Bochet E. et al. 2010).

Inoltre, se si considera l'elevata probabilità della rimozione del seme ad opera del deflusso o della gravità (Cerdà A. et al. 1997; García-Fayos P. et al. 1997),

l'idrosemina è destinata ad avere esito negativo su tali pendii ripidi (Bochet E. et al. 2010).

Gonzàles-Alday J. ed altri ricercatori hanno pubblicato nel 2010 uno studio condotto in una miniera di carbone a cielo aperto nel nord della Spagna, con lo scopo di caratterizzare lo sviluppo a breve termine della comunità vegetale nei tre anni successivi l'applicazione della tecnica dell'idrosemina (Gonzàles-Alday J. et al. 2010).

Essi hanno valutato l'interazione della topografia (esposizione e pendenza) con il microclima, entrambi precedentemente identificati come importanti vincoli nei processi di ripristino in climi mediterranei (Gretasdottir J. et al. 2004; Martínez-Ruiz C. et al. 2007; Martínez-Ruiz C. e Marrs R. 2007), sullo sviluppo iniziale della vegetazione.

Lo studio è stato condotto a seguito dell'applicazione dell'idrosemina in una miniera di carbone a cielo aperto topograficamente diversificata. Tale miniera era localizzata vicino Villanueva de la Peña, Palencia, nel nord della Spagna. Il clima è sub-umido mediterraneo con una temperatura media annua di 9°C ed una precipitazione media annua di 980 mm. Una volta terminata l'estrazione del carbone, l'area era piena di rifiuti di carbone e fu coperta con 50 -100 cm di sedimenti a tessitura fine ed uno strato di letame di bestiame (30 t/ha); nell'Ottobre del 2003 l'intero sito fu idroseminato.

Lo sviluppo della vegetazione a seguito dell'idrosemina fu esaminato in tre diverse aree, due pendii, uno esposto a nord e l'altro a sud, ed un'area pianeggiante. La copertura (%) di tutte le specie vegetali presenti è stata stimata visualmente dallo stesso osservatore ogni due mesi, da Gennaio 2004 a Settembre 2006 (Gonzàles-Alday J. et al. 2010).

I risultati mostrarono che la composizione della comunità vegetale era influenzata dalla topografia; furono, infatti, trovate differenze nelle tre aree con diversa esposizione durante le tre stagioni di crescita. Il sito pianeggiante e quello esposto a sud mantennero una composizione di specie simili, mentre il sito esposto a nord si discostò da tale situazione in due modi diversi: a) vi è stato un grande sviluppo delle specie idroseminate durante la seconda stagione di crescita, e b) il sito

esposto a nord mantenne una maggiore copertura dovuta a queste specie idrosemiate.

Questi risultati possono essere stati causati dalla combinazione di diversi fattori, in primo luogo, dal successo differenziale delle specie idrosemiate in relazione all'esposizione: nel Mediterraneo, le umide aree in pendenza esposte a nord tendono ad avere una percentuale maggiore di specie perenni di quelle con esposizione più secca (Madon O. et al.1997; Gonzàles-Alday J. et al.2008), e, in tale sperimentazione, molte di queste specie perenni erano specie idrosemiate (Gonzàles-Alday J. et al. 2010). La colonizzazione delle specie autoctone provenienti dall'area circostante, che è stata prevalente nei siti a sud e pianeggiante, potrebbe essere stata ridotta nel sito esposto a nord a causa della concorrenza dovuta alla maggiore abbondanza di specie idrosemiate (Matesanz S. et al. 2006; Gonzàles-Alday J. et al. 2007).

Tali risultati permisero ai ricercatori di concludere che, nelle opere di recupero ambientale, lo sviluppo a breve termine della vegetazione può influenzare quello successivo.

Per gli ecosistemi mediterranei, è essenziale, nella pianificazione di progetti di recupero, accettare che le differenze dovute alla topografia possono influire sull'esito dell'opera di recupero. In particolare, tali differenze influenzeranno la persistenza delle specie idrosemiate, e queste, a loro volta, influenzeranno la colonizzazione di specie autoctone provenienti dalla vegetazione circostante (Gonzàles-Alday J. et al. 2010).

Risultano, inoltre, importante, in un clima mediterraneo, la variabilità delle precipitazioni e della temperatura durante il periodo di crescita; l'azione di disturbo causata dalla siccità estiva può avere notevoli effetti sulla composizione floristica e sulla diversità, creando, in molti casi, le condizioni che permettono ad altre specie di colonizzare e ristabilire un equilibrio con le specie perenni introdotte con l'idrosemina (Gonzàles-Alday J. et al. 2010).

Sempre nel 2010 è stato pubblicato un interessante studio condotto da García-Palacios P. ed altri ricercatori, i quali hanno sperimentalmente valutato gli effetti dell'idrosemina e dei cambiamenti nella disponibilità di acqua (irrigazione) e nutrienti (fertilizzazione) sul ripristino della vegetazione in scarpate autostradali

degradate (García-Palacios P. et al. 2010). Per far ciò, essi hanno considerato la copertura vegetale e l'erosione del suolo come indici di stabilità dei versanti, e la diversità delle piante e la composizione della comunità come indici del successo dell'opera di recupero ecologico (Norris J. E. et al. 2008).

L'area di studio era localizzata sulle autostrade R4 e AP36, tra Pinto e Corral de Almaguer, nel centro della penisola iberica (altitudine di circa 700 m s.l.m.). il clima è semiarido, con inverni freddi e una forte siccità estiva. Le medie della temperatura e delle precipitazioni sono di 15° C e 450 mm rispettivamente. Al fine di rendere omogenea l'area oggetto di studio, i ricercatori selezionarono cinque siti simili per dimensioni, esposizione (sud) e inclinazione (tra 20 e 30°); tre di questi siti (1 – 3) erano sulla R4, e due (4 e 5) sulla AP36. In tali siti sono stati valutati tre diversi trattamenti di recupero: idrosemina, fertilizzazione e irrigazione.

I risultati mostrarono che l'idrosemina era in grado di aumentare la copertura totale vegetale nei siti R4 e AP36 del 10 e del 16% rispettivamente, ma non ha influenzato l'indice di erosione del suolo (Andres P. et al. 1996). Infatti, la media della copertura vegetale durante il periodo in cui l'erosione è stata misurata, era più alta del 50% in tutti i siti, valore, questo, che è stato stabilito da Andrés P. e Jorba M. (2000) come il minimo per prevenire l'erosione. Pertanto, in scarpate autostradali in ambienti mediterranei semiaridi, non sono necessari trattamenti per controllare efficacemente l'erosione del suolo quando la copertura vegetale è superiore al 50% (García-Palacios P. et al. 2010).

Per quanto riguarda la composizione della comunità vegetale, nel sito R4 l'idrosemina non ha prodotto alcun cambiamento di composizione; invece nel sito AP36 vi è stato un cambiamento, probabilmente dovuto ad un incremento nella copertura delle specie idroseminate, molte delle quali esotiche.

I ricercatori conclusero che l'idrosemina, non avendo avuto particolare influenza sulla copertura vegetale e sul controllo dell'erosione, può essere considerata di scarso valore per il ripristino di scarpate stradali in ambiente semiarido.

Affinché un'opera di recupero abbia successo in ambienti mediterranei semiaridi, dovrebbero essere presi in considerazione diversi approcci che tengano conto delle caratteristiche del sito di destinazione. Pertanto su scarpate dove la copertura

vegetale può facilmente raggiungere valori abbastanza elevati da impedire l'erosione, l'uso, attraverso l'idrosemina, di specie alloctone che potenzialmente possono dominare la comunità vegetale dovrebbe essere evitata (García-Palacios P. et al. 2010).

Uno degli ultimi studi sull'idrosemina è stato pubblicato nel 2011 da Andrés Ferrer ed altri ricercatori, i quali hanno condotto una sperimentazione utilizzando fanghi da depurazione provenienti da impianti di trattamento delle acque reflue urbane per il ripristino di argini stradali (Ferrer A. et al. 2011).

I fanghi di depurazione sono un prodotto ottenuto dai processi di trattamento delle acque reflue urbane. Negli ultimi anni vi è stato uno spettacolare aumento nella quantità dei fanghi di depurazione, probabilmente a causa della costruzione di nuovi impianti di trattamento e dell'aumento delle acque reflue. Devono, pertanto essere trovate le soluzioni al problema generato da questi quantitativi di fanghi in crescita; ciò comporta evidentemente una gestione efficace ed un riutilizzo di questi biosolidi (Ferrer A. et al. 2011).

Tipicamente, i fanghi di depurazione contengono alti livelli di elementi nutritivi principali, sodio e potassio, e sono arricchiti con materiale organico. Per tale ragione, l'applicazione dei fanghi di depurazione sul suolo è una pratica comune in tutto il mondo (Gerhardt T. et al. 1997). Tuttavia, oggi vi sono norme rigorose per garantire il riciclaggio sicuro dei fanghi, a causa delle sostanze potenzialmente nocive che possono contenere, quali ad esempio i metalli pesanti. In tal senso, l'uso di questi fanghi per ripristinare argini stradali, provoca meno problemi dal punto di vista della salute e della gestione dei rifiuti, poiché tali argini sono superfici di terra che non vengono utilizzate per alcuno scopo.

Al fine di ottenere la massima crescita e sviluppo delle specie vegetali piantate sugli argini, alcune dosi di fanghi di depurazione possono essere aggiunte alla miscela per idrosemina (Ferrer A. et al. 2011). Il fango fornisce al suolo degli argini sostanze nutritive (De Lira A. C. S. et al. 2008), ne migliora la struttura favorendo la crescita e la fioritura della vegetazione e migliora anche il coefficiente di ritenzione idrica (Sort X. et al. 1999).

Gli obiettivi di questa ricerca erano di analizzare quanto segue: 1) gli effetti dei fanghi di depurazione sulle proprietà chimico-fisiche del suolo degli argini

stradali; 2) l'uso dei fanghi come parte della miscela per idrosemina e 3) la crescita e lo sviluppo delle specie vegetali idroseminate sugli argini e la loro evoluzione nel tempo (Ferrer A. et al. 2011).

Per tale studio, sono state scelte sei parcelle sperimentali disposte in argini stradali, sia su pendii di scavo che di riporto. Tali parcelle erano situate sulla strada che collega le città di Arjona e Porcuna nella provincia di Jaen (Andalusia, Spagna). Il fango di depurazione è stato applicato alle parcelle sperimentali al fine di verificarne i possibili benefici e l'efficacia come complemento organico per il suolo e la vegetazione; i dosaggi dei fanghi applicati erano 50, 200 e 400 g/m<sup>2</sup> di materiale secco. Il fango è stato spruzzato su quattro parcelle, mentre le altre due sono state usate come parcelle di controllo; una parcella di controllo è stata idroseminata in modo convenzionale senza fango, mentre l'altra non ha ricevuto alcun trattamento. L'applicazione della miscela per idrosemina con le diverse dosi di fango è stata realizzata in tre momenti: 1) in un primo momento il serbatoio dell'idrosemnatrice è stato riempito con il fango che è stato spruzzato sugli argini, 2) in un secondo momento, le parcelle sono state idroseminate in modo convenzionale, e 3) infine gli argini sono stati spruzzati con mulch.

Per quanto riguarda la crescita delle piante, i risultati mostrarono che, curiosamente, il 90% della copertura vegetale non era dovuta alle specie idroseminate; la specie più abbondante in questo 90% era Jaramago (*Sinapis alba*). Tuttavia, anche se in misura minore rispetto a Jaramago, le specie idroseminate fiorirono. Poiché Jaramago non era inclusa nella miscela per idrosemina, essa è stata considerata invasiva. Complessivamente, le percentuali di copertura vegetale sono state più alte nelle parcelle che hanno ricevuto dosi di fango rispetto alla parcella che è stata convenzionalmente idroseminata e alla parcella che non ha ricevuto alcun trattamento.

Dosaggi superiori di fanghi hanno portato ad una evoluzione ottimale della copertura vegetale degli argini e ciò è la prova evidente che il fango arricchisce il terreno. Inoltre, si è potuto osservare come, in periodi di freddo o di siccità o, in genere, climaticamente sfavorevoli, la copertura vegetale superava il 20% sugli argini arricchiti con fanghi, ed era pari al 20% in quelli che non avevano ricevuto alcun trattamento (Ferrer A. et al. 2011).



Tali risultati permisero ai ricercatori di concludere che la copertura vegetale su argini stradali è stata significativamente migliorata dall'aggiunta di fanghi e che le parcelle trattate con fanghi erano in grado di sopportare i secchi periodi estivi meglio rispetto a quelle non trattate (Ferrer A. et al. 2011).

### **3. OBIETTIVO DELLA SPERIMENTAZIONE**

La sperimentazione eseguita è consistita nell'applicazione di diverse tipologie di idrosemina in un sito a forte degrado ambientale al fine di valutare quella più efficiente, in termini di copertura vegetale, come tecnica per la sostenibilità ed il risanamento ambientale in area mediterranea.

## **4. MATERIALI E METODI**

### **4.1. L'IDROSEMINA**

Come detto in precedenza, l'idrosemina ha lo scopo di creare una copertura vegetale permanente che abbia, oltre che una funzione prettamente estetica, anche una serie di obiettivi, quali ad esempio ridurre i fenomeni di scorrimento superficiale dell'acqua e l'azione battente della stessa, creare una copertura di base, facilitare il recupero di opere ad elevato impatto o ridurre l'impatto in un contesto paesaggistico. Tale tecnica consiste nel ricoprire una superficie di terreno con una miscela complessa, distribuita per via idraulica tramite un'apposita attrezzatura a pressione: l'idroseminatrice. La miscela è "complessa" in quanto costituita da diversi componenti quali mulch, semente, concime, humus, collante, attivatori, biostimolatori, e altro in quantità e tipologia differente a seconda del contesto in cui si intende operare e del risultato che si vuole ottenere.

Il vantaggio dell'idrosemina nei confronti delle tecniche tradizionali è soprattutto determinato dal fatto che in un'unica soluzione è possibile eseguire contemporaneamente una semina, una concimazione ed una irrigazione con un evidente risparmio economico; rappresenta, inoltre, una tecnica che consente l'inerbimento senza alcuna lavorazione preventiva dei terreni.

La miscela deve essere applicata in maniera uniforme mantenendo la composizione omogenea; a tale scopo l'idroseminatrice deve essere dotata di agitatore meccanico interno e di apposite lance per l'applicazione del prodotto.

#### **4.1.1 ASPETTI DA VALUTARE PER L'ESECUZIONE DELL'IDROSEMINA**

Gli aspetti da valutare per l'esecuzione della tecnica dell'idrosemina sono:

- Clima

- Elementi orografici
- Suolo
- Vegetazione

### **Clima**

Per effettuare un'idrosemina è importante consultare i climadiagrammi o comunque avere a disposizione dei dati climatici.

Le condizioni ideali sono caratterizzate da temperature medie con precipitazioni piovose consistenti (inizio primavera, inizio autunno o inizio inverno per semine dormienti).

### **Natura orografica della stazione**

Sono fondamentali per una corretta idrosemina i seguenti elementi:

- Esposizione: le esposizioni nord sono le più fredde, ma anche le più umide e, normalmente, sono quelle che danno meno problemi soprattutto se si effettua un'idrosemina estiva.
- Inclinazione del pendio: la temperatura è più alta quanto più perpendicolari sono i raggi alla superficie.
- Quota: con l'aumentare della quota aumentano i problemi per l'inerbimento. Più si sale più saranno da ridurre le specie da impiegare come pure i dosaggi. A questo punto i fattori decisivi saranno gli elementi coadiuvanti dell'idrosemina.
- Pendenza: più il versante da inerbire è ripido e più si dovrà aumentare l'impiego di collanti. Nel caso più estremo, poi, si dovrà ricorrere alle bioreti o biostuoie.

### **Suolo**

È importante conoscere le caratteristiche pedologiche e quindi risulta fondamentale fare un'analisi chimica del suolo allo scopo di ottenere più notizie possibili sull'area di intervento.

## **Vegetazione**

Anche un'analisi della vegetazione descrittiva della situazione limitrofa alla zona di intervento può dare utili informazioni.

### **4.1.2 MATERIALI DA IMPIEGARE**

I materiali da impiegare per l'idrosemina sono:

- Miscuglio di sementi
- Collanti
- Concimi organici, minerali od organo-minerali
- Mulch
- Attivatori del terreno
- Correttivi ed ammendanti
- Acqua

#### **Miscuglio di sementi**

Il miscuglio deve essere adatto alle condizioni locali ed è normalmente composto da sole specie erbacee.

Per la scelta del miscuglio a volte può essere utile fare una analisi vegetazionale, ma non bisogna considerarla vincolante anche perché cercare di rispettare i rapporti o utilizzare le specie ritrovate nel rilievo vegetazionale non è semplice; inoltre, molte specie sono molto costose o addirittura non reperibili sul mercato delle sementi.

Ad ogni modo, una certa variabilità di specie nella miscela presenta molti vantaggi: per esempio risulta più facile la colonizzazione, si esplorano più orizzonti del terreno e ci si assicura una maggiore variabilità.

Quindi con un miscuglio plurispecifico (generalmente: 70-80% graminacee, 15-20% leguminose, il restante le altre famiglie), si ha un ampio range di adattabilità

a tutte le situazioni. È importante, comunque, capire l'ambiente e lo scopo dell'intervento.

Se si lavora in un ambiente fortemente antropizzato, nel quale si vuole creare una copertura efficace e veloce, allora si adopereranno specie a rapido accrescimento e bassa variabilità. Invece, per un ambiente pregiato dal punto di vista naturalistico, bisognerà adottare miscugli più specifici.

### **Collanti**

Il collante rappresenta un componente fondamentale delle idrosemine in quanto garantisce ai vari materiali costituenti la miscela di rimanere aggregati tra loro e di legarsi con le particelle del suolo; impedisce così ai processi erosivi, dovuti all'azione del vento e dell'acqua, di dilavare e disgregare sia i materiali dell'idrosemina che le particelle di terreno prima della crescita vegetativa.

In linea generale il collante rinforza la protezione del terreno e impedisce il prematuro disseccamento della vegetazione, dal momento che umidità e sostanze nutritive rimangono disponibili alle piante per un periodo di tempo più lungo; questo si traduce in uno stimolo maggiore per la crescita delle piante.

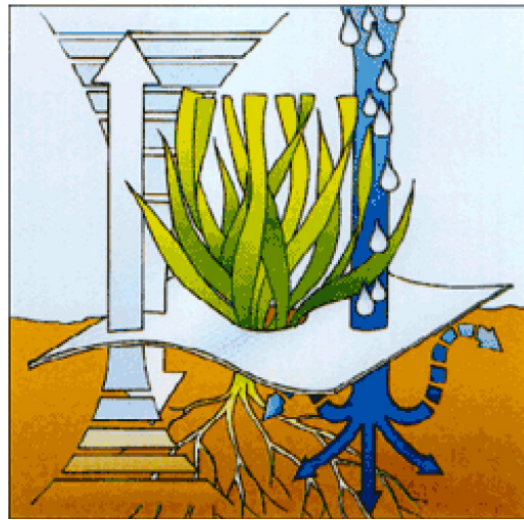
In commercio esistono fondamentalmente due tipologie:

- FULL TACK a base naturale di origine vegetale.
- TERRA CONTROL a base polimerica di acetato di polivinile (fig. 1).

Si tratta per entrambi di prodotti biodegradabili in grado di formare nella coltre superficiale del terreno una pellicola trasparente di 1-2cm, incolore, perfettamente permeabile con una particolare struttura tridimensionale che impedisce appunto al terreno di essere dilavato ed eroso. La naturale attività biologica del terreno non è influenzata dall'uso di queste due tipologie di collanti essendo perfettamente permeabili a luce, acqua e aria. La loro azione si manifesta migliorando il grado di umidità del terreno ed impedendo, di fatto, l'evaporazione dell'acqua e delle sostanze nutritive dal suolo (fig.2).



**Figura 1.** Particolare dell'effetto legante del collante Terra Control.



**Figura 2.** Effetto riduttivo dell'evaporazione.

Importante sottolineare che, una volta sviluppatesi le radici delle piante, il collante si decompone biologicamente in un tempo medio, per ossidazione dovuta all'ossigeno atmosferico, agli organismi del suolo, alla luce del sole e al calore. In particolare, per ciò che riguarda il Terra Control a base polimerica, da analisi condotte sperimentalmente in laboratorio è risultato che oltre ad essere biodegradabile la sua formula ha un ottimo profilo ecotossicologico. Non si sono osservati infatti effetti collaterali tossici sull'ecosistema, né su piante, batteri del suolo e funghi.

Se viene richiesto un notevole rinforzo dello strato superficiale, è consigliabile iniziare con una maggiore quantità di prodotto diluito e poi, quando il primo passaggio si è asciugato, eseguire una seconda applicazione con una minore quantità di una soluzione più concentrata. Questo metodo migliora l'ancoraggio del film protettivo sulla superficie.

La differenza sostanziale tra Full Tack e Terra Control è rappresentata dall'origine dei prodotti dal momento che il primo è naturale ed in polvere mentre il secondo è di origine polimerica e liquido, anche se entrambi caratterizzati da piena biodegradabilità. In generale è consigliabile l'utilizzo di Terra Control quando sono necessari interventi in aree con problematiche di natura climatica, ambientale

o geologica più critica poiché è caratterizzato da una maggiore resistenza e durabilità. Il Full Tack rappresenta invece un prodotto ad elevata viscosità e solubilità garantendo alta efficienza nelle operazioni di mescolamento e posa, riducendo il pericolo di intasamenti o grumi all'interno della macchina idrosemiatrice.

### **Concimi organici, minerali od organo-minerali**

Servono a compensare le situazioni di squilibrio del suolo creando delle condizioni di sviluppo più favorevoli alle piantine. I concimi organici od organico - minerali devono sempre avere raggiunto un livello ottimale di maturazione ed essere venduti in forma non compatta (granulare-terrosa) al fine di rendere agevole la miscelazione.

Usati con una certa regolarità sono anche i concimi minerali a volte nella loro forma idrosolubile.

### **Mulch**

Rappresenta uno dei componenti più importanti per la buona riuscita dell'intervento; deve essere necessariamente previsto nelle idrosemine potenziate e quelle a spessore. Con questo termine si vogliono considerare tutti i materiali di origine naturale utilizzati per creare delle coperture temporanee finalizzate alla protezione dei suoli prima della crescita vegetativa. I mulch, che sono conosciuti da quando esistono le idrosemine sono molteplici ed a volte bizzarri; tra tutti questi, quelli che oggi hanno la maggiore diffusione, in quanto più efficaci, sono quelli a base di fibre di legno: prodotti a base organica in grado di arricchire i terreni poveri e di assorbire significative quantità di acqua.

L'importanza del mulch nelle idrosemine è riconducibile soprattutto al ruolo che svolge nella protezione, dai vari processi erosivi, nei confronti del seme, della miscela irrorata e del terreno; inoltre, grazie alle proprietà intrinseche del materiale, è in grado di aumentare la capacità di ritenzione idrica della miscela, rilasciando con gradualità nei terreni l'umidità, creando un microclima più idoneo alla germinazione delle piante.



Esistono diverse tipologie di mulch come le fibre di cellulosa, le fibre di legno, la paglia o il fieno. Le loro prestazioni sono però piuttosto diverse: la sola pasta di cellulosa o la carta riciclata sono costituite da fibre corte che tendono ad addensarsi e a distribuirsi in maniera non uniforme, formando una crosta che può anche essere piuttosto consistente e rendere difficoltosa la germinazione. Le fibre di legno, al contrario, sono a fibre lunghe ed hanno la capacità di formare una copertura dotata di una certa porosità, grazie alla strutturazione che le fibre conferiscono concatenandosi a mezzo collante. In tal modo il rivestimento che si ottiene, pur avendo una notevole resistenza meccanica, non soffoca il seme, di contro, assorbendo acqua, regola l'umidità isolandolo termicamente sia da temperature troppo basse che da un irraggiamento solare eccessivo.

Una delle differenze fondamentali di comportamento tra un mulch in fibre legno e mulch in fibre di cellulosa è che, a parità di prodotto utilizzato, le fibre di legno garantiscono fino a circa due volte il grado di germinazione; inoltre, per elevate quantità di prodotto impiegato, la resa delle fibre di cellulosa decade inesorabilmente diminuendo la percentuale di germinazione delle piante.

### **Attivatori del terreno**

Accelerano alcuni processi chimico-fisici del terreno (scambi gassosi, umificazione, aggregazione particelle terrose) e creano condizioni ideali per lo sviluppo delle radici e dell'attività della micro flora/fauna del terreno. Il loro dosaggio è basso in quanto presentano una elevatissima carica batterica.

### **Correttivi ed ammendanti**

Rappresentano tutte quelle sostanze che servono per correggere difetti fisici e chimici del terreno. Generalmente le anomalie più ricorrenti sono la scarsa dotazione di sostanza organica e l'alterazione del pH.

### **Torba o terriccio**

Si utilizzano nelle idrosemine a spessore dove e' necessario costituire alcuni centimetri di substrato fertile per lo sviluppo della vegetazione.

### **Acqua**

Potrebbe sembrare banale come elemento ma spesso capita che si tenda ad usarlo con parsimonia non per il suo effettivo costo (generalmente l'acqua viene prelevata da fiumi o ruscelli tramite la pompa dell'idrosemnatrice), ma per i tempi di approvvigionamento. È la disponibilità di acqua, insieme all'accessibilità dell'area, ad influenzare maggiormente la produttività. Una cisterna media contiene 2000 litri e se il dosaggio è pari a 2 l/mq allora si possono idrosemnare circa 1000 mq. Spesso se si lavora in zone difficili (alta montagna, strade forestali, aree isolate) dove vi sono problemi nel reperire l'acqua, si tende a diminuirne la quantità e a mantenere uguale quella dei prodotti con l'ottenimento di una miscela più densa. E' sempre meglio non risparmiare sull'acqua in quanto essa costituisce l'elemento fondamentale per la germinazione delle sementi e lo sviluppo della pianta. In casi estremi, a seguito di prolungati periodi di siccità e per superfici limitate, potrebbe essere necessario ritornare sulle aree trattate per irrigarle con l'idrosemnatrice (irrigazione di soccorso). Alcune ditte specializzate dispongono (o prendono a noleggio ad esempio dai Pompieri) delle grosse autobotti da 10.000 litri dalle quali rifornire l'idrosemnatrice per avere maggiore autonomia e produttività.

## **4.1.3 LE MACCHINE PER L'IDROSEMNA**

- Caratteristiche principali
- Funzionamento
- Caricamento della cisterna
- Produttività
- Versioni delle macchine e caratteristiche tecniche

### **Caratteristiche principali**

La macchina per idrosemina o idroseminatrice è costituita da un motore, una pompa e una cisterna dove avviene la miscelazione.

### **Funzionamento**

La miscelazione è fondamentale per produrre una miscela omogenea e ben amalgamata e per una distribuzione più uniforme possibile dei prodotti. Esiste la miscelazione meccanica con pale ruotanti e la miscelazione ad acqua ad opera di una pompa centrifuga a pale aperte a riflusso interno. La pompa convoglia la miscela a pressione in degli iniettori collegati ad una lancia per la distribuzione manuale del prodotto. Il raggio d'azione del getto va da 10 a 50 metri, in funzione della viscosità della miscela; se si hanno delle manichette (tubi flessibili) collegabili alla pompa il getto risulta ancora maggiore.

### **Caricamento della cisterna**

Avviene in quattro fasi:

- si riempie a metà la cisterna d'acqua;
- si introducono i materiali leggeri che tendono a galleggiare (sostanza organica, paglia, cellulosa);
- si introducono le sementi ed i materiali più pesanti che tendono a sedimentare;
- si completa il riempimento della cisterna con acqua il cui getto servirà ad una premiscelazione.

### **Produttività**

Considerando una distribuzione di 2 litri di miscela a mq in condizioni ottimali si possono idroseminare anche 10000 mq al giorno.

## **Versioni delle macchine e caratteristiche tecniche**

Le idroseminatrici possono essere: portate (sul cassone del camion), trainate su due ruote (agganciabili a trattore o motrice) e trainate con due ruote motrici (su terreni pendenti, a bassa aderenza). La capacità va dai 500 litri in su (max 7000 litri). Le più usate sono da 1000-2000 litri. I motori sono dai 25 ai 120 cv (le idroseminatrici classiche sono da 20-40 cv).

### **4.1.4 AMBITI DI APPLICAZIONE DELL'IDROSEMINA**

Si può affermare che l'idrosemina trova impiego in tutte quelle situazioni dove è necessario ripristinare una copertura vegetale.

Si può intervenire per:

- inerbimento di ampie superfici: piste da sci, aree soggette a movimento di terra con distruzione della copertura vegetale, recupero di cave, discariche ecc.... In tali casi l'idrosemina rappresenta l'unico sistema razionale ed economicamente accettabile per la formazione di una nuova copertura vegetale;

- inerbimento di superfici in forte pendenza: scarpate stradali, pareti in roccia nuda, terre armate, argini e sponde fluviali. In questi casi vi sono concreti problemi tecnici nel raggiungimento delle aree da rinverdire. Con l'idrosemina tale problema può essere superato poiché, grazie all'ausilio delle pompe, la miscela viene spruzzata dalle lance fino a 50-60 metri di distanza raggiungendo così facilmente la superficie da trattare;

Attualmente, infine, c'è una certa tendenza ad utilizzare l'idrosemina anche per lavori relativi al verde in generale (realizzazione di parchi, costruzione di campi sportivi, da golf, manutenzione straordinaria di giardini ecc...).

#### 4.1.5 TIPOLOGIE DI IDROSEMINE

I componenti basilari che vanno a costituire le miscele di idrosemine sono principalmente rappresentati, come detto in precedenza, da collante, concime, fertilizzante, mulch in fibre di legno e sementi, ovviamente miscelati con acqua; possono essere aggiunti idroretentori e/o biostimolatori nel caso in cui le condizioni ambientali lo suggeriscano. Particolare attenzione deve essere posta nella corretta scelta del periodo di intervento e nella selezione del miscuglio di sementi da utilizzare in funzione delle caratteristiche pedogenetiche, climatiche e ambientali del luogo di intervento.

L'aggregazione di tutti questi materiali in diversa misura all'interno della miscela definisce tipologie di idrosemine differenti, le cui composizioni e modalità di posa verranno determinate in relazione all'intervento che si intende realizzare.

In linea generale possiamo quindi definire quattro diverse tipologie di idrosemine caratterizzate ognuna da differenti composizioni della miscela:

- **IDROSEMINA SEMPLICE:** adatta nelle situazioni più semplici come l'inerbimento di giardini e comunque in corrispondenza di aree caratterizzate da superfici pianeggianti o subpianeggianti;
- **IDROSEMINA POTENZIATA CON FIBRE DI MULCH:** consente l'inerbimento su superfici dove l'idrosemina semplice non permetterebbe di ottenere risultati accettabili; il sistema consiste nell'effettuare l'applicazione in un unico passaggio attraverso l'irrorazione di una miscela completamente naturale comprensiva di mulch in fibre di legno;
- **IDROSEMINA A SPESSORE;** permette il rinverdimento su scarpate anche in massima pendenza e comunque in ambienti caratterizzati da condizioni generali critiche, come terreni sterili, terre rinforzate, versanti fortemente irregolari. Il sistema consiste nell'effettuare l'idrosemina in vari passaggi utilizzando solo ed esclusivamente prodotti naturali;
- **IDROSEMINA A MATRICE DI FIBRE LEGATE M.F.L. ( BIOSTUOIA IDRAULICA ):** rivestimento di una superficie attraverso

l'applicazione di una matrice antierosiva ( Soil Guard ) miscelata ad altri prodotti naturali a copertura e aderenza totale al terreno per il rinverdimento, in condizioni particolarmente critiche, in alternativa all'idrosemina a spessore e/o all'utilizzo di una biostuoia.

#### **4.1.5.1 IDROSEMINA SEMPLICE**

L'idrosemina di base o semplice rappresenta la soluzione di idrosemina più povera in termini di componenti che la caratterizzano. Può essere così composta:

- appropriato miscuglio di semente per provenienza e germinabilità ( graminacee e leguminose ) con una dose di impiego in condizioni normali di 25 gr/mq fino a 30 gr/mq in situazioni critiche per la germinazione;
- Concimazione di base con prodotto organo-minerale bilanciato e microelementi (7-7-7+ 2MgO), con una dose di impiego in condizioni normali di almeno 80/100 gr/mq;
- Collante naturale, di origine vegetale ad alta viscosità, derivato da piante e frutti, con quantità da applicare variabile dai 10 ai 20 gr/ mq; il collante avrà solubilità di oltre il 93% e una viscosità di 14.800 centipoise che permetterà di applicare anche le miscele più dense utilizzando lunghe manichette.

#### **Applicazione**

L'idrosemina semplice è adatta a superfici pianeggianti e scarpate dolci a pendenza molto moderata inferiori ai 15°- 20°; ma il fattore più importante è che la superficie su cui intervenire deve essere sempre dotata di un buon substrato organico e abbondante frazione fina.

Rappresenta la soluzione ideale nel rinverdimento dei giardini soprattutto quelli medio- piccoli e su leggere scarpate utilizzando delle macchine idrosemiatrici da 500 lt in grado di essere applicate su furgoni o pick- up. I benefici sono rilevanti

con un netto abbattimento dei tempi di realizzazione attraverso una più flessibile applicazione in un unico passaggio di tutti i componenti costituenti le miscele:

- eliminazione della prima irrigazione e riduzione della lavorazione del terreno;
- eliminazione/riduzione dei “ tempi morti” per la semina dovuti a fattori climatici;
- eliminazione dei problemi associati all’erosione del terreno grazie all’utilizzo di collanti biodegradabili;
- velocità di esecuzione ( 200 mq in 3-4 minuti);
- germinazione accelerata del seme per l’utilizzo di miscele idonee associate a sostanze nutritive.

#### **4.1.5.2 IDROSEMINA POTENZIATA CON FIBRE DI MULCH**

Alla miscela di una idrosemina semplice vengono aggiunte le fibre di mulch di legno in quantità non inferiore ai 100 gr/mq nelle condizioni meno crude. L’idrosemina potenziata può essere così composta:

- appropriato miscuglio di sementi scelte per provenienza e germinabilità ( graminacee e leguminose ) con una dose di impiego in condizioni normali di 30 gr/mq fino a 40 gr/mq in situazioni critiche per la germinazione;
- concimazione di base con prodotto organo- minerale bilanciato e microelementi ( 7-7-7+2MgO ), con una dose di impiego in condizioni normali di almeno 150 gr/ mq;
- collante naturale, di origine vegetale ad alta viscosità, derivato da piante e frutti, con quantità da applicare di circa 15 gr/ mq; il collante avrà solubilità di oltre il 93% e una viscosità di 14.800 centipoise che

permetterà di applicare anche le miscele più dense utilizzando lunghe manichette;

- mulch in quantità variabili tra 100-200 gr/mq a formare una coltre protettiva e composto da mulch 100% di fibre di legno vergine. Il mulch dovrà essere prodotto tramite sfibramento termico per consentire l'eliminazione di ogni residuo nocivo (tannino) presente nelle fibre vegetali, che potrebbe compromettere la germinazione delle piante. La lunghezza delle fibre sarà circa 10 mm sul 50% del totale.

### **Applicazione**

Il sistema di idrosemina potenziata permette l'inerbimento su superfici dove generalmente l'idrosemina semplice non è in grado di ottenere risultati accettabili. L'aggiunta del mulch in fibre di legno permette alla miscela di ottenere una migliore resistenza meccanica e svolgere una maggiore azione protettiva nei confronti del seme e del suolo.

