



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**  
**Dipartimento Territorio e Sistemi Agroforestali**

**Corso di laurea magistrale in Scienze Forestali e Ambientali**  
Curriculum Progettazione e Gestione Aree Verdi

Valutazione di metodi di diserbo sostenibile per il  
controllo della flora spontanea in aree extra-agricole

**Relatore**

Prof.ssa Lucia Bortolini

**Correlatore**

Prof. Francesco Marinello

**Laureando**

Molena Damiano

Matricola n. 1155355

**ANNO ACCADEMICO 2018/2019**



# INDICE

RIASSUNTO .....	2
ABSTRACT .....	4
1. INTRODUZIONE.....	10
1.1 Le malerbe .....	12
1.1.1 Classificazione delle malerbe .....	12
1.1.2 Storia della lotta alle malerbe .....	16
1.1.3 Le malerbe in aree extra-agricole.....	22
1.2 Metodi per la lotta alle infestanti in aree extra-agricole.....	25
1.2.1 Metodi chimici .....	26
1.2.2 Metodi fisici .....	29
1.2.3 Bioerbicidi.....	32
1.3 Vincoli legislativi e normativa attuale .....	37
2. OBIETTIVI.....	44
3. MATERIALI E METODI.....	46
3.1 Ubicazione delle prove .....	46
3.2 Metodi di diserbo utilizzati .....	49
3.2.1 Acido acetico Urban Weed.....	49
3.2.2 Acido pelargonico Finalsan® Plus .....	52
3.2.3 Scerbatrice meccanica .....	53
3.2.4 Pirodiserbo.....	55
3.3 Trattamenti e rilievi fotografici.....	58
3.3.1 Suddivisione dei trattamenti e tempistiche di intervento.....	58
3.3.2 Rilievo fotografico .....	60
3.4 Elaborazione immagini .....	65

3.4.1	Canopeo.....	65
3.4.2	SPIP - Scanning Probe Image Processor.....	70
3.5	Analisi statistica.....	72
3.5.1	Canopeo.....	72
3.5.2	SPIP - Scanning Probe Image Processor.....	72
3.6	Analisi economica.....	73
4.	RISULTATI.....	74
4.1	Infestanti presenti .....	74
4.2	Effetti visibili sulla flora spontanea .....	79
4.3	Risultati dell'analisi statistica .....	83
4.3.1	Canopeo.....	83
4.3.2	SPIP.....	90
4.3	Analisi dell'effetto dell'andamento climatico sulla crescita delle infestanti .....	96
4.4	Risultati analisi economica .....	99
5.	CONCLUSIONI .....	104
6.	ALLEGATI.....	106
6.1	Tabelle dei risultati in termini di copertura percentuale suddivisi per trattamento.....	106
7.	BIBLIOGRAFIA.....	108

## RIASSUNTO

La flora spontanea in ambiente urbano ha da sempre presentato un problema per l'uomo in quanto implica un ostacolo agli obiettivi che esso si pone.

In questo lavoro di tesi si cerca di fornire una definizione di malerbe, classificandole secondo gli ambiti scientifici della botanica, agronomia e fitosociologia. Viene proposto inoltre un breve riassunto di quella che è stata la lotta alle infestanti in chiave storica e dei metodi maggiormente utilizzati al giorno d'oggi, chimici, fisici e biologici che siano.

In virtù delle nuove normative vigenti in materia di utilizzo dei prodotti fitosanitari, viene proposto uno studio dei metodi alternativi ai tradizionali, che sono basati soprattutto sull'uso del glyphosate e possono essere ritenuti meritevoli di un possibile utilizzo in aree urbane frequentate da quella parte di popolazione denominata "vulnerabile".

Nello specifico le prove sperimentali sono avvenute all'interno del campo da golf della Montecchia (Selvazzano, PD), che da qualche anno sta attuando un protocollo denominato BioGolf, atto alla valorizzazione e alla salvaguardia delle risorse naturali.

I metodi di diserbo utilizzati comprendono due bioerbicidi e due trattamenti fisici, in particolare:

- Acido Acetico (Urban Weed);
- Acido Pelargonico (Finalsan Plus);
- Pirodiserbo (Emilverde di Nardo Emiliano);
- Scerbatrice meccanica (Barbieri S.R.L.).

La sperimentazione è stata condotta replicando i trattamenti su due stradine con ghiaino all'interno del campo da golf da aprile a ottobre 2018. Le prove venivano periodicamente monitorate attraverso dei rilievi fotografici, i cui risultati sono stati poi utilizzati per effettuare un'analisi che permettesse di determinare l'efficacia di ogni metodo. Infine è stata valutata la procedura più efficiente in base ad un confronto tra i costi di diserbo, tenuto conto delle macchine utilizzate e dei tempi di applicazione di ognuno di essi.



## ABSTRACT

Spontaneous flora in urban areas has always been a problem for humanity, as it implies an obstacle to the objectives that it poses.

In this thesis we try to provide a definition for weeds (undesired plants), classifying them according to the scientific fields of botany, agronomy and phytosociology. It is also proposed a brief summary of how has historically been the fight against weeds, and the methods most frequently used nowadays, chemically, physically and biologically.

Following the current new normatives regarding the use of herbicides, a study of alternative methods to the traditional ones is proposed, which can be considered worthy of a possible use in urban areas frequented by the part of the population called "vulnerable".

Specifically, the experimental tests took place within the Montecchia golf course (Selvazzano, PD), in which for some years it has been implemented a protocol called BioGolf, aimed at enhancing and safeguarding natural resources.

The weeding methods used include two bioherbicides and two physical treatments, in particular:

- Acetic acid (Urban Weed);
- Pelargonic acid (Finalsan Plus);
- Pirodiserbo (Emilverde di Nardo Emiliano);
- Mechanical scraper (Barbieri S.R.L.).

The experimentation was carried out by replicating the treatments on two lanes with gravel inside the golf course from April to October 2018. The tests were periodically monitored through photographic surveys, the results obtained were then used to perform an analysis that allowed to determine the effectiveness of each method. Finally, the most efficient procedure was evaluated by a comparison of the weeding costs, taking into account the type of machines used and the amount of time that was applied each one.



Non è l'uomo che deve battersi contro una natura ostile,  
ma è la natura indifesa che da generazioni  
è vittima dell'umanità.  
(Jacques-Yves Cousteau)



## 1. INTRODUZIONE

Uomo e Natura costituiscono un binomio tanto veritiero quanto contrastante, dacché possono sì essere associati l'un l'altro come entità appartenenti alla stessa sfera universale, ma sono da sempre condizionati dalla necessità unilaterale di governo che una parte esercita sull'altra. Governo e controllo che fin dai tempi antichi si riscontra sotto forma di disboscamenti, coltivazioni, costruzione di centri abitati, ecc. ed avveniva con mezzi naturali e soprattutto mantenendo sempre un certo equilibrio. Con l'avvento della chimica l'uso indiscriminato di prodotti dannosi per l'ambiente ha cancellato in tal senso ogni forma di rispetto dell'uomo verso la natura, sia pur esso causato da ignoranza o negligenza.

È bene ricordare in ogni caso, che la natura può fare a meno dell'essere umano in quanto le leggi che la governano non tengono conto delle proprie caratteristiche, l'uomo al contrario senza di essa non potrebbe vivere.

In questo lavoro di tesi l'attenzione verrà rivolta ad una pratica con radici antiche quale è il "diserbo", ovvero il controllo delle piante infestanti mediante mezzi che mirano alla loro eliminazione o contenimento. Tratterà in particolare quei metodi che non comportano l'uso di sostanze chimiche dannose per l'uomo e per l'ambiente con un focus su alcuni di essi, mirando a determinare la loro efficienza ed efficacia.



## 1.1 Le malerbe

In chiave storica si può affermare, in accordo con Crafts e Robbins (1962), che “in principio non c’erano malerbe”, in quanto le piante diventano “male” erbe solo dal momento in cui l’uomo si rende conto che queste ostacolano i suoi obiettivi. (Ferrero et al., 2010).

Il termine “mala herbae” ha subito rivisitazioni e modificazioni, ma ha sempre mantenuto inalterato il suo significato di "herba inutilis, herba mortifera, herba sterilis...".