Rappresenta la soluzione ideale in contesti caratterizzati da scarpate a pendenza moderata, non oltre i 35°- 40°; il contenuto del mulch in fibre di legno dovrà essere commisurato alla problematica da risolvere, e sarà aumentato in funzione della criticità dell'intervento.

### **4.1.5.3 IDROSEMINA A SPESSORE**

Tale metodo consiste nell'effettuare l'idrosemina a spessore generalmente in due passaggi, lasciando eventualmente asciugare il primo, usando solo ed esclusivamente prodotti naturali in grado di non alterare l'ecosistema dell'ambiente sul quale si va ad intervenire.

L'applicazione dell'idrosemina a spessore si esplica utilizzando una miscela acquosa caratterizzata dai seguenti prodotti;



- appropriato miscuglio di sementi scelte ( graminacee e leguminose ) con una dose di impiego in condizioni normali di 35 gr/ mq che può salire fino a 50 gr/ mq in situazioni difficili per la germinazione;
- concimazione di base con prodotto organo- minerale bilanciato e microelementi, con una dose di impiego in condizioni normali di almeno 200 gr/ mq;
- collante naturale tipo full-tack, di origine vegetale ad alta viscosità derivato da piante e frutti ( Guar), con quantità da applicare di circa 15-20 gr/mq; il collante avrà solubilità di oltre il 93% e una viscosità di 14.800 centipoise che permetterà di applicare anche le miscele più dense utilizzando lunghe manichette;
- humus ( sostanza organica) atta a costituire assieme al mulch un substrato ideale alla germinazione ed allo sviluppo del seme. Le quantità necessarie possono variare da 250-400 gr/mq;
- mulch in quantità variabile tra 250-350 gr/mq a formare una coltre protettiva e composto da mulch tipo Hydrofibre 100% fibre di legno vergine. Il mulch dovrà essere prodotto tramite sfibramento termico per consentire l'eliminazione di ogni residuo nocivo (tannino) presente nelle fibre vegetali, che potrebbe compromettere la germinazione delle piante. La lunghezza delle fibre sarà di circa 10 mm sul 50% del totale.

Qualora le condizioni ambientali lo rendessero necessario è indicativo abbinare anche un biostimolatore per il miglioramento della germinazione in situazioni particolarmente ostili.

### **Applicazione**

L'idrosemina a spessore è risolutiva in tutte quelle situazioni dove esiste una forte sterilità del substrato o ad una difficoltà di inerbimento dovuta a condizioni climatiche o morfologiche; a tale proposito è sempre bene intervenire prevedendo

una prima applicazione di concime, fertilizzanti e sementi prima della successiva posa in opera dei restanti componenti.

Costituisce la soluzione ideale per scarpate a forte pendenza tra cui le strutture in terra rinforzata dove la problematica più evidente è appunto rappresentata dalla forte inclinazione del profilo (fig. 3 – 5). Con le terre rinforzate la miscela dovrà essere applicata in due passaggi. Il primo caratterizzato da humus, sementi e parte del concime ( 50-60% ); il secondo passaggio costituito da mulch in fibre di legno, collante naturale, idroretentori con la restante parte di concime.



**Figura 3.** Applicazione dell'idrosemina a spessore su terre rinforzate; il colore verde del mulch permette un controllo diretto della miscela irrorata da parte dell'operatore.



**Figura 4.** Applicazione dell'idrosemina a spessore su terre rinforzate in due passaggi.



**Figura 5.** Applicazione della tecnica dell'idrosemina a spessore in un unico passaggio nel territorio di Villarosa in provincia di Enna.

#### **4.1.5.4 IDROSEMINA A MATRICE DI FIBRE LEGATE O BIOSTUOIA IDRAULICA**

La biostuoia idraulica in matrice di fibre legate è una nuova tecnologia finalizzata al controllo dell'erosione applicata con l'ausilio di acqua attraverso il sistema dell'idrosemina.

È rappresentata dal soil guard ovvero una tecnologia caratterizzata dalla presenza, in un unico prodotto, di tre tipologie di materiali quali:

1. fibre vergine di legno di ontano prodotte termomeccanicamente in misura dell'88% in peso dell'intero prodotto; lo sfibramento termomeccanico permette al prodotto di essere esente da sostanze nocive quali microrganismi o agenti inquinanti inibitori della germinazione come il tannino. Inoltre, le fibre, presentano una lunghezza superiore ai 10 mm per oltre il 50% del totale permettendo così una più efficace copertura sulle scarpate da consolidare;
2. Collante naturale di fibre vegetali di Guar in misura del 10%;
3. Attivatori organici e minerali atti a stimolare la germinazione in quantità di circa il 2%;

L'applicazione di questo sistema di idrosemina si esplica utilizzando una miscela acquosa (circa 7 lt/mq) caratterizzata dai seguenti prodotti:

- matrice di fibre legate – Soil Guard come sopra esposta con quantitativi variabili dai 370 gr/mq ai 450 gr/mq (fig.6 e fig.7);
- appropriato miscuglio di sementi scelte ( graminacee e leguminose) con una dose di impiego in condizioni normali di 40 gr/mq che può salire fino 50 gr/mq in situazioni difficili per la germinazione;
- concimazione di base con prodotto organo-minerale bilanciato e microelementi, con una dose di impiego in condizioni normali di almeno 200 gr/mq;
- eventuale aggiunta di collante di origine sintetica nel caso di applicazioni pre- invernali.



**Figura 6 e figura 7.** Il Soil Guard forma uno strato omogeneo e perfettamente aderente al suolo lasciando al tempo stesso inalterato l'equilibrio tra terreno e ambiente circostante.

### **Applicazione**

Rappresenta la tipologia di idrosemina adatta a quelle condizioni particolarmente critiche dove è indispensabile intervenire in maniera pesante per ottenere un rinverdimento; è, quindi, la soluzione ideale per inerbimento di terreni poveri di frazione fine e di sostanza organica, anche su scarpate ad elevata inclinazione ( 50-60°). Per esempio può risultare particolarmente efficace in corrispondenza di scarpate rocciose fortemente degradate con presenza di materiali limosi argillosi derivanti dalla degradazione presenti tra le discontinuità dei blocchi.

Rappresenta il sistema alternativo alla posa di una biostuoia o geostuoia in interventi di rivestimento antierosivo con il beneficio di essere efficace anche su scarpate molto irregolari dove i sistemi tradizionali risulterebbero poco risolutivi per la mancanza di aderenza completa con il terreno sottostante.

La biostuoia idraulica viene generalmente applicata in un unico passaggio, senza alcuna preparazione particolare del terreno; la copertura deve essere tale che non dovranno esserci interstizi di larghezza superiore ad 1 mm al fine di realizzare una copertura completa e omogenea su tutta la superficie.

In particolari condizioni, dove la presenza di un substrato povero di sostanza organica potrebbe ostacolare qualsiasi intervento di rinverdimento, è buona norma eseguire l'idrosemina in due passaggi (fig. 8), prevedendo una prima applicazione di concime, fertilizzanti e sementi per poi proseguire con la matrice di fibre legate una volta che il tutto si è asciugato.



**Figura 8.** Applicazione della tecnica dell'idrosemina a matrice di fibre legate tipo Soilguard in due passaggi nel territorio di Villarosa in provincia di Enna.

## **4.2 STUDIO PRELIMINARE DEL SITO OGGETTO DI SPERIMENTAZIONE**

Il sito individuato per effettuare le prove dell'idrosemina è localizzato in contrada Santa Maria, in provincia di Agrigento, a pochi chilometri da Sciacca. E' posto alle spalle di un impianto di compostaggio e dai fogli catastali si evince che ha un'altitudine di circa 160 m s.l.m. ed è esposto ad Est. Tutta l'area è caratterizzata da un'alternanza di colline e pianure dove predomina la coltivazione delle olive. Il terreno si presenta irregolare e con una pendenza omogenea di circa 35°.

### **4.2.1 IDENTIFICAZIONE DELLE SPECIE AUTOCTONE**

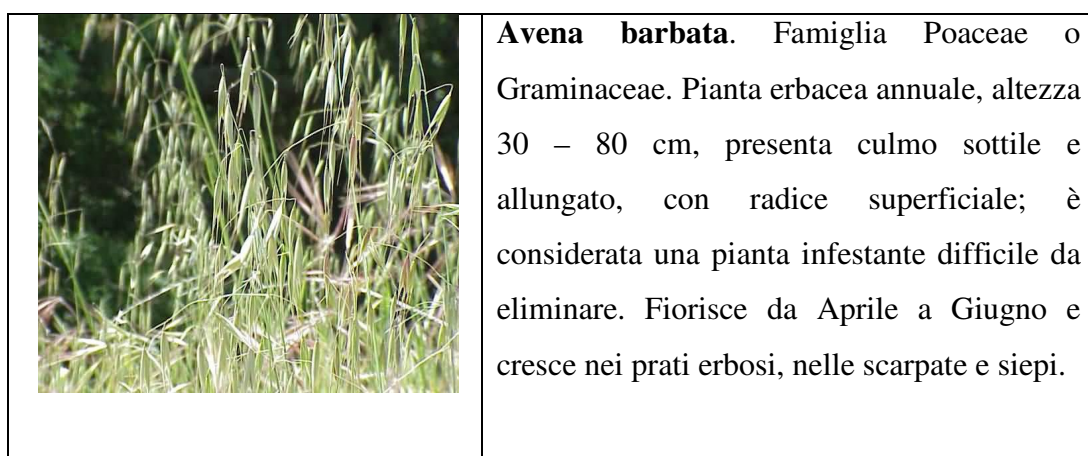
Lo studio condotto l'anno precedente la sperimentazione ha permesso di identificare le specie vegetali spontanee e il loro sviluppo nel corso dell'anno. Nei mesi invernali il terreno si presentava povero di vegetazione, ma già a partire dai primi mesi della primavera cominciarono a comparire le prime specie spontanee. Il 13/04/2010 sono stati prelevati diversi campioni delle specie vegetali spontanee presenti per poterle identificare. La vegetazione era abbondante e varia e le varietà identificate sono diverse. Di seguito vi sono le immagini di tali specie corredate di una breve scheda.



**Figura 9.** Malva nicaensis



**Figura 10.** Anagallis arvensis



**Figura 11.** Avena barbata



**Chrysanthemum coronarium.** Famiglia Asteraceae (Compositae). Pianta erbacea annuale, presenta portamento eretto e ramificato. Può crescere fino a 30 – 120 cm di altezza. Fiorisce da Aprile a Giugno. E' una specie adatta alla coltivazione all'aperto, in serra e in appartamento.

**Figura 12.** Chrysanthemum coronarium



**Convolvulus tricolor.** Famiglia Convolvulaceae. Pianta annuale erbacea, rampicante o prostrata, lunga circa 40 cm. Fiorisce nel periodo estivo. Cresce con clima temperato, non sopporta freddi eccessivi e si adatta a tutti i terreni purché ben drenati.

**Figura 13.** Convolvulus tricolor



**Galactites tomentosa.** Famiglia Asteraceae. Pianta erbacea con fusto eretto pubescente alto fino a 70 cm, ramificato superiormente. Fiorisce da Aprile a Luglio. Popola i terreni incolti, aridi, i pascoli e i bordi delle strade.

**Figura 14.** Galactites tomentosa





**Hirschfeldia incana.** Famiglia Brassicaceae. Pianta erbacea annuale, biennale o perenne, infestante. Periodo di fioritura da Aprile a Maggio. Vive in tutta Europa soprattutto nel bacino del Mediterraneo; cresce fino ad una altitudine di 800 m.

**Figura 15.** Hirschfeldia incana



**Melilotus segetalis.** Famiglia Fabaceae. Pianta erbacea annuale con fusto eretto, altezza 40 - 60 cm, scarsamente pelosa. Fiorisce da Aprile a Luglio. Vive in tutta Europa, soprattutto nel bacino del Mediterraneo, ed è più concentrata nel sud dell'Italia. Cresce fino ad un'altitudine di 600 m.

**Figura 16.** Melilotus segetalis



**Oxalis pes-caprae.** Famiglia Oxalidaceae. Pianta erbacea perenne con rada peluria glandulosa, considerata pianta infestante. Fiorisce da Aprile a Maggio. Cresce in terreni coltivati e incolti fino a 600 m s.l.m.

**Figura 17.** Oxalis pes-caprae



**Papaver rhoeas.** Famiglia Papaveraceae. Pianta erbacea annuale considerata infestante, fusto eretto coperto da peli rigidi e alta fino a 80 – 90 cm. Fiorisce da Aprile fino a metà Maggio. Cresce normalmente sui bordi delle strade, ferrovie e in campi di Graminacee.

**Figura 18.** Papaver rhoeas



**Melilotus sulcata.** Famiglia Fabaceae. Pianta erbacea annuale con fusto eretto, altezza 10 – 40 cm, scarsamente pelosa. Fiorisce da Aprile a Maggio. È presente in tutta Europa, soprattutto nel bacino del Mediterraneo; cresce fino ad un'altitudine di 800 m s.l.m.

**Figura 19.** Melilotus sulcata



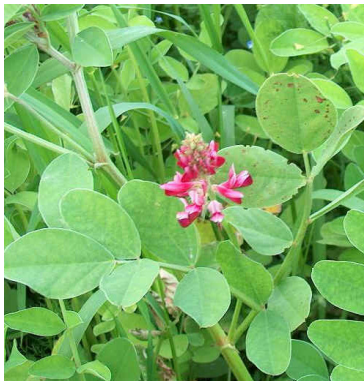
**Picris echioides.** Famiglia Asteraceae. Pianta erbacea annuale con fusti striati, altezza 30 – 60 cm e peli rigidi e setolosi. Fiorisce da Luglio a Settembre. Cresce in campi coltivati, aree antropizzate e bordi delle strade; predilige zone calde.

**Figura 20.** Picris echioides



**Sonchus oleraceus.** Famiglia Asteraceae. Pianta erbacea annuale o biennale alta fino ad 1m, con una robusta radice fittonante provvista di fusti eretti ramosi dal basso. Fiorisce da Marzo ad Ottobre. È comune in tutto il territorio, si trova in alcune regioni anche tutto l'anno, ad esclusione dei mesi più freddi. Cresce in prossimità di zone coltivate, nei terreni ruderali, lungo i cigli delle strade e nei centri abitati tra le fessure dei marciapiedi o accanto a vecchi muri.

**Figura 21.** Sochus oleraceus

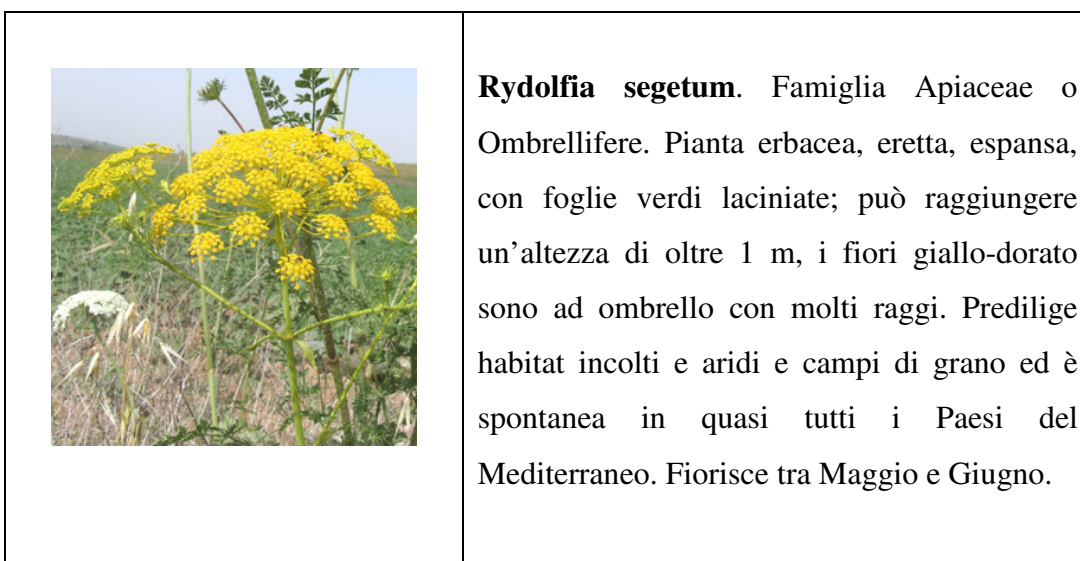


**Hedisarium coronarium (Sulla).** Famiglia Leguminose. Pianta erbacea biennale, ha radice fittonante, unica nella sua capacità di penetrare e crescere anche nei terreni argillosi. Gli steli sono eretti, alti da 0,80 a 1,50 m. fiorisce da Febbraio a Giugno. È spontanea in quasi tutti i Paesi del bacino del Mediterraneo, che viene, pertanto, ritenuto come il centro di origine della specie.

**Figura 22.** Hedisarium coronarium

Il 7 Maggio 2010 è stato effettuato un rilievo fotografico. Ad un primo esame la copertura vegetale sembra essere costituita per circa il 60% da Avena barbata, 30% da Sulla e 10% tutte le altre specie suddette. Il successivo rilievo fotografico

è stato realizzato a circa venti giorni di distanza dal precedente, in data 26 maggio 2010. L'avena barbata risulta sempre abbondante anche se ormai si presenta secca e rappresenta circa il 60% della copertura totale. Un 10% della copertura risulta dovuta alla comparsa di una nuova specie vegetale spontanea. La nuova specie è stata, in un secondo momento, identificata e risulta essere la **Rydolfia segetum** (fig. 23), anche detta Aneto puzzolente.



**Figura 23.** Ridolfia segetum

#### 4.2.2 CAMPIONAMENTO DEL SUOLO

Il 19 febbraio 2010 è stato effettuato un campionamento del suolo; sono stati prelevati, in sei punti diversi, sei campioni di terreno a circa 10 cm di profondità e del peso di circa 1 kg ciascuno. Tali campioni sono stati poi mescolati tra loro e da questa miscela si è ricavato un unico campione rappresentativo di tutto il terreno di circa 1 kg su cui, in un secondo momento, sono state effettuate le analisi.

### **4.2.3 STUDIO CLIMATICO**

È stato, inoltre, studiato l'andamento dei principali parametri meteo-climatici (temperatura, U.R. precipitazioni), sia nei due anni precedenti l'intervento che nell'anno seguente l'intervento stesso. Lo studio climatico preliminare è stato condotto al fine di valutare eventuali punti critici nella germinazione dei semi e successivo sviluppo delle piante. I dati sono stati ricavati dal Sistema Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS) della Regione Siciliana, Assessorato Risorse Agricole e Alimentari con riferimento alla stazione di Sciacca, la più vicina al sito oggetto di studio.

### **4.3. IDROSEMINATRICE IMPIEGATA NELL'ESECUZIONE DELLE PROVE**

La macchina impiegata nelle operazioni di idrosemina (fig. 24 e fig. 25), modello 500L della ditta Agrotec di Ospedaletto Euganeo (Pd), è costituita da un telaio in acciaio su cui sono montati un serbatoio in polietilene della capacità di 500 L con all'interno un sistema di agitazione della miscela, una pompa, un motore per l'azionamento di quest'ultima e un sistema per la distribuzione della miscela. La macchina è dotata di un sistema di ricircolo per mescolare la miscela in fase di preparazione e di un sistema a pale rotanti per mescolare la miscela in fase di distribuzione. Per la distribuzione della miscela è stato utilizzato un ugello a ventaglio. La macchina è stata collocata su un camion. In tabella 1 si riportano le caratteristiche tecniche della idroseminatrice impiegata.

<b>Componenti</b>	<b>Descrizione</b>
<i>Serbatoio</i>	polietilene HD – capacità 500 l
<i>Motore</i>	B&S monocilindrico da 7,7 KW raffreddato ad aria
<i>Pompa</i>	portata 120 l/min prevalenza 6 bar azionamento con giunto elastico diretto dal motore
<i>Miscelazione</i>	ricircolo interno
<i>Massa</i>	220 kg
<i>Ingombro</i>	larghezza 1200 mm – lunghezza 1300 mm

**Tabella 1.** Caratteristiche tecniche della macchina idrosemiatrice impiegata nel corso delle prove.



**Figura 24** Idrosemiatrice impiegata nel corso delle prove.



**Figura 25.** Idrosemiatrice impiegata nel corso delle prove.

#### 4.4. MATERIALI IMPIEGATI PER L'IDROSEMINA

##### 4.4.1. SPECIE IDROSEMINATE

In tabella 2 si riporta la composizione della miscela di semi impiegati nell'esecuzione delle prove.

<b>Specie vegetali</b>	<b>% di semi</b>	<b>Classe</b>
<i>Lolium perenne</i>	30%	monocotiledone
<i>Festuca arundinacea</i>	25%	monocotiledone
<i>Trifolium repens</i>	15%	dicotiledone
<i>Vicia villosa</i>	10%	dicotiledone
<i>Cynodon dactylon</i>	10%	monocotiledone
<i>Lotus corniculatus</i>	5%	dicotiledone
<i>Paspalum notatum</i>	5%	monocotiledone

**Tabella 2.** Composizione della miscela di semi impiegati nell'esecuzione delle prove.

Dalla tabella si vede che tale miscela contiene quattro varietà di monocotiledoni appartenenti alle Graminacee (*Lolium*, *Festuca*, *Cynodon* e *Paspalum*) e tre varietà di dicotiledoni appartenenti alle Leguminose (*Trifolium*, *Vicia* e *Lotus*). Le Graminacee sono le più abbondanti poiché costituiscono complessivamente il 70% della miscela di cui il 30% è rappresentato da *Lolium*, il 25% da *Festuca*, il 10% da *Cynodon* e il 5% da *Paspalum*; il restante 30% è costituito da Leguminose di cui 15% *Trifolium*, 10% *Vicia*, e 5% *Lotus*. Le interazioni tra piante autotrofe vanno dalla concorrenza alla cooperazione, dove la lotta per lo spazio, per la luce, per le sostanze nutritive e per l'acqua assumono un ruolo importante quanto i cambiamenti climatici e gli agenti chimici (Strasburger E. et al. 1986). Tra le specie utilizzate, *Lolium perenne* è tre volte più produttivo di *Trifolium* (Strasburger E. et al. 1986). Di seguito vi sono le immagini di tali specie corredate di una breve scheda (fig. 26 – 32).



**Lolium perenne.** Monocotiledone appartenente alla famiglia delle Graminacee. Si trova in ambienti freschi e fertili; è sensibile alla siccità e alle basse temperature. Presenta un'elevata velocità di insediamento e la coltura necessita di concimazioni azotate. Non troppo aggressivo verso le altre specie, si presta alla consociazione con leguminose, specialmente con il trifoglio bianco.

**Figura 26.** Lolium perenne.



**Festuca arundinacea.** Monocotiledone appartenente alla famiglia delle Graminacee. Specie microterma, molto utilizzata nella realizzazione di tappeti erbosi poiché tollera caldo, siccità e ombra. Resiste a molte malattie, sopporta molto bene l'usura ed è molto persistente anche in caso di scarsa manutenzione. È la specie più adatta al clima italiano e predilige suoli fertili, con un ph di 6 - 6,5. Di contro, presenta un lento insediamento che può rendere pressochè improduttivo il primo anno.

**Figura 27.** Festuca arundinacea.





**Trifolium repens.** Dicotiledone appartenente alla famiglia delle Fabaceae (Leguminose). E' adatto ai climi temperato umidi, esige terreni sciolti, leggeri non necessariamente profondi purché irrigati. Resiste alla falciatura e prolifera su terreni dall'acidità assai diversa, preferendo tuttavia suoli argillosi.

**Figura 28.** *Trifolium repens*.



**Vicia villosa.** Dicotiledone appartenente alla famiglia delle Fabaceae (Leguminose). E' una pianta a portamento prostrato, più resistente al freddo della Veccia comune. E' idonea per terreni sabbiosi ma si adatta bene anche a terreni argillosi. Viene generalmente usata in consociazione con graminacee.

**Figura 29.** *Vicia villosa*.




**Cynodon dactylon.** Monocotiledone appartenente alla famiglia delle Graminacee. Specie tipicamente estiva (la temperatura ottimale per lo sviluppo è di 35-37 °C), cresce bene in ogni tipo di suolo. Resiste bene alla siccità, tollera discretamente la salinità, ma non l'ombreggiamento. presenta un esteso apparato radicale, che può arrivare a 2 metri di profondità.

**Figura 30.** Cynodon dactylon.



**Lotus corniculatus.** Dicotiledone appartenente alla famiglia delle Papilionacee (Leguminose). Pianta erbacea, perenne, alta 0,4-0,7 m, ad apparato radicale fittonante e robusto. Si adatta bene a condizioni di clima e di terreno anche molto diverse: resiste agli eccessi di umidità del terreno e nello stesso tempo è caratterizzato da notevole resistenza al secco. Valori ottimali di pH si aggirano intorno a 6,5. Presenta sviluppo molto lento ed è sensibile alla competizione.

**Figura 31.** Lotus corniculatus.

	<p><b>Paspalum notatum.</b> Monocotiledone appartenente alla famiglia delle Graminacee. Pianta perenne tropicale e sub-tropicale. E' una pianta a lenta crescita e strisciante con stoloni e rizomi robusti e squamosi. Predilige terreni sabbiosi e tollera condizioni di elevata salinità e di siccità molto bene. Fiorisce da Giugno a Novembre. E' utilizzata principalmente come foraggio ma è anche apprezzata come stabilizzatore del suolo per il controllo dell'erosione, così come per la sua facilità di attecchimento e persistenza.</p>
---	--

**Figura 32.** Paspalum notatum.

#### 4.4.2 COMPONENTI DELLA MISCELA PER IDROSEMINA

I due fertilizzanti usati per l'idrosemina sono il Dung e il Biosol le cui composizioni sono mostrate rispettivamente nelle tabelle 3 e 4.

<b>Componenti</b>	<b>Descrizione - quantità</b>
<i>Azoto (N) totale</i>	12 %
<i>Azoto (N) organico</i>	4,5 %
<i>Azoto (N) ammoniacale</i>	4,5 %
<i>Azoto (N) ureico</i>	3 %
<i>Anidride fosforica (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) totale</i>	12 %
<i>Anidride fosforica (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) solubile in citrato ammonico neutro e in acqua</i>	10 %
<i>Ossido di potassio (K<sub>2</sub>O) solubile in acqua</i>	17 %
<i>Anidride solforica (SO<sub>3</sub>) solubile in acqua</i>	15 %
<i>Carbonio (C) organico di origine biologica</i>	18 %
<i>Materie prime: matrici organiche</i>	Pennone, sangue essiccato
<i>Materie prime: matrici minerali</i>	Urea, fosfato biammonico, solfato potassico

**Tabella 3.** Composizione del Fertilizzante Dung Concime organo-minerale NPK + SO<sub>3</sub> + C ( 12.12.17+15 SO<sub>3</sub>+18 C).

Il fertilizzante Dung, la cui composizione è mostrata in tabella 3, contiene il 18% di carbonio organico, il 17% di ossido di potassio e il 15% di anidride solforica; l'azoto totale è presente per il 12% e il fosforo totale, come anidride fosforica, per il 12%.

<b>Componenti</b>	<b>Descrizione - quantità</b>
<i>Acqua</i>	ca. 4 %
<i>Sostanze organiche</i>	85 %
<i>N legato organicamente (totale)</i>	6 – 8 %
<i>N solubile in acqua (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</i>	< 0,5 %
<i>Fosforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</i>	0,5 – 1,5 %
<i>Potassio (K<sub>2</sub>O)</i>	0,5 – 1,5 %
<i>Relazione C/N</i>	6 : 1

**Tabella 4.** Composizione del fertilizzante organico Biosol forte.

Il fertilizzante Biosol (tabella 4), costituito per l'85% di sostanze organiche, contiene il 6 – 8% di azoto, mentre le percentuali di potassio e fosforo sono comprese tra 0,5 e 1,5%.

In tabella 5 è riportata la composizione del concime Idrostart, un concime microgranulare binario, specifico per idrosemina a basso tenore di cloro, dall'elevato tenore in fosforo che trova valida applicazione nella idrosemina su scarpate, terrazzamenti, rive di canali ecc. Idrostart favorisce una pronta rizogenesi, stimola lo sviluppo del germoglio, migliora la “partenza delle piante in particolare nei terreni “freddi” e calcarei. I microelementi come Molibdeno e Zinco (completamente idrosolubili) svolgono pure una intensa azione starter accentuando la funzione plastica propria del formulato. Idrostart è un concime a bassa conducibilità e a reazione fisiologicamente acida.

<b>Componenti</b>	<b>Descrizione - quantità</b>
<i>Azoto (N) totale</i>	8 %
<i>Azoto (N) ammoniacale</i>	8 %
<i>Anidride fosforica (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) solubile in citrato ammonico neutro e in acqua</i>	40 %
<i>Anidride fosforica (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) solubile in acqua</i>	36 %
<i>Molibdeno (Mo) solubile in acqua</i>	0,002 %
<i>Zinco (Zn) solubile in acqua</i>	2 %

**Tabella 5.** Composizione di Idrostart Concime CE NP 8 40 con molibdeno (Mo) e zinco (Zn)

Altri materiali utilizzati sono stati dell'humus di lombrico, un idroretentore sintetico Idrogel, il mulch Hydrofibre, il collante Full-tack e la biostuoia idraulica tipo Soilguard Hydromat.

<b>Caratteristiche – Componenti</b>	<b>Descrizione - quantità</b>
<i>Composizione chimica</i>	Polimero di poliacrilamide a base di potassio
<i>Classificazione di sicurezza</i>	Non tossico, non pericoloso (CCCN 3902/8900)
<i>Aspetto</i>	Granuli bianchi
<i>Dimensione delle particelle</i>	1/1,5 mm
<i>Contenuto attivo medio</i>	90,00%
<i>Gravità specifica del polimero secco</i>	1,08
<i>Densità</i>	0,85
<i>Solubilità</i>	Insolubile in acqua, etere, alcool, acetone e altri solventi organici
<i>Velocità di assorbimento</i>	Meno di 60 min per un pieno assorbimento
<i>Capacità di assorbimento (peso)</i>	500 volte peso asciutto
<i>Acqua disponibile per le piante</i>	95 – 96%
<i>pH acqua assorbita</i>	6 – 7
<i>Durata (nella confezione originale)</i>	Indefinita, minimo 5 anni in condizioni di asciutto
<i>Vita effettiva nel terreno</i>	2 – 5 anni

**Tabella 6.** Caratteristiche e composizione dell'idroretentore Idrogel.

Le caratteristiche e la composizione dell'idroretentore Idrogel sono mostrate in tabella 6. E' un idroretentore sintetico usato per la conservazione dell'acqua su terreni porosi o permeabili. E' un polimero di poliacrilamide a base di potassio, non tossico, non pericoloso, che si presenta sotto forma di granuli bianchi di 1/1,5 mm insolubili in acqua. Ha una vita effettiva nel terreno di 2 – 5 anni.

<b>Componenti – Caratteristiche</b>	<b>Descrizione - quantità</b>
<i>Materia organica</i>	98 %
<i>Ceneri</i>	2 %
<i>Colore</i>	verde

**Tabella 7.** Composizione di Hydrofibre, mulch per idrosemina.

In tabella 7 è mostrata la composizione del mulch utilizzato nella sperimentazione. Hydrofibre è un mulch per idrosemina che riduce l'erosione, trattiene l'umidità e facilita la germinazione. E' costituito dal 100% di fibre di legno, di cui il 98% materia organica e il 2% ceneri.

Il collante utilizzato per l'idrosemina è il collante Full-tack, di natura organica, la cui composizione è mostrata in tabella 8. Esso è costituito dall' 86,5% di polvere di Guar.

<b>Componenti</b>	<b>Quantità</b>
<i>Umidità</i>	8 %
<i>Fibra</i>	0,5 %
<i>Erba</i>	0,5%
<i>Proteine</i>	4 %
<i>Ceneri</i>	0,5 %
<i>Polvere di Guar</i>	86,5 %

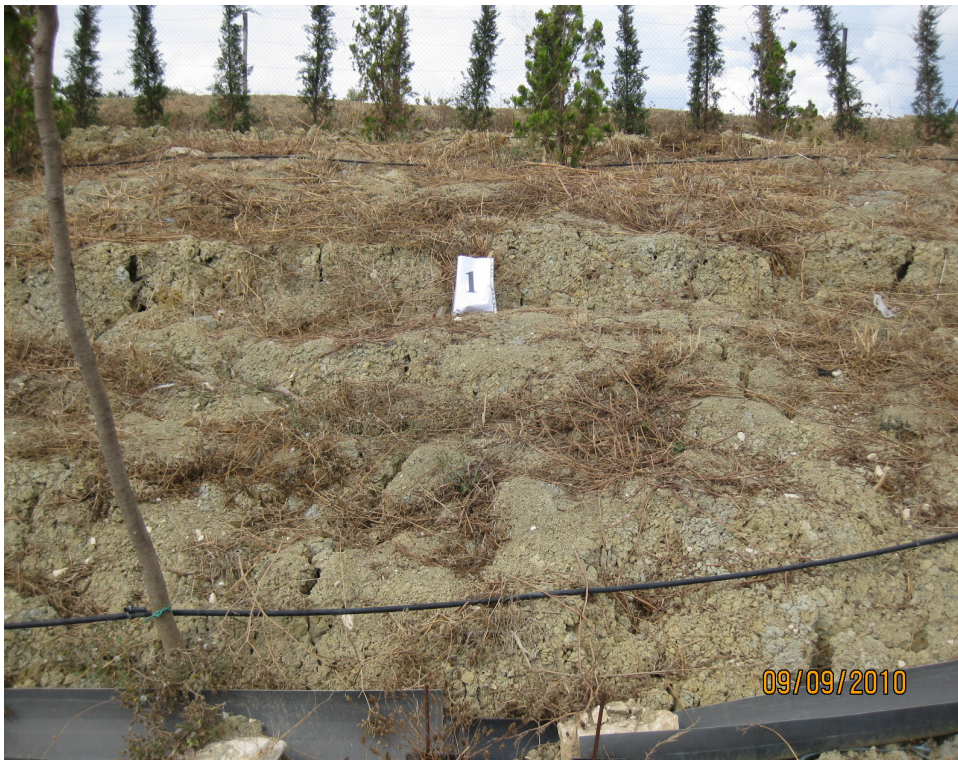
**Tabella 8.** Composizione del collante naturale Full-tack.

Infine, la Matrice di fibre legate Soilguard Hydromat è un sistema composto da speciali fibre vegetali, collante ed attivatore che, applicata mediante idroseminatrice, crea (una volta asciutta) una biostuoia antierosiva perfettamente aderente al terreno. La matrice ha un'alta capacità di ritenzione idrica e ciò, oltre a diminuire il dilavamento, facilita la germinazione.

## 4.5 TESI SPERIMENTALI

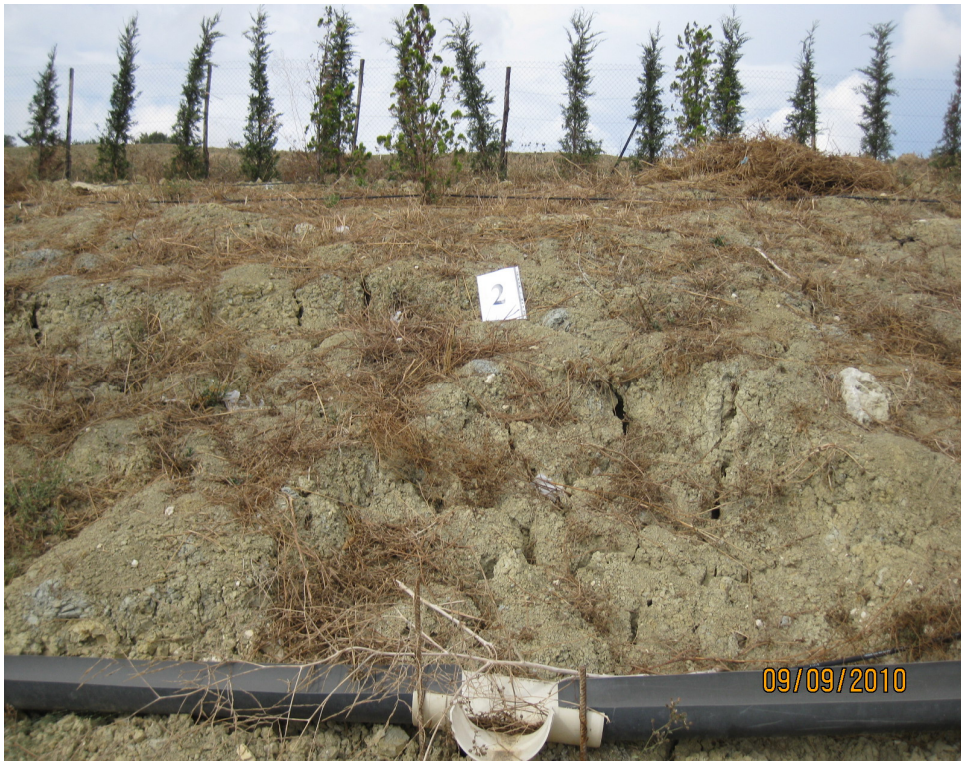
Dopo avere individuato la composizione delle miscele idonee alla realizzazione dell'intervento sulla base delle caratteristiche geomorfologiche, pedologiche e climatiche dell'area oggetto di prova, sono state applicate le diverse tesi sperimentali secondo uno schema a blocchi randomizzati. Sono stati individuati all'interno dell'area oggetto di sperimentazione tre blocchi delle dimensioni di 15 m x 8 m ciascuno, e separati da strisce di terreno non trattato di larghezza pari a circa 1 m. Tali blocchi sono stati suddivisi in cinque sub-parcelle sperimentali (totale 15), di dimensioni 3 m x 8 m ciascuna, sulle quali, in maniera random, sono state replicate tre volte le cinque tesi. Le tesi applicate sono state:

- tesi 1: idrosemina a matrice di fibre legate (mfl) tipo soilguard;
- tesi 2: idrosemina a spessore;
- tesi 3: idrosemina potenziata + idroretentore;
- tesi 4: idrosemina potenziata;
- tesi 5: testimone.



**Figura 33.** Tesi 1 prima dell'intervento.





**Figura 34.** Tesi 2 prima dell'intervento.



**Figura 35.** Tesi 3 prima dell'intervento.



**Figura 36.** Tesi 4 prima dell'intervento.

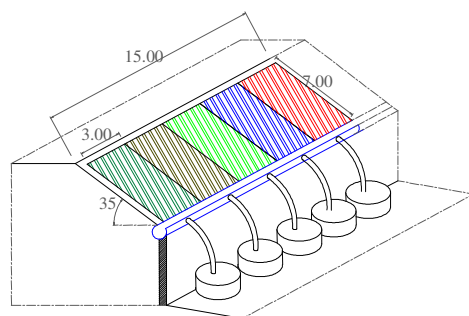


**Figura 37.** Tesi 5 prima dell'intervento.

Le figure 33 – 37 mostrano come si presentava l'area prima della sperimentazione. Dalle immagini si evince che il terreno è povero di vegetazione e presenta numerosi solchi e crepacci.

Per ogni sub-parcella è stato creato un sistema di raccolta delle acque di deflusso superficiale. Il canale di raccolta è stato ricavato tagliando a metà nel senso della lunghezza un tubo di plastica rigido del diametro di 250 mm. Si sono ricavati due semicanali che sono stati posti alla base di ogni sub-parcella in un incavo creato appositamente. Questi due elementi sono stati collegati ad un tubo a T, anch'esso tagliato a metà e quindi a cielo aperto; questo, a sua volta, tramite due consecutivi elementi di riduzione del diametro (da 250 mm a 200 mm e da 200 mm a 100 mm), è stato collegato ad un tubo flessibile del diametro di 110 mm. Tale tubo convoglia l'acqua in un recipiente posto più a valle della capienza di 200 l (fig. 38).

Inoltre sul bordo superiore di ogni canaletta è stata aggiunta una fascia in lamiera per facilitare il convogliamento delle acque che dalla sub-parcella defluiscono all'interno della canaletta stessa. Nei giorni precedenti l'idrosemina è stato realizzato un solco a monte dell'area oggetto di sperimentazione, per evitare che le acque piovane che cadono nei terreni limitrofi possano raggiungerla.



**Figura 38.** Schema di un blocco oggetto di prova

L'idrosemina è stata realizzata il 02/12/2010. Di seguito viene mostrata la composizione delle miscele distribuite nelle differenti tesi.

### **Tesi 1: Idrosemina a matrice di fibre legate (MFL) tipo Soilguard**

1. 500 l d'acqua
2. 30 kg di fertilizzante Dung 12.12.17 (concime organo-minerale)
3. 1 kg di concime Idrostart
4. 8 kg di fertilizzante organico Biosol forte
5. 1 balla di Soilguard Hidromat
6. 2 kg di Mix Sicilia 2008

### **Tesi 2: Idrosemina a spessore**

1. 550 l d'acqua
2. 13 kg di fertilizzante Dung 12.12.17 (concime organo-minerale)
3. 25 kg di humus di lombrico
4. 25 kg di fertilizzante organico Biosol forte
5. 2 kg di Mix Sicilia 2008
6. 1kg di collante Full-tack (gomma guar)
7. 1 kg di concime Idrostart
8. 13 kg di mulch

### **Tesi 3: Idrosemina potenziata più idroretentore**

Per tale tesi è stata distribuita la stessa miscela della tesi 4, con aggiunta di 300 gr di un idroretentore, Idrogel.

#### **Tesi 4: Idrosemina potenziata**

1. 200 l d'acqua
2. 2 kg di Mix Sicilia 2008
3. 6 kg di mulch
4. 5 kg di fertilizzante organico Biosol forte
5. 6 kg di fertilizzante Dung 12.12.17. (concime organo-minerale)
6. 0,60 kg di collante Full-tack (gomma guar)

#### **Tesi 5: Testimone**

Nessun intervento.

Le figure 39 e 40 mostrano due momenti dell'esecuzione delle prove in cui si vede l'operatore che distribuisce la miscela sul terreno. In particolare, nella foto 40 si nota il colore verde della miscela impiegata per l'idrosemina MFL.



**Figura 39.** Esecuzione delle prove.



**Figura 40.** Esecuzione delle prove.

#### **4.6 MONITORAGGIO DEL SITO DOPO L'INTERVENTO**

Dopo avere applicato la tecnica dell'idrosemina, sono stati eseguiti rilievi volti a verificare la comparsa e lo sviluppo delle specie idroseminate, l'eventuale competizione tra queste e le specie spontanee, al fine di valutare l'efficacia dell'applicazione delle diverse tecniche di idrosemina nell'ambiente mediterraneo. Tali rilievi sono stati eseguiti nell'arco di un anno, dal momento dell'idrosemina (2 dicembre 2010) fino al dicembre 2011, con cadenza quindicinale. La percentuale di copertura è stata rilevata per ogni sub-parcella in tre aree-campione di dimensioni 1 m x 1 m ed è stata valutata visivamente sempre dallo stesso osservatore. La copertura vegetativa relativa di ogni tesi è stata calcolata come media delle tre determinazioni effettuate sulle sub-parcelle. Inoltre venivano rilevate anche l'altezza della vegetazione spontanea, l'altezza della vegetazione

idroseminata, distinta tra monocotiledoni e dicotiledoni, e le percentuali relative di monocotiledoni e dicotiledoni idroseminate.

E' stato calcolato l'indice di successo dell'idrosemina (HSI, che va da 0 a 1) di Matesanz et al.(2006) definito come segue:

$$\mathbf{HSI = HydC / TC}$$

Dove HydC è la copertura assoluta delle specie idroseminate e TC è la copertura totale in percentuale.

Ad ogni controllo, veniva anche rilevata la quantità d'acqua presente in ogni serbatoio delle sub-parcelle, e la quantità d'acqua relativa ad ogni tesi è stata calcolata come media delle tre determinazioni effettuate nei serbatoi delle sub-parcelle.

Ogni controllo, infine, prevedeva anche un rilievo fotografico.

#### **4.7 ANALISI STATISTICA**

I dati rilevati sono stati analizzati statisticamente tramite l'applicazione di un modello lineare generale (General Linear Model, acronimo GLM). Tutte le analisi sono state eseguite tramite il software Statgraphics centurion, Statpoint inc., USA, 2005.

## 5. RISULTATI E DISCUSSIONE

### 5.1 CAMPIONAMENTO DEL SUOLO

Nelle tabelle 9, 10 e 11 sono riportati i risultati delle prove di laboratorio eseguite sul campione di terreno prelevato dal sito presso cui sono state svolte le prove. Dal punto di vista granulometrico si tratta di un'argilla limosa sabbiosa. Il pH è tipico dei terreni leggermente alcalini, la conducibilità è elevata; anche i valori di  $\text{CaCO}_3$  attivo e totale risultano alquanto elevati. La sostanza organica totale è bassa; il terreno, inoltre, risulta ricco di potassio e povero di nutrienti quali azoto e fosforo.

E' pertanto un terreno argilloso. L'argilla è una componente del suolo costituita da numerosissime particelle molto piccole, che si addensano strettamente le une alle altre senza lasciare spazio alla circolazione dell'aria. Viceversa l'acqua vi penetra imbibendole rapidamente e in abbondanza, scacciando anche quel po' d'aria che potrebbe esservi penetrata. Ne consegue che il terreno diviene asfittico, per eccesso d'acqua e carenza d'aria. Soccombono così subito le specie che necessitano di un substrato leggero e senza ristagni idrici, e in seconda battuta anche quelle meno rustiche che, d'inverno, si trovano per mesi con le radici avvolte da acqua. In estate la situazione ambientale cambia radicalmente: il calore fa evaporare l'acqua e le particelle si asciugano "incollandosi" le une alle altre. A questo punto, non solo non passa l'aria, ma nemmeno le radici dei vegetali, che non possono allungarsi, sovente rimangono schiacciate nel blocco compatto o vengono strappate quando due blocchi si separano a formare un crepaccio. Se poi si allungano in superficie, la parte più asciutta, facilmente si seccano: tutte le specie ad apparato radicale superficiale non resistono alla prima estate calda in terra argillosa.

La tabella 9 mostra i risultati delle analisi eseguite sul terreno relativi ai macro e microelementi presenti. I dati mostrano che il terreno si presenta ricco di potassio e povero di azoto e fosforo.



<b>Macro e Microelementi</b>				
<b>Indagine</b>	<b>risultato</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Valori di riferimento</b>	
<i>Potassio estraibile (K<sub>2</sub>O)</i>	305	mg/kg	0 – 41	molto basso
			41 – 81	basso
			81 – 141	medio
			141 – 200	medio-elevato
			>200	elevato
<i>Azoto totale (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)</i>	363	mg/kg	0 – 1000	basso
			1000 – 1500	medio
			1501 – 2100	medio-elevato
			2101 – 3000	elevato
			>3000	>elevato
<i>Fosforo assimilabile (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</i>	7,3	mg/kg	<10	povero
			10 – 20	mediam. dotato
			20 – 40	ben dotato
			>40	ricco
			>40	ricco

**Tabella 9.** Risultati delle analisi eseguite sul terreno: macro e microelementi.

La tabella 10 mostra, invece la caratterizzazione granulometrica del terreno, evidenziando un'elevata presenza di argilla

<b>Caratterizzazione granulometrica</b>		
<b>Indagine</b>	<b>risultato</b>	<b>Unità di misura</b>
<i>Sabbia</i>	13,8	%
<i>Limo</i>	20,3	%
<i>Argilla</i>	65,9	%
<i>Tipologia granulometrica</i>	Argilloso	

**Tabella 10.** Risultati delle analisi eseguite sul terreno: caratterizzazione granulometrica.

Indagine	risultato	Reazione del terreno		
		Unità di misura	Valori di riferimento	
<i>pH</i>	7,54	Unità di pH	<5.4	fortemente acido
			5.4 – 6.0	acido
			6.1 – 6.7	leggermente acido
			6.8 – 7.3	neutro
			7.4 – 8.1	leggermente alcalino
			8.2 – 8.6	alcalino
			>8.6	fortemente alcalino
<i>Conducibilità</i>	7,9	mS/cm	0 – 3	basso
			3 – 6	medio
			6 – 12	elevato
			>12	eccessivo
<i>Salinità</i>	2,2	mg/kg		
<i>CaCO<sub>3</sub> tot.</i>	32	g%	0 – 9	basso
			9 – 18	medio
			18 – 25	elevato
			>25	eccessivo
<i>CaCO<sub>3</sub> attivo</i>	6,7	g%	0 – 2	basso
			2 – 5	medio
			5 – 10	elevato
			>10	eccessivo
<i>Carbonio organico</i>	0,19	g%		
<i>Sostanza organica totale</i>	0,32	g%	0 – 0.9	basso
			0.9 – 1.5	medio
			1.5 – 2.9	elevato
			>2.9	eccessivo

**Tabella 11.** Risultati delle analisi eseguite sul terreno: reazione del terreno.

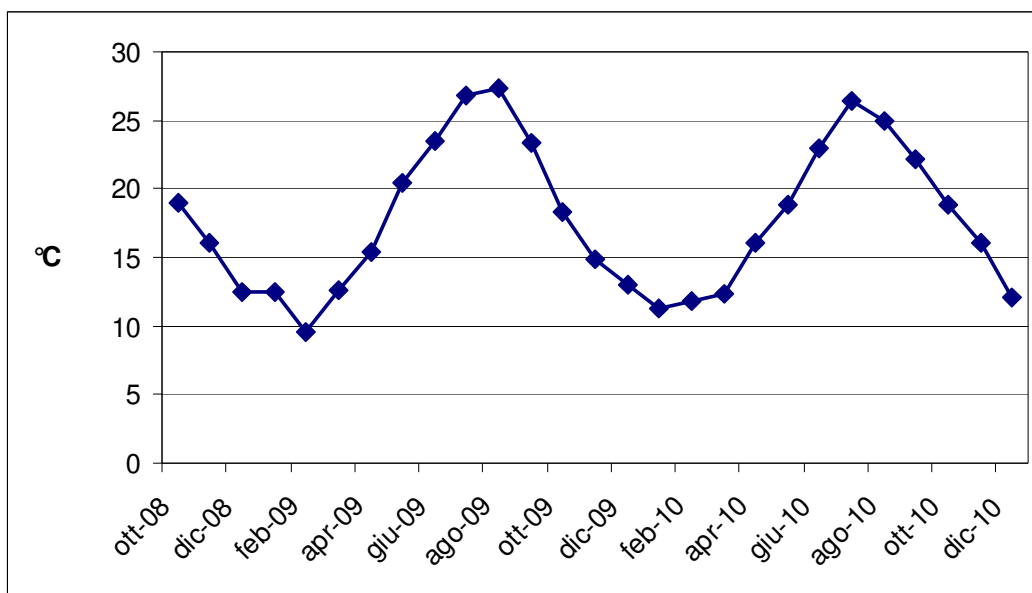
Infine, dalla tabella 11 si evince che il terreno presenta un pH leggermente alcalino, un'elevata conducibilità ed un'elevata quantità di carbonato di calcio, mentre risulta significativamente povero di sostanza organica totale.

## 5.2 DATI TERMO PLUVIOMETRICI

### 5.2.1 DATI CLIMATICI RELATIVI AL PERIODO ANTECEDENTE L'INTERVENTO

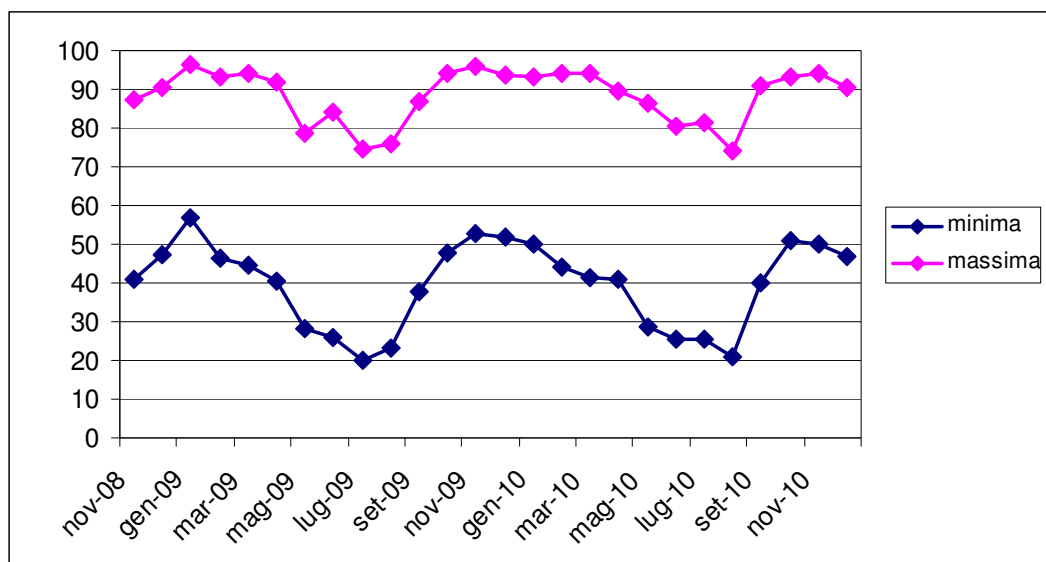
Nei due anni precedenti l'applicazione della tecnica dell'idrosemina è stato studiato l'andamento dei principali parametri meteo-climatici (temperatura, umidità relativa e precipitazioni), al fine di valutare eventuali punti critici nella germinazione dei semi e successivo sviluppo delle piante. I dati sono stati ricavati dal Sistema Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS) della Regione Siciliana, Assessorato Risorse Agricole e Alimentari con riferimento alla stazione di Sciacca, la più vicina al sito oggetto di studio.

La figura 41 mostra l'andamento della temperatura media mensile dal mese di Ottobre 2008 al mese di Dicembre 2010. Dal grafico si evince che la media raggiunge i valori più bassi (9 – 10°C) nei mesi di Gennaio e Febbraio, e poi si mantiene al di sopra dei 15°C dal mese di Aprile fino al mese di Novembre, con un picco massimo a Luglio e Agosto (26 – 27°C).

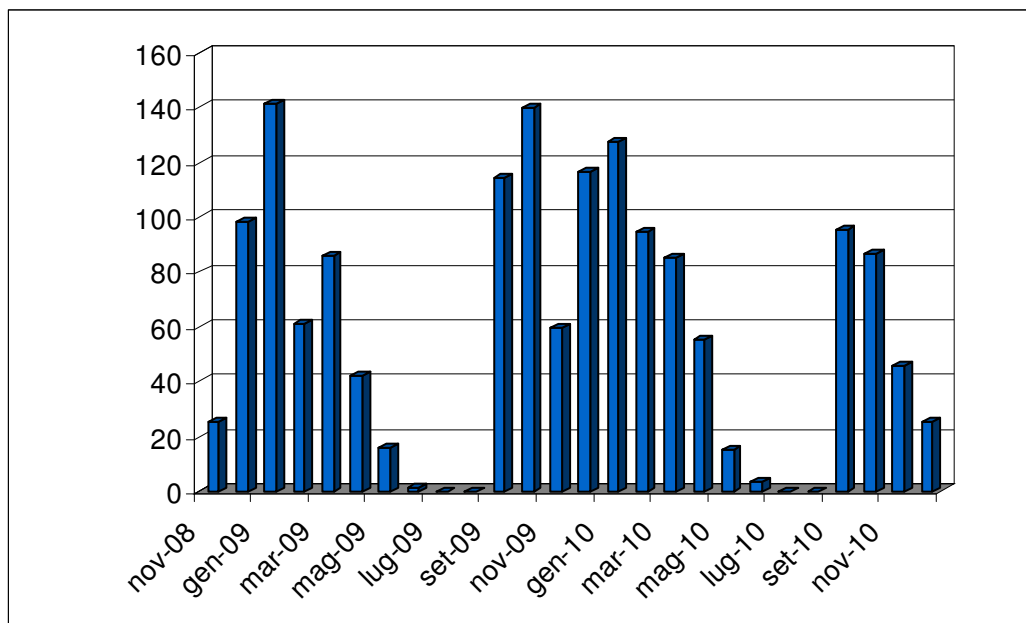


**Figura 41.** Temperatura media mensile dall'Ottobre 2008 al Dicembre 2010.

La figura 42 mostra, invece, l'andamento dell'umidità relativa minima e massima in percentuale dal Novembre 2008 al Dicembre 2010. I valori minimi (20%) si raggiungono nel mese di Luglio, mentre i valori massimi sono concentrati tra Ottobre e Marzo con un picco nel mese di Novembre (tra il 94% e il 96%).



**Figura 42.** Umidità relativa minima e massima in % dal Novembre 2008 al Dicembre 2010.



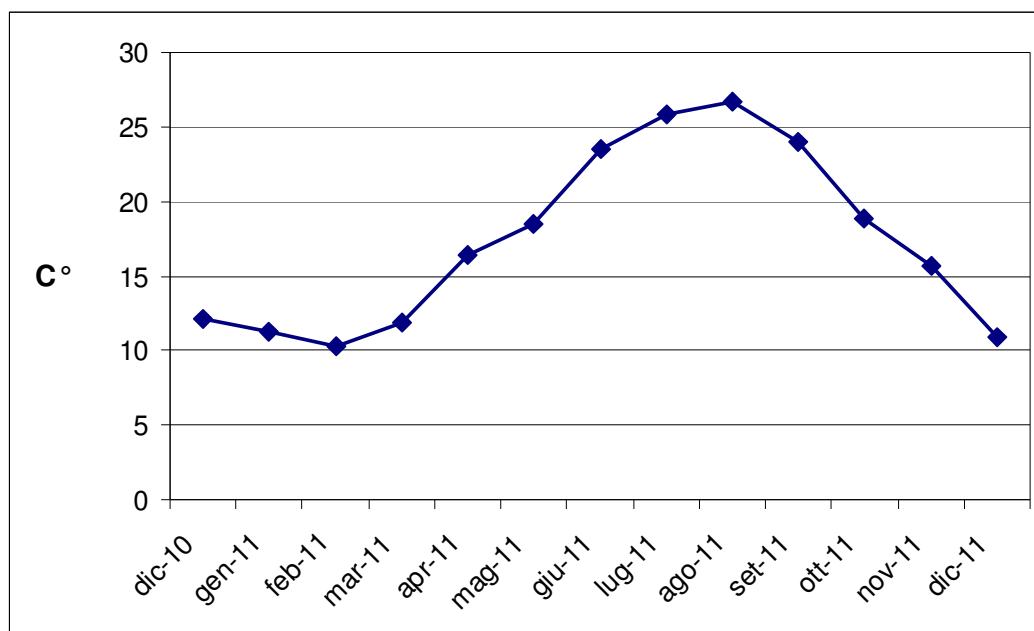
**Figura 43.** Precipitazioni totali mensili dal Novembre 2008 al Dicembre 2010.

La figura 43, infine, mostra le precipitazioni totali mensili nel periodo compreso tra il Novembre 2008 e il Dicembre 2010. I massimi valori vengono raggiunti nel Gennaio 2009 (141 mm), nel Novembre 2009 (140 mm) e nel Gennaio 2010 (127,2 mm). I valori minimi si registrano invece tra il Luglio e il Settembre del 2009 e tra il Luglio e il Settembre del 2010.

Da tali dati meteorologici emerge che l'area oggetto della sperimentazione presenta un clima semi-arido, caratterizzato da inverni miti, con piogge concentrate in un breve periodo, e una lunga stagione secca compresa tra Maggio e Settembre.

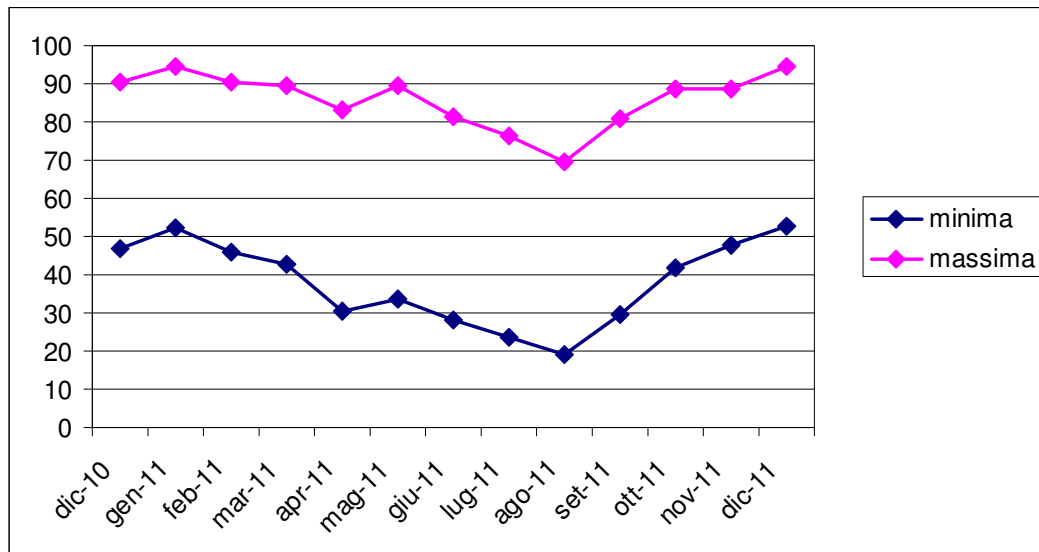
## 5.2.2 DATI CLIMATICI RELATIVI AL PERIODO DI MONITORAGGIO SUCCESSIVO ALL'INTERVENTO

I principali parametri meteo-climatici (temperatura, umidità relativa e precipitazioni) sono stati monitorati anche per tutto l'anno successivo all'applicazione della tecnica dell'idrosemina, utilizzando sempre la stazione di Sciacca del Sistema Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS) della Regione Siciliana.



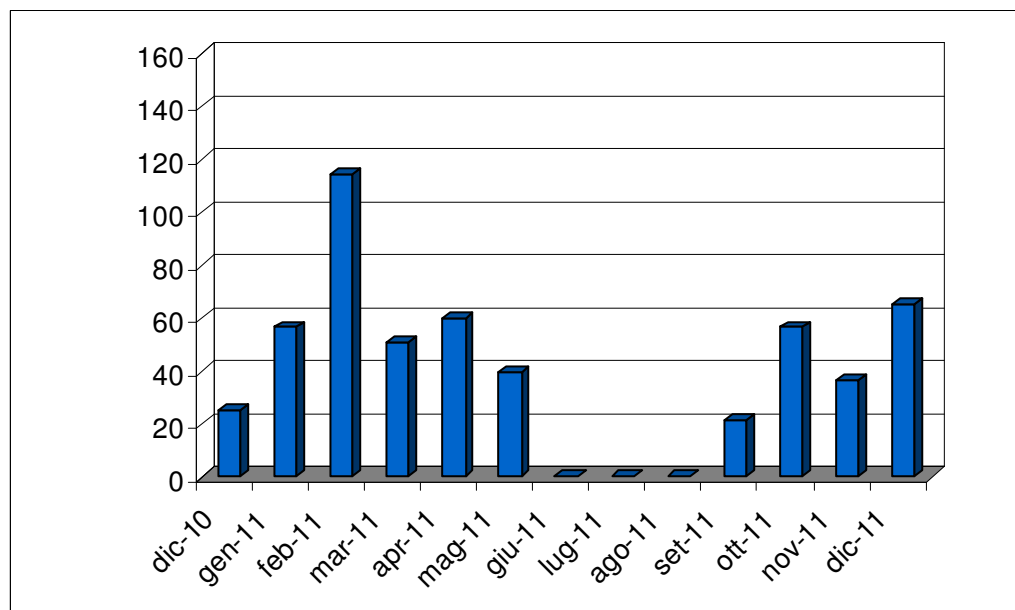
**Figura 44.** Temperatura media mensile dal Dicembre 2010 al Dicembre 2011.

La figura 44 mostra la temperatura media mensile dal Dicembre 2010 al Dicembre 2011; la temperatura media minima viene raggiunta nel mese di Febbraio 2011 (10,33 °C) mentre la massima nel mese di Agosto (26,67 °C). Nelle linee generali si osserva che la temperatura media si mantiene al di sopra dei 20 °C dalla metà di Maggio alla fine di Settembre, e al di sotto dei 15 °C dal Dicembre 2010 fino alla metà di Marzo 2011 e nel Dicembre 2011.



**Figura 45.** Umidità relativa minima e massima in % dal Dicembre 2010 al Dicembre 2011.

La figura 45 mostra l'andamento dell'umidità relativa minima e massima in percentuale dal Dicembre 2010 al Dicembre 2011. Il valore minimo (19,09%) si raggiunge nel mese di Agosto, mentre i valori massimi si registrano a Gennaio 2011 e Dicembre 2011 (94,5%).



**Figura 46.** Precipitazioni totali mensili dal Dicembre 2010 al Dicembre 2011.

Per quanto riguarda le precipitazioni totali mensili (fig. 46), il valore massimo viene raggiunto nel mese di Febbraio 2011 (114,4 mm), mentre i valori minimi si registrano tra Giugno e Settembre 2011.

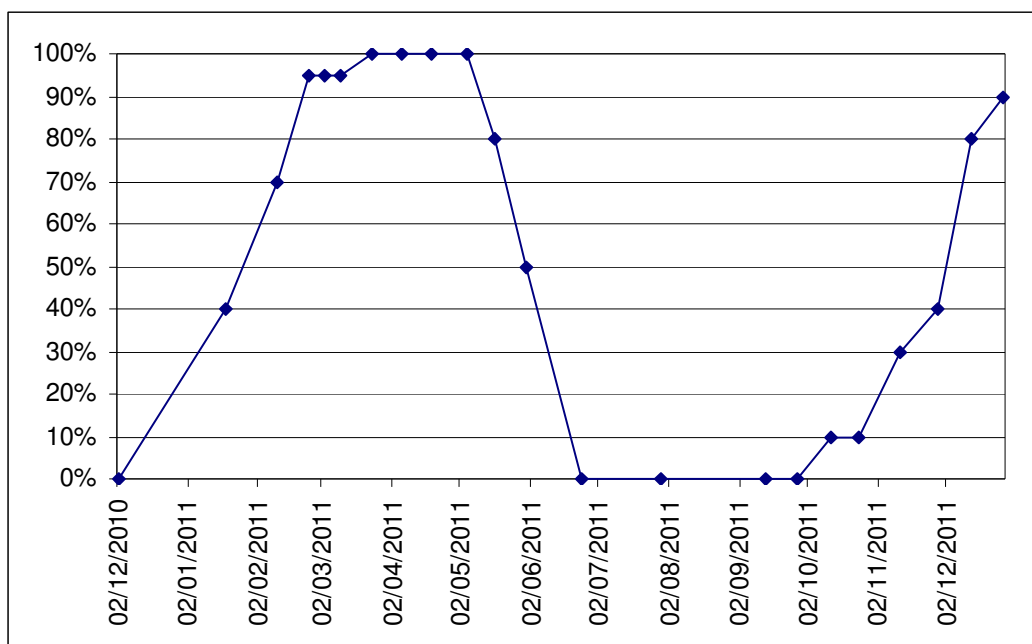
Tali dati meteorologici confermano quanto emerso dallo studio climatico condotto nei due anni precedenti la sperimentazione e cioè che l'area presenta un clima semi-arido con inverni miti e estati lunghe e secche.



### 5.3 COPERTURA VEGETALE

Il monitoraggio condotto l'anno successivo l'applicazione della tecnica dell'idrosemina ha permesso di ottenere i seguenti risultati in termini di copertura vegetale.

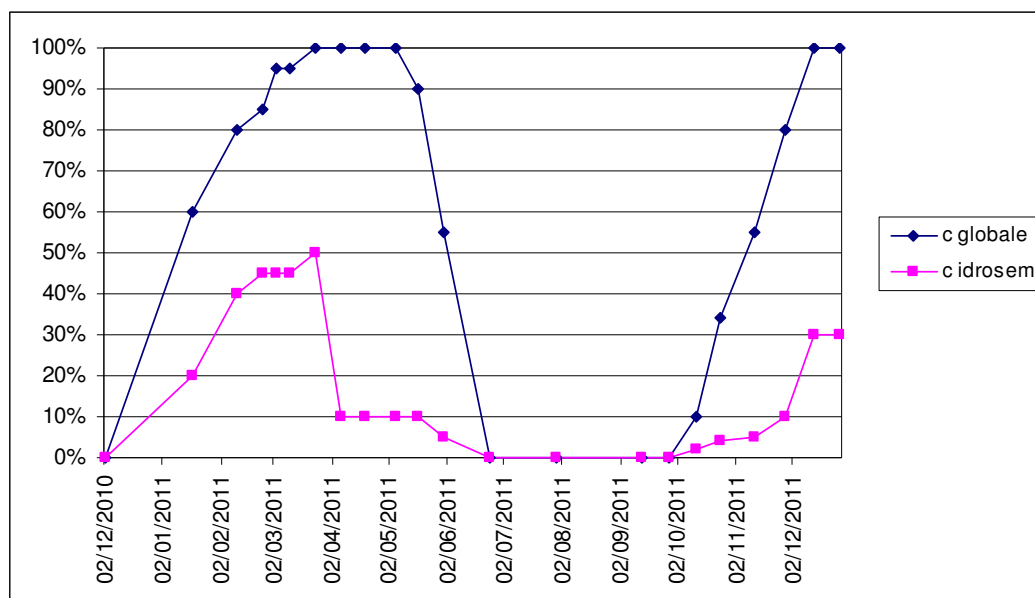
La figura 47 mette in evidenza la percentuale di copertura vegetale presente nella tesi 5, il testimone. Dal grafico si evince che tale percentuale raggiunge il 100% nel periodo che va dal 24/03/2011 al 05/05/2011, per poi scendere rapidamente in coincidenza con la stagione secca. La vegetazione ricompare ai primi di Ottobre (12/10/2011) e raggiunge il 27/12/2011 il valore del 90%.



**Figura 47.** Tesi 5 (Testimone): copertura vegetale in % dal 02/12/2011 al 27/12/2011.

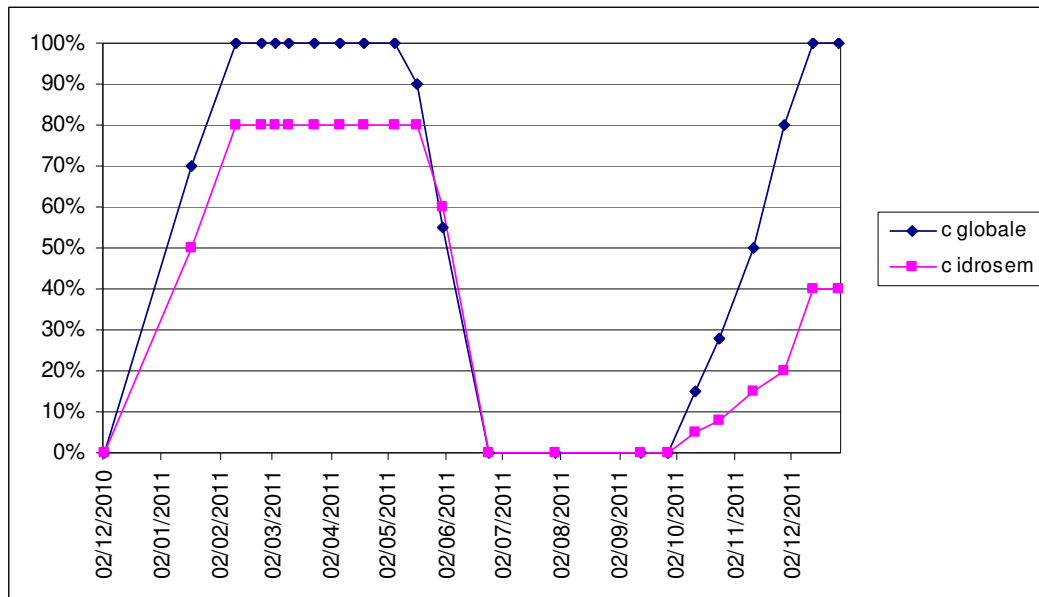
Le figure 48 - 51 mostrano, per ogni tesi, l'andamento nel tempo dello sviluppo della vegetazione idroseminata in percentuale rispetto alla copertura totale. Dalla

lettura di tali grafici si evince che tutte le tesi hanno raggiunto il 100% di copertura totale, indipendentemente dal tipo di idrosemina applicata.