Il progredire delle conoscenze ha portato gli studiosi a cercare definizioni sempre più attente ed esaustive, ma ognuna di esse si è rivelata nel tempo restrittiva e non del tutto esaustiva in quanto il concetto di malerba è un concetto antropocentrico e non ecologico (Trumper e Vigolo, 2001).

L’idea di infestante assume quindi un significato relativo in quanto sono considerate tali tutte le piante che nascono in luoghi non desiderati e interferiscono con l’attività umana.

Si possono comunque definire alcune proprietà generali che le caratterizzano:

- Elevata capacità competitiva;
- Rapida crescita;
- Elevata resilienza;
- Capacità di riproduzione in condizioni avverse.

### 1.1.1 Classificazione delle malerbe

La classificazione è il metodo fondamentale di ordinamento che l’uomo ha impiegato sin dai primi tempi della sua civilizzazione, per porre ordine e riconoscere la moltitudine di esseri viventi che lo circondano.

In virtù dei meccanismi biologici e fisiologici da esse posseduti, le malerbe riescono ad adattarsi a differenti e variabili situazioni ambientali. La conoscenza dei relativi caratteri e dei meccanismi di sopravvivenza può essere utile al fine di ricercare razionali soluzioni alle problematiche di controllo.

Esistono differenti classificazioni suddivise a seconda dell’ambito scientifico di appartenenza, che pongono attenzione sui diversi aspetti che le caratterizzano

## CLASSIFICAZIONE BOTANICA

I primi sistemi di classificazione documentati degli organismi viventi risalgono ad Aristotele e Teofrasto (IV sec. a.C.), che identificarono e raggrupparono secondo criteri semplici centinaia di piante e animali. Fino al 1700, però non esisteva un metodo preciso per ordinare le specie secondo criteri razionali e solo nella prima metà del '700 il naturalista svedese Carlo Linneo ebbe l'intuizione di distinguere le piante sulla base della tipologia di organi di riproduzione, attribuendo loro dei nomi latini. Il sistema è stato adottato internazionalmente in botanica, zoologia e batteriologia.

La botanica sistematica si occupa dello studio delle diversità che esistono tra gli organismi e dei rapporti esistenti tra essi, mentre la tassonomia è quella branca che ne studia la classificazione. "I gruppi tassonomici vengono definiti *taxa*, che vengono ordinati in gruppi e sottogruppi, gerarchicamente collegati tra di loro" (Campagna e Rapparini, 2008). Ai fini della classificazione delle infestanti è importante riconoscerne l'appartenenza alla famiglia botanica. Le famiglie più rappresentate nei nostri ambienti sono:

- Graminacee o Poacee (*Lolium*, *Agropyron*, *Phalaris*, *Setaria*, *Cynodon*, *Digitaria*, *Paspalum*, *Echinochloa*, *Poa*, *Sorghum*, *Bromus*);
- Polygonaceae (*Polygonum*, *Rumex*);
- Brassicaceae (*Sinapis*, *Brassica*, *Diplotaxis*, *Raphanus*, *Capsella*, *Myagrum*);
- Papaveraceae (*Papaver*, *Fumaria*, *Portulaca*);
- Compositae o Asteracee (*Matricaria*, *Anthemis*, *Taraxacum*, *Tussilago*, *Sonchus*, *Senecio*, *Cirsium*, *Centaurea*, *Picris*, *Xanthium*);
- Solanaceae (*Solanum*, *Datura*, *Verbena*);
- Caryophyllaceae (*Stellaria*, *Cerastium*);
- Amaranthaceae (*Amaranthus*);
- Chenopodiaceae (*Chenopodium*).

## CLASSIFICAZIONE AGRONOMICA

La classificazione agronomica prevede la trattazione di infestanti principalmente secondo i criteri di raggruppamento morfologico, quindi infestanti dicotiledoni (a foglia larga), monocotiledoni (a foglia stretta), pteridofite (felci ed equiseti) e briofite (muschi).

Esistono anche ulteriori metodi di catalogazione che fanno riferimento ai parametri e alle caratteristiche specifiche che le contraddistinguono; essi comprendono i tipi biologici, ecologici ed ecofisiologici.

### ***Tipi Biologici***

A seconda del ciclo vitale le malerbe, come le piante erbacee in genere, vengono suddivise in tre gruppi principali: annuali, biennali e perenni.

Le annuali nascono e compiono il loro ciclo vitale nell'arco di un anno solare, le biennali generalmente muoiono dopo la fioritura che avviene solitamente il secondo anno, mentre per perenni si intendono tutte quelle specie che vivono per più anni, avendo sviluppato delle strategie di sopravvivenza ben precise.

L'ecologo danese Raunkiaer ha proposto nel 1905 una classificazione più rigorosa, che è stata adottata da Montegut nel 1982 ai fini malerbologici. Essa prevede una suddivisione in base alla forma biologica e quindi a come le piante superano il momento sfavorevole dell'annata, sotto forma di seme o gemma e in questo caso sulla posizione della gemma rispetto alla superficie del terreno.

Le forme biologiche presenti per la maggiore in campo malerbologico sono tre:

- **EMICRIPTOFITE (H):** erbacee pluriennali a riproduzione sessuata con gemme perennanti prossime alla superficie del terreno. Hanno ciclo annuale perché dopo essere andate a fiore le strutture aeree muoiono e solo le gemme alla base del cespo sopravvivono (piante cespitose);
- **GEOFITE (G):** piante la cui persistenza durante la stagione invernale è assicurata da organi sotterranei (bulbi, tuberi, rizomi)
- **TEROFITE (T):** piante annuali a riproduzione sessuata che sopravvivono durante la stagione avversa tramite i semi.

### ***Tipi ecologici***

Sotto il punto di vista ecologico J. Philip Grime (1979) ha evidenziato che i fattori principali che limitano la crescita e la riproduzione delle piante sono:

- La competizione con altre piante (cioè la tendenza di piante vicine ad utilizzare lo stesso spazio, la stessa quantità di luce, di nutrienti e di acqua);
- Gli stress ambientali (cause esterne che limitano la produzione di biomassa di tutta la vegetazione o di parte di essa);

- I disturbi subiti dall'habitat (cause esterne che producono una distruzione parziale o totale della biomassa).

Le piante selezionate per capacità competitiva (competitrici) sono proprie di habitat indisturbati ad elevata capacità produttività e tendono a massimizzare la crescita vegetativa. Le piante stress-tolleranti sono caratterizzate da una debole attività vegetativa e riproduttiva, essendo adatte ad ambienti fortemente limitanti. Le piante adattate ad habitat disturbati sono caratterizzate da una breve durata del periodo vitale e da un'elevata produzione di semi (ruderali).

### **Tipi ecofisiologici**

Suddivisione che si basa sul periodo di emergenza delle malerbe, sia annuali che perenni, da seme e da organi di propagazione vegetativa. Questa caratteristica dipende prevalentemente dalle esigenze termiche tipiche delle specie, che possono essere:

- *Indifferenti*: possono germinare in tutte le stagioni tranne in inverni molto rigidi, sono specie a larga ripartizione geografica e presenti in tutte le colture. Si suddividono ulteriormente in specie che germinano ad ogni leggero riscaldamento del terreno (*Poa annua*, *Senecio vulgare*), specie autunnali (*Lolium multiflorum*), primaverili (*Sonchus oleraceus*), autunno/primaverili (*Veronica spp.*) e apparenti, cioè sviluppano un gran numero di tipi fisiologici che possono fornire generazioni durante tutto l'arco dell'annata (*Sinapsis arvensis*).
- *Autunnali*: devono passare l'inverno allo stadio di rosetta per subire la "vernalizzazione" e poter quindi andare a seme. (*Vicia spp.*, *Dacus carota*).
- *Invernali*: sono specie a semi dormienti che vengono attivati dal freddo invernale e suscettibili di germinare fra 0 e 5 °C. Nel caso di inverni rigidi la loro emergenza si sposta in febbraio-marzo confondendosi con la categoria seguente. (*Papaver spp.*, *Ranunculus arvensis*, *Veronica hederifolia*).
- *Primaverili*: possiedono semi dormienti che devono soddisfare il fabbisogno di basse temperature (0-5°C) per almeno 4-5 settimane e più di 10°C per poter germinare in primavera, altrimenti entrano in dormienza (*Ammi majus*; *Polygonum persicaria*).