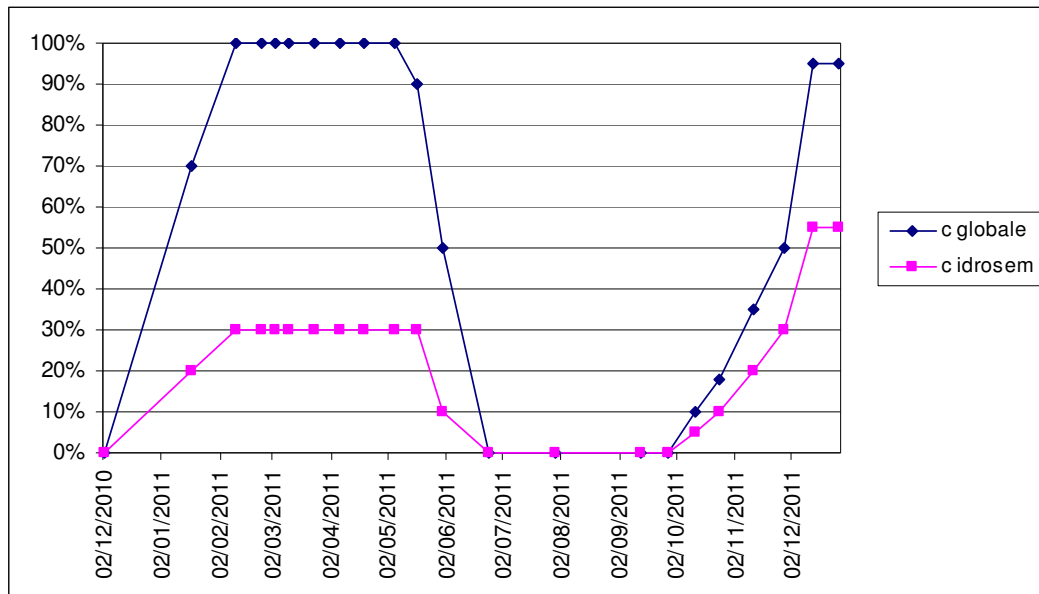
**Figura 48.** Tesi 1 (Idrosemina MFL): copertura totale in % e vegetazione idroseminata in % dal 02/12/2011 al 27/12/2011.

Per la tesi 1 (fig. 48) si nota che, nella prima stagione di crescita, lo sviluppo della vegetazione idroseminata raggiunge un picco massimo del 50% sul 100% di copertura totale (24/03/2011). Tale percentuale, tuttavia, scende drasticamente al 10% e si attesta su tale valore per il resto della prima stagione di crescita. Nel secondo periodo di sviluppo della vegetazione, raggiunge al 13/12/2011 il 30% sul 100% di copertura totale.



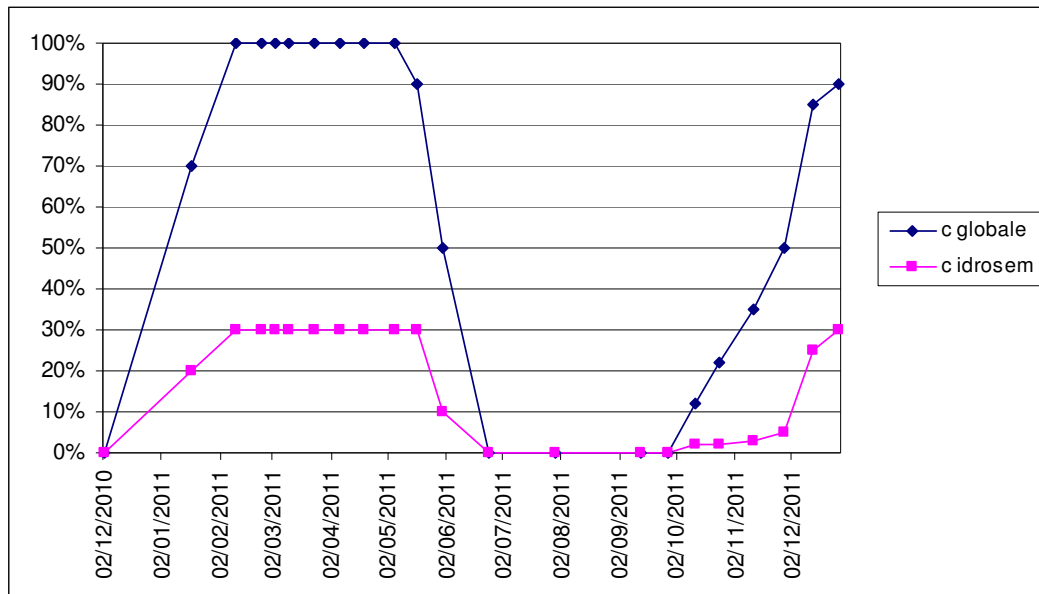
**Figura 49.** Tesi 2 (Idrosemina a spessore): copertura totale in % e vegetazione idroseminata in % dal 02/12/2011 al 27/12/2011.

La tesi 2, invece, mostra risultati migliori (fig. 49). Nella prima stagione di crescita, infatti, la percentuale delle specie idroseminate raggiunge il valore dell'80% sul 100% di copertura totale e tale percentuale si mantiene invariata per tutto il periodo (dal 10/02/2011 al 17/05/2011). Un diverso risultato, invece, si presenta nella seconda stagione di crescita; la percentuale delle specie idroseminate raggiunge al 13/12/2011 il valore del 40% sul 100% di copertura totale.



**Figura 50.** Tesi 3 (Idrosemina potenziata + idroretentore): copertura totale in % e vegetazione idrosemata in % dal 02/12/2010 al 27/12/2011.

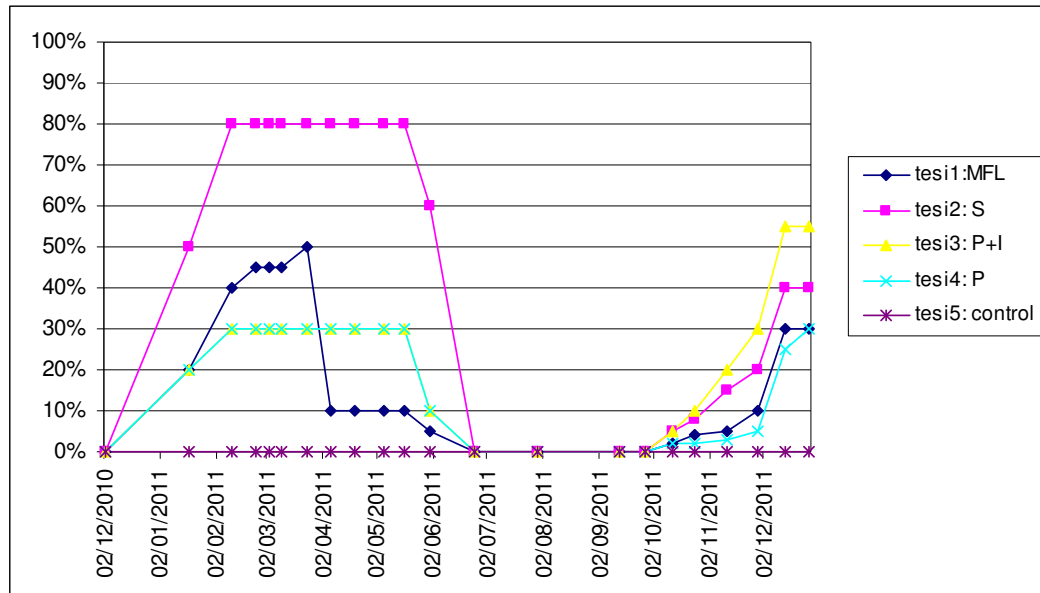
Per quanto riguarda la tesi 3 (fig. 50), la vegetazione idrosemata, nella prima stagione di crescita, raggiunge, e mantiene per tutto il periodo, la percentuale del 30% sul 100% di copertura totale (dal 10/02/2011 al 17/05/2011). Nella seconda stagione di crescita mostra, invece, migliori risultati, raggiungendo il 13/12/2011 il valore del 55% sul 95% di copertura totale.



**Figura 51.** Tesi 4 (Idrosemia potenziata): copertura totale in % e vegetazione idrosemata in % dal 02/12/2010 al 27/12/2011.

Per ciò che concerne la tesi 4 (fig. 51) la percentuale delle specie idroseminate, nella prima stagione di crescita, raggiunge e mantiene il valore del 30% sul 100% di copertura totale (dal 10/02/2011 al 17/05/2011) comportandosi, pertanto, in maniera analoga alla tesi 3. nella seconda stagione di crescita tale percentuale raggiunge nuovamente il valore del 30% sul 90% di copertura totale (27/12/2011).

La figura 52 mette invece a confronto l'andamento nel tempo dello sviluppo delle specie idroseminate in % nelle cinque tesi.



**Figura 52.** Percentuali delle specie idroseminate nelle cinque tesi dal 02/12/2010 al 27/12/2011.

Il grafico evidenzia i diversi risultati raggiunti, in termini di copertura dovuta alle specie idroseminate, dalle cinque tesi; per quanto riguarda la prima stagione di crescita, i migliori risultati, in termini di copertura determinata dalle specie idroseminate, sono stati raggiunti dalla tesi 2 cioè attraverso l'applicazione dell'idrosemina a spessore. Dal 10/02/2011 al 17/05/2011, infatti, sul 100% di copertura totale l'80% era dovuto a specie idroseminate.

Tra Giugno e Settembre, in coincidenza con la stagione secca, la vegetazione scompare in tutte le tesi, per poi ricomparire nel mese di Ottobre. In questa seconda fase dello sviluppo della vegetazione i migliori risultati, in termini di copertura determinata dalle specie idroseminate, sono stati raggiunti dalla tesi 3

cioè attraverso l'applicazione dell'idrosemina potenziata + idroretentore; al 13/12/2011, infatti, sul 95% di copertura totale il 55% era dovuto a specie idroseminate.

Nella tesi 2, invece, nella seconda stagione di crescita, la percentuale di specie idroseminate, pur raggiungendo un discreto risultato, si attesta al 40% sul 100% di copertura totale (13/12/2011).

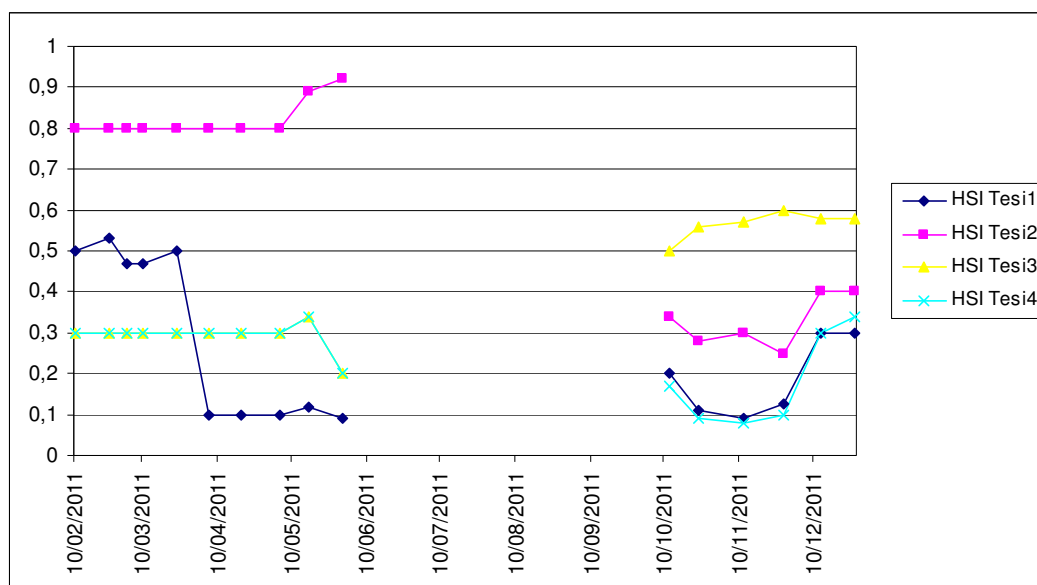
Di contro, la tesi 1 (idrosemina MFL) e la tesi 4 (idrosemina potenziata), pur avendo raggiunto il 100% di copertura totale, hanno mostrato risultati più scarsi per ciò che concerne la copertura determinata dalle specie idroseminate: nella tesi 1, nella prima stagione di crescita le specie idroseminate raggiungono rapidamente il 50% sul 100% di copertura totale (24/03/2011), ma, curiosamente, tale percentuale scende drasticamente per attestarsi poi al 10% (dal 06/04/2011 al 17/05/2011). Nella seconda stagione di crescita tale valore raggiunge il 30% sul 100% di copertura totale. Per quanto riguarda la tesi 4, nella prima stagione di crescita, essa raggiunge gli stessi identici risultati della tesi 3; in entrambe, infatti, dal 10/02/2011 al 17/05/2011 le specie idroseminate raggiungono una percentuale del 30% sul 100% di copertura totale; anche nella seconda stagione di crescita tale valore raggiunge nella tesi 4 il 30% sul 90% di copertura totale, discostandosi, pertanto dai migliori risultati mostrati dalla tesi 3.

## 5.4 INDICE DI SUCCESSO DELL'IDROSEMINA (HSI)

Come detto precedentemente, è stato calcolato per ogni tesi l'indice di successo dell'idrosemia (HSI, che va da 0 a 1) di Matesanz et al. (2006) definito come segue:

$$\text{HSI} = \text{HydC} / \text{TC}$$

Dove HydC è la copertura assoluta delle specie idroseminate e TC è la copertura totale della parcella in percentuale.



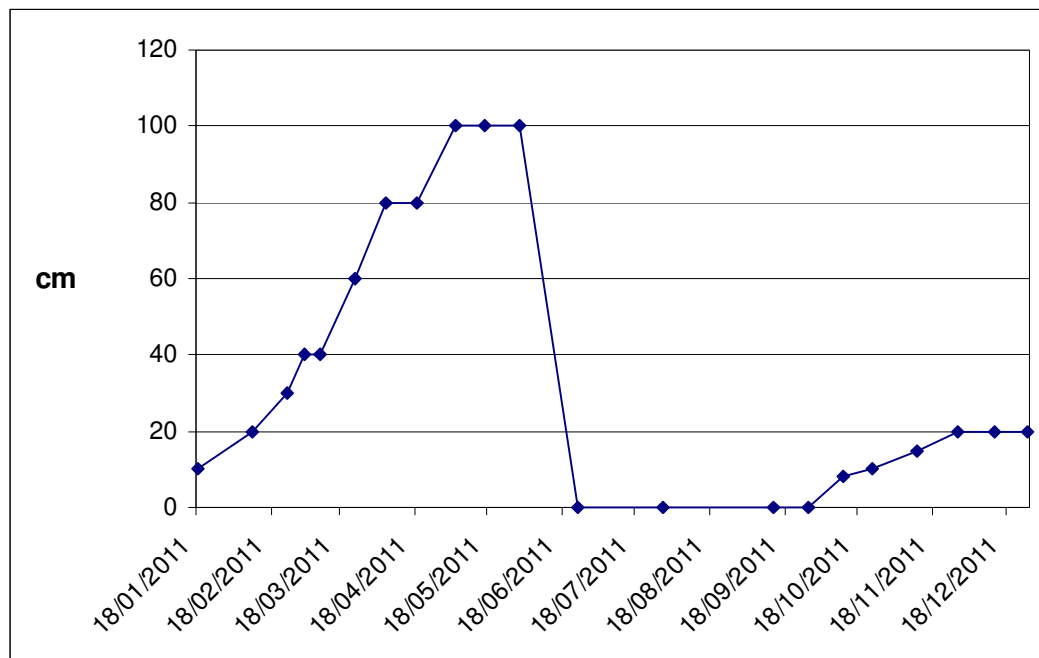
**Figura 53.** Andamento dell'HSI per le quattro tesi dal 10/02/2011 al 27/12/2011.

La figura 53 evidenzia l'andamento nel tempo dell'HSI per le quattro tesi, avvalorando quanto affermato in precedenza. Si nota che il più alto valore (0,92) viene raggiunto dalla tesi 2 nella prima stagione di crescita e dalla tesi 3 (0,6) nella seconda stagione di crescita. I valori più bassi vengono invece raggiunti dalla tesi 1 (0,1) nella prima stagione di crescita e dalle tesi 1 e 4 (0,09 e 0,08 rispettivamente) nella seconda stagione di crescita.



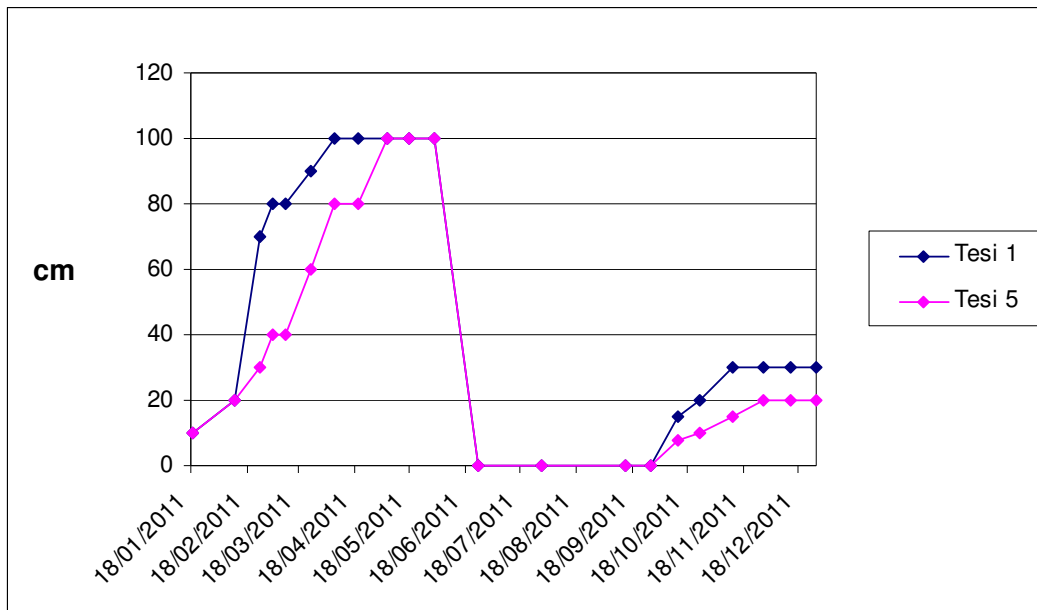
## 5.5 ALTEZZA VEGETAZIONE SPONTANEA

Ad ogni rilievo è stata registrata l'altezza della vegetazione spontanea. La figura 54 mostra l'altezza in cm della vegetazione spontanea nella tesi 5 dal 18/01/2011 al 27/12/2011. tale vegetazione raggiunge il massimo dell'altezza (100 cm) nel mese di Maggio 2011, mentre per quanto riguarda la seconda stagione di crescita, raggiunge i 20 cm di altezza nel mese di Dicembre 2011.



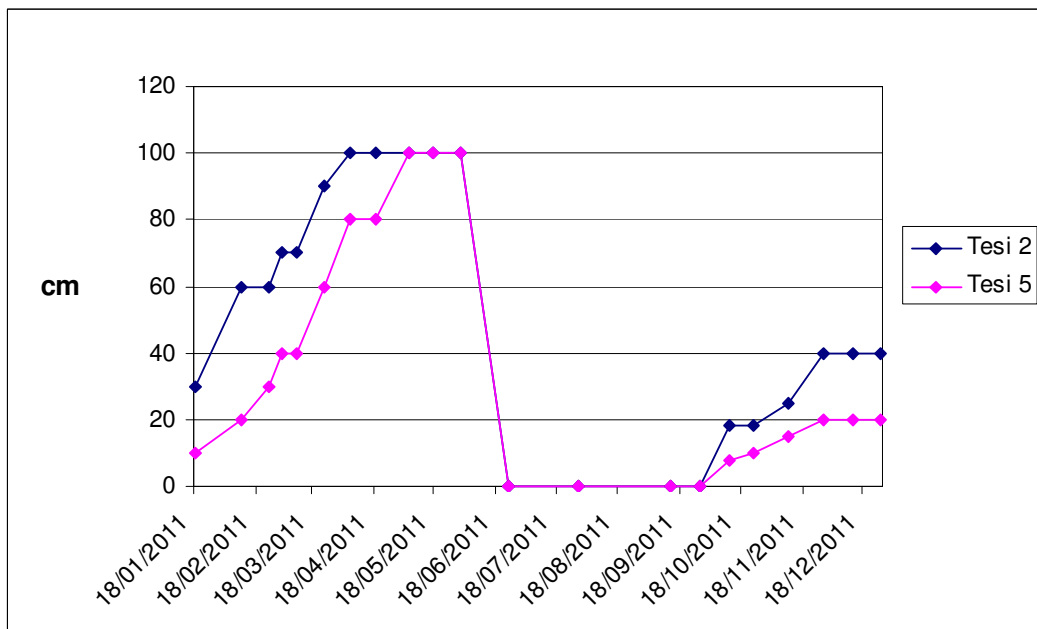
**Figura 54.** Altezza della vegetazione spontanea nella tesi 5 dal 18/01/2011 al 27/12/2011.

Le figure 55 – 58 mostrano, per ogni tesi, l'altezza della vegetazione spontanea confrontata con quella della tesi 5.



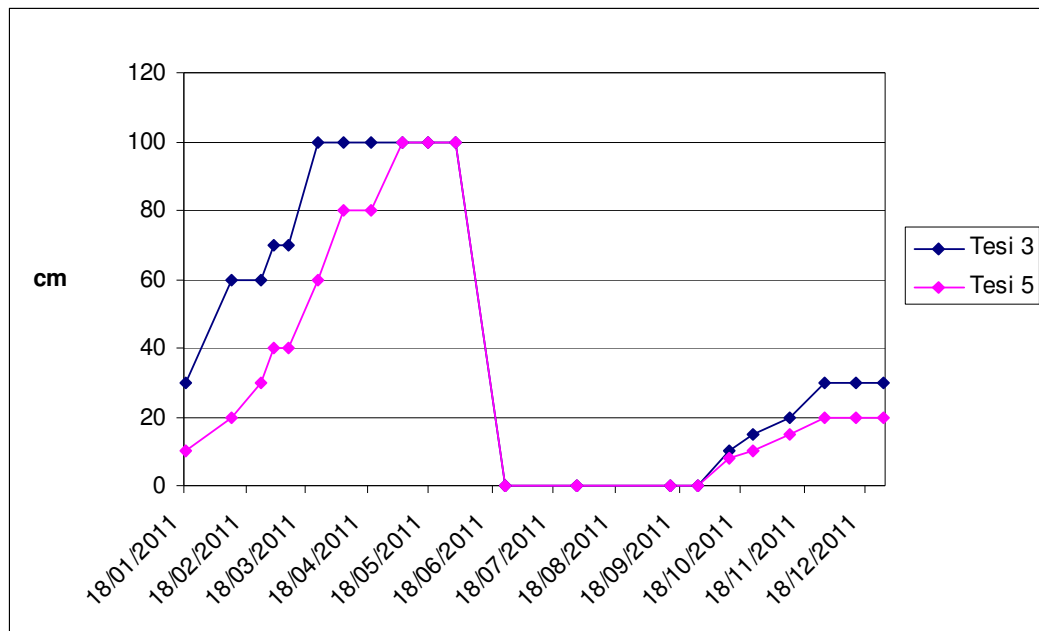
**Figura 55.** Altezza della vegetazione spontanea nella tesi 1 e nella tesi 5 dal 18/01/2011 al 27/12/2011.

La vegetazione spontanea nella tesi 1 (fig. 55) si mantiene sempre più alta rispetto a quella della tesi 5, sia nella prima che nella seconda stagione di crescita e raggiungendo nella prima stagione di crescita i 100 cm e nella seconda stagione di crescita i 30 cm.



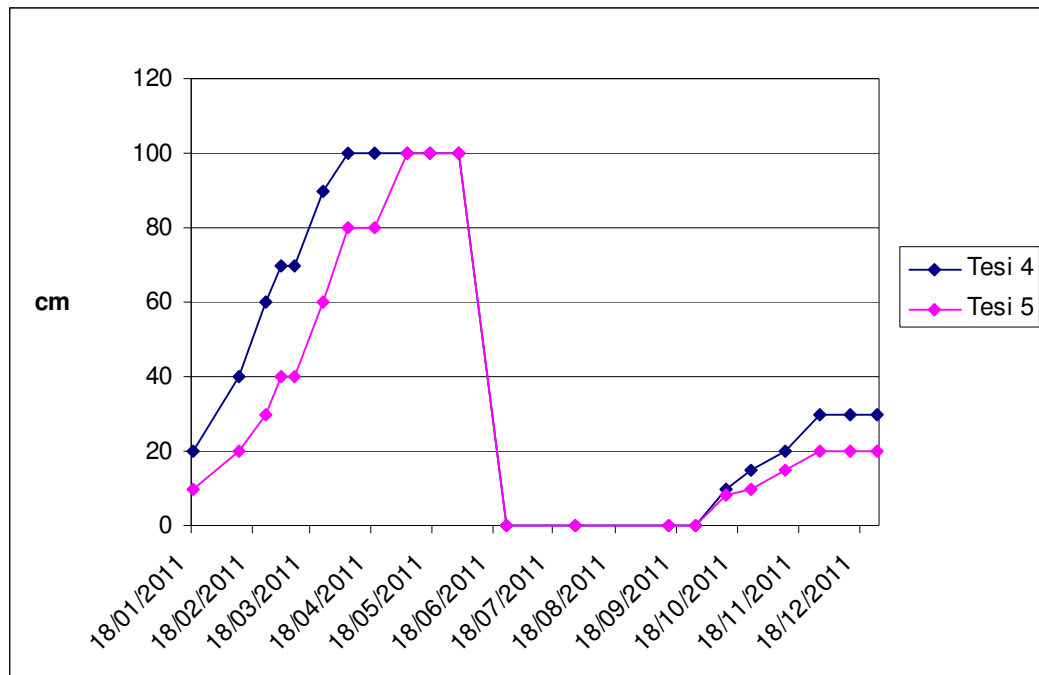
**Figura 56.** Altezza della vegetazione spontanea nella tesi 2 e nella tesi 5 dal 18/01/2011 al 27/12/2011.

Anche nella tesi 2 (fig. 56) la vegetazione spontanea si mantiene sempre più alta rispetto a quella della tesi 5, raggiungendo rapidamente i 100 cm nella prima stagione di crescita e i 40 cm nella seconda stagione di crescita.



**Figura 57.** Altezza della vegetazione spontanea nella tesi 3 e nella tesi 5 dal 18/01/2011 al 27/12/2011.

Per ciò che concerne la tesi 3 (fig. 57), anche in questo caso l'altezza della vegetazione spontanea ha valori maggiori rispetto alla tesi 5, raggiungendo i 100 cm nella prima stagione di crescita e i 30 cm nella seconda stagione di crescita.

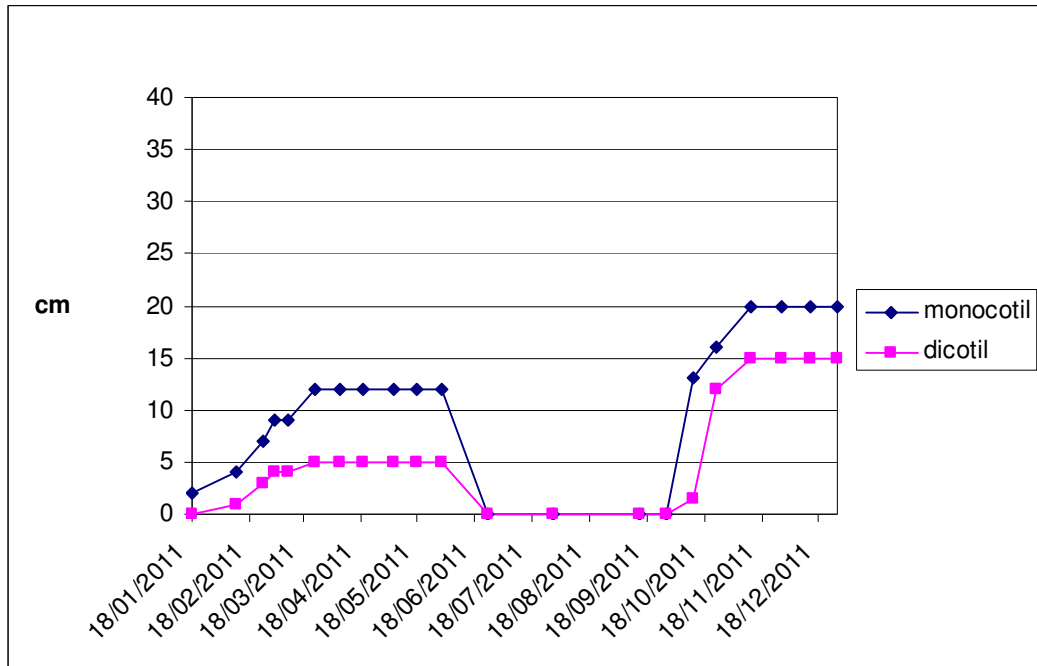


**Figura 58.** Altezza della vegetazione spontanea nella tesi 4 e nella tesi 5 dal 18/01/2011 al 27/12/2011.

Infine la tesi 4 (fig. 58) mostra un andamento simile a quello della tesi 3 e mantiene una vegetazione spontanea sempre più alta rispetto a quella della tesi 5; raggiunge, infatti i 100 cm nella prima stagione di crescita e i 30 cm nella seconda stagione di crescita.

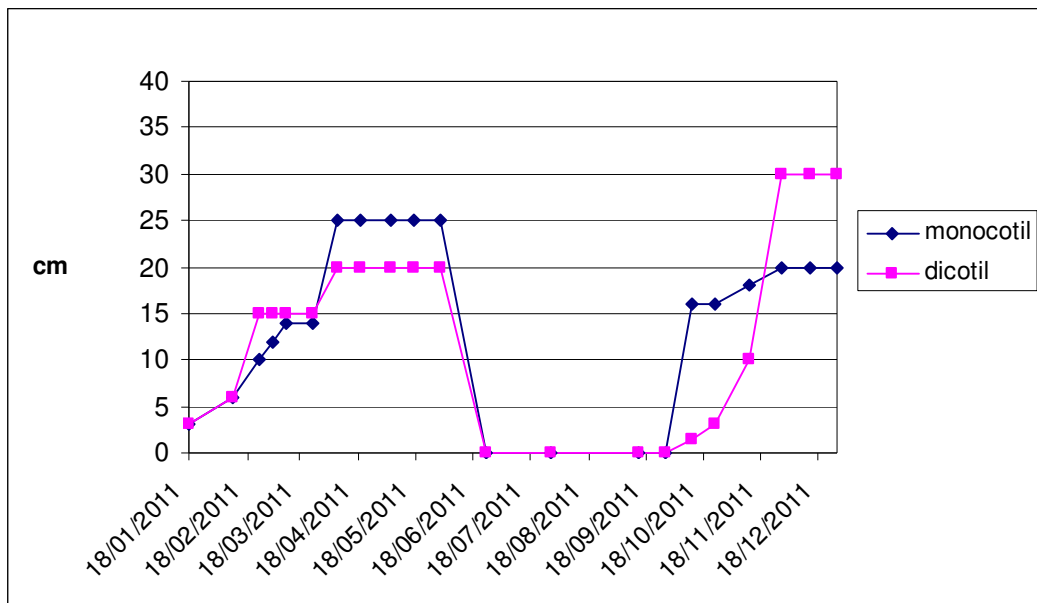
## 5.6 ALTEZZA VEGETAZIONE IDROSEMINATA

Ad ogni rilievo è stata registrata l'altezza della vegetazione idroseminata distinta per monocotiledoni e dicotiledoni. Le figure 59 – 62 mostrano l'altezza raggiunta dalle monocotiledoni e dicotiledoni idroseminate nelle tesi 1, 2, 3 e 4.



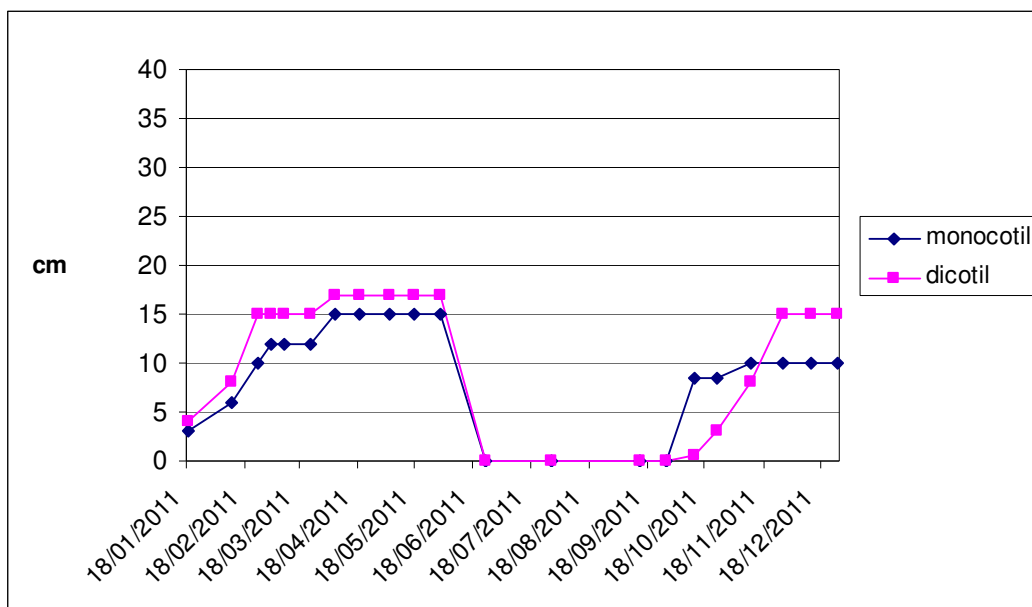
**Figura 59.** Altezza monocotiledoni e dicotiledoni idroseminate nella tesi 1 dal 18/01/2011 al 27/12/2011.

La figura 59 mostra l'altezza delle monocotiledoni e delle dicotiledoni idroseminate relative alla tesi 1; si nota che le monocotiledoni raggiungono un'altezza sempre maggiore rispetto a quella delle dicotiledoni sia nella prima stagione di crescita (monocotiledoni 12 cm e dicotiledoni 5 cm) che nella seconda stagione di crescita (monocotiledoni 20 cm e dicotiledoni 15 cm).



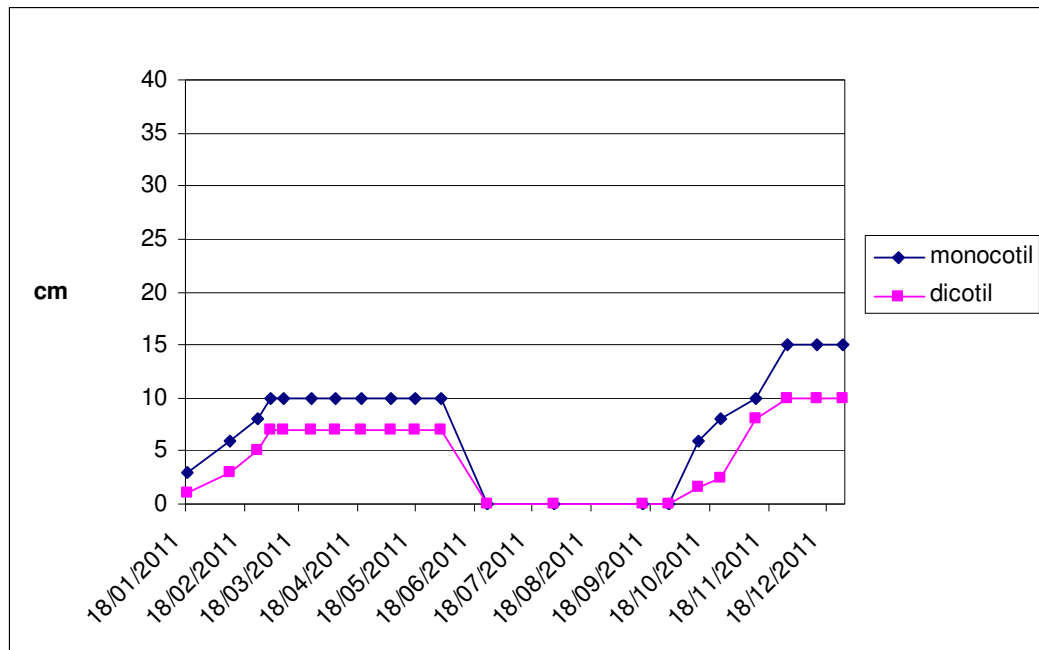
**Figura 60.** Altezza monocotiledoni e dicotiledoni idroseminate nella tesi 2 dal 18/01/2011 al 27/12/2011.

La figura 60 mostra, invece, l'altezza di monocotiledoni e dicotiledoni idroseminate relative alla tesi 2. Si nota che mentre nella prima stagione di crescita le monocotiledoni raggiungono i 25 cm di altezza e le dicotiledoni i 20 cm, nella seconda stagione di crescita si assiste ad un'inversione di tendenza, poiché le dicotiledoni superano in altezza le monocotiledoni, raggiungendo le prime i 30 cm di altezza e le seconde i 20 cm.



**Figura 61.** Altezza monocotiledoni e dicotiledoni idroseminate nella tesi 3 dal 18/01/2011 al 27/12/2011.

Nella tesi 3 (fig. 61), a differenza delle tesi precedentemente descritte, le dicotiledoni raggiungono un'altezza maggiore rispetto alle monocotiledoni sia nella prima (dicotiledoni 17 cm e monocotiledoni 15 cm) che nella seconda stagione di crescita (dicotiledoni 15 cm e monocotiledoni 10 cm).



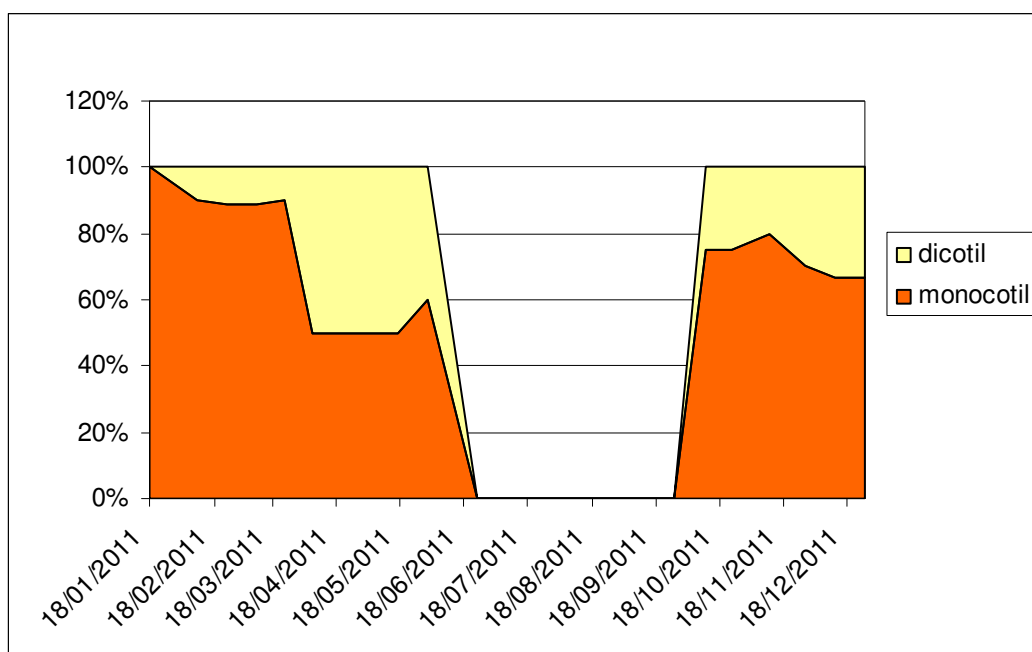
**Figura 62.** Altezza monocotiledoni e dicotiledoni idroseminate nella tesi 4 dal 18/01/2011 al 27/12/2011.

Infine, nella tesi 4 (fig. 62), come per la tesi 1, l'altezza delle monocotiledoni è sempre maggiore rispetto a quella delle dicotiledoni, sia nella prima stagione di crescita (monocotiledoni 10 cm e dicotiledoni 7 cm) che nella seconda stagione di crescita (monocotiledoni 15 cm e dicotiledoni 10 cm).



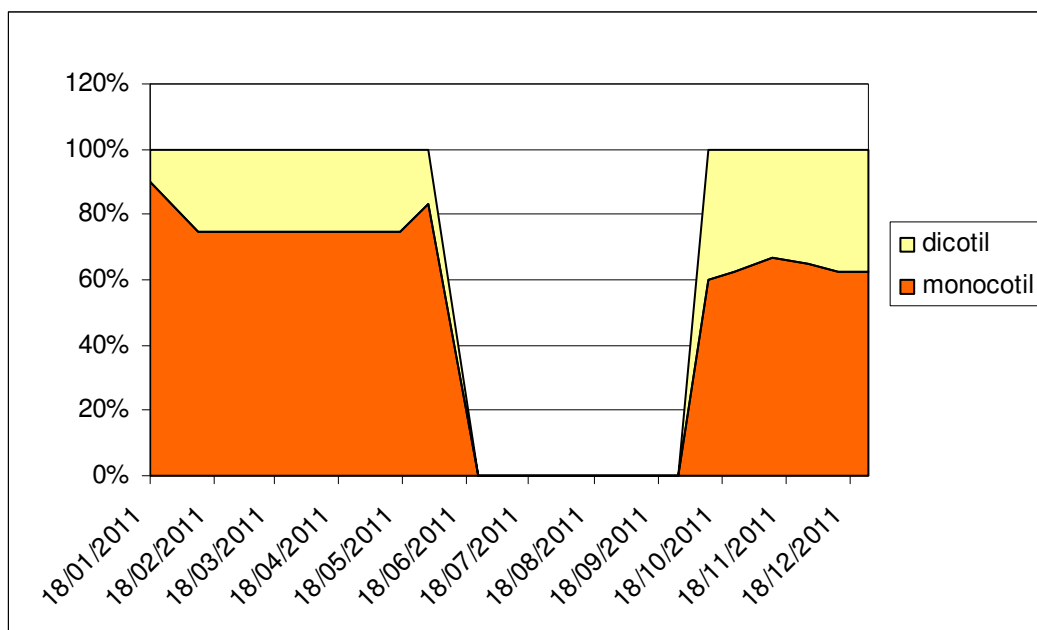
## 5.7 DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DELLE SPECIE IDROSEMINATE

Nell'ambito della percentuale delle specie idroseminate sulla copertura totale, sono state calcolate le relative percentuali di monocotiledoni e dicotiledoni presenti nelle tesi 1, 2, 3 e 4. Le figure 63 – 66 mostrano tali percentuali per ogni tesi.



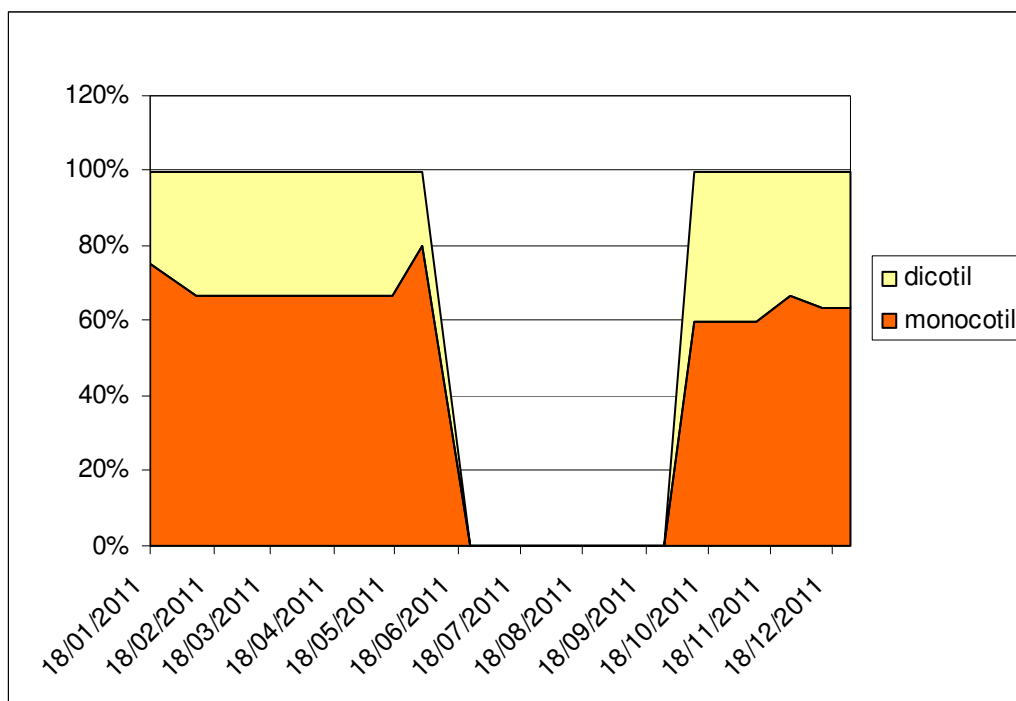
**Figura 63.** Distribuzione percentuale delle specie monocotiledoni e dicotiledoni idroseminate della tesi 1 nel periodo compreso tra il 18/01/2011 ed il 27/12/2011.

Nella tesi 1 (fig. 63) la percentuale di monocotiledoni è quasi sempre maggiore rispetto a quella delle dicotiledoni; la massima differenza si registra nel periodo che va dal 18/01/2011 al 24/03/2011, durante il quale la percentuale di monocotiledoni si mantiene uguale o superiore all'88,9%. Dal 06/04/2011 al 17/05/2011 le due percentuali si eguagliano, mentre nella seconda stagione di crescita la percentuale di monocotiledoni torna a salire raggiungendo l'80% l'11/11/2011 e stabilizzandosi al 66,7% nel Dicembre 2011.



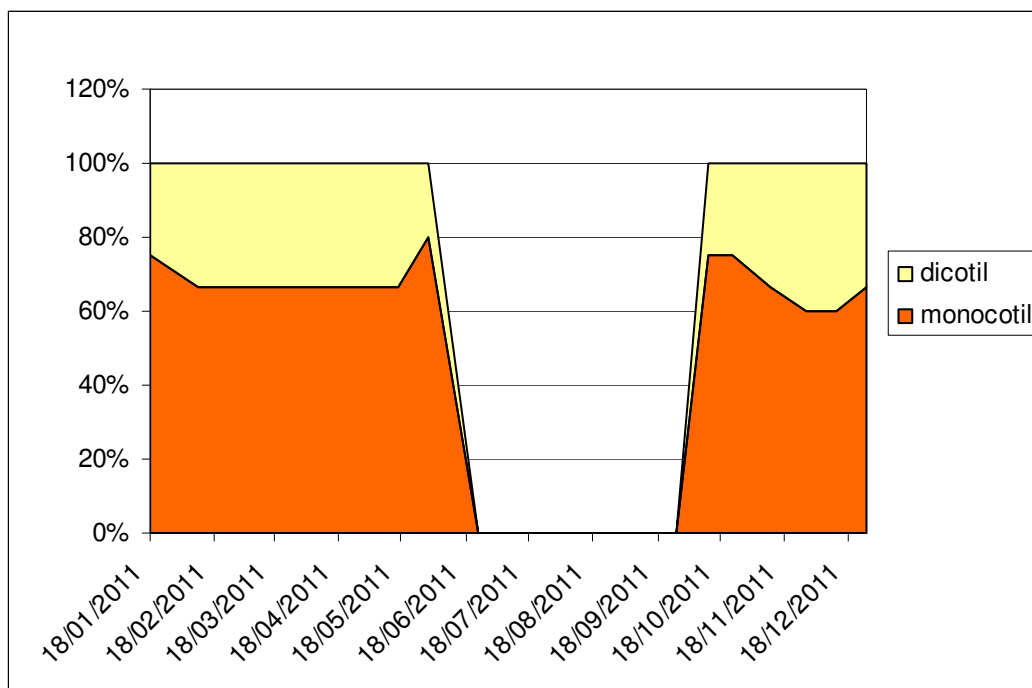
**Figura 64.** Distribuzione percentuale delle specie monocotiledoni e dicotiledoni idroseminate della tesi 2 nel periodo compreso tra il 18/01/2011 ed il 27/12/2011.

Nella tesi 2 (fig. 64) la percentuale di monocotiledoni è sempre maggiore rispetto a quella delle dicotiledoni; la massima differenza si registra il 18/01/2011 (monocotiledoni 90% e dicotiledoni 10%) e per quasi tutta la prima stagione di crescita è presente il 75% di monocotiledoni e il 25% di dicotiledoni. Nella seconda stagione di crescita le differenze si attenuano, infatti la percentuale di monocotiledoni varia dal 62,5% al 66,7%, e quella delle dicotiledoni dal 37,5% al 33,3%.



**Figura 65.** Distribuzione percentuale delle specie monocotiledoni e dicotiledoni idroseminate della tesi 3 nel periodo compreso tra il 18/01/2011 ed il 27/12/2011.

Anche per ciò che concerne la tesi 3 (fig. 65) la percentuale di monocotiledoni è sempre maggiore rispetto a quella delle dicotiledoni. La massima differenza si registra il 31/05/2011 (monocotiledoni 80% e dicotiledoni 20%) e per quasi tutta la prima stagione di crescita è presente il 66,7% di monocotiledoni e il 33,3% di dicotiledoni. Nella seconda stagione di crescita la percentuale di monocotiledoni varia dal 60% al 63,63% con un picco massimo il 28/11/2011 (66,7%), quella delle dicotiledoni varia dal 40% al 36,37% con un minimo raggiunto il 28/11/2011 (33,3%).



**Figura 66.** Distribuzione percentuale delle specie monocotiledoni e dicotiledoni idroseminate della tesi 4 nel periodo compreso tra il 18/01/2011 ed il 27/12/2011.

Infine, per quanto riguarda la tesi 4 (fig. 66), anche in questo caso la percentuale di monocotiledoni è sempre maggiore rispetto a quella delle dicotiledoni. La massima differenza si registra il 31/05/2011 (monocotiledoni 80% e dicotiledoni 20%) e per quasi tutta la prima stagione di crescita è presente il 66,7% di monocotiledoni e il 33,3% di dicotiledoni, mostrando un andamento simile a quello della tesi 3. Nella seconda stagione di crescita la percentuale di monocotiledoni varia dal 75% al 60% e quella delle dicotiledoni dal 25% al 40%.

<b>Specie spontanee</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
<i>Avena barbata</i>	60%	60%
<i>Hedysarium coronarium (Sulla)</i>	20%	0%
<i>Hirschfeldia incana</i>		10%
<i>Malva nicaensis</i>		
<i>Chrysanthemum coronarium</i>		
<i>Convolvulus tricolor</i>		
<i>Galactites tomentosa</i>		
<i>Anagallis arvensis</i>	10%	20%
<i>Melilotus sulcata</i>		
<i>Oxalis pes-caprae</i>		
<i>Papaver rhoeas</i>		
<i>Melilotus segetalis</i>		
<i>Picris echioides</i>		
<i>Sonchus oleraceus</i>		
<i>Ridolfia segetum</i>	10%	10%

**Tabella 12.** Distribuzione percentuale delle specie spontanee presenti nell'area nel 2010 e nel 2011.

La tabella 12 mostra le percentuali delle specie spontanee sia nell'anno precedente la sperimentazione (2010) che nell'anno seguente. Nel 2010 la gran parte della vegetazione presente nell'area oggetto di studio era rappresentata dall'*Avena barbata* (60%), seguita poi dall'*Hedysarium coronarium* (20%) e dalla *Ridolfia segetum* (10%); le altre specie rappresentavano complessivamente il 10%. Nel 2011 le percentuali cambiano leggermente, soprattutto a sfavore dell'*Hedysarium coronarium* che scompare completamente nelle aree idroseminate. L'*Avena barbata* rimane dominante (60%), mentre aumenta la presenza dell'*Hirschfeldia incana* (10%).

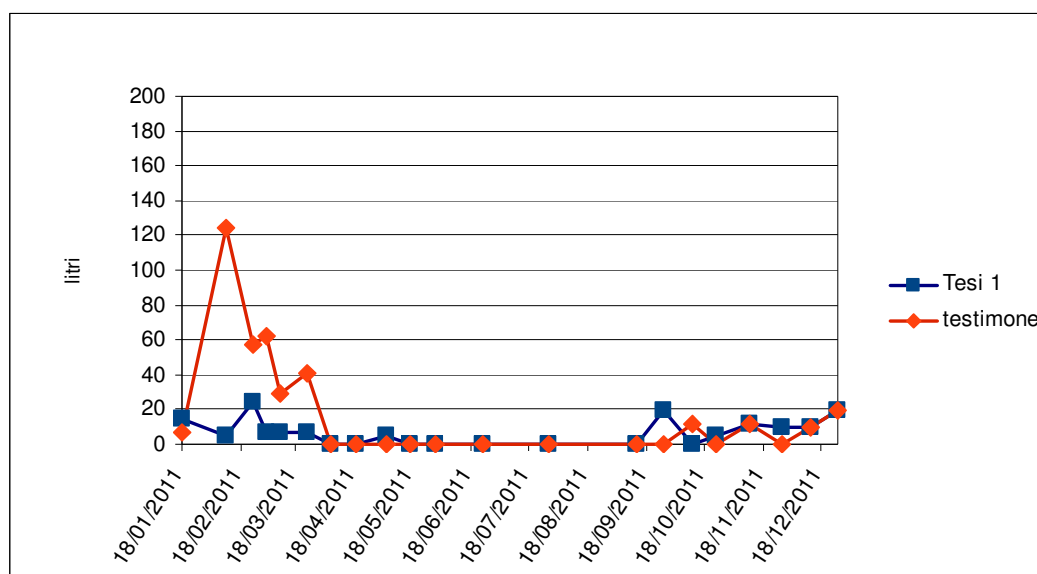
Specie idroseminate	% di semi nella miscela	Monocotiledoni presenti nelle 4 tesi nel 2011	Dicotiledoni presenti nelle 4 tesi nel 2011
<i>Lolium perenne</i> (monocotiledone)	30%	90%	
<i>Festuca arundinacea</i> (monocotiledone)	25%	10%	
<i>Paspalum notatum</i> (monocotiledone)	5%	0%	
<i>Trifolium repens</i> (dicotiledone)	15%		80%
<i>Vicia villosa</i> (dicotiledone)	10%		10%
<i>Lotus corniculatus</i> (dicotiledone)	5%		10%
<i>Cynodon dactylon</i> (dicotiledone)	10%	0%	

**Tabella 13.** Percentuali delle specie idroseminate presenti nelle tesi, distinte in monocotiledoni e dicotiledoni, in relazione alla percentuale di semi presenti nella miscela.

La tabella 13 mostra, invece le percentuali delle specie idroseminate presenti nelle tesi in relazione alle rispettive percentuali di semi presenti nella miscela di partenza. I dati mostrano che, delle quattro monocotiledoni idroseminate, crescono e si sviluppano in tutte le tesi *Lolium perenne* per il 90% e *Festuca arundinacea* per il 10%. Non compaiono, invece, in nessuna tesi *Paspalum notatum* e *Cynodon dactylon*. Tra le dicotiledoni crescono e si sviluppano in tutte le tesi *Trifolium repens* per l'80%, *Vicia Villosa* per il 10% e *Lotus corniculatus* per il 10%. La massiccia presenza di *Lolium perenne*, come monocotiledone, potrebbe essere dovuta alla maggiore percentuale di semi di questa specie presente nella miscela idroseminata (30%) o anche alla sua elevata velocità di insediamento. Lo stesso può dirsi per la dicotiledone *Trifolium repens*, la cui percentuale di semi nella miscela era del 15%, la più alta tra le dicotiledoni; inoltre tale specie, pur crescendo su vari tipi di terreni, preferisce suoli argillosi, come quello presente nell'area oggetto di studio.

## 5.8 VOLUME D'ACQUA RACCOLTO DALLE DIVERSE TESI OGGETTO DI SPERIMENTAZIONE

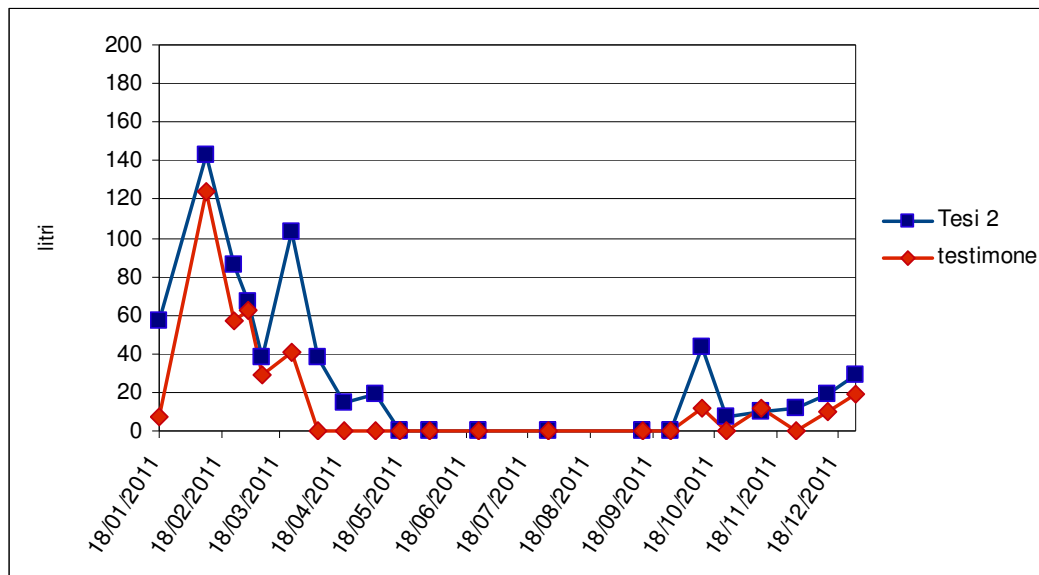
Le figure 67 – 70 mettono a confronto, per ogni tesi, il volume d'acqua raccolto dalle rispettive tesi con quello raccolto dalla tesi 5, cioè il testimone, nell'intervallo di tempo che va dal 18/01/2011 al 27/12/2011.



**Figura 67.** Volume d'acqua presente nei serbatoi collegati alle Tesi 1 e 5 dal 18/01/2011 al 27/12/2011.

La figura 67 mette a confronto il volume d'acqua della tesi 1 con quello della tesi 5 (testimone) nell'intervallo di tempo compreso tra il 18/01/2011 e il 27/12/2011. Si nota che la quantità d'acqua della tesi 1 si mantiene quasi sempre inferiore o uguale a quella raccolta dalla tesi 5, superandola soltanto rare volte, come in occasione del rilievo del 27/09/11 (19 litri nella tesi 1 e 0 litri nella tesi 5) e in quello del 28/11/11 (9,5 litri nella tesi 1 e 0 litri nella tesi 5).

Nella figura 68, invece, sono messi a confronto il volume d'acqua della tesi 2 con quello della tesi 5 (testimone) nello stesso intervallo di tempo. In questo caso la quantità d'acqua della tesi 2 è sempre superiore o uguale a quella della tesi 5. Solo nel rilievo effettuato l'11/11/11 la quantità d'acqua della tesi 5 (11,95 litri) era superiore, anche se di poco, rispetto a quella della tesi 2 (9,5 litri).

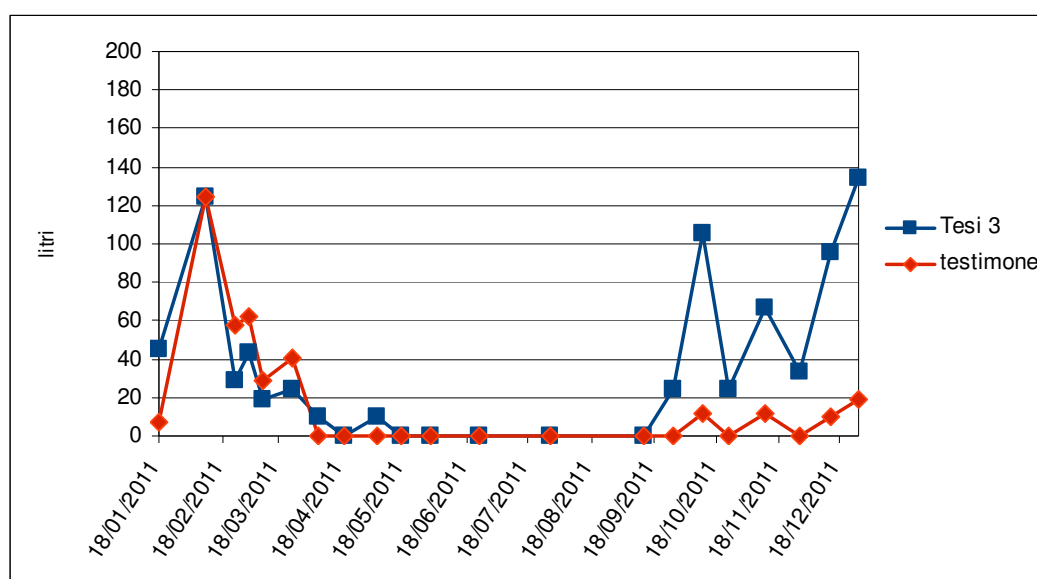


**Figura 68.** Volume d'acqua presente nei serbatoi collegati alle Tesi 2 e 5 dal 18/01/2011 al 27/12/2011.

La figura 69 mette a confronto il volume d'acqua della tesi 3 con quello della tesi 5 (testimone), sempre nel medesimo intervallo di tempo. Dal 18/01/2011 al 27/09/2011 la quantità d'acqua della tesi 3 si discosta di poco da quella della tesi 5, mantenendosi spesso al di sotto di questa e superandola solo in poche occasioni (18/01, 06/04 e 05/05). Di contro, dal 27/09/11 al 27/12/11 si assiste ad

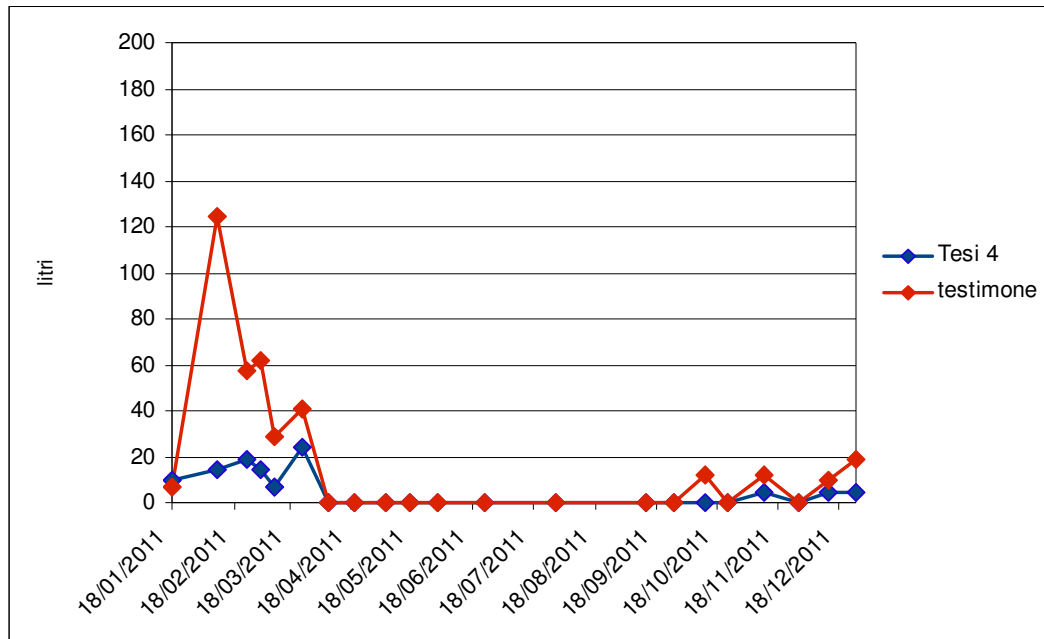


un'inversione di tendenza: la quantità d'acqua della tesi 3 è sempre di molto superiore a quella della tesi 5; la massima differenza si registra il 27/12/2011 (133,8 litri per la tesi 3 e 19 litri per la tesi 5).



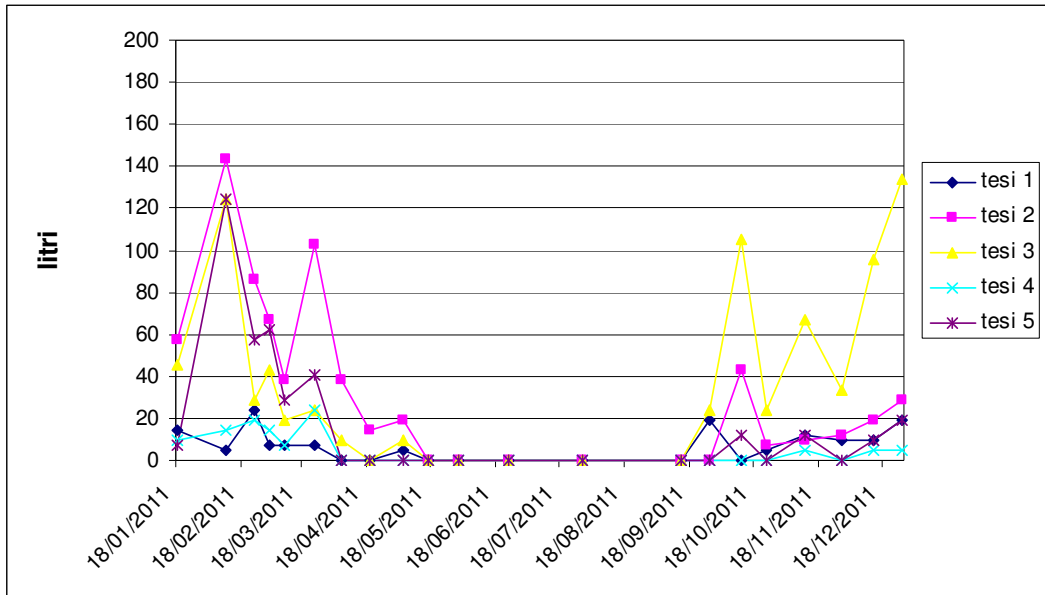
**Figura 69.** Volume d'acqua presente nei serbatoi collegati alle Tesi 3 e 5 dal 18/01/2011 al 27/12/2011.

Infine, per quanto riguarda la tesi 4, la figura 70 evidenzia che per tutto il periodo di monitoraggio successivo alla sperimentazione, la quantità d'acqua della tesi 4 è sempre inferiore o uguale rispetto a quella della tesi 5; i due valori si discostano molto soprattutto dal 18/01/11 al 24/03/11; la massima differenza si registra il 10/02/11 (124 litri per la tesi 5 e 14,3 litri per la tesi 4).

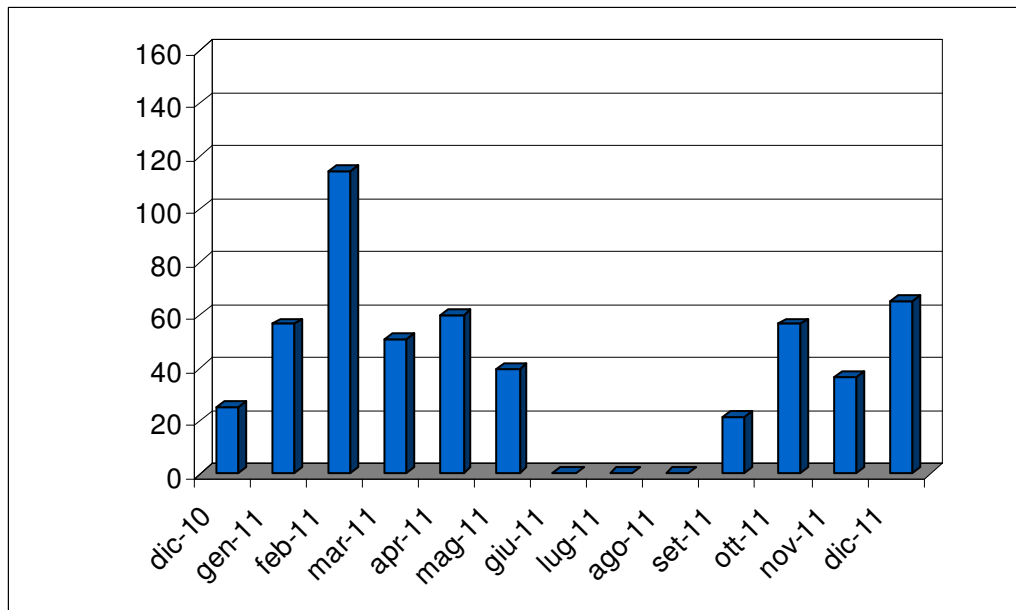


**Figura 70.** Volume d'acqua presente nei serbatoi collegati alle Tesi 4 e 5 dal 18/01/2011 al 27/12/2011.

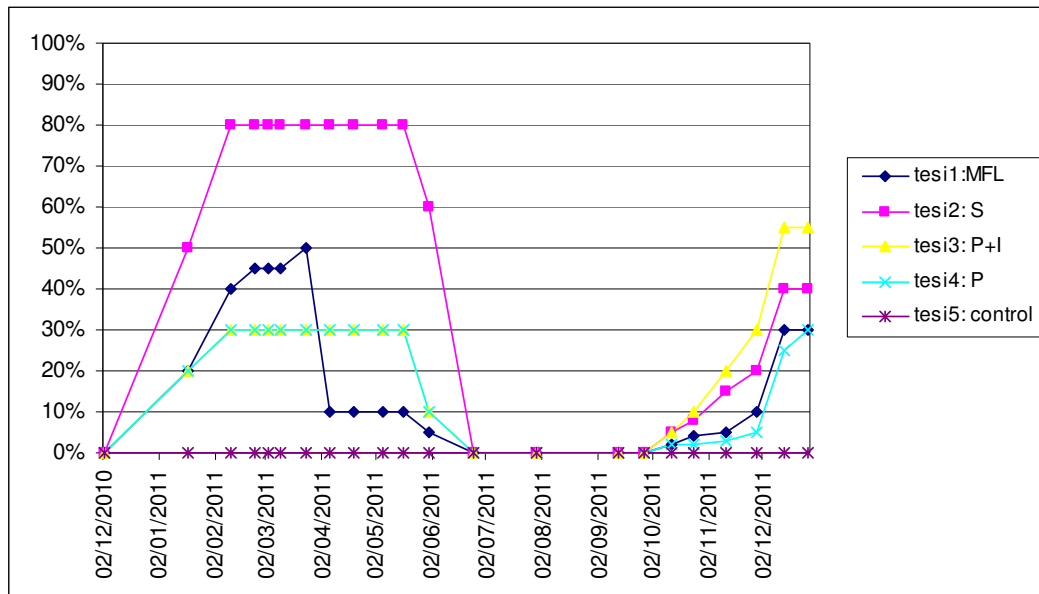
La figura 71 , invece, mette a confronto il volume d'acqua raccolto nei serbatoi di tutte e cinque le tesi dal 18/01/2011 al 27/12/2011. Tale grafico, se confrontato con quello relativo alle precipitazioni totali mensili del 2011 (Fig. 72), mostra una corrispondenza tra le quantità d'acqua raccolte nei serbatoi e le relative precipitazioni, evidenziando il corretto funzionamento del sistema di raccolta delle acque superficiali.