- *Estive o pre-estive*: sono specie che non esigono vernalizzazione e possono essere sub-termofile (*Chenopodium album*, *Setaria viridis*, *Solanum nigrum*) o termofile (*Digitaria sanguinalis*, *Amaranthus spp.*, *Portulaca oleracea*).

### **CLASSIFICAZIONE FITOSOCIOLOGICA**

Notevole importanza assume il legame tra malerbe e l'ambiente ecologico in cui vivono, che si contraddistingue oltre che per le caratteristiche pedologiche, anche per quelle climatiche e microclimatiche dipendenti dai numerosi fattori che le influenzano. Si avrà pertanto una classificazione sulla base del modo con il quale le piante si riuniscono in comunità con caratteristiche definite nel tempo e nello spazio, valutandone gli aspetti floristici, ecologici e dinamici. Le piante infatti non si distribuiscono a caso ma in relazione ai fattori ambientali ed antropici che ripetendosi possono determinare condizioni simili di aggregazione od eliminazione delle specie spontanee. L'unità di base degli studi fitosociologici è l'associazione (gruppo più o meno stabile di specie in equilibrio con l'ambiente) costituito da una specie caratteristica e da specie compagne, comuni a molte altre associazioni.

#### **1.1.2 Storia della lotta alle malerbe**

Interessante è il lavoro svolto da Ferrero et al. (2010), in occasione delle "giornate fitopatologiche" (Cervia, 9-12 marzo 2010) sulla "storia della lotta alle malerbe", del quale si ripropongono di seguito i punti chiave.

Nel neolitico (15.000-10.000 a.C.) l'uomo da cacciatore-raccoglitore diventò agricoltore, iniziando a coltivare le prime forme addomesticate di *Triticum*. Da questo momento si rende conto che vi sono delle piante che ostacolano i suoi obiettivi e comincia a prendere forma il concetto di malerbe.

La percezione dei danni provocati dalle malerbe, associata ad una oggettiva difficoltà a combatterle in modo efficace portò alla diffusione di pratiche religiose e all'individuazione di divinità in grado di proteggere le colture da esse. Nella tradizione romana venivano praticati riti religiosi e rivolte preghiere agli dei protettori dei campi.

Nell'epoca antica il successo della lotta alle malerbe era quasi totalmente affidato al ricorso agli strumenti che nel tempo si sono resi disponibili, come la falce, inventata già

nel 3000 a.C., gli aratri e gli erpici trainati da animali o schiavi, messi a punto nel periodo compreso tra il 1000 e il 500 a.C. (Timmons, 1970).

La necessità della lotta alle piante infestanti e i rimedi adottati dagli agricoltori sono stati descritti in numerose opere degli antichi scrittori greci e romani. Il filosofo e botanico greco Teofrasto (371 – 287 a.C.) nella sua “Storia delle piante” fece importanti osservazioni sulle associazioni tra colture e malerbe, rilevando che le infestanti sono il risultato della degenerazione di orzo, lino e frumento nel *Lolium temulentum* (conosciuto come zizzania), soprattutto in aree umide (Smith e Secoy, 1975). Lo stesso autore sosteneva l’utilità di eliminare la vegetazione indesiderata con la monda manuale e meccanica e suggeriva di versare dell’olio di oliva alla base delle giovani piante arboree per devitalizzarle. La necessità di eliminare le malerbe venne descritta anche da Senofonte, un filosofo greco quasi contemporaneo di Teofrasto. Per il controllo delle malerbe il poeta classico romano Virgilio (70-19 a.C.) nel primo libro delle Georgiche, raccomandava l’uso di zappe a denti (raster), e la bruciatura delle stoppie dopo la raccolta dei cereali, per devitalizzare i semi delle malerbe caduti sul terreno (Timmons, 1970). Nelle sue opere Virgilio citava anche l’impiego del sale e dell’acqua di mare, prodotti i cui effetti fitocidi erano già stati riferiti sin dal IV sec. a.C. con finalità distruttive e non per usi agricoli. Dopo il saccheggio da parte dei Romani, le terre di Cartagine (146 a.C.) vennero cosparse di sale per impedire la crescita delle colture ed affamare la sua popolazione. Olio, pece e grasso sono stati citati dallo scrittore romano Plinio il Vecchio (23-79 d.C.) nella sua “Naturalis Historia” come prodotti utilizzabili per la devitalizzazione dei semi delle piante. Columella (4-70 d.C.), il più importante autore classico romano di scienze agrarie, nel De Re Rustica suggeriva l’uso della falce contro le felci e le ripetute zappature alla base delle piante per eradicare i giunchi e le graminacee. La documentazione sulle tecniche di lotta alle malerbe adottate durante il millennio successivo alla caduta dell’impero romano d’occidente (476 d.C.), è piuttosto limitata e in gran parte di fonte araba.

Con l’invenzione della stampa (1456) le conoscenze contenute nelle opere del passato ebbero rapida diffusione. I testi di agricoltura di Catone, Columella e Varrone vennero raccolti in un’unica opera, stampata a Venezia nel 1472 con il titolo *Scriptores Rei Rusticae*. Quest’opera venne ristampata più volte nel secolo successivo e tradotta nella maggior parte delle lingue moderne europee. I lavori pubblicati nei secoli successivi, fino

alle soglie del XX secolo non evidenziarono alcun significativo avanzamento nelle conoscenze sulle malerbe e nelle tecniche di lotta rispetto al passato.

Sarà con l'avvento dell'era meccanica", tra fine Settecento e inizio Ottocento che l'attività agricola effettuerà un balzo in avanti.

La lotta alle infestanti, tuttavia, trasse inizialmente dalla meccanizzazione benefici piuttosto limitati, e perlopiù a supporto della scerbatura manuale. Le irroratrici meccaniche, realizzate nel 1887 negli Stati Uniti per il controllo degli insetti, furono impiegate per le infestanti solo dal 1939 in poi. Il primo estirpatore a barra trasversale (rodweeder), specificatamente designato al contenimento delle malerbe, vide la luce all'inizio del Novecento, sempre negli Stati Uniti. Sarà solo dopo il 1925 che il controllo delle malerbe con mezzi meccanici acquisterà importanza ed efficacia (Timmons, 1970).

Lo studio delle malerbe in Italia affonda le sue radici nella botanica, quando studiosi come Bertolini, Pinolini e Sarfatti eseguirono le prime descrizioni, verso la fine dell'Ottocento, di alcune specie infestanti. Un'ulteriore base di questa branca della scienza, la malerbologia, riconosciuta ufficialmente come vera e propria disciplina solo dopo quasi un secolo, venne posta dagli studi effettuati nel 1915 da Baroncelli e da Savini sulla valutazione della quantità di "mondiglie" presenti nella granella dei cereali. (Zanin e Catizone, 2003). Tuttavia, prima di giungere all'attuale approccio integrato di gestione delle infestanti, che valuta nel loro complesso tutte le nozioni agronomiche, ecofisiologiche, botaniche, meccaniche e chimiche disponibili, l'agricoltura doveva ancora passare attraverso l'era chimica" (Zimdahl, 1999). Nel primo periodo dell'epoca così definita, la lotta alle infestanti era quasi esclusivamente affidata all'impiego dei diserbanti chimici considerando unicamente i vantaggi legati all'impiego di questi prodotti e perlopiù trascurando le possibili sfavorevoli ricadute sanitarie e ambientali.

Il sale da cucina è stato, forse, l'unica sostanza erbicida disponibile fin dal periodo classico. Oltre all'esempio storico già menzionato della presa di Cartagine da parte dei Romani nel 146 d.C., il cloruro di sodio ha trovato applicazione ancora nel recente passato sia in Kansas (America), dal 1937 al 1950 per il controllo del *Convolvulus arvensis* lungo le linee stradali e ferroviarie (Call e Getty, 1923), sia in Europa, in particolare in Inghilterra, miscelato alle sementi di frumento, secondo i suggerimenti di Hugh Plat (Smith e Secoy, 1976a; Zanin e Catizone, 2003), e in Germania nel 1854 (Timmons, 1970).