**Figura 71.** Volume d'acqua presente nei serbatoi collegati alle cinque Tesi dal 18/01/2011 al 27/12/2011.



**Figura 72.** Precipitazioni totali mensili dal Dicembre 2010 al Dicembre 2011.



**Figura 73.** Percentuali delle specie idroseminate nelle cinque tesi dal 02/12/2011 al 27/12/2011.

Inoltre, la figura 71, se confrontata con quella relativa allo sviluppo della vegetazione idroseminata (fig 73), evidenzia la presenza di una certa correlazione tra la quantità d'acqua raccolta nei serbatoi e lo sviluppo delle specie idroseminate. Infatti si nota che, nella prima stagione di crescita, il maggior volume di acqua viene raccolto dalla tesi 2, cioè dalla tesi con la più alta percentuale di specie idroseminate rispetto alla copertura totale (80% sul 100% di copertura totale) e quindi con il più alto HSI (0,92). Anche nella seconda stagione di crescita si trova il maggior volume d'acqua nei serbatoi della tesi 3, la cui percentuale di specie idroseminate raggiunge il valore più alto (55% sul 95% di copertura totale) con un HSI pari a 0,6.

## **5.9 ANALISI STATISTICA APPLICATA A TUTTE LE VARIABILI**

### **5.9.1 PARAMETRO TotCOV**

Con riferimento al parametro TotCOV, ovvero copertura percentuale totale, cioè dovuta sia alla vegetazione idroseminata che a quella spontanea, i dati rilevati sono stati analizzati statisticamente tramite l'applicazione di un modello lineare generale (General Linear Model, acronimo GLM). E' una metodologia messa a punto per costruire un modello statistico che descrive l'impatto di uno o più fattori X su una o più variabili dipendenti Y. Si da per assunto che gli errori seguano una distribuzione normale.

I dati sono stati organizzati nel seguente modo:

- variabile dipendente Y: TotCOV
- variabili indipendenti X: blocco, data, tesi.

In particolare, la variabile "blocco" rappresenta ciascuno dei 3 blocchi randomizzati, denominati A, B e C, individuati nell'area oggetto di intervento, all'interno dei quali sono state ripetute in maniera random le tesi oggetto di studio. La variabile "data" rappresenta la data del rilievo eseguito sulla vegetazione; in totale sono stati eseguiti 21 rilievi a cadenza bisettimanale a partire dalla data di esecuzione dell'idrosemina fino a fine periodo di monitoraggio. La variabile "tesi" rappresenta la tesi eseguita, corrispondente alle diverse tipologia di idrosemina applicata (tesi da 1 a 4). In questa analisi viene preso in considerazione anche il testimone (tesi 5).

Nel modello sono presenti tre fattori di ingresso (blocco, tesi, data) ed un fattore di risposta (TotCOV).

Presi in considerazione i tre fattori di ingresso, si studiano gli effetti che essi hanno sul modello e le interazioni fra di essi considerati due per volta. Nel caso in esame sono stati studiati l'effetto blocco, l'effetto data e l'effetto tesi, nonché le interazioni blocco-data, blocco-tesi, data-tesi.

Le informazioni sul modello fornite dall'analisi GLM eseguita sono riassunte nella seguente tabella 14.

Fattore	Somma dei quadrati	g.d.l	Media di quadrati di scarti	F-Ratio	P-Value
blocco	270,559	2	135,279	15,93	0,0000
data	494836	20	24741,8	2913,67	0,0000
tesi	3236,39	4	809,098	95,28	0,0000
blocco*data	586,641	40	14,666	1,73	0,0095
blocco*tesi	78,1397	8	9,76746	1,15	0,3328
data*tesi	10210,4	80	127,63	15,03	0,0000
Residui	1358,66	160	8,49163		
Totale (corretto)	510577	314			

**Tabella 14.** Tabella riassuntiva relativa all'analisi statistica riferita al parametro TotCOV.

L'analisi testa la significatività marginale di ciascun fattore, assumendo che questo sia stato inserito per ultimo nel modello. Per  $p < 0.05$  le interazioni sono significative. Dai valori di  $p$  ottenuti e riportati in tabella, si evince che sono significativi i seguenti fattori: blocco, data, tesi, interazione blocco-data, interazione data-tesi.

Le statistiche calcolate dal modello sono riportate di seguito:

- $R^2 = 99.7339 \%$
- $R^2_{adj} = 99.4778 \%$
- Errore standard di stima = 2.91404
- Errore medio assoluto = 1.4195
- Statistica di Durbin-Watson = 2.53539 (P=1.000)

$R^2$  rappresenta la percentuale della variabilità in Y che è stata spiegata con il modello di regressione; esso varia tra 0% e 100%. Per il caso in studio, la regressione ha rappresentato circa il 99,7% della variabilità nel parametro TotCOV, copertura vegetativa totale. Il restante 0,3% è attribuibile alle deviazioni dal modello, che possono essere dovuti ad altri fattori, a errori di misurazione, o ad un fallimento del modello assunto per adattarsi ai dati adeguatamente.

Il valore  $R^2_{adj}$  deriva da  $R^2$  a seguito di una correzione che tiene conto del numero di coefficienti introdotti nel modello; nel caso in esame si mantiene considerevolmente alto.

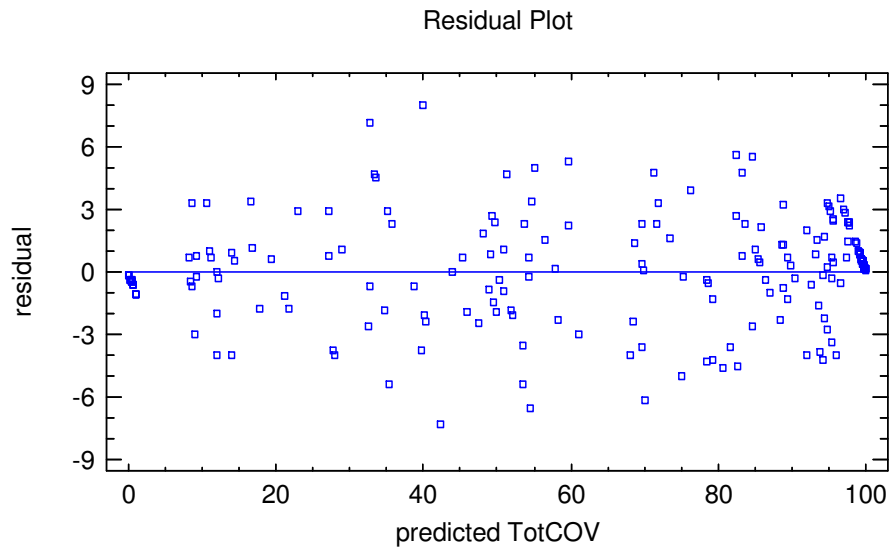
Il valore di errore standard di stima rappresenta la stima della deviazione standard dei residui (deviazioni attorno al modello) ed è pari a 2.91. Questo valore può essere utilizzato per creare limiti di previsione per nuove osservazioni.

Il valore di errore medio assoluto rappresenta il valore medio assoluto dei residui ed è pari a 1.42; indica l'errore medio nel predire la risposta utilizzando il modello costruito.

Il valore della statistica di Durbin-Watson rappresenta una misura della correlazione seriale nei residui; esso testa i residui per determinare se vi è qualche correlazione significativa in base all'ordine in cui compaiono i dati. Se i residui variano in maniera random, tale parametro deve assumere valore prossimo a 2. Dato che il P-value è maggiore di 0.05, non vi è alcuna indicazione di autocorrelazione seriale nei residui.

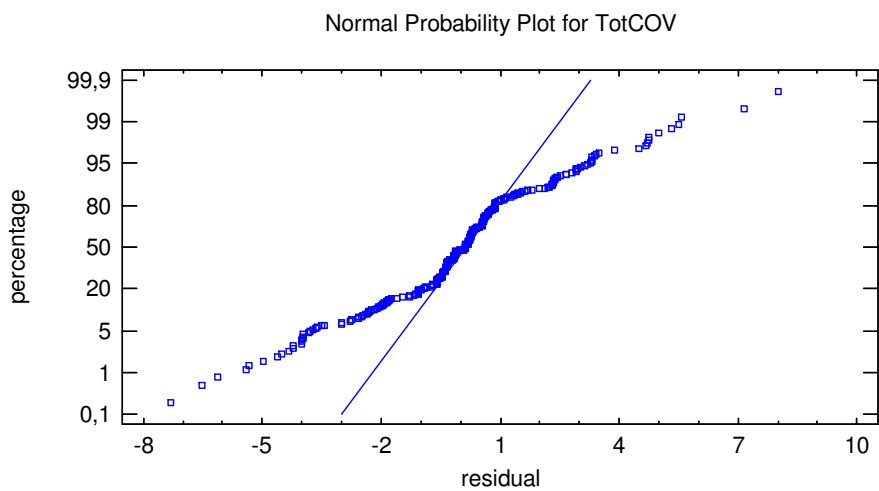
Per i fattori che mostrano valori di p significativi in tabella 14 e che non interagiscono con altri fattori, può essere eseguita una ulteriore analisi effettuando un test di confronto multiplo. In questo caso le medie relative ai valori di TotCOV ottenuti nelle diverse tesi sono state confrontate tramite il test di Tukey eseguito per  $\alpha = 0.05$ . L'analisi ha fornito differenze statisticamente significative fra le seguenti coppie: test1-test2, test1-test4, test1-test5, test2-test3, test2-test4, test2-test5, test3-test5, test4-test5.

Con riferimento all'analisi dei residui, il grafico di fig.74 mostra ogni possibile dipendenza della varianza residua sulla media; il diagramma mostra una varianza abbastanza costante; non si evidenzia la presenza di outlier.



**Figura 74.** Grafico dei residui relativo al parametro TotCOV.

Il normal probability plot (fig.75), può essere usato per determinare se le deviazioni intorno alla linea seguono una distribuzione normale, che è l'assunto utilizzato per formare gli intervalli di previsione. Se le deviazioni seguono una distribuzione normale, esse dovrebbero approssimativamente disporsi lungo una linea retta.



**Figura 75.** Normal probability plot relativo al parametro TotCOV.



## 5.9.2 PARAMETRO HCOV

Con riferimento al parametro HCOV, ovvero copertura percentuale dovuta alla vegetazione idroseminata, i dati rilevati sono stati analizzati statisticamente tramite l'applicazione di un modello lineare generale (General Linear Model, acronimo GLM). E' una metodologia messa a punto per costruire un modello statistico che descrive l'impatto di uno o più fattori X su una o più variabili dipendenti Y. Si da per assunto che gli errori seguano una distribuzione normale.

I dati sono stati organizzati nel seguente modo:

- variabile dipendente Y: HCOV
- variabili indipendenti X: blocco, data, tesi.

In particolare, la variabile "blocco" rappresenta ciascuno dei 3 blocchi randomizzati, denominati A, B e C, individuati nell'area oggetto di intervento, all'interno dei quali sono state ripetute in maniera random le tesi oggetto di studio. La variabile "data" rappresenta la data del rilievo eseguito sulla vegetazione; in totale sono stati eseguiti 21 rilievi a cadenza bisettimanale a partire dalla data di esecuzione dell'idrosemina fino a fine periodo di monitoraggio. La variabile "tesi" rappresenta la tesi eseguita, corrispondente alle diverse tipologia di idrosemina applicata. In questa analisi viene escluso il testimone (tesi 5) in quanto, com'è ovvio, sulle parcelle di controllo non vi è presenza di vegetazione idroseminata.

Dunque nel modello sono presenti tre fattori di ingresso (blocco, tesi, data) ed un fattore di risposta (HCOV).

Presi in considerazione i tre fattori di ingresso, si studiano gli effetti che essi hanno sul modello e le interazioni fra di essi considerati due per volta. Nel caso in esame sono stati studiati l'effetto blocco, l'effetto data e l'effetto tesi, nonché le interazioni blocco-data, blocco-tesi, data-tesi.

Le informazioni sul modello fornite dall'analisi GLM eseguita sono riassunte nella seguente tabella 15.

Fattore	Somma dei quadrati	g.d.l .	Media di quadrati di scarti	F- Ratio	P-Value
blocco	60.7698	2	30.3849	2.01	0.1379
data	82038.5	20	4101.92	271.97	0.0000
tesi	33827.3	3	11275.8	747.63	0.0000
blocco*data	726.73	40	18.1683	1.20	0.2199
blocco*tesi	57.9921	6	9.66534	0.64	0.6973
data*tesi	35929.9	60	598.832	39.71	0.0000
Residui	1809.84	120	15.082		
Totale	154451	251			

**Tabella 15.** Tabella riassuntiva relativa all'analisi statistica riferita al parametro HCOV.

L'analisi testa la significatività marginale di ciascun fattore, assumendo che questo sia stato inserito per ultimo nel modello. Per  $p < 0.05$  le interazioni sono significative. Dai valori di  $p$  ottenuti e riportati in tabella, si evince che sono significativi i seguenti fattori: data, tesi, interazione data-tesi.

Le statistiche calcolate dal modello sono riportate di seguito:

- $R^2 = 98.8282$  percent
- $R^2_{adj} = 97.549$  percent
- Errore standard di stima = 3.88356
- Errore medio assoluto = 1.97578
- Statistica di Durbin-Watson = 2.37094 (P=0.9985)

$R^2$  rappresenta la percentuale della variabilità in Y che è stata spiegata con il modello di regressione; esso varia tra 0% e 100%. Per il caso in studio, la regressione ha rappresentato circa il 98,8% della variabilità nel parametro HCOV, copertura vegetativa dovuta alla vegetazione idroseminata. Il restante 1,2% è attribuibile alle deviazioni dal modello, che possono essere dovuti ad altri fattori, a errori di misurazione, o ad un fallimento del modello assunto per adattarsi ai dati adeguatamente.

Il valore  $R^2_{adj}$  deriva da  $R^2$  a seguito di una correzione che tiene conto del numero di coefficienti introdotti nel modello; nel caso in esame si mantiene considerevolmente alto.

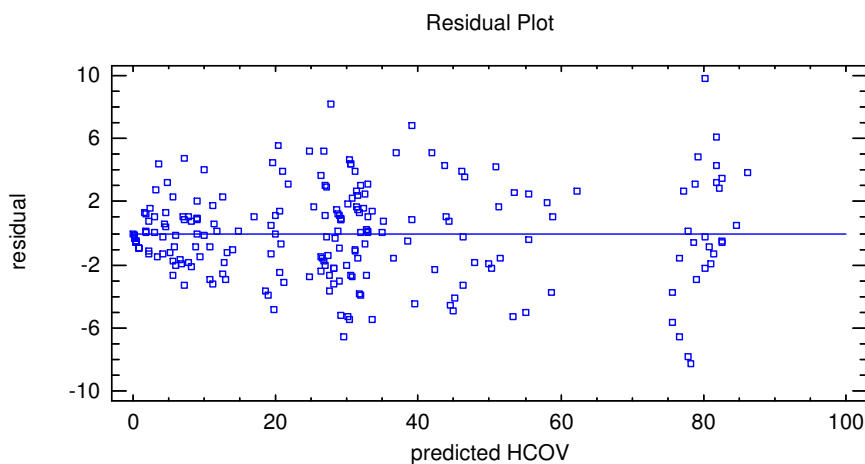
Il valore dell'errore standard di stima, rappresenta la stima della deviazione standard dei residui (deviazioni attorno al modello) ed è pari a 3.88. Questo valore può essere utilizzato per creare limiti di previsione per nuove osservazioni.

Il valore di errore medio assoluto rappresenta il valore medio assoluto dei residui ed è pari a 1.97; indica l'errore medio nel predire la risposta utilizzando il modello costruito.

Il valore della statistica di Durbin-Watson rappresenta una misura della correlazione seriale nei residui; esso testa i residui per determinare se vi è qualche correlazione significativa in base all'ordine in cui compaiono i dati. Se i residui variano in maniera random, tale parametro deve assumere valore prossimo a 2. Dato che il P-value è maggiore di 0.05, non vi è alcuna indicazione di autocorrelazione seriale nei residui.

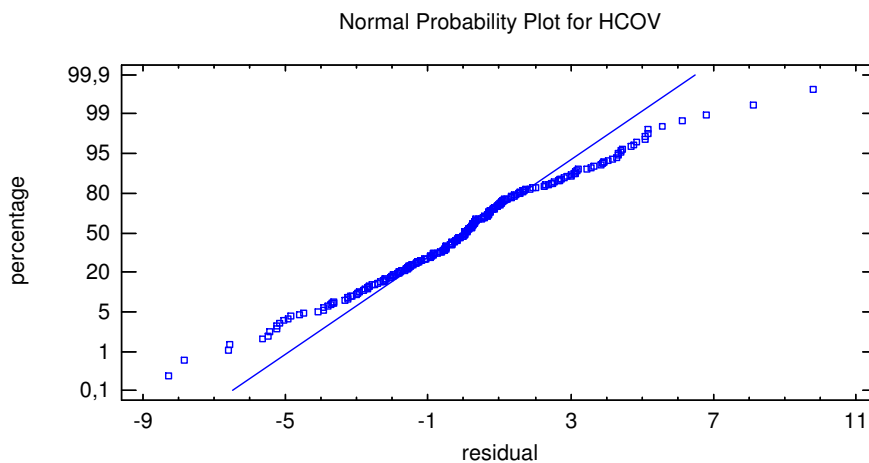
Per i fattori che mostrano valori di p significativi in tabella 15 e che non interagiscono con altri fattori, può essere eseguita una ulteriore analisi effettuando un test di confronto multiplo. In questo caso le medie relative ai valori di HCOV ottenuti nelle diverse tesi sono state confrontate tramite il test di Tukey eseguito per  $\alpha = 0.05$ . L'analisi ha fornito differenze statisticamente significative fra le seguenti coppie: test1-test2, test1-test3, test2-test3, test2-test4, test3-test4.

Con riferimento all'analisi dei residui, il grafico di fig.76 mostra ogni possibile dipendenza della varianza residua sulla media; il diagramma mostra una varianza abbastanza costante, anche se qualche outlier, uno o due, sono possibili.



**Figura 76.** Grafico dei residui relativo al parametro HCOV.

Il normal probability plot (fig. 77), può essere usato per determinare se le deviazioni intorno alla linea seguono una distribuzione normale, che è l'assunto utilizzato per formare gli intervalli di previsione. Se le deviazioni seguono una distribuzione normale, esse dovrebbero approssimativamente disporsi lungo una linea retta. Nel grafico di fig.44, i punti si distribuiscono abbastanza vicino alla retta.



**Figura 77.** Normal probability plot relativo al parametro HCOV.

### 5.9.3 PARAMETRO HSI, INDICE DI SUCCESSO DELL'IDROSEMINA

Anche con riferimento al parametro HSI, noto come indice di successo dell'idrosemina (Matesanz et al, 2006), i dati rilevati sono stati analizzati statisticamente tramite l'applicazione di un modello lineare generale (General Linear Model, acronimo GLM). L'analisi è stata implementata nel seguente modo:

- variabile dipendente Y: HSI
- variabili indipendenti X: blocco, data, tesi.

Le variabili indipendenti blocco, data, tesi introdotte nel modello sono da intendersi come descritto nell'analisi del parametro HCOV; i fattori di ingresso

sono, dunque, tre (blocco, tesi, data) ed il fattore di risposta è HSI. E' da precisare che la variabile "data" corrispondente alla data del rilievo eseguito sulla vegetazione, in questo caso, i dati sono relativi a 17 rilievi a cadenza bisettimanale effettuati a partire dalla data di esecuzione dell'idrosemina fino a fine periodo di monitoraggio con esclusione del periodo estivo (corrispondente a 4 date di rilievo) in cui si è rilevata la presenza di vegetazione del tutto secca e il parametro HSI perde di significato.

Presi in considerazione i tre fattori di ingresso, sono stati studiati gli effetti che essi hanno sul modello e le interazioni fra di essi considerati due per volta. Ancora una volta sono stati studiati l'effetto blocco, l'effetto data e l'effetto tesi, nonché le interazioni blocco-data, blocco-tesi, data-tesi relativamente al parametro HSI.

Le informazioni sul modello fornite dall'analisi GLM eseguita sono riassunte nella seguente tabella 16.

<b>Fattore</b>	<b>Somma dei quadrati</b>	<b>g.d.l</b>	<b>Media di quadrati di scarti</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
blocco	0,00167451	2	0,00083725	0,18	0,8343
data	1,10282	16	0,0689263	14,94	0,0000
tesi	5,01697	3	1,67232	362,48	0,0000
blocco*data	0,205409	32	0,00641903	1,39	0,1118
data*tesi	5,17978	48	0,107912	23,39	0,0000
blocco*tesi	0,045949	6	0,00765817	1,66	0,1392
Residual	0,442901	96	0,00461355		
Total (corrected)	11,9955	203			

**Tabella 16.** Tabella riassuntiva relativa all'analisi statistica riferita al parametro HSI.

L'analisi testa la significatività marginale di ciascun fattore, assumendo che questo sia stato inserito per ultimo nel modello. Per  $p < 0.05$  le interazioni sono significative. Dai valori di p ottenuti e riportati in tabella, si evince che sono significativi i seguenti fattori: data, tesi, interazione data-tesi.

Le statistiche calcolate dal modello sono riportate di seguito:

- $R^2 = 96,3078 \%$

- $R^2_{\text{adj}} = 92.1925 \%$
- Errore standard di stima = 0,0679231
- Errore medio assoluto = 0,0353561
- Statistica di Durbin-Watson = 2,32145 (P=0,9893)

$R^2$  rappresenta la percentuale della variabilità in Y che è stata spiegata con il modello di regressione; esso varia tra 0% e 100%. Per il caso in studio, la regressione ha rappresentato il 96,3% della variabilità nel parametro HSI, indice di successo dell'idrosemina. Il restante 3,7% è attribuibile alle deviazioni dal modello, che possono essere dovuti ad altri fattori, a errori di misurazione, o ad un fallimento del modello assunto per adattarsi ai dati adeguatamente.

Il valore  $R^2_{\text{adj}}$  deriva da  $R^2$  a seguito di una correzione che tiene conto del numero di coefficienti introdotti nel modello.

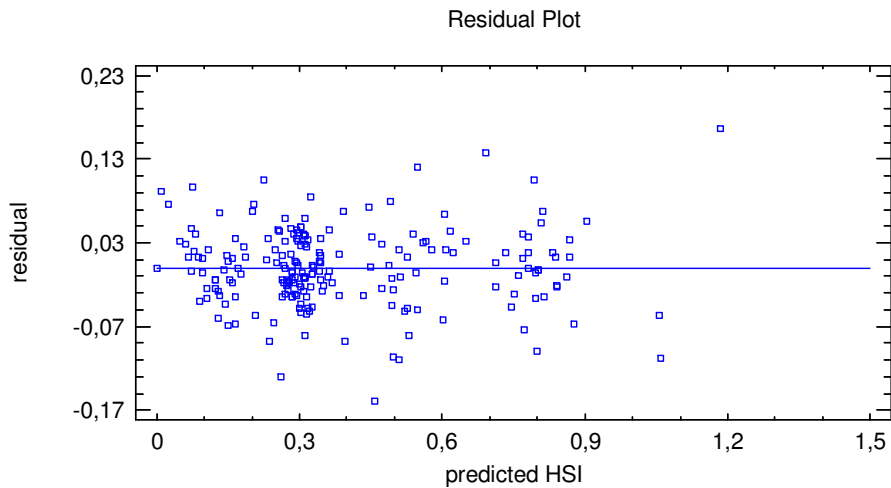
Il valore di errore standard di stima, rappresenta la stima della deviazione standard dei residui (deviazioni attorno al modello) ed è pari a 0.067. Questo valore può essere utilizzato per creare limiti di previsione per nuove osservazioni.

Il valore dell'errore medio assoluto rappresenta il valore medio assoluto dei residui ed è pari a 0.03; indica l'errore medio nel predire la risposta utilizzando il modello costruito.

Il valore della statistica di Durbin-Watson rappresenta una misura della correlazione seriale nei residui; esso testa i residui per determinare se vi è qualche correlazione significativa in base all'ordine in cui compaiono i dati. Se i residui variano in maniera random, tale parametro deve assumere valore prossimo a 2. Dato che il P-value è maggiore di 0.05, non vi è alcuna indicazione di autocorrelazione seriale nei residui.

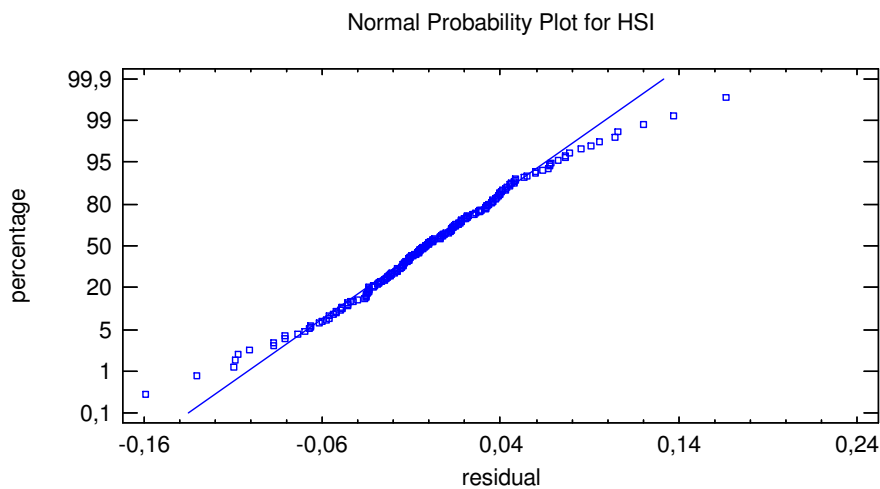
Per i fattori che mostrano valori di p significativi in tabella 16 e che non interagiscono con altri fattori, può essere eseguita una ulteriore analisi effettuando un test di confronto multiplo. In questo caso le medie relative ai valori di HSI ottenuti nelle diverse tesi sono state confrontate tramite il test di Tukey eseguito per  $\alpha = 0.05$ . L'analisi ha fornito differenze statisticamente significative fra le seguenti coppie: test1-test2, test1-test3, test2-test3, test2-test4, test3-test4.

Con riferimento all'analisi dei residui, il grafico di fig.78 mostra ogni possibile dipendenza della varianza residua sulla media; il diagramma mostra una varianza abbastanza costante, anche se con qualche outlier.



**Figura 78.** Grafico dei residui relativo al parametro HSI.

Il normal probability plot (fig.79), può essere usato per determinare se le deviazioni intorno alla linea seguono una distribuzione normale, che è l'assunto utilizzato per formare gli intervalli di previsione. Se le deviazioni seguono una distribuzione normale, esse dovrebbero approssimativamente disporsi lungo una linea retta. Nel grafico di fig.46, i punti si distribuiscono abbastanza vicino alla retta.



**Figura 79.** Normal probability plot relativo al parametro HSI.

#### 5.9.4 PARAMETRO ACQUA SERBATOI

Con riferimento al parametro “acqua serbatoi”, che rappresenta la quantità di acqua raccolta all’interno dei serbatoi posti alla base di ogni subparcella, i dati rilevati sono stati analizzati statisticamente tramite l’applicazione di un modello lineare generale (General Linear Model, acronimo GLM). E’ una metodologia messa a punto per costruire un modello statistico che descrive l’impatto di uno o più fattori X su una o più variabili dipendenti Y. Si da per assunto che gli errori seguano una distribuzione normale.

I dati sono stati organizzati nel seguente modo:

- variabile dipendente Y: acqua serbatoi
- variabili indipendenti X: blocco, data, tesi.

In particolare, la variabile “blocco” rappresenta ciascuno dei 3 blocchi randomizzati, denominati A, B e C, individuati nell’area oggetto di intervento, all’interno dei quali sono state ripetute in maniera random le tesi oggetto di studio. La variabile “data” rappresenta la data del rilievo eseguito sulla quantità di acqua raccolta all’interno dei serbatoi; in totale sono stati eseguiti 21 rilievi a cadenza



bisettimanale a partire dalla data di esecuzione dell'idrosemina fino a fine periodo di monitoraggio. La variabile "tesi" rappresenta la tesi eseguita, corrispondente alle diverse tipologia di idrosemina applicata. In questa analisi viene preso in considerazione anche il testimone (tesi 5).

Nel modello sono presenti tre fattori di ingresso (blocco, tesi, data) ed un fattore di risposta (acqua serbatoi).

Presi in considerazione i tre fattori di ingresso, si studiano gli effetti che essi hanno sul modello e le interazioni fra di essi considerati due per volta. Nel caso in esame sono stati studiati l'effetto blocco, l'effetto data e l'effetto tesi, nonché le interazioni blocco-data, blocco-tesi, data-tesi.

Le informazioni sul modello fornite dall'analisi GLM eseguita sono riassunte nella seguente tabella 17.

<b>Fattore</b>	<b>Somma dei quadrati</b>	<b>g.d.l</b>	<b>Media di quadrati di scarti</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
blocco	0.0576178	2	0.0288089	3.64	0.0284
data	131767	20	6588.34	833073.33	0.0000
tesi	54856.5	4	13714.1	1734104.3	0.0000
				0	
blocco*data	0.285662	40	0.00714156	0.90	0.6378
blocco*tesi	0.13323	8	0.0166537	2.11	0.0381
data*tesi	134458.	80	1680.73	212522.19	0.0000
Residui	1.26536	160	0.00790848		
Totale (corretto)	321083	314			

**Tabella 17.** Tabella riassuntiva relativa all'analisi statistica riferita al parametro acqua serbatoi.

L'analisi testa la significatività marginale di ciascun fattore, assumendo che questo sia stato inserito per ultimo nel modello. Per  $p < 0.05$  le interazioni sono significative. Dai valori di  $p$  ottenuti e riportati in tabella, si evince che sono significativi i seguenti fattori: blocco, data, tesi, interazione blocco-tesi, interazione data-tesi.

Le statistiche calcolate dal modello sono riportate di seguito:

- $R^2 = 99.9996$  percent
- $R^2_{adj} = 99.9992$  percent
- Errore standard di stima = 0.0889296

- Errore medio assoluto = 0.0457423
- Statistica di Durbin-Watson = 2.79799 (P=1.000)

$R^2$  rappresenta la percentuale della variabilità in Y che è stata spiegata con il modello di regressione; esso varia tra 0% e 100%. Per il caso in studio, la regressione ha rappresentato il 99,99% della variabilità nel parametro acqua serbatoi. Il restante 0,01% è attribuibile alle deviazioni dal modello, che in questo caso sono del tutto trascurabili.

Il valore  $R^2_{adj}$  deriva da  $R^2$  a seguito di una correzione che tiene conto del numero di coefficienti introdotti nel modello; nel caso in esame si mantiene considerevolmente alto.

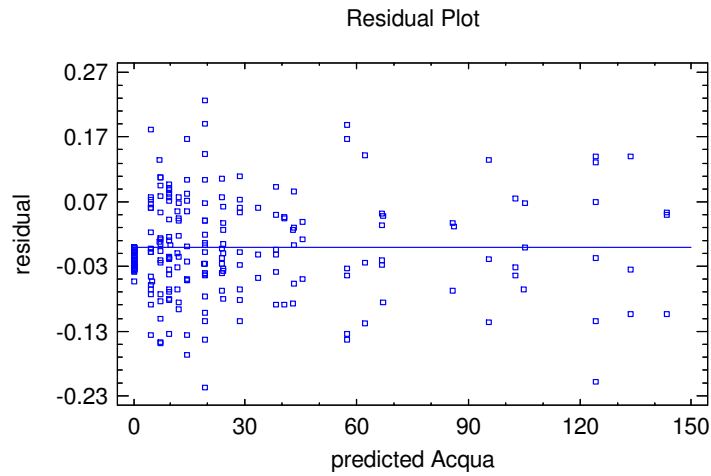
Il valore dell'errore standard di stima rappresenta la stima della deviazione standard dei residui (deviazioni attorno al modello) ed è pari a 0.09. Questo valore può essere utilizzato per creare limiti di previsione per nuove osservazioni.

Il valore dell'errore medio assoluto rappresenta il valore medio assoluto dei residui ed è pari a 0.045; indica l'errore medio nel predire la risposta utilizzando il modello costruito.

Il valore della statistica di Durbin-Watson rappresenta una misura della correlazione seriale nei residui; esso testa i residui per determinare se vi è qualche correlazione significativa in base all'ordine in cui compaiono i dati. Se i residui variano in maniera random, tale parametro deve assumere valore prossimo a 2. Dato che il P-value è maggiore di 0.05, non vi è alcuna indicazione di autocorrelazione seriale nei residui.

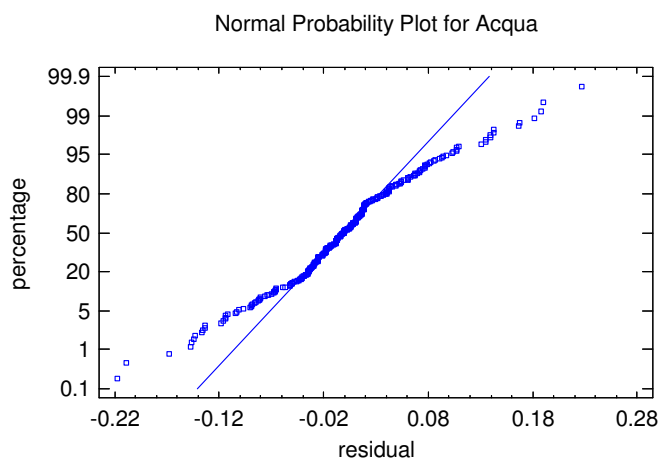
Per i fattori che mostrano valori di p significativi in tabella 17 e che non interagiscono con altri fattori, può essere eseguita una ulteriore analisi effettuando un test di confronto multiplo. In questo caso le medie relative ai valori di “acqua serbatoi” ottenuti nelle diverse tesi sono state confrontate tramite il test di Tukey eseguito per  $\alpha = 0.05$ . L'analisi ha fornito differenze statisticamente significative fra tutte le tesi prese a coppie.

Con riferimento all'analisi dei residui, il grafico di fig. 80 mostra ogni possibile dipendenza della varianza residua sulla media; il diagramma mostra una varianza abbastanza costante; non si evidenzia la presenza di outlier.



**Figura 80.** Grafico dei residui relativo al parametro “acqua serbatoi”.

Il normal probability plot (fig.81), può essere usato per determinare se le deviazioni intorno alla linea seguono una distribuzione normale, che è l'assunto utilizzato per formare gli intervalli di previsione. Se le deviazioni seguono una distribuzione normale, esse dovrebbero approssimativamente disporsi lungo una linea retta.



**Figura 81.** Normal probability plot relativo al parametro “acqua serbatoi”.

### 5.9.5 PARAMETRO “ALTEZZA VEGETAZIONE SPONTANEA”

Con riferimento al parametro “altezza vegetazione spontanea”, che rappresenta il valore dell’altezza, espressa in cm, della vegetazione spontanea (non idroseminata), i dati rilevati sono stati analizzati statisticamente tramite l’applicazione di un modello lineare generale (General Linear Model, acronimo GLM). E’ una metodologia messa a punto per costruire un modello statistico che descrive l’impatto di uno o più fattori X su una o più variabili dipendenti Y. Si da per assunto che gli errori seguano una distribuzione normale.

I dati sono stati organizzati nel seguente modo:

- variabile dipendente Y: altezza vegetazione spontanea
- variabili indipendenti X: blocco, data, tesi.

In particolare, la variabile “blocco” rappresenta ciascuno dei 3 blocchi randomizzati, denominati A, B e C, individuati nell’area oggetto di intervento, all’interno dei quali sono state ripetute in maniera random le tesi oggetto di studio. La variabile “data” rappresenta la data del rilievo eseguito sulla vegetazione; in totale sono stati eseguiti 21 rilievi a cadenza bisettimanale a partire dalla data di esecuzione dell’idrosemina fino a fine periodo di monitoraggio. La variabile “tesi” rappresenta la tesi eseguita, corrispondente alle diverse tipologia di idrosemina applicata (tesi da 1 a 4). In questa analisi viene preso in considerazione anche il testimone (tesi 5).

Nel modello sono presenti tre fattori di ingresso (blocco, tesi, data) ed un fattore di risposta (altezza vegetazione spontanea).

Presi in considerazione i tre fattori di ingresso, si studiano gli effetti che essi hanno sul modello e le interazioni fra di essi considerati due per volta. Nel caso in esame sono stati studiati l’effetto blocco, l’effetto data e l’effetto tesi, nonché le interazioni blocco-data, blocco-tesi, data-tesi.

Le informazioni sul modello fornite dall’analisi GLM eseguita sono riassunte nella seguente tabella 18.

Fattore	Somma dei quadrati	g.d.l	Media di quadrati di scarti	F-Ratio	P-Value
blocco	415,257	2	207,629	10,32	0,0001
data	432928	20	21646,4	1075,96	0,0000
tesi	8557,84	4	2139,46	106,34	0,0000
blocco*data	872,076	40	21,8019	1,08	0,3545
blocco*tesi	260,425	8	32,5532	1,62	0,1234
data*tesi	13011,6	80	162,645	8,08	0,0000
Residui	3218,91	160	20,1182		
Totale (corretto)	459264	314			

**Tabella 18.** Tabella riassuntiva relativa all'analisi statistica riferita al parametro "altezza vegetazione spontanea".

L'analisi testa la significatività marginale di ciascun fattore, assumendo che questo sia stato inserito per ultimo nel modello. Per  $p < 0.05$  le interazioni sono significative. Dai valori di  $p$  ottenuti e riportati in tabella, si evince che sono significativi i seguenti fattori: blocco, data, tesi, interazione data-tesi.

Le statistiche calcolate dal modello sono riportate di seguito:

- $R^2 = 99.2991 \%$
- $R^2_{adj} = 98.6245 \%$
- Errore standard di stima = 4.48533
- Errore medio assoluto = 2.29227
- Statistica di Durbin-Watson = 2.87718 (P=1.000)

$R^2$  rappresenta la percentuale della variabilità in Y che è stata spiegata con il modello di regressione; esso varia tra 0% e 100%. Per il caso in studio, la regressione ha rappresentato circa il 99,3% della variabilità nel parametro altezza della vegetazione spontanea. Il restante 0,7% è attribuibile alle deviazioni dal modello, che possono essere dovuti ad altri fattori, a errori di misurazione, o ad un fallimento del modello assunto per adattarsi ai dati adeguatamente.

Il valore  $R^2_{adj}$  deriva da  $R^2$  a seguito di una correzione che tiene conto del numero di coefficienti introdotti nel modello; nel caso in esame si mantiene considerevolmente alto.

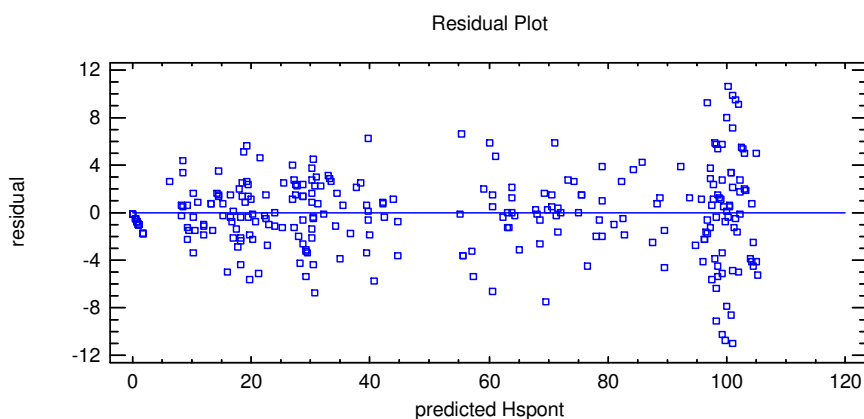
Il valore di errore standard di stima rappresenta la stima della deviazione standard dei residui (deviazioni attorno al modello) ed è pari a 4.48. Questo valore può essere utilizzato per creare limiti di previsione per nuove osservazioni.

Il valore di errore medio assoluto rappresenta il valore medio assoluto dei residui ed è pari a 2.29; indica l'errore medio nel predire la risposta utilizzando il modello costruito.

Il valore della statistica di Durbin-Watson rappresenta una misura della correlazione seriale nei residui; esso testa i residui per determinare se vi è qualche correlazione significativa in base all'ordine in cui compaiono i dati. Se i residui variano in maniera random, tale parametro deve assumere valore prossimo a 2. Dato che il P-value è maggiore di 0.05, non vi è alcuna indicazione di autocorrelazione seriale nei residui.

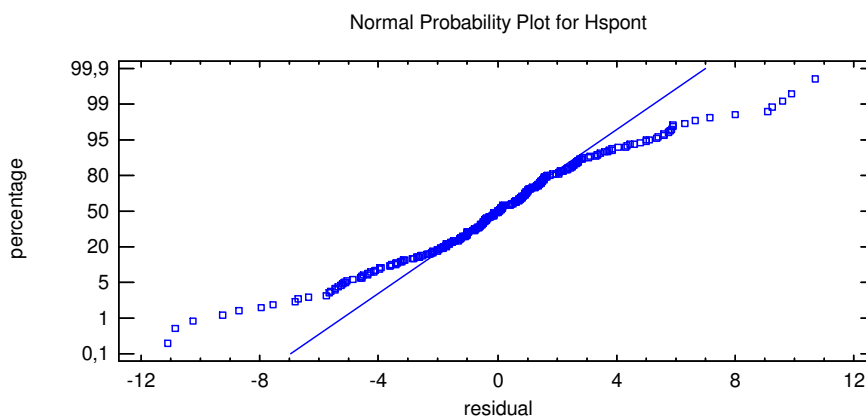
Per i fattori che mostrano valori di p significativi in tabella 18 e che non interagiscono con altri fattori, può essere eseguita una ulteriore analisi effettuando un test di confronto multiplo. In questo caso le medie relative ai valori di “altezza vegetazione spontanea” ottenuti nelle diverse tesi sono state confrontate tramite il test di Tukey eseguito per  $\alpha = 0.05$ . L'analisi ha fornito differenze statisticamente significative fra le seguenti coppie: test1-test2, test1-test5, test2-test4, test2-test5, test3-test5, test4-test5.

Con riferimento all'analisi dei residui, il grafico di fig. 82 mostra ogni possibile dipendenza della varianza residua sulla media; il diagramma mostra una varianza abbastanza costante; non si evidenzia la presenza di outlier.



**Figura 82.** Grafico dei residui relativo al parametro “altezza vegetazione spontanea”.

Il normal probability plot (fig.83), può essere usato per determinare se le deviazioni intorno alla linea seguono una distribuzione normale, che è l'assunto utilizzato per formare gli intervalli di previsione. Se le deviazioni seguono una distribuzione normale, esse dovrebbero approssimativamente disporsi lungo una linea retta.



**Figura 83.** Normal probability plot relativo al parametro “altezza vegetazione spontanea”.

### 5.9.6 PARAMETRO “ALTEZZA MONOCOTILEDONI”

Con riferimento al parametro altezza monocotiledoni nell’ambito della vegetazione idroseminata, i dati rilevati sono stati analizzati statisticamente tramite l’applicazione di un modello lineare generale (General Linear Model, acronimo GLM). I dati sono stati organizzati nel seguente modo:

- variabile dipendente Y: altezza monocotiledoni
- variabili indipendenti X: blocco, data, tesi.

In particolare, la variabile “blocco” rappresenta ciascuno dei 3 blocchi randomizzati, denominati A, B e C, individuati nell’area oggetto di intervento, all’interno dei quali sono state ripetute in maniera random le tesi oggetto di studio. La variabile “data” rappresenta la data del rilievo eseguito sulla vegetazione; in totale sono stati eseguiti 21 rilievi a cadenza bisettimanale a partire dalla data di

esecuzione dell'idrosemina fino a fine periodo di monitoraggio. La variabile "tesi" rappresenta la tesi eseguita, corrispondente alle diverse tipologia di idrosemina applicata (tesi da 1 a 4). In questa analisi ovviamente non viene preso in considerazione il testimone (tesi 5).

Nel modello sono presenti tre fattori di ingresso (blocco, tesi, data) ed un fattore di risposta (altezza monocotiledoni).

Presi in considerazione i tre fattori di ingresso, si studiano gli effetti che essi hanno sul modello e le interazioni fra di essi considerati due per volta. Nel caso in esame sono stati studiati l'effetto blocco, l'effetto data e l'effetto tesi, nonché le interazioni blocco-data, blocco-tesi, data-tesi.

Le informazioni sul modello fornite dall'analisi GLM eseguita sono riassunte nella seguente tabella 19.

<b>Fattore</b>	<b>Somma dei quadrati</b>	<b>g.d.l</b>	<b>Media di quadrati di scarti</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
blocco	7,75532	2	3,87766	8,17	0,0005
data	9283,23	20	464,162	977,43	0,0000
tesi	1345,19	3	448,395	944,23	0,0000
blocco*data	23,188	40	0,5797	1,22	0,2046
blocco*tesi	5,21135	6	0,868558	1,83	0,0990
data*tesi	1995,29	60	33,2548	70,03	0,0000
Residui	56,9853	120	0,474878		
<b>Totale (corretto)</b>	<b>12716,8</b>	<b>251</b>			

**Tabella 19.** Tabella riassuntiva relativa all'analisi statistica riferita al parametro "altezza monocotiledoni".

L'analisi testa la significatività marginale di ciascun fattore, assumendo che questo sia stato inserito per ultimo nel modello. Per  $p < 0.05$  le interazioni sono significative. Dai valori di p ottenuti e riportati in tabella, si evince che sono significativi i seguenti fattori: blocco, data, tesi, interazione data-tesi.

Le statistiche calcolate dal modello sono riportate di seguito:

- $R^2 = 99.5519 \%$
- $R^2_{adj} = 99.0627 \%$
- Errore standard di stima = 0,689114
- Errore medio assoluto = 0,355978



- Statistica di Durbin-Watson = 2.53379 (P=1.000)

$R^2$  rappresenta la percentuale della variabilità in Y che è stata spiegata con il modello di regressione; esso varia tra 0% e 100%. Per il caso in studio, la regressione ha rappresentato circa il 99,5% della variabilità nel parametro “altezza monocotiledoni”. Il restante 0,5% è attribuibile alle deviazioni dal modello, che possono essere dovuti ad altri fattori, a errori di misurazione, o ad un fallimento del modello assunto per adattarsi ai dati adeguatamente.

Il valore  $R^2_{adj}$  deriva da  $R^2$  a seguito di una correzione che tiene conto del numero di coefficienti introdotti nel modello; nel caso in esame si mantiene considerevolmente alto.

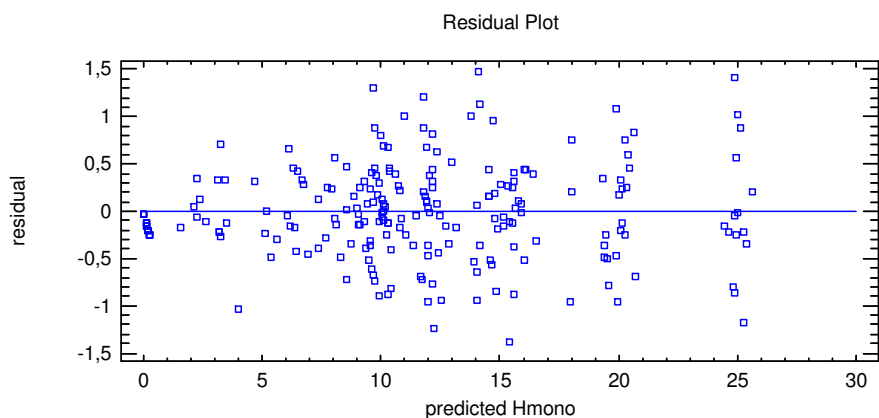
Il valore di errore standard di stima rappresenta la stima della deviazione standard dei residui (deviazioni attorno al modello) ed è pari a 0.69. Questo valore può essere utilizzato per creare limiti di previsione per nuove osservazioni.

Il valore di errore medio assoluto rappresenta il valore medio assoluto dei residui ed è pari a 0.36; indica l'errore medio nel predire la risposta utilizzando il modello costruito.

Il valore della statistica di Durbin-Watson rappresenta una misura della correlazione seriale nei residui; esso testa i residui per determinare se vi è qualche correlazione significativa in base all'ordine in cui compaiono i dati. Se i residui variano in maniera random, tale parametro deve assumere valore prossimo a 2. Dato che il P-value è maggiore di 0.05, non vi è alcuna indicazione di autocorrelazione seriale nei residui.

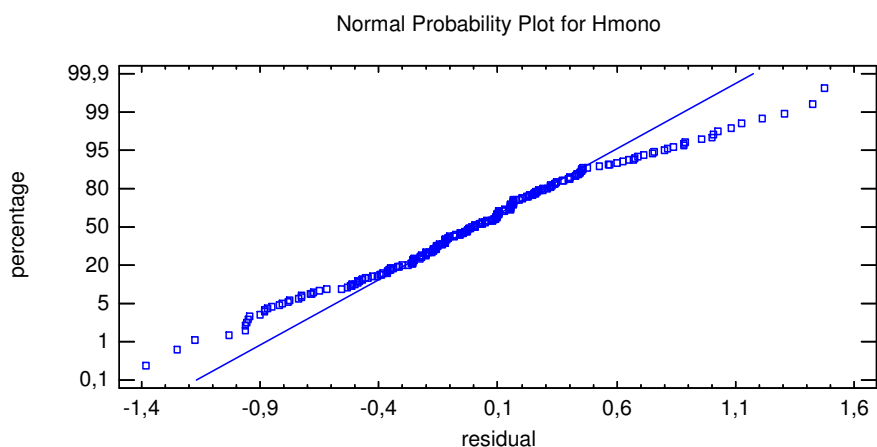
Per i fattori che mostrano valori di p significativi in tabella 19 e che non interagiscono con altri fattori, può essere eseguita una ulteriore analisi effettuando un test di confronto multiplo. In questo caso le medie relative ai valori di “altezza monocotiledoni” ottenuti nelle diverse tesi sono state confrontate tramite il test di Tukey eseguito per  $\alpha = 0.05$ . L'analisi ha fornito differenze statisticamente significative fra tutte le coppie messe a confronto: test1-test2, test1-test3, test1-test4, test2-test3, test2-test4, test3-test4.

Con riferimento all'analisi dei residui, il grafico di fig. 84 mostra ogni possibile dipendenza della varianza residua sulla media; il diagramma mostra una varianza abbastanza costante; non si evidenzia la presenza di outlier.



**Figura 84.** Grafico dei residui relativo al parametro “altezza monocotiledoni”.

Il normal probability plot (fig.85), può essere usato per determinare se le deviazioni intorno alla linea seguono una distribuzione normale, che è l'assunto utilizzato per formare gli intervalli di previsione. Se le deviazioni seguono una distribuzione normale, esse dovrebbero approssimativamente disporsi lungo una linea retta.



**Figura 85.** Normal probability plot relativo al parametro “altezza monocotiledoni”.

### 5.9.7 PARAMETRO “ALTEZZA DICOTILEDONI”

Con riferimento al parametro altezza dicotiledoni nell’ambito della vegetazione idroseminata, i dati rilevati sono stati analizzati statisticamente tramite l’applicazione di un modello lineare generale (General Linear Model, acronimo GLM). I dati sono stati organizzati nel seguente modo:

- variabile dipendente Y: altezza dicotiledoni
- variabili indipendenti X: blocco, data, tesi.

In particolare, la variabile “blocco” rappresenta ciascuno dei 3 blocchi randomizzati, denominati A, B e C, individuati nell’area oggetto di intervento, all’interno dei quali sono state ripetute in maniera random le tesi oggetto di studio. La variabile “data” rappresenta la data del rilievo eseguito sulla vegetazione; in totale sono stati eseguiti 21 rilievi a cadenza bisettimanale a partire dalla data di esecuzione dell’idrosemina fino a fine periodo di monitoraggio. La variabile “tesi” rappresenta la tesi eseguita, corrispondente alle diverse tipologia di idrosemina applicata (tesi da 1 a 4). In questa analisi ovviamente non viene preso in considerazione il testimone (tesi 5).

Nel modello sono presenti tre fattori di ingresso (blocco, tesi, data) ed un fattore di risposta (altezza dicotiledoni).

Presi in considerazione i tre fattori di ingresso, si studiano gli effetti che essi hanno sul modello e le interazioni fra di essi considerati due per volta. Nel caso in esame sono stati studiati l’effetto blocco, l’effetto data e l’effetto tesi, nonché le interazioni blocco-data, blocco-tesi, data-tesi.

Le informazioni sul modello fornite dall’analisi GLM eseguita sono riassunte nella seguente tabella 20.

Fattore	Somma dei quadrati	g.d.l	Media di quadrati di scarti	F- Ratio	P-Value
blocco	2,40722	2	1,20361	4,36	0,0149
data	8870,28	20	443,514	1605,97	0,0000
tesi	2762,86	3	920,954	3334,79	0,0000
blocco*data	10,4078	40	0,260194	0,94	0,5736
blocco*tesi	0,331825	6	0,0553042	0,20	0,9761
data*tesi	3301,76	60	55,0293	199,26	0,0000
Residui	33,1398	120	0,276165		
Totale (corretto)	14981,2	251			

**Tabella 20.** Tabella riassuntiva relativa all'analisi statistica riferita al parametro "altezza dicotiledoni".

L'analisi testa la significatività marginale di ciascun fattore, assumendo che questo sia stato inserito per ultimo nel modello. Per  $p < 0.05$  le interazioni sono significative. Dai valori di  $p$  ottenuti e riportati in tabella, si evince che sono significativi i seguenti fattori: blocco, data, tesi, interazione data-tesi.

Le statistiche calcolate dal modello sono riportate di seguito:

- $R^2 = 99.7788 \%$
- $R^2_{adj} = 99.5373 \%$
- Errore standard di stima = 0,525514
- Errore medio assoluto = 0,263968
- Statistica di Durbin-Watson = 2.78002 ( $P=1.000$ )

$R^2$  rappresenta la percentuale della variabilità in  $Y$  che è stata spiegata con il modello di regressione; esso varia tra 0% e 100%. Per il caso in studio, la regressione ha rappresentato circa il 99,8% della variabilità nel parametro "altezza dicotiledoni". Il restante 0,2% è attribuibile alle deviazioni dal modello, che possono essere dovuti ad altri fattori, a errori di misurazione, o ad un fallimento del modello assunto per adattarsi ai dati adeguatamente.

Il valore  $R^2_{adj}$  deriva da  $R^2$  a seguito di una correzione che tiene conto del numero di coefficienti introdotti nel modello; nel caso in esame si mantiene considerevolmente alto.

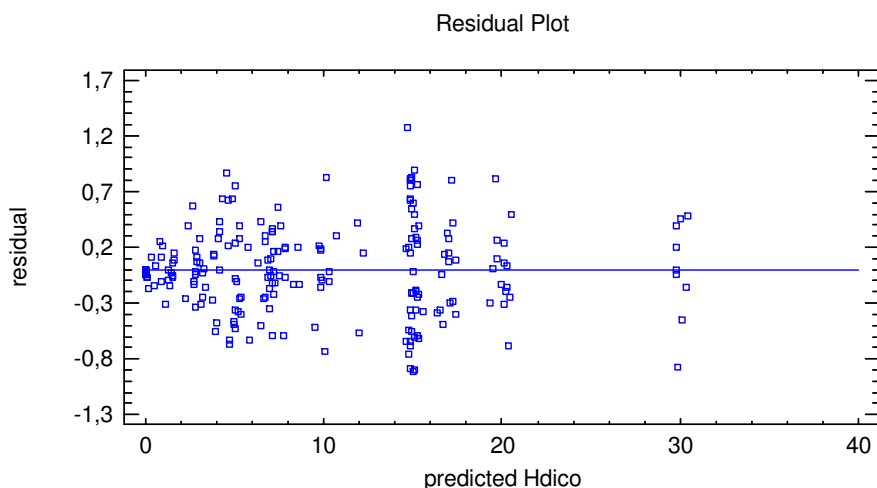
Il valore di errore standard di stima rappresenta la stima della deviazione standard dei residui (deviazioni attorno al modello) ed è pari a 0.52. Questo valore può essere utilizzato per creare limiti di previsione per nuove osservazioni.

Il valore di errore medio assoluto rappresenta il valore medio assoluto dei residui ed è pari a 0.26; indica l'errore medio nel predire la risposta utilizzando il modello costruito.

Il valore della statistica di Durbin-Watson rappresenta una misura della correlazione seriale nei residui; esso testa i residui per determinare se vi è qualche correlazione significativa in base all'ordine in cui compaiono i dati. Se i residui variano in maniera random, tale parametro deve assumere valore prossimo a 2. Dato che il P-value è maggiore di 0.05, non vi è alcuna indicazione di autocorrelazione seriale nei residui.

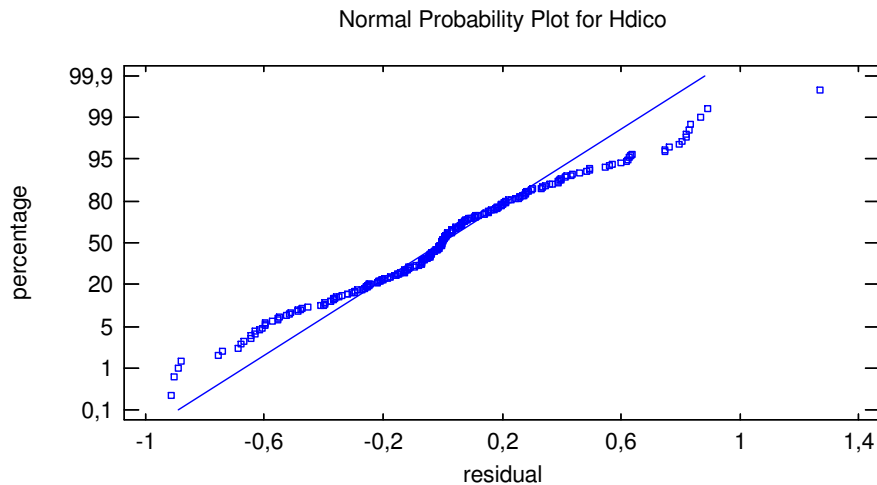
Per i fattori che mostrano valori di p significativi in tabella 20 e che non interagiscono con altri fattori, può essere eseguita una ulteriore analisi effettuando un test di confronto multiplo. In questo caso le medie relative ai valori di “altezza dicotiledoni” ottenuti nelle diverse tesi sono state confrontate tramite il test di Tukey eseguito per  $\alpha = 0.05$ . L'analisi ha fornito differenze statisticamente significative fra tutte le coppie messe a confronto: test1-test2, test1-test3, test1-test4, test2-test3, test2-test4, test3-test4.

Con riferimento all'analisi dei residui, il grafico di fig.86 mostra ogni possibile dipendenza della varianza residua sulla media; il diagramma mostra una varianza abbastanza costante; non si evidenzia la presenza di outlier.



**Figura 86.** Grafico dei residui relativo al parametro “altezza dicotiledoni”.

Il normal probability plot (fig.87), può essere usato per determinare se le deviazioni intorno alla linea seguono una distribuzione normale, che è l'assunto utilizzato per formare gli intervalli di previsione. Se le deviazioni seguono una distribuzione normale, esse dovrebbero approssimativamente disporsi lungo una linea retta.



**Figura 87.** Normal probability plot relativo al parametro “altezza dicotiledoni”.

### 5.9.8 PARAMETRO “COPERTURA PERCENTUALE MONOCOTILEDONI - MONOCOV”

Con riferimento al parametro “copertura percentuale delle monocotiledoni” nell’ambito della vegetazione idroseminata, per brevità denominato MONOCOV, i dati rilevati sono stati analizzati statisticamente tramite l’applicazione di un modello lineare generale (General Linear Model, acronimo GLM). I dati sono stati organizzati nel seguente modo:

- variabile dipendente Y: copertura percentuale monocotiledoni
- variabili indipendenti X: blocco, data, tesi.

In particolare, la variabile “blocco” rappresenta ciascuno dei 3 blocchi randomizzati, denominati A, B e C, individuati nell’area oggetto di intervento, all’interno dei quali sono state ripetute in maniera random le tesi oggetto di studio. La variabile “data” rappresenta la data del rilievo eseguito sulla vegetazione; in totale sono stati eseguiti 21 rilievi a cadenza bisettimanale a partire dalla data di esecuzione dell’idrosemina fino a fine periodo di monitoraggio. La variabile “tesi” rappresenta la tesi eseguita, corrispondente alle diverse tipologia di idrosemina applicata (tesi da 1 a 4). In questa analisi ovviamente non viene preso in considerazione il testimone (tesi 5).

Nel modello sono presenti tre fattori di ingresso (blocco, tesi, data) ed un fattore di risposta (copertura percentuale delle monocotiledoni).

Presi in considerazione i tre fattori di ingresso, si studiano gli effetti che essi hanno sul modello e le interazioni fra di essi considerati due per volta. Nel caso in esame sono stati studiati l’effetto blocco, l’effetto data e l’effetto tesi, nonché le interazioni blocco-data, blocco-tesi, data-tesi.

Le informazioni sul modello fornite dall’analisi GLM eseguita sono riassunte nella seguente tabella 21.

<b>Fattore</b>	<b>Somma dei quadrati</b>	<b>g.d.l</b>	<b>Media di quadrati di scarti</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
blocco	4.32389	2	2.16194	4.09	0.0191
data	197066	20	9853.31	18659.8	0.0000
tesi	1222.84	3	407.613	771.92	0.0000
blocco*data	39.7444	40	0.993611	1.88	0.0047
blocco*tesi	1.27929	6	0.213214	0.40	0.8753
data*tesi	12402.6	60	206.711	391.46	0.0000
Residui	63.3657	120	0.528048		
Totale (corretto)	210800	251			

**Tabella 21.** Tabella riassuntiva relativa all’analisi statistica riferita al parametro “copertura percentuale monocotiledoni”.

L’analisi testa la significatività marginale di ciascun fattore, assumendo che questo sia stato inserito per ultimo nel modello. Per  $p < 0.05$  le interazioni sono significative. Dai valori di p ottenuti e riportati in tabella, si evince che sono

significativi i seguenti fattori: data, tesi, interazione blocco-data, interazione data-tesi.

Le statistiche calcolate dal modello sono riportate di seguito:

- $R^2 = 99.9699 \%$
- $R^2_{\text{adj}} = 99.9371 \%$
- Errore standard di stima = 0,726669
- Errore medio assoluto = 0,373747
- Statistica di Durbin-Watson = 2.4886 (P=1.000)

$R^2$  rappresenta la percentuale della variabilità in Y che è stata spiegata con il modello di regressione; esso varia tra 0% e 100%. Per il caso in studio, la regressione ha rappresentato circa il 99,97% della variabilità nel parametro “copertura percentuale monocotiledoni”. Il restante 0,03% è attribuibile alle deviazioni dal modello, che possono essere dovuti ad altri fattori, a errori di misurazione, o ad un fallimento del modello assunto per adattarsi ai dati adeguatamente. In questo caso le deviazioni sono del tutto trascurabili.

Il valore  $R^2_{\text{adj}}$  deriva da  $R^2$  a seguito di una correzione che tiene conto del numero di coefficienti introdotti nel modello; nel caso in esame si mantiene considerevolmente alto.

Il valore di errore standard di stima rappresenta la stima della deviazione standard dei residui (deviazioni attorno al modello) ed è pari a 0.73. Questo valore può essere utilizzato per creare limiti di previsione per nuove osservazioni.

Il valore di errore medio assoluto rappresenta il valore medio assoluto dei residui ed è pari a 0.37; indica l'errore medio nel predire la risposta utilizzando il modello costruito.

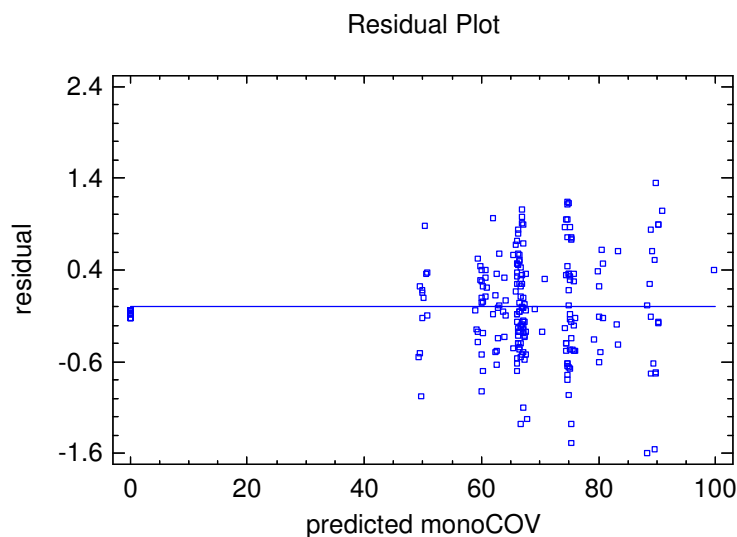
Il valore della statistica di Durbin-Watson rappresenta una misura della correlazione seriale nei residui; esso testa i residui per determinare se vi è qualche correlazione significativa in base all'ordine in cui compaiono i dati. Se i residui variano in maniera random, tale parametro deve assumere valore prossimo a 2. Dato che il P-value è maggiore di 0.05, non vi è alcuna indicazione di autocorrelazione seriale nei residui.

Per i fattori che mostrano valori di p significativi in tabella 21 e che non interagiscono con altri fattori, può essere eseguita una ulteriore analisi effettuando



un test di confronto multiplo. In questo caso le medie relative ai valori di “copertura percentuale monocotiledoni” ottenuti nelle diverse tesi sono state confrontate tramite il test di Tukey eseguito per  $\alpha = 0.05$ . L’analisi ha fornito differenze statisticamente significative fra tutte le coppie messe a confronto: test1-test2, test1-test3, test1-test4, test2-test3, test2-test4, test3-test4.

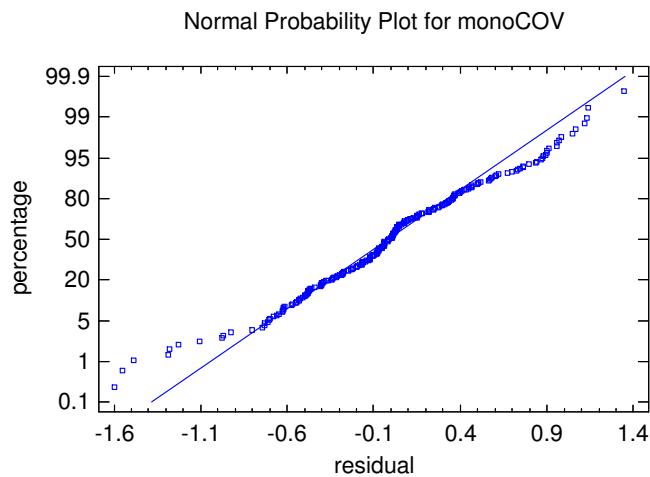
Con riferimento all’analisi dei residui, il grafico di fig.88 mostra ogni possibile dipendenza della varianza residua sulla media; il diagramma mostra una varianza abbastanza costante; non si evidenzia la presenza di outlier.



**Figura 88.** Grafico dei residui relativo al parametro “copertura percentuale monocotiledoni”.

Il normal probability plot (fig.89), può essere usato per determinare se le deviazioni intorno alla linea seguono una distribuzione normale, che è l’assunto utilizzato per formare gli intervalli di previsione. Se le deviazioni seguono una

distribuzione normale, esse dovrebbero approssimativamente disporsi lungo una linea retta, come accade nel caso in esame.



**Figura 89.** Normal probability plot relativo al parametro “copertura percentuale monocotiledoni”.

### 5.9.9 PARAMETRO “COPERTURA PERCENTUALE DICOTILEDONI - DICOCOV”

Con riferimento al parametro “copertura percentuale delle dicotiledoni” nell’ambito della vegetazione idroseminata, per brevità denominato DICOCOV, i dati rilevati sono stati analizzati statisticamente tramite l’applicazione di un modello lineare generale (General Linear Model, acronimo GLM). I dati sono stati organizzati nel seguente modo:

- variabile dipendente Y: copertura percentuale dicotiledoni
- variabili indipendenti X: blocco, data, tesi.

In particolare, la variabile “blocco” rappresenta ciascuno dei 3 blocchi randomizzati, denominati A, B e C, individuati nell’area oggetto di intervento,

all'interno dei quali sono state ripetute in maniera random le tesi oggetto di studio. La variabile "data" rappresenta la data del rilievo eseguito sulla vegetazione; in totale sono stati eseguiti 21 rilievi a cadenza bisettimanale a partire dalla data di esecuzione dell'idrosemina fino a fine periodo di monitoraggio. La variabile "tesi" rappresenta la tesi eseguita, corrispondente alle diverse tipologia di idrosemina applicata (tesi da 1 a 4). In questa analisi ovviamente non viene preso in considerazione il testimone (tesi 5).

Nel modello sono presenti tre fattori di ingresso (blocco, tesi, data) ed un fattore di risposta (copertura percentuale delle dicotiledoni).

Presi in considerazione i tre fattori di ingresso, si studiano gli effetti che essi hanno sul modello e le interazioni fra di essi considerati due per volta. Nel caso in esame sono stati studiati l'effetto blocco, l'effetto data e l'effetto tesi, nonché le interazioni blocco-data, blocco-tesi, data-tesi.

Le informazioni sul modello fornite dall'analisi GLM eseguita sono riassunte nella seguente tabella 22.

Fattore	Somma dei quadrati	g.d.l	Media di quadrati di scarti	F-Ratio	P-Value
blocco	3.14341	2	1.57171	3.78	0.0256
data	42090.5	20	2104.52	5061.25	0.0000
tesi	1224.67	3	408.222	981.75	0.0000
blocco*data	14.7583	40	0.368956	0.89	0.6604
blocco*tesi	3.05437	6	0.509061	1.22	0.2986
data*tesi	12397.1	60	206.619	496.91	0.0000
Residui	49.8973	120	0.415811		
Totale (corretto)	55783.1	251			

**Tabella 22.** Tabella riassuntiva relativa all'analisi statistica riferita al parametro "copertura percentuale dicotiledoni".