Dall'esperienza del viticoltore francese Bonnet, che nel 1896 notò i danni provocati dalla poltiglia bordolese alle dicotiledoni che infestavano il frumento consociato alla vite, derivò l'impiego del solfato di rame nel diserbo dei cereali. Il fenomeno fu osservato, quasi simultaneamente, anche da Schultz (in Germania) e Bolley (in America). A questa sostanza chimica fecero seguito il solfato di ferro e l'acido solforico, già raccomandati da Kirchhof (1855) per la lotta alle malerbe in Germania, la cui attività fu studiata, in ambito cerealicolo, da Martin e da Duclos nel 1897 (Craft e Robbins, 1962). In particolare, l'acido solforico trovò diffusione in Europa dal 1910 circa e in America dal 1930 per il controllo delle infestanti nei cereali e in alcune colture orticole (Hausmann et al., 1971).

All'inizio del Novecento viene indagata la possibilità di impiego di alcuni composti azotati, quali il solfato d'ammonio, il nitrato di sodio e la calciocianammide, e dei sali di potassio, fra i quali la kainite (Hausmann et al., 1971; Zanin e Catizone, 2003).

L'arsenito di sodio, segnalato come diserbante da Bolley (1908), rappresenta il primo prodotto chimico oggetto di ampie sperimentazioni in America. Nonostante ne fosse stata riconosciuta l'elevata tossicità, trovò largo impiego per il controllo di infestanti acquatiche.

Da qui si possono citare una serie di sperimentazioni di composti chimici differenti fino ad arrivare al primo erbicida organico messo a punto nel 1932 da Pastac e Truffaut: si tratta del DNOC (dinitro-orto-cresolo), già impiegato come insetticida e fungicida in Germania dal 1892.

Pietra miliare nella storia del diserbo chimico è la scoperta, da parte di Pokorny nel 1940, dell'acido 2,4-diclorofenossiacetico, il ben noto 2,4-D, il primo vero erbicida, ancora oggi largamente utilizzato dopo oltre 60 anni dalla sua sintesi. Pokorny (1941) sintetizzò questo prodotto, chimicamente simile all'acido indolacetico, ma assai più stabile di questo, partendo dall'osservazione e dallo studio dei regolatori di crescita presenti nelle piante. Con questo lavoro, basato sulla conoscenza della fisiologia delle piante (Went e Thimann, 1937), si era aperta la strada all'utilizzo dei regolatori di crescita come erbicidi (Peterson, 1967).

Nel frattempo, in Inghilterra veniva messo a punto il diserbante MCPA, chimicamente prossimo al 2,4-D ma di più facile ottenimento in un paese ricco di cresolo (un precursore dello stesso erbicida), derivato dall'industria del carbone, all'epoca ampiamente diffusa in Gran Bretagna. L'MCPA venne commercializzato in Italia a partire dal 1954. Si può

affermare che, realmente, "l'era chimica" dell'agricoltura vide la piena realizzazione con la scoperta di queste sostanze (Zimdahl, 1999; Timmons, 1970). Il loro impiego comportò concrete possibilità di diserbo chimico selettivo su larga scala, benché limitato ai soli cereali.

La prima metà del Novecento fu testimone, a livello mondiale, della diffusione e dell'impiego su larga scala degli erbicidi. In soli dieci anni (1940-1950) il numero dei prodotti chimici disponibili in America passò da 15 a 25. Questo elevato incremento ebbe luogo principalmente in America del Nord e in alcuni stati europei, interessando in minor misura l'Italia.

Alla ricerca di nuove formulazioni chimiche si affiancò lo studio degli aspetti floristici ad opera, principalmente, di botanici quali Poggi, Ciferri, Pignatti e Lorenzoni, o di patologi. Gli agronomi, solo sporadicamente si dedicarono allo studio fitosociologico delle malerbe; tra questi, merita ricordare Panella e Hausmann. A mano a mano, si fece strada l'intuizione di quanto fosse necessario formare competenze specifiche nel campo malerbologico, ampliare le conoscenze all'epoca disponibili e divulgarle attraverso una rete informativa ben organizzata. L'intervento nel settore della lotta alle malerbe da parte dell'industria chimica, coinvolta con interessi economici sostanziali, contribuì a potenziare la ricerca e lo studio in ambito malerbologico.

Il mondo scientifico e industriale americano era nello stesso periodo già ben strutturato nella Weed Science Society of America, il cui strumento divulgativo ufficiale, la rivista Weed Science, era redatta già dal 1951.

Il numero di erbicidi introdotti aumentò in maniera esponenziale dopo la metà degli anni sessanta fino all'introduzione nel 1973 del Glifosate (in Italia nel 1977).

Questo erbicida, che sarebbe diventato il più impiegato a livello mondiale, presentava un nuovo meccanismo d'azione (inibizione dell'enzima EPSPS), e costituì il capostipite dei diserbanti in grado di interferire sull'attività degli enzimi, che sarebbero diventati particolarmente importanti alcuni anni dopo.

L'inizio degli anni '70 vide la presenza, nel mondo della ricerca, di un numero sempre più elevato di contributi di carattere malerbologico ad opera di agronomi. Significativa a questo proposito è la nascita, presso l'Istituto di Agronomia Generale e Coltivazioni Erbacee dell'Università di Padova, del Centro di Studio sui Diserbanti del CNR (1972). L'anno successivo, il convegno della Società Italiana di Agronomia tenutosi a Torino,

intitolato Lotta alle erbe infestanti, consacrò definitivamente la malerbologia fra le discipline inserite a pieno titolo nell'agronomia.

Le elevate prestazioni dimostrate dai diserbanti che si sono nel tempo resi disponibili per la maggior parte delle colture agrarie, e la limitata percezione dei possibili rischi ambientali legati al loro utilizzo, hanno alimentato la convinzione che il mezzo chimico potesse rappresentare, di fatto, il principale, se non unico, strumento per la gestione delle malerbe.

Già a partire dagli anni '60, soprattutto in America, iniziarono ad essere sollevate le prime critiche sui rischi per l'uomo e l'ambiente legati al sempre più diffuso impiego di sostanze chimiche per la difesa delle colture. Particolarmente significativa a questo riguardo fu la denuncia sull'uso indiscriminato del DDT, contenuta nel libro *Silent spring* di Rachel Carson, pubblicato nel 1962.

La sensibilità verso queste problematiche aumentò notevolmente soprattutto a seguito di due tragici eventi che contrassegnarono gli anni successivi: l'uso di erbicidi defoglianti durante la guerra in Vietnam e l'incidente nella fabbrica di triclorofenolo a Seveso.

In entrambi i casi le conseguenze indussero a serie riflessioni sui rischi che gli erbicidi comportano per la salute umana e per la salubrità ambientale; il potenziale distruttivo degli erbicidi divenne di pubblico dominio.

Dalla fine degli anni Settanta comparvero in Europa le prime segnalazioni sulla contaminazione da atrazina delle falde idriche e dei corsi d'acqua superficiali. Nel 1986 fu la volta del Nord Italia: residui di atrazina, bentazone e molinate superiori ai limiti ammessi nelle acque potabili, secondo una disposizione legislativa di origine comunitaria, vennero rinvenuti nelle falde acquifere. Dopo una serie di limitazioni relative alle dosi e alle aree di possibile impiego, l'atrazina venne definitivamente bandita dal mercato italiano nel 1996. I rischi per l'ambiente e per l'uomo, legati all'impiego dei diserbanti e, più in generale, di tutti gli agrofarmaci divennero di pubblico dominio, determinando lo sviluppo di un atteggiamento prevenuto e diffidente nella pubblica opinione nei confronti di questi prodotti. Nel frattempo, la semplificazione degli ordinamenti colturali e l'abbandono di molte pratiche agronomiche tradizionali combinati con un impiego intensivo dei diserbanti favorirono la comparsa di flore di sostituzione e di fenomeni di resistenza agli erbicidi di esteso e ripetuto impiego, creando un sensibile allarme presso gli operatori e la comunità scientifica del settore.

La forte dipendenza dai mezzi chimici, rese l'equilibrio coltura-diserbo estremamente precario e particolarmente vulnerabile alle variazioni del quadro malerbologico: se agli inizi degli anni Sessanta nel mais era sufficiente un solo intervento con atrazina per ottenere un soddisfacente controllo delle malerbe, dieci anni dopo si rendevano necessarie miscele di diserbanti (atrazina e alacloro) e trattamenti aggiuntivi con prodotti ormonici in post-emergenza (Zanin e Catizone,2003).

Numerose soluzioni sono state studiate, sia in campo agronomico che industriale, per fornire un contributo alla soluzione delle problematiche connesse alla gestione delle malerbe. L'ausilio delle biotecnologie in campo agrario sta fornendo nuove soluzioni che ci si auspica potranno ridurre l'utilizzo degli erbicidi chimici e il loro impatto sull'ambiente e sull'uomo.

### 1.1.3 Le malerbe in aree extra-agricole

Il termine "aree non agricole o extra agricole" si riferisce ad un insieme di situazioni notevolmente differenziate tra di loro, sia in relazione alle condizioni vegetazionali che ai diversi obiettivi che un intervento di diserbo si prefigge (Miravalle et al., 2001).

Le principali aree extra agricole comprendono le aree urbane quali strade, piazzali, marciapiedi, le ferrovie, le autostrade, le strade extraurbane e le infrastrutture civili quali cimiteri, aeroporti, ecc.

La vegetazione spontanea che vi si insedia è estremamente diversificata a causa delle particolari caratteristiche del substrato e del clima (Miravalle et al., 2001).

L'ambiente urbano è spesso particolarmente favorevole alla vita delle piante, soprattutto per molte specie esotiche, che, nel loro periodo iniziale di ambientamento, trovano condizioni più favorevoli di luce e disponibilità di sostanze nutritive e disturbi meno intensi e frequenti (Miravalle et al., 2001).

Questo risulta possibile sia per la presenza di micronicchie accoglienti, sia per l'effetto delle cosiddette "isole di calore" che determinano un microclima più caldo e favorevole rispetto alle zone circostanti durante i mesi invernali.

Inoltre la presenza di substrati variabili, sia in termini di spessore che di tessitura, fa sì che vi sia una variabilità di specie altissima. Secondo uno studio di Sattin et al. (1998), sulla flora reale e potenziale dei marciapiedi di Padova, sono presenti all'incirca 42

famiglie e 142 specie botaniche differenti, con una media di 7541 individui per 100 m lineari.

D'altro canto, molte specie vegetali spontanee si sono adattate a sopravvivere anche in condizioni fortemente limitanti come substrati poveri di nutrienti, spazi ridotti per gli apparati radicali, condizioni di stress quali l'inquinamento atmosferico e il calpestio causato da pedoni, animali e mezzi presenti in un contesto urbano. Le caratteristiche biologiche delle specie infestanti, che rientrano per la maggioranza in specie annuali (Th) ed emicriptofite (Hr), le rendono capaci di sfruttare con successo le poche risorse idriche e nutritive disponibili e l'esiguo spazio in cui vegetano per completare il loro ciclo biologico, riuscendo a riprodursi e/o a moltiplicarsi.

Le famiglie predominanti sono due, le Asteraceae e le Poaceae, che assieme rappresentano circa il 50% delle specie, significativa è anche la percentuale di Caryophyllaceae che, grazie alla loro morfologia, si specializzano nella colonizzazione di piccole nicchie (piccole e resistenti agli stress).

L'infestazione in ambiente urbano deriva tipicamente dallo stock di semi e gemme che sono presenti in loco e dai semi che, trasportati da vettori diversi, provengono da altre aree. Le piante nate da gemme derivano unicamente dallo stock locale, mentre quelle nate da seme possono provenire anche da focolai esterni e la conoscenza della quota di infestazione prodotta da semi estranei ha importanti riflessi gestionali.

Considerato che quasi tutte le Asteraceae si diffondono per via anemofila, si può ritenere che circa il 25% delle specie emerse derivi da semi trasportati dal vento e non completamente integrati in uno stock locale (Sattin et al., 1996).

Quando non vengono correttamente gestite o eliminate, le piante spontanee sono in grado di causare danni, più o meno gravi in ambiente urbano.

I disservizi provocati sono svariati e si possono suddividere sostanzialmente in danni alle superfici, danni estetici e i danni sanitari.

Il danneggiamento delle superfici dure, quali marciapiedi, strade e pavimentazioni, avviene prevalentemente come conseguenza dell'accrescimento ed espansione dell'apparato radicale o delle strutture vegetative.

Allo stesso modo la rovina estetica di piazze, manufatti e monumenti è causata dai sistemi radicali e dagli organi vegetativi che determinano danno meccanico durante il loro sviluppo, in quanto esercitano delle sollecitazioni sulle strutture che conducono alla

disgregazione dei materiali meno resistenti, come asfalto, intonaci, fughe tra i mattoni dei muri o tra i blocchi delle pavimentazioni, ecc.

Ci si riferisce, invece, a danni sanitari quando le piante sono fonti di allergeni causando problemi fisici direttamente all'uomo, oppure occludono i canali della rete fognaria, o trattengono la sporcizia stradale ed intralciano le operazioni di pulizia da parte degli operatori. Possono provocare inoltre la limitazione della visibilità dei conducenti di autoveicoli o motocicli e l'intralcio o l'occlusione al passaggio dei pedoni.

La crescita incontrollata della flora spontanea nei luoghi frequentati dalla popolazione cittadina o dai turisti, tende a generare una sensazione di trascuratezza che non viene apprezzata e si ripercuote inevitabilmente sull'immagine delle municipalità in modo negativo.

Pertanto la riduzione della presenza di queste specie di piante quantomeno nelle aree delle città maggiormente frequentate contribuirebbe sicuramente a migliorare la qualità generale della vita in contesto urbano, anche e soprattutto nell'ottica che le tre tipologie di danno precedentemente trattate si manifestano contemporaneamente: molte infestanti che producono pollini dai connotati allergenici, infatti, quando crescono su una superficie dura determinano danno meccanico ed estetico. Per questi motivi, sia presi singolarmente che combinati, il controllo delle malerbe dovrebbe essere una priorità per tutti coloro che si occupano, a vario titolo, della gestione del verde cittadino, sia pubblico che privato.

A tale proposito è stato sviluppato da Maria Adele Signorini un indice di pericolosità della vegetazione infestante. Si tratta di un indice numerico che varia da 1 a 10 ed esprime, sinteticamente per ciascuna specie vegetale in esame, la pericolosità nei confronti dei manufatti architettonici (Signorini, 1996).

Ogni specie viene individuata da tre numeri relativi ai parametri considerati quali forma biologica, invasività e vigore, apparato radicale. Questo esprimerà non solo la capacità della singola specie di arrecare danni, ma anche le potenzialità proprie delle specie di propagarsi e sopraffare altre specie, nonché la minore o maggiore difficoltà di essere eliminata tramite diserbo manuale. Sono considerate poco pericolose quelle con I.P. compreso tra 0 e 3, mediamente pericolose da 4 a 6 e molto pericolose tutte quelle che presentano un indice di pericolosità variabile da 7 a 10.

I processi degradativi innescati dallo sviluppo delle infestanti sulle superfici dure sono senza dubbio da tenere costantemente sotto controllo, ma possono essere limitati riducendo la popolazione delle specie vegetali fin dalle fasi iniziali dell'infestazione. L'Indice di Pericolosità può rivelarsi in questo senso un utile strumento ai fini delle scelte tecniche di diserbo, sia nelle aree strutturalmente più sensibili come quelle monumentali ed archeologiche, sia nei diversi contesti urbani italiani, in cui i manufatti di importanza storica sono parte integrante dell'urbanistica delle città.

## 1.2 Metodi per la lotta alle infestanti in aree extra-agricole

Il diserbo delle aree extra agricole negli ultimi anni sta guadagnando sempre più importanza, tanto che negli USA gli erbicidi venduti nel settore non agricolo rappresentano oltre la metà di tutto il mercato, rendendolo un settore dove le opportunità di espansione sono ancora elevate (Miravalle et al., 2001)

La gestione della vegetazione spontanea che si sviluppa nelle aree non destinate alla produzione agraria presenta problematiche non meno complesse di quelle riguardanti il controllo della flora infestante nei campi coltivati. Rispetto al settore agrario non c'è una coltura da salvaguardare e deve esserci maggiore rigore ambientale dato che si opera in aree urbanizzate. Di conseguenza esistono maggiori difficoltà operative negli interventi e il controllo delle infestanti si deve estendere a tutto l'arco dell'anno e non è limitato ad un dato periodo.

Ogni intervento di diserbo deve essere preceduto da un momento conoscitivo che comprende l'analisi del bersaglio, cioè la conoscenza dello spettro botanico, biologico ed ecofisiologico della vegetazione spontanea e dei vincoli presenti (Miravalle et al., 2001)

Proprio per questo è presente una notevole gamma di metodi differenti di controllo della flora spontanea in ambito urbano, che possono essere classificati sostanzialmente in tre gruppi differenti: mezzi chimici, mezzi fisici e bioerbicidi.

### 1.2.1 Metodi chimici

In commercio esiste un numero elevato di sostanze chimiche reperibili ad azione erbicida, il cui spettro d'azione è molto diversificato in base alla tipologia di infestanti che devono colpire. Considerato che in ambito urbano possiamo trovare contemporaneamente sia piante annuali che perenni, monocotiledoni e dicotiledoni, il controllo chimico deve soddisfare delle caratteristiche che lo rendano efficace per ognuna di esse.

Di conseguenza esistono erbicidi selettivi o non selettivi, di contatto o sistemici, di pre-emergenza o post-emergenza.

I metodi selettivi svolgono un'azione di contrasto solo su determinate tipologie di infestanti, mentre i non selettivi, chiamati anche totali, sopprimono senza distinzione sia piante a foglia larga che a foglia stretta. Solitamente i primi sono utilizzati maggiormente in campo agricolo o per il controllo delle dicotiledoni nei tappeti erbosi di pregio, mentre si impiegano prodotti non selettivi quando si ha la necessità di colpire entrambe indistintamente.

La maggior parte delle volte in ambito urbano ci si avvale di erbicidi post-emergenza, eliminando l'infestante già sviluppata, però esistono anche erbicidi di pre-emergenza che colpiscono le malerbe allo stadio di plantula annullandone lo sviluppo prima che possa competere con le altre piante o addirittura ne impediscono la germinazione (antigerminello).

I diserbanti sistemici, sono così denominati perché penetrano attraverso la cuticola fogliare e poi vengono traslocati per via "sistemica" negli organi della pianta quali foglie, steli, radici, rizomi, stoloni, bulbi, ecc.; la loro azione sarà di tipo biochimico a seconda dei siti metabolici su cui il principio attivo va ad interferire.

Di diverso approccio sono i dissecanti o prodotti di contatto, che manifestano un'azione solitamente più rapida, per diretto impatto con le foglie o le parti verdi della pianta, senza intaccare le parti legnose e le radici; in genere si hanno ustioni e rotture delle membrane cellulari.

Altri, invece, assorbiti dalle radici e dai germinelli, sono i cosiddetti prodotti ad azione residuale, dato che contengono l'emergenza delle infestanti per un tempo prolungato grazie alla loro persistenza sul terreno. D'altro canto, viste le loro caratteristiche, sono anche i più pericolosi e dannosi per l'ambiente.

Di seguito in elenco alcuni dei principi attivi maggiormente utilizzati:

- Bromacil, agisce per inibizione della fotosintesi clorofilliana;
- Dicamba, svolge un'azione auxino-simile con interferenza sullo sviluppo;
- Diquat dibromide, inibisce la fotosintesi e distrugge cellule e cloroplasti;
- Fluoroxypir, altera la sintesi degli acidi nucleici con azione auxino-simile;
- Glyphosate, interferisce sulla sintesi proteica;
- MCPA, impedisce il metabolismo degli acidi nucleici e la sintesi delle proteine;
- Paraquat dichloride, inibisce la fotosintesi e distrugge cellule e cloroplasti;
- 2,4 D, altera il metabolismo degli acidi nucleici e la sintesi proteica.

Per il controllo della flora infestante nelle aree non agricole ed urbane, i diserbanti possono essere utilizzati individualmente o, come più spesso capita, in miscela tra loro per aumentare l'effetto erbicida.

Nel corso degli anni la Comunità Europea ha bandito dei principi attivi che sono ritenuti molto dannosi per la salute e per l'ambiente, mentre altri sono ancora approvati ma presentano delle limitazioni d'uso. Di seguito un estratto della tabella presente nel sito della Commissione Europea, che denota la lista di tutte le sostanze "approvate" e "non approvate".

Substance	Active Substance Id	Category	List(*)	Status under Reg. (EC) No 1107/2009
(4Z-9Z)-7,9-Dodecadien-1-ol	817	AT	A4	Not Approved
(E)-2-Methyl-6-methylene-3,7-octadien-2-ol (isomycenol)	827		B	Not Approved
2,4-D	874	HB, PG	A1	Approved
Daminozide	1192	PG	A1	Approved
DDT	1194		B	Not Approved
Diazinon	1208	IN, AC	A2	Not Approved
Dicamba	1209	HB	A3	Approved
Dichlobenil	1210	HB	A3	Not Approved
Glyphosate	1438	HB	A1	Approved
Approved	483			
Not approved	843			
Pending	37			
Banned	20			
Other	0			
TOTAL	1383			

Figura 1.1. EU-Pesticides database: esempi di sostanze approvate e non approvate

Nelle aree verdi cittadine, i diserbanti chimici vengono distribuiti utilizzando comuni barre irroratrici, che sono di tipo "portato" dalla trattrice in tutti i casi in cui lo spazio di manovra sia sufficientemente ampio per il transito di queste macchine (canali, fossi, bordi delle strade, piazzali, zone industriali, ecc.). Le "irroratrici a barra", sono caratterizzate da una barra orizzontale di varie grandezze su cui sono montati una serie di ugelli. Sono dotate di pompe alternative che mettono in pressione il liquido da

distribuire, serbatoio di capacità variabile in vetroresina o materiale plastico, organi di regolazione e manometro per regolare la pressione. Nelle irroratrici a barra, la differenziazione più comune avviene in base al principio di polverizzazione del getto, la quale può essere meccanica, pneumatica e centrifuga; nel primo caso, nonché il più ricorrente, la formazione delle gocce avviene per la pressione impressa alla miscela fitoiatrica che, passando attraverso l'ugello, si frammenta in piccole gocce. Gli ugelli più frequentemente utilizzati sono quelli a ventaglio, utilizzabili per tutti i tipi di trattamento regolando la pressione di esercizio (da 1,5 a 5 bar per polverizzazione da media a fine), oppure a doppio ventaglio; in entrambi la presenza di ugelli multipli, con colori diversi per un rapido riconoscimento, consente di selezionare velocemente quello adeguato alla dose da distribuire. Una novità in questo settore è rappresentata dagli ugelli antideriva a inclusione d'aria, in cui le gocce, contenendo aria previa miscelatura con il prodotto liquido in una camera prima dell'uscita dall'ugello, si frantumano a contatto con la superficie trattata, impedendone in tal modo la deriva.

La possibilità di regolare l'altezza della barra è fondamentale per ottimizzare la regolarità della distribuzione. Normalmente, l'altezza di lavoro ottimale è di circa 50 cm utilizzando gli ugelli a ventaglio.

Nelle aree urbane, invece, dove le aree da trattare non sono sempre facilmente accessibili o dove i trattamenti devono essere eseguiti con precisione per evitare di danneggiare le piante ornamentali eventualmente presenti, risulta più idoneo utilizzare trattatrici di dimensioni ridotte ed irroratrici portate equipaggiate con una lancia manuale, oppure le più maneggevoli irroratrici spalleggiate. Queste irroratrici, note anche come irroratrici manuali, oltre che a spalla possono essere trasportate anche su carriola e possono funzionare a funzionano a polverizzazione meccanica con dispositivo di pressione azionato a mano o motorizzato. Anche degli atomizzatori esistono modelli a spalla, molto utili per gli spazi ristretti e non facilmente accessibili ai mezzi, comuni nelle nostre città, incluse le aree di interesse storico e taluni siti archeologici, ed anche in questo caso si rivela la maggiore utilità nei confronti delle piante arboree.

## 1.2.2 Metodi fisici

Oltre agli erbicidi, per il controllo della flora spontanea in ambiente urbano, esistono altre tipologie, i cosiddetti metodi fisici, con i quali non si ricorre in alcun modo all'uso di sostanze chimiche. Sono mezzi che servono per lo più a contenere le infestanti, riducendone l'altezza, il grado di disturbo e la pericolosità.

A loro volta possono essere ulteriormente suddivisi in metodi fisici meccanici, quali decespugliatori, barre trincianti e spazzole rotative e metodi fisici termici (vapore, aria calda, schiuma e pirodiserbo).

I **decespugliatori** sono gli strumenti meccanici più diffusi per la loro maneggevolezza e possibilità di utilizzo in situazioni non accessibili a molti altri mezzi. Sono attrezzature motorizzate ad asta rigida o flessibile, che tagliano le piante grazie alla rotazione, trasmessa dal motore, di un disco dentato avente differenti conformazioni o di un rotore, che a seconda dello sviluppo della vegetazione possono essere dotate di dischi metallici o fili in plastica. È tuttavia un metodo con bassa produttività del lavoro, quindi di costo elevato e con una qualità di azione inferiore soprattutto sulle perenni che tendono a ricacciare. Inoltre è un intervento classificato "ad alto rischio" dalle norme di sicurezza del lavoro (Miravalle et al., 2001).

In alternativa, quando gli interventi da effettuare riguardano aree estese, il braccio meccanico con utensile trinciatutto è l'attrezzo ideale.

Si tratta di attrezzatura portate da trattore, costituita da un braccio idraulico alla cui estremità presenta un decespugliatore. Utilizzato soprattutto per i cigli stradali e per alcuni corpi idrici all'interno di aree verdi presenta il vantaggio di lavorare ad una buona velocità, con dei costi sostenibili. Richiede però almeno due passaggi l'anno e la rifinitura con il decespugliatore manuale attorno agli ostacoli come paletti, staccionate, ecc.

Un'ulteriore metodo è costituito dalle **spazzolatrici rotative** cioè macchine operatrici costituite da un telaio sul quale sono montate spazzole rotanti su asse orizzontale o verticale con le quali si ottiene un buon controllo delle infestanti in seguito all'azione di lacerazione dei tessuti vegetali e di estirpamento. Le setole che compongono le spazzole possono essere realizzate in plastica o in metallo e le attrezzature nel loro complesso possono variare dai semplici carrelli dotati di una o più spazzole (cosiddetti semoventi o spinti dall'operatore), alle attrezzature accoppiabili ad una trattrice, o alle operatrici

semoventi, che presentano il vantaggio di essere dotate di apparato aspirante o spazzante che elimina direttamente i residui formati in seguito all'azione delle spazzole.

L'efficacia di tali macchine è tanto maggiore quanto più piccole sono le malerbe da estirpare.

Le spazzolatici producono inoltre un effetto indiretto sulle infestanti anche quando sono utilizzate per scopi di pulizia, infatti se i marciapiedi non presentano accumuli di polvere o residui non si forma uno stock di semi e quindi non si sviluppa l'infestazione. I difetti di queste attrezzature spazzolatrici risiedono nella loro ridotta velocità di lavoro, nella necessità di effettuare frequenti interventi di manutenzione, nella loro scarsa efficacia sulle infestanti ben sviluppate o comunque ben affrancate e su superfici non piane; ulteriore limite importante è rappresentato dall'impossibilità di essere utilizzate in caso di interventi su superfici facilmente danneggiabili dai trattamenti meccanici (Peruzzi et al., 2009).

Il calore, in tutte le sue forme, costituisce uno dei metodi di controllo della flora infestante in aree urbane ed extra-urbane. Il principio con il quale agisce è sempre il medesimo, ovvero la lessatura o bruciatura dei tessuti esterni della pianta che ne causa la rottura delle membrane cellulari e la conseguente morte.

Si definisce **pirodiserbo** la tecnica di lavoro che permette di controllare ed eliminare le erbe infestanti per mezzo del fuoco. Tecnica che nasce e si sviluppa negli Stati Uniti a partire dalla seconda metà del 1800, dove, John Craig (Columbia), usa per la prima volta un macchinario appositamente brevettato. Inizialmente i bruciatori erano alimentati a benzina o petrolio e la tecnica non prese piede per gli elevati costi di esercizio. Solo quando, attorno al 1950, vennero rese disponibili grandi quantità di G.P.L. (gas di petrolio liquefatto) a costi molto più accessibili, cominciarono ad essere progettate e utilizzate apparecchiature più stabili ed economicamente convenienti.

Il GPL bruciando forma esclusivamente vapore acqueo ed anidride carbonica e conferisce a questa tecnica il vantaggio principale di una mancanza assoluta di rilascio di residui nocivi sul terreno.

Il principio sul quale si basa il pirodiserbo è quello della lessatura dei tessuti delle erbe infestanti. Il tempo di azione del calore durante il trattamento è così breve da non permettere la carbonizzazione della materia vegetale.

L'effetto immediato del calore è quello di far espandere repentinamente il plasma cellulare, provocando così la rottura della membrana esterna; viene così interrotto il flusso intracellulare di alimentazione e la cellula non può più essere nutrita. A causa della continua evaporazione dovuta alla lacerazione della cuticola, entro due o tre giorni la pianta secca e muore ([www.pirodiserbo.it](http://www.pirodiserbo.it)).

Appena dopo il trattamento la vegetazione trattata assume un colore più vivace dovuto per l'appunto alla fuoriuscita della linfa dalle cellule, mentre con il passare del tempo tenderà a seccarsi e presenterà il classico colore giallo tipico della pianta secca.

È importante prestare attenzione al tempo di azione del calore, affinché sviluppi una temperatura sufficiente per un risultato efficace. Questo varia a seconda del tipo di vegetazione da controllare e al suo stadio di sviluppo, infatti se si tratta di una pianta allo stato giovanile è sufficiente un riscaldamento di 90-95°C per la durata di 1 secondo, mentre se in stato vegetativo avanzato è necessario aumentare la temperatura fino a 101°C per la stessa frazione di tempo.

Al giorno d'oggi esistono varie attrezzature, dalle più semplici manuali con carrello, alle attrezzature portate o trainate da trattrici. Le attrezzature manuali portatili sono le più versatili, ma d'altra parte essendo le più semplici sono quelle che danno luogo a consumi maggiori rispetto alle altre. Le macchine portate o trainate presentano schermature coibentate tali da poter trattenere il calore e contenere così i costi di esercizio dovuti ai consumi di GPL.

Il vantaggio delle attrezzature portatili manuali è quello di potere essere impiegate su superfici poco estese o dove comunque la versatilità d'uso e il minimo ingombro ne fanno caratteristiche fondamentali.

Va osservato comunque che le attrezzature portatili manuali vanno generalmente impiegate su superfici poco estese o dove comunque la versatilità d'uso e il minimo ingombro ne fanno caratteristiche fondamentali.

Nata come macchina agricola per il diserbo interfilare, **la tecnica del vapore** consiste in un mezzo polivalente, installabile su pick-up, concepita per eseguire interventi anche in ambito urbano. Tra questi la disinfezione delle superfici, il lavaggio ad alta pressione ad

acqua calda e il vero e proprio diserbo. Dotata solitamente di caldaie a gasolio con serbatoi da 500 a 1000 litri, fornisce una produzione continua di vapore ad una temperatura superiore ai 100°C che ne consente l'utilizzo senza rischi di incendio su superfici ghiaiate, lastricate, marciapiedi, viali, strade, ecc.

Il meccanismo d'azione del vapore può essere definito di tipo "sistemico" in quanto oltre allo "shock termico", determinato dal repentino innalzamento della temperatura, vi è il surriscaldamento della linfa, con conseguente devitalizzazione sia della porzione epigea, sia di quella ipogea della pianta.

Visti i costi elevati correlati ai consumi di gasolio e di acqua e trattandosi di una macchina molto ingombrante, risulta una tecnica onerosa sia in termini di tempo che di denaro, che ha dei limiti per un impiego in aree urbane.

La schiuma vegetale bollente è una tecnica più evoluta della precedente, che genera delle schiume grazie all'impiego di composti vegetali che non rilasciano odori e non macchiano. Il calore sviluppato dall'acqua calda utilizza la schiuma per creare una copertura termica sopra le infestanti, mantenendo la temperatura dell'acqua nella zona di uccisione a circa 50°C per un lungo periodo di tempo. Il calore penetra lo strato esterno della foglia fino a raggiungere la radice, uccidendo o danneggiando sufficientemente la pianta.

### 1.2.3 Bioerbicidi

L'esigenza di dover conciliare la gestione della flora spontanea con la compatibilità ambientale ha stimolato la ricerca scientifica ad individuare organismi antagonisti e sostanze fitotossiche in grado di controllare lo sviluppo delle avventizie in area urbana (Peruzzi et al., 2009; Benvenuti et al., 2010).

Si tratta dei cosiddetti "bioerbicidi", o erbicidi "naturali", una categoria eterogenea di prodotti accomunati da completa biodegradabilità, compatibilità con l'ecosistema circostante al sito di applicazione e nulla pericolosità per l'uomo se utilizzate a basse concentrazioni (Benvenuti et al., 2010).

Sono prodotti derivati da organismi viventi in grado di ostacolare lo sviluppo e la diffusione delle piante infestanti. Spesso, rispetto ai convenzionali erbicidi chimici, presentano diversificate modalità di azione. Questo è estremamente vantaggioso in

quanto riduce il rischio che una pianta possa essere in grado di sviluppare meccanismi di resistenza (Cothier, 1999; Cothier e Gilbert, 1994 a,b; Fox et al., 1999; Jahromi et al., 1998; Ash, 2010; Abrol,2013).

Rientrano nella categoria dei “bioerbicidi”:

- organismi per il controllo biologico;
- sostanze ad azione allelopatica;
- altri composti di origine naturale.

La lotta biologica alle specie infestanti è una applicazione “non convenzionale” della patologia vegetale e della entomologia con la quale un organismo dannoso è utilizzato per mitigare l’effetto nocivo di specie bersaglio senza danneggiare le specie vegetali non-bersaglio, come quelle coltivate o indigene (Vurro et al., 2009). Nonostante gli indubbi vantaggi, tuttora vi sono degli impedimenti e delle difficoltà che ostacolano la produzione e la commercializzazione dei prodotti bioerbicidi: talvolta la degradazione dei composti può essere talmente rapida da non consentire al prodotto di espletare la sua efficacia erbicida; non sempre si tratta di prodotti di facile applicazione e spesso i costi di produzione e di registrazione dei prodotti sono elevati (Auld e McRae, 1997; Dayan et al., 2012; Abrol, 2013).

Il controllo biologico si basa sullo sfruttamento di determinate caratteristiche di un organismo agente nei confronti di un altro organismo bersaglio. L’obiettivo dovrebbe essere quello di ridurre la presenza della malerba a un livello, o al di sotto di un livello, economicamente significativo (Huffaker, 1958). Gli insetti sono stati finora i principali protagonisti della lotta biologica in quanto costituiscono il gruppo più numeroso di nemici delle piante. Le specie di insetti che hanno evidenziato capacità applicative nel controllo biologico delle malerbe appartengono agli ordini degli *Emitteri*, *Omotteri*, *Tisanotteri*, *Coleotteri*, *Lepidotteri*, *Ditteri* e *Imenotteri*. Altri organismi in grado di controllare adeguatamente le malerbe sono gli agenti patogeni (funghi, virus, batteri). In particolare, i funghi, come gli insetti, risultano i più utilizzabili perché presentano un alto grado di specializzazione nei confronti dell’ospite, alte capacità di adattamento sull’ospite e un elevato numero di specie adattabili a diverse situazioni ecologiche (National Academy of Science, 1969).

Tale tipologia di controllo può essere effettuata secondo due modalità: inoculativa e inondativa. Il metodo inoculativo consiste nell’introdurre nell’ecosistema un organismo

antagonista specifico, proveniente dallo stesso areale di origine della pianta “aliena”. Quello inondativo, invece, si applica alle infestanti endemiche e prevede la produzione massale di organismi antagonisti indigeni, successivamente introdotti nell’ambiente e distribuiti con le stesse modalità di distribuzione di un erbicida classico (Peruzzi et al., 2009).

Occorre evidenziare che sono presenti alcuni ostacoli che limitano ancora l’espansione di questo metodo. A partire da problemi di tipo tecnologico, quali le difficoltà di produrre grandi quantità di inoculo attraverso i processi fermentativi, o le formulazioni che assicurino una elevata stabilità e una prolungata “vita di scaffale”; limitazioni commerciali, quali la dimensione solitamente ridotta del mercato, gli alti costi di produzione e di registrazione, o norme restrittive che limitano l’impiego di organismi viventi; limitazione biologiche, come le difficoltà dovute alla gestione di organismi viventi, che possono perdere la virulenza o interagire con altri organismi quando applicati; fattori ambientali, come gli effetti negativi dovuti alle sfavorevoli condizioni climatiche e a fenomeni di dilavamento (Vurro et al., 2009).

L’ allelopatia è definita come “l’effetto diretto o indiretto (stimolatore o inibitore) da parte di una pianta su un’altra attraverso il rilascio nell’ambiente di sostanze chimiche” (Rice, 1984). Le sostanze allelopatiche producono un effetto inibente nei confronti della crescita e della germinazione di altre specie. I composti attualmente rinvenibili sono quelli che, all’individuo produttore, hanno conferito un vantaggio selettivo in termini di sopravvivenza della specie, di diffusione e di competizione con gli altri individui. L’emissione di tali sostanze può essere uno dei meccanismi coinvolti nella colonizzazione di ambienti diversi da quelli di origine da parte di specie invasive. Tale rapida diffusione viene in genere spiegata con l’assenza, nel nuovo ambiente colonizzato, di nemici naturali. Un altro motivo di vantaggio, invece, può essere proprio la capacità di emettere sostanze allelopatiche, inefficaci verso le specie normalmente presenti nell’ambiente di provenienza, ma attive nei confronti di quelle presenti nell’ambiente invaso (Fracchiolla and Montemurro, 2007).

Le famiglie dei composti allelopatici più importanti possono essere raggruppati in tre categorie: composti volatili; acidi organici e aldeidi; composti fenolici. Si tratta di metaboliti che le piante producono ed emettono attraverso organi epigei o ipogei tramite vari processi. La prima categoria di composti viene rilasciata per volatilizzazione.

Gli acidi organici, le aldeidi e i composti fenolici vengono immessi nell'ambiente tramite essudazione radicale, lisciviazione e decomposizione dei residui vegetali (Charron et al., 1995; Bond e Davies, 1997; Peruzzi et al., 2009.) Nel momento in cui queste sostanze raggiungono concentrazioni sufficienti, possono inibire o impedire la germinazione dei semi e/o la crescita delle specie con cui vengono in "contatto". Alcuni esempi di sostanze allelopatiche sono il sorgoleone estratto da *Sorghum spp.*, l'artemisina estratta da *Artemisia spp.*, oli volatili estratti da *Eucalyptus spp.*, e l'ailantone estratto da *Ailanthus altissima*. I risultati finora ottenuti dalle sperimentazioni scie prodotti è ancora limitata dagli alti costi di produzione e dalla loro ridotta persistenza nell'ambiente rispetto ai tradizionali erbicidi di sintesi (Peruzzi et al., 2009).

Oltre agli organismi antagonisti e alle sostanze allelopatiche, esistono anche altri prodotti di origine naturale con provata efficacia erbicida. Tra questi degni di menzione sono l'acido pelargonico l'acido acetico.

**L'acido pelargonico** è un acido carbossilico a nove atomi di carbonio ( $C_9H_{18}O_2$ ), il