L'analisi testa la significatività marginale di ciascun fattore, assumendo che questo sia stato inserito per ultimo nel modello. Per  $p < 0.05$  le interazioni sono significative. Dai valori di  $p$  ottenuti e riportati in tabella, si evince che sono significativi i seguenti fattori: blocco, data, tesi, interazione data-tesi.

Le statistiche calcolate dal modello sono riportate di seguito:

- $R^2 = 99.9106 \%$
- $R^2_{\text{adj}} = 99.8129 \%$
- Errore standard di stima = 0,644834
- Errore medio assoluto = 0,338353
- Statistica di Durbin-Watson = 2.80291 (P=1.000)

$R^2$  rappresenta la percentuale della variabilità in Y che è stata spiegata con il modello di regressione; esso varia tra 0% e 100%. Per il caso in studio, la regressione ha rappresentato circa il 99,91% della variabilità nel parametro “copertura percentuale dicotiledoni”. Il restante 0,09% è attribuibile alle deviazioni dal modello, che possono essere dovuti ad altri fattori, a errori di misurazione, o ad un fallimento del modello assunto per adattarsi ai dati adeguatamente. In questo caso le deviazioni sono trascurabili.

Il valore  $R^2_{\text{adj}}$  deriva da  $R^2$  a seguito di una correzione che tiene conto del numero di coefficienti introdotti nel modello; nel caso in esame si mantiene considerevolmente alto.

Il valore di errore standard di stima rappresenta la stima della deviazione standard dei residui (deviazioni attorno al modello) ed è pari a 0.64. Questo valore può essere utilizzato per creare limiti di previsione per nuove osservazioni.

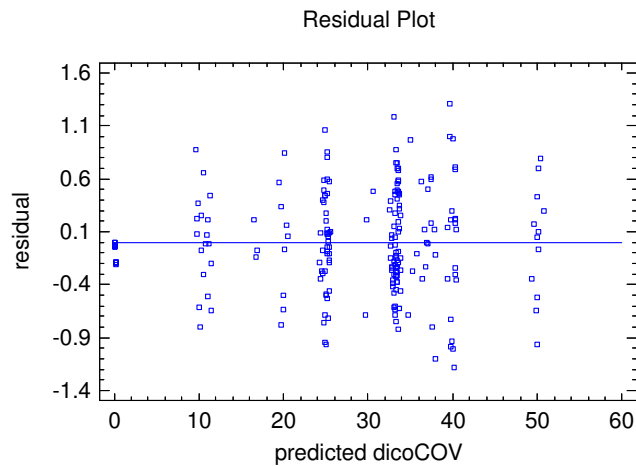
Il valore di errore medio assoluto rappresenta il valore medio assoluto dei residui ed è pari a 0.34; indica l'errore medio nel predire la risposta utilizzando il modello costruito.

Il valore della statistica di Durbin-Watson rappresenta una misura della correlazione seriale nei residui; esso testa i residui per determinare se vi è qualche correlazione significativa in base all'ordine in cui compaiono i dati. Se i residui variano in maniera random, tale parametro deve assumere valore prossimo a 2. Dato che il P-value è maggiore di 0.05, non vi è alcuna indicazione di autocorrelazione seriale nei residui.

Per i fattori che mostrano valori di p significativi in tabella 22 e che non interagiscono con altri fattori, può essere eseguita una ulteriore analisi effettuando un test di confronto multiplo. In questo caso le medie relative ai valori di “copertura percentuale dicotiledoni” ottenuti nelle diverse tesi sono state

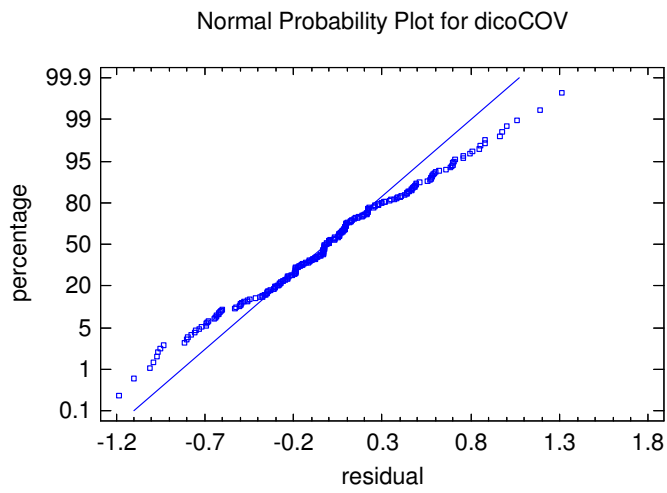
confrontate tramite il test di Tukey eseguito per  $\alpha = 0.05$ . L'analisi ha fornito differenze statisticamente significative fra tutte le coppie messe a confronto: test1-test2, test1-test3, test1-test4, test2-test3, test2-test4, test3-test4.

Con riferimento all'analisi dei residui, il grafico di fig.90 mostra ogni possibile dipendenza della varianza residua sulla media; il diagramma mostra una varianza abbastanza costante; non si evidenzia la presenza di outlier.



**Figura 90.** Grafico dei residui relativo al parametro “copertura percentuale dicotiledoni”.

Il normal probability plot (fig.91), può essere usato per determinare se le deviazioni intorno alla linea seguono una distribuzione normale, che è l'assunto utilizzato per formare gli intervalli di previsione. Se le deviazioni seguono una distribuzione normale, esse dovrebbero approssimativamente disporsi lungo una linea retta, come accade nel caso in esame.



**Figura 91.** Normal probability plot relativo al parametro “copertura percentuale dicotiledoni”.

## 6. CONCLUSIONI

L'applicazione di diverse tipologie di idrosemina in un sito a forte degrado ambientale, ha fornito interessanti risultati come tecnica per la sostenibilità ed il risanamento ambientale in Area mediterranea.

La migliore copertura vegetale relativa alle specie idroseminate (HCOV) si è registrata nella tesi 2 (idrosemina a spessore) con una copertura vegetale dell'80% della superficie totale della parcella, con valori massimi nel periodo compreso fra febbraio e giugno. Segue la tesi 1 (a matrice di fibre legate) con una copertura vegetale del 40 – 50%, con valori massimi nel periodo febbraio – marzo. Infine la tesi 3 (potenziata + idroretentore) e 4 (potenziata) hanno registrato valori simili di copertura vegetale pari al 30% con valori massimi nel periodo che va da febbraio a maggio.

Per quanto riguarda l'indice di successo dell'idrosemina (HSI), la tesi che ha fornito il miglior risultato è stata la 2 (idrosemina a spessore) con un valore pari a 0,9, mantenuto per l'intero periodo che va da febbraio a giugno. Segue la tesi 1 con un valore HSI di circa 0,5 registrato in un periodo molto ristretto che va da febbraio a marzo. Le tesi 3 e 4, sebbene abbiano registrato valori di HSI inferiori della tesi 1 di circa il 40%, hanno mantenuto lo 0,3 HSI per più di tre mesi, da febbraio a metà maggio.

L'altezza della vegetazione spontanea raggiunge i 100 cm, in tutte le parcelle idroseminate, dopo circa 3 mesi dall'intervento. Nel testimone, tesi 5, l'altezza della vegetazione spontanea raggiunge il massimo sviluppo (100 cm) dopo circa 4 mesi dall'intervento. L'anticipo nelle tesi idroseminate è da attribuire all'azione esplicata dai concimi presenti nelle diverse miscele impiegate.

L'altezza maggiore della vegetazione idroseminata si è registrata nella tesi 2 con valori medi di circa 25 cm per le monocotiledoni e di circa 20 cm per le dicotiledoni. Segue la tesi 3 con valori compresi fra 15 – 20 cm per le dicotiledoni e fra 10 – 15 cm per le monocotiledoni. Le tesi 1 e 4 hanno registrato valori in altezza della vegetazione idroseminata rispettivamente di circa 10 cm e 8 cm.

Per quanto riguarda le specie idroseminate, le monocotiledoni hanno registrato valori percentuali sempre maggiori rispetto alle dicotiledoni di circa 60 – 80% , in tutte le parcelle idroseminate.

Dal contenuto in acqua presente nei serbatoi proveniente dalle parcelle oggetto di studio si evince che la tesi che ha fatto scorrere superficialmente una maggiore quantità d'acqua piovana è la tesi 2.

In conclusione, da questo primo studio, si può affermare che la tipologia di idrosemina che ha fornito una maggiore efficienza in termini di copertura vegetale è quella a spessore. Si tratta di una prima applicazione in ambiente mediterraneo, che lascia ben sperare in ulteriori ricerche che si applicheranno nel brevissimo futuro come tecnica alternativa alle tradizionali, per la sostenibilità ed il risanamento ambientale di aree con clima sub-arido fortemente degradate.



## 7. BIBLIOGRAFIA

- 1) Albaladejo Montoro J., Castillo V., Roldàn A. Rehabilitation of degraded soils by water erosion in semiarid environments. In *Soil Degradation and Desertification in Mediterranean Environments*, Rubio J. L., Sala M. (eds). Geoforma : Logroño; 265 – 278 (1996).
- 2) Albaladejo Montoro J., Alvarez Rogel J., Querejeta J., Diaz E, Castillo V. Three hydroseeding revegetation techniques for soil erosion control on anthropic steep slopes. *Land degradation & development* 11:315 – 325 (2000).
- 3) Andel J. V. Communities: interspecific interactions. In: *Restoration Ecology*. Blackwell Publishing, Oxford, p. 319 (2006).
- 4) Andrès P., Jorba M. Mitigation strategies in some motorway Embankments (Catalonia, Spain). *Restoration Ecology* Vol. 8 No. 3: 268 – 275 (2000).
- 5) Andrès P., Zapater V., Pamplona M. Stabilization of Motorway Slopes with Herbaceous Cover; Catalonia, Spain. *Restoration Ecology* Vol. 4 No. 1, 51 – 60 (1996).
- 6) Arnaez J., Larrea V. Erosion models and hydrogeomorphological functioning on hill-roads (Iberian System, La-Rioja, Spain). *Zeitschrift Fur Geomorphologie*, 38: 343 – 354 (1994).
- 7) Bagnaresi U., Ferrari C., Muzzi E., Rossi G. Ricerche per la sistemazione a verde di una cava di argilla. Comune di Carpineti, Reggio Emilia (1992).
- 8) Balaguer L. Las limitaciones de la restauraciòn de la cubierta vegetal. *Ecosistemas* XI:1 (available from <http://www.revistaecosistemas.net>).
- 9) Balisky A. C., Burto P. J. Root zone soil temperature variation associated with microsite characteristics in high elevation forest openings in the interior of British Columbia. *Agric. For. Meteorol.* 77: 31 – 54 (1995).
- 10) Balsari P., Manzone M., Audisio I. Macchine per l'idrosemina, confronto per valutare la funzionalità. *Sherwood*, 117: 29 – 34 (2005).
- 11) Balsari P., Manzone M. Macchine per l'idrosemina, confronto per valutare i costi di inerbimento. *Sherwood*, 118: 19 – 22 (2006).

- 12) Barnett A. P., Diseker E. G., Richardson E. C. Evaluation of mulching methods for erosion control on newly prepared and seeded highway black-slopes. *Agronomy Journal*, 59: 83 – 85 (1967).
- 13) Barvenik F. W. Polyacrylamide characteristics related to soil applications. *Soil Science*, 158: 235 – 243 (1994).
- 14) Ben-Hur M., Faris J., Malik M., Letey J. Polymers as soil conditioners under consecutive irrigations and rainfall. *Soil Science Society of America Journal*, 53: 1173 – 1177 (1989).
- 15) Blal B. Production, application and regulation of commercial AMF inoculants in agriculture ICOM 4 (Montreal) Proceedings; 308 (2003).
- 16) Blanco-Garcia A., Linding-Cisneros R. Incorporating restoration in sustainable forestry management: using pine-bark mulch to improve native species establishment on tephra deposits. *Restoration Ecology*, 13: 703 – 709 (2005).
- 17) Bochet E., García-Fayos P. Factors controlling vegetation establishment and water erosion on motorway slopes in Valencia, Spain. *Restoration Ecology*, 12: 166 – 174 (2004).
- 18) Bochet E., García-Fayos P., Tormo J. How can we control erosion of roadslopes in semiarid Mediterranean areas? Soil improvement and native plant establishment. *Land Degradation & Development*, 21: 110 – 121 (2010).
- 19) Bochet E., Tormo J., García-Fayos P. Native species for roadslope revegetation: selection, validation and cost effectiveness. *Restoration Ecology*, 1 – 8 (2007).
- 20) Bochet E., Tormo J., García-Fayos P. Road slope revegetation in semiarid Mediterranean environments. Part I: seed dispersal and spontaneous colonization. *Restoration Ecology*, 15: 88 – 96 (2007).
- 21) Brindle F. A. Use of native vegetation and biostimulants for controlling soil erosion on steep terrain. In: *Proceedings of the Eight International Conference on Low – Volume Roads 2003*, vols. 1 and 2, 203 – 209 (2003).

- 22) Brofas G., Mantakas G., Tsagari K., Stefanakis M., Varelides C. Effectiveness of cellulose, straw and binding materials for mining spoils revegetation by hydroseeding, in Central Greece. *Ecological Engineering*, 31: 193 – 199 (2007).
- 23) Brofas G. *Paysages et exploitations minières. Recherche appliquée dans la région de Delphes (Grèce Centrale). Thèse de Docteur – ingénieur Université de Paris VII.* (1979).
- 24) Brofas G. Survival and development of *Robinia pseudoacacia* and *Spartium junceum* seedlings planted on calcareous spoil banks from bauxite mining. *Geotechnical Science. Issues 3 (1)*, 42 – 52 (1992).
- 25) Brofas G., Varelides C. Hydroseeding and mulching for establishing vegetation on mining spoils in Greece. *Land Degradation and Development*, 11: 375 – 382 (2000).
- 26) Brown C. S., Rice K. J. The mark of Zorro: effects of the exotic annual grass *Vulpia Myuros* on California native perennial grasses. *Restoration Ecology*, 8: 10 – 17 (2000).
- 27) Cano A., Navia R., Amezaga I., Montalvo J. Local topoclimate effect on short-term cutslope reclamation success. *Ecological Engineering*, 18: 489 – 498 (2002).
- 28) Cerdà A., García-Fayos P. The influence of slope angle on sediment, water and seed losses on badland landscapes. *Geomorphology*, 18: 77 – 90 (1997).
- 29) Coppin N. J., Bradshaw A. D. *Quarry reclamation: The establishment of vegetation in quarries and open pit non-metal mines.* Mining Journal books, London, UK (1982).
- 30) Cotts N. R., Redente E. F., Schiller R. Restoration methods for abandoned roads at lower elevations in Grand-Teton National-Park, Wyoming. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 5: 235 – 249 (1991).
- 31) Dale J. E. The control of leaf expansion. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant. Mol. Biol.* 39: 267 – 295 (1988).
- 32) De Lira A. C. S., Guedes M. C., Schalch V. Sewage sludge re cycling in eucalypt plantation: Carbon and nitrose (Reciclagem de lodo de esgoto em

- plantação de eucalipto: Carbono e nitrogênio). *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 13(2): 207 – 216 (2008).
- 33) De Oña J., Osorio F. Application of sludge from urban wastewater treatment plants in road's embankments. *Journal of Hazardous Materials*, B 131: 37 – 45 (2006).
- 34) Diaz E., Roldán A., Lax A., Albaladejo Montoro J. Formation of stable aggregates in degraded soils by amendment with urban refuse and peat. *Geoderma* 63: 277 – 288 (1994).
- 35) Dragona G. I rinverdimenti delle piste da sci della Val Gardena per I Mondiali del 1970. *Natura e Montagna*, 9 (1), 41 -46 (1969).
- 36) Dragona G., Schiechl H. M. Il “nero verde” contro l’erosione delle scarpate. *Monti e Boschi*, 33 (6), 31 – 36 (1971).
- 37) Dubayah R. C. Modeling a solar radiation topoclimatology for Rio Grande River Basin. *Journal of Vegetation Science*, 5: 627 – 640 (1994).
- 38) Estaún V., Vincente S., Calvet C., Camprubi A., Busquets M. Integration of arbuscular Mycorrhiza inoculation in hydroseeding technology: effects on plant growth and inter-species competition. *Land Degradation & Development*, 18: 621 – 630 (2007).
- 39) Evans T. P., Winterhalder B. Modified solar insolation as an agronomic factor in terraced environments. *Land Degradation & Development*, 11: 273 – 287 (2000).
- 40) FAO. FAO Watershed Management Field Manual-Vegetative and Soil Treatment Measures. Conservation Guide 13/1. FAO, Rome (1985).
- 41) Ferrari C., D’Antuono F. L’evoluzione della vegetazione in un intervento di inerbimento. *Rivista di Agronomia*, 15 (1): 21 – 37 (1981).
- 42) Ferrer A., Mochon I., De Oña J., Osorio F. Evolution of the soil and vegetation cover on road embankments after the application of sewage sludge. *Water Air Soil Pollut.*, 214: 231 – 240 (2011).
- 43) García-Fayos P., Cerdà A. Seed losses by surface wash in degraded Mediterranean environments. *Catena*, 29: 73 – 83 (1997).
- 44) García-Palacios P., Soliveres S., Maestre F. T., Escudero A., Castillo-Monroy A. P., Valladares F. Dominant plant species modulate responses

- to hydroseeding, irrigation and fertilization during the restoration of semiarid motorway slopes. *Ecological Engineering*, 36: 1290 – 1298 (2010).
- 45) Gerhardt T., Spliethoff H., Hein K. Thermische Nutzung von Klärschlämmen in Kraftwerksfeuerungsanlagen. *J. Entsorgungspraxis*, 3: 50 – 58 (1997).
- 46) Giacobbe A. Il rimboschimento di terreni argillosi in *Atti del Congresso. Rimboschimenti e ricostruzione dei boschi degradati*. Firenze, 287 – 311 (1961).
- 47) González-Alday J., Marrs R. H., Martínez-Ruiz C. The importance of topography and climate on short-term revegetation of coal wastes in Spain. *Ecological Engineering*, 36: 579 – 585 (2010).
- 48) González-Alday J., Marrs R. H., Martínez-Ruiz C. The influence of aspect on early growth dynamics of hydroseeded species in coal reclamation areas. *Applied Vegetation Science*, 11: 405 – 412 (2008).
- 49) González-Alday J., Martínez-Ruiz C. Cambios en la comunidad vegetal sobre estériles de carbón tras hidrosiembra. *Ecología*, 21: 59 – 70 (2007).
- 50) Gray D. H., Leiser A. T. *Biotechnical slope protection and erosion control*. Van Nostrand Reinhold, New York (1982).
- 51) Gretarsdottir J., Aradottir A. L., Vandvik V., Heegaard E., Birks H. J. B. Long-term effects of reclamation treatments on plant succession in Iceland. *Restoration Ecology*, 12: 268 – 278 (2004).
- 52) Grime J. P., Jeffrey D. W. Seedling establishment in vertical gradients of sunlight. *Journal of Ecology* 53: 621 – 642 (1965).
- 53) Gupta S., Dowdy R., Larson W. Hydraulic and thermal properties of a sandy soil as influenced by incorporation of sewage sludge. *Soil Science Society of America Journal*, 41: 601 – 605 (1977).
- 54) Harley J. L., Harley E. L. A check-list of mycorrhiza in the British flora. *New Phytologist (Suppl)* 105: 1 – 102 (1987).
- 55) Harper Lore B. L. Using native plants as problem – solvers. *Environmental Management*, 20: 827 – 830 (1996).

- 56) Harwoods M. R., Hacker J. B., Mott J. J. Field evaluation of seven grasses for use in the revegetation of lands disturbed by coal mining in Central Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 39: 307 – 316 (1999).
- 57) Hildebrand R. H., Watts A. C., Randle A. M. The myths of restoration ecology. *Ecological Society*, 10: 19 (2005).
- 58) Holmes P. M. Shrubland restoration following woody alien invasion and mining: effects of topsoil depth, seed source, and fertilizer addition. *Restoration Ecology*, 9: 71 – 84 (2001).
- 59) Hooper D. U., Chapin F. S., Ewel J. J., Hector A., Inchausti P., Lavorel S., Lawton J. H., Lodge D. M., Loreau M., Naeem S., Schmid B., Setälä H., Symstad A. J., Vandermeer J., Wardle D. A. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75: 3 – 35 (2005).
- 60) ITGE. Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. Serie: Ingeniería Geoambiental. Ministerio de Industria y Energía: Madrid. 1989.
- 61) Jochimsen M. E. Vegetation development and species assemblages in a long-term reclamation project on mine spoil. *Ecological Engineering*, 17: 187 – 198 (2001).
- 62) Jones H. G. *Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology*, 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK (1996).
- 63) Jover F. Revegetación de taludes de autovías y autopistas (Revegetation of highway slopes). In: Peinado M., Sobrini I. M. (Eds.), *Avances en evaluación de impacto ambiental y ecoauditoría*. Trotta, Madrid, Spain, 513 – 528 (1997).
- 64) Khaleel R., Redy K., Overcash M. Changes in soil physical properties due to organic waste applications. *Journal of Environmental Quality*, 10: 133 – 141 (1981).

- 65) Kirkby M. J., Atkinson K., Lockwood J. Aspect, vegetation cover and erosion on semiarid hillslopes. In: Thornes J. B. (ed.) *Vegetation and erosion*, 25 – 39. John Wiley & Sons, New York, NY, US (1990).
- 66) Kleijn D. Can establishment characteristics explain the poor colonization success of late successional grassland species on ex-arable land? *Restoration Ecology*, 11: 131 – 138 (2003).
- 67) Luken J. O. *Directing ecological succession*. Chapman & Hall, London (1990).
- 68) Madon O, Médail F. The ecological significance of annuals on a Mediterranean grassland. *Plant Ecology*, 129: 189 – 199 (1997).
- 69) Marriot C. A., Barthram G. T., Bolton G. R. Seasonal dynamics of leaf extension and losses to senescence and herbivory in extensively managed sown ryegrass-white clover swards. *Journal of Agricultural Science*, 132: 77 – 89 (1999).
- 70) Martínez-Ruiz C. Dinàmica de la recuperaciòn de zones alteradas por moviments de terra: sucesiòn vegetal y clasificaciòn de especies segùn su actividad colonizadora. Ph. D. dissertation. Universidad Complutense de Madrid, Spain.
- 71) Martínez-Ruiz C., Fernàndez-Santos B., Putwain P. D., Fernàndez-Gòmez M. J. Natural and man-induced revegetation on mining wastes: changes in the floristic composition during early succession. *Ecological Engineering*, 30: 286 – 294 (2007).
- 72) Martínez-Ruiz C., Marrs R. H. Some factors affecting successional change on uranium mine wastes: insights for ecological restoration. *Appl. Veg. Sci.*, 10: 333 – 342 (2007).
- 73) Matesanz S., Valladares F. Improving revegetation of gypsum slopes is not a simple matter of adding native species: Insight from a multispecies experiment. *Ecological Engineering*, 30: 67 – 77 (2007).
- 74) Matesanz S., Valladares F., Tena D., Costa-Tenorio M., Bote D. Early dynamics of plant communities on revegetated motorway scope from Southern Spain: is hydroseeding always needed?. *Restoration Ecology* vol. 14, 2: 297 – 307 (2006).

- 75) Mayland H. F. Correlation of exposure and potential solar radiation to plant frequency of *Agropyron desertorum*. *Ecology*, 53: 1204 – 1206 (1972).
- 76) Medici E. (ed.). *L'utilizzazione dei terreni argillosi dell'Appennino*. ISEA, Bologna (1978).
- 77) Merlin G., Di Gioia L., Goddon C. Comparative study of the capacity of germination and of adhesion of various hydrocolloids used for revegetalization by hydroseeding. *Land Degradation & Development*, 10: 21 – 34 (1999).
- 78) Miles S. R., Haskins D. M., Ranken D. W. Emergency burn rehabilitation: cost, risk and effectiveness. *Proceedings of the Symposium on Fire and Watershed Management*, Sacramento, California 97 -102 (1989).
- 79) Miller R. M., Jastrow D. J. The application of VA mycorrhizae to ecosystem restoration and reclamation. In *Mycorrhizal Functioning*, Allen M. F. (ed). Chapman & Hall: New York, NY; 438 – 467 (1992).
- 80) Miyawaki A., Golley F. B. Forest reconstruction as ecological engineering. *Ecological Engineering*, 2: 333 – 345 (1993).
- 81) Miyazaki T., Hasegawa S., Kasubuchi T. *Water flow in soil*. Marcel Dekker, Inc, New York, NY (1993).
- 82) Montalvo A. M., McMillan P. A., Allen E. B. The relative importance of seeding method, soil ripping and soil variables on seeding success. *Restoration Ecology*, vol. 10, 1: 52 – 67 (2002).
- 83) Morgan R. P. C. Implications. In: Kirkby M. J., Morgan R. P. C. (Eds.), *Soil Erosion*. John Wiley & Sons, Inc, New York, NY, 253 – 301 (1980).
- 84) Mostaghimi S., Deizman M. M., Dillaha T. A., Heatwole C. D. Impact of land application of sewage sludge on runoff water quality. *Transactions of the ASAE* 32: 491 – 496 (1989).
- 85) Muller S., Dutoit T., Alard D., Grevilliot F. Restoration and rehabilitation of species-rich grassland ecosystems in France: a review. *Restoration Ecology*, 6: 94 – 101 (1998).



- 86) Muzzi E., Roffi F., Sirotti M, Bagnaresi U. Revegetation techniques on clay soil scope in Northern Italy. *Land Degradation & Development* 8: 127 – 137 (1997).
- 87) Navarro J., Jonte M. A. La erosión hídrica en los desmontes de la N-610 y N-611 en la circumvalación de la ciudad de Palencia. *Rutas*, 54: 35 – 42 (1996).
- 88) Nicolau J. M. Rainfall erosion on surface coal mine spoil banks in mediterranean environment. European Conference & Trade Exposition on Erosion Control. Barcellona, Spain, 29 – 31 May 1996. International Erosion Control Association (1996).
- 89) Nicolau J. M. Runoff generation and routing on artificial slopes in a Mediterranean-continental environment: the Teruel coalfield, Spain. *Hydrological Processes*, 16: 631 – 647 (2002).
- 90) Noble E. L. Sediment reduction through watershed rehabilitation. Proceedings of the Federal Interagency Sedimentation Conference. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Washington, D. C. (1965).
- 91) Norris J. E., Stokes A., Mickovski S. B., Cammeraat E., Van Beek R., Nicoll B. C., Achim A. Slope Stability and Erosion Control: Ecotechnological Solutions. Springer, Dordrecht, The Netherlands (2008).
- 92) Novak J., Prach K. Vegetation succession in basalt quarries: pattern on a landscape scale. *Applied Vegetation Science*, 6: 111 – 116 (2003).
- 93) Noy-Meir I. Desert ecosystems: environment and producers. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 4: 25 – 52 (1973).
- 94) Oberhuber W., Kofler W. Topographic influences on radial growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) at small spatial scales. *Plant Ecology*, 146: 231 – 240 (2000).
- 95) Pèrez A. Atlas climàtic de la Comunitat Valenciana (1961 – 1990). Conselleria d'Obres Pùbliques Urbanisme I Transports, Valencia, Spain (1994).

- 96) Petersen S. L., Roundy B. A., Bryant R. M. Revegetation methods for high – elevation roadsides at Bryce Canyon National Park, Utah. *Restoration Ecology*, 12: 248 – 257 (2004).
- 97) Prach K., Pysek P. Using spontaneous succession for restoration of human-disturbed habitats: experience from Central Europe. *Ecological Engineering*, 17: 55 – 62 (2001).
- 98) Reay S. D., Norton D. A. Assessing the success of restoration plantings in a temperate New Zealand forest. *Restoration Ecology*, 7: 298 – 308 (1999).
- 99) Roa-Espinosa A., Bubenzer G. D., Miyashita E. S. Sediment and runoff control on construction sites using four application methods of polyacrylamide mix. Paper no. 992013, 1999 ASAE Annual International Meeting, Toronto, Canada (1999).
- 100) Roberts R. D., Bradshaw A. D. The development of a hydraulic seeding technique for unstable sand slopes. II. Field evaluation. *Journal of Applied Ecology*, 22: 979 – 994 (1985).
- 101) Robichaud P. R., Beyers J. L., Neary D. G. Evaluating the effectiveness of postfire rehabilitation treatments. General Technical Report. United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, Colorado. (2000).
- 102) Rokich D. P., Dixon K. W., Sivasithamparam K., Meney K. A. Topsoil handling and storage effects on woodland restoration in Western Australia. *Restoration Ecology*, 8: 196 – 208 (2000).
- 103) Roldan A., Albaladejo J. Effect of mycorrhizal inoculation and soil restoration on the growth of *Pinus halepensis* seedlings in a semiarid soil. *Biology and Fertility of Soil*, 18: 143 – 149 (1994).
- 104) Roldan A., Albaladejo J., Thornes J. Aggregate stability changes in a semiarid soil after treatment with different organic amendments. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 10: 139 – 148 (1996).
- 105) Roldan A., García-Orenes F., Lax A. An incubation experiment to determine factors involving aggregation changes in an arid soil receiving urban refuse. *Soil Biology and Biochemistry*, 26: 1699 – 1707 (1994).

- 106) Schelesinger W. H., Reynolds J. F., Cunningham G. L., Huenneke L. F., Jarrell W. M., Virginia R. A., Whitford W. G. Biological feedbacks in global desertification. *Science*, 247: 1043 – 1048 (1990).
- 107) Schiechl H. M. *Bioengineering for Land Reclamation and Conservation*. University of Alberta Press, Edmonton, Canada (1980).
- 108) Schuman G. E., Booth D. T., Cockrell J. R. Cultural methods for establishing Wyoming big sagebrush on mined lands. *Journal Range Management*, 51 (2): 223 – 230 (1998).
- 109) Seamann F. *Agrometeorology*. Springer Verlag, New York. (1979).
- 110) Sheldon J. C., Bradshaw A. D. The development of a hydraulic seeding technique for unstable sand slopes. I. Effects of fertilizers, mulches and stabilizers. *Journal of Applied Ecology*, 14, 905 – 918 (1977).
- 111) Sidle R. C., Brown R. W., Williams B. D. Erosion processes on arid minespoil slopes. *Soil Science Society of American Journal*, 57 (5): 1341 – 1347 (1993).
- 112) Simpson B. Revegetation and erosion control of subsoil in the UK. In *Proceeding of Conference XIX International Erosion Control Association*. International Erosion Control Association: Steamboat Springs, Colorado; 287 – 296 (1988).
- 113) Siniscalco C., Reyneri A., Ciotti A., Peyron A., Pala S. Use of wild plant herbaceous species for revegetation. *Acta Horticulturae*, 457: 371 – 378 (1998).
- 114) Skousen J., Zipper C. E. Revegetation species and practices. *Reclamation guidelines for surface mined lands in southwest Virginia, Powell River Project*, Virginia Cooperative Extension Publication, 460 (1996).
- 115) Sluis W. J. Patterns of species richness and composition in re-created grassland. *Restoration Ecology*, 10: 677 – 684 (2002).
- 116) Smith J. A., Deput E. J., Schuman G. E. Wood residue and fertilizer amendment of bentonite mine spoils. II. Plant species responses. *Journal of Environmental Quality*, 15, 427 – 435 (1986).

- 117) Smith J. A., Schuman G. E., Deput E. J., Sedbrook T. A. Wood residue and fertilizer amendment of bentonite mine spoils. I. Plant species responses. *Journal of Environmental Quality*, 14, 575 – 580 (1985).
- 118) Sojka R. E., Lentz R. D. Polyacrylamide for furrow irrigation erosion control. *Irrigation Journal*, 8 – 11 (1996).
- 119) Sojka R. E., Lentz R. D., Westermann D. T. Water and erosion management with multiple applications of polyacrylamide in furrow irrigation. *Soil Science Society of America Journal* 62: 1672 – 1680 (1998).
- 120) Sort X., Alcañiz J. M. *Land Degradation & Development*, 10: 3 – 12 (1999).
- 121) Soupir M. L., Mostaghimi S., Masters A., Flahive K. A., Vaughan D. H., Mendez A., McClellan P. W. Effectiveness of polyacrylamide (PAM) in improving runoff water quality from construction sites. *Journal of American Water Resources Association* (February 2004): 53 – 66 (2004).
- 122) Sternberg M., Shoshany M. Influence of slope aspect on Mediterranean woody formations: Comparison of a semiarid and an arid site in Israel. *Ecological Research*, 16: 335 – 345 (2001).
- 123) Stocking M., Albaladejo J. Refuse isn't rubbish. *Ambio*, 23: 229 – 232 (1994).
- 124) Strasburger E., Noll F., Schenck H., Schimper A. F. W. *Trattato di Botanica*, Antonio Delfino Editore, 923 – 924 (1986).
- 125) Thomson J. C., Ingold T. Erosion control in European construction. In *Proceeding of Conference XIX International Erosion Control Association*. International Erosion Control Association: Steamboat Springs, Colorado; 3 – 21 (1988).
- 126) Tilton L. Hydro-seeding: keeping the soil in place after you are gone. *Erosion Control March – April*: 56 – 63 (1996).
- 127) Tinsley M. J., Simmons M. T., Windhager S. The establishment success of native versus non – native herbaceous seed mixes on a revegetated road side in central Texas. *Ecological Engineering*, 26: 231 – 240 (2006).

- 128) Tormo J., Bochet E., García-Fayos P. Is seed availability enough to ensure colonization success? An experimental study in road embankments. *Ecological Engineering*, 26: 224 – 230 (2006).
- 129) Tormo J., Bochet E., García-Fayos P. Roadfill revegetation in semiarid mediterranean environments. Part II: topsoiling, species selection, and hydroseeding. *Restoration Ecology*, vol. 15. no. 1, 97 – 102 (2007).
- 130) Tormo J., García-Fayos P., Bochet E. Relative importance of plant traits and ecological filters in road embankment revegetation under semiarid Mediterranean conditions. *Ecological Engineering*, 33: 258 – 264 (2008).
- 131) Torri D. Slope, aspect and surface storage. In: Agassi M. (Ed), *Soil Erosion, Conservation and Rehabilitation*. Marcel Dekker, Inc, New York, NY, 77 – 106 (1996).
- 132) Trout T. J., Sojka R. E., Lentz R. D. Polyacrylamide effect on furrow erosion and infiltration. *Transactions of the ASAE* 38 (3): 761 – 766 (1995).
- 133) Unger P. W. Straw mulch effect on soil temperatures and sorghum germination and growth. *Agronomy Journal*, 70: 858 – 864 (1978).
- 134) Waldron B. L., Monaco T. A., Jensen K. B., Harrison R. D., Palazzo A. J., Kulbeth J. D. Coexistence of native and introduced perennial grasses following simultaneous seeding. *Agronomy Journal*, 97: 990 – 996 (2005).
- 135) Ward S. C., Koch J. M., Ainsworth G. L. The effect of timing of rehabilitation procedures on the establishment of a jarrah forest after bauxite mining. *Restoration Ecology*, 4: 19 – 24 (1996).
- 136) Whisenant S. G., Thurow T. L., Maranz S. J. Initiating autogenic restoration on shallow semiarid sites. *Society for Ecological Restoration*, 3, 61 – 67 (1995).
- 137) Woledge J., Davidson K., Dennis W. D. Growth and photosynthesis of tall and short cultivars of white clover with tall and short grasses. *Grass and Forage Science* 47: 230 – 238 (1992).
- 138) Zohary M. *Geobotanical foundations of the Middle East*, 2 volumes. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, Germany (1973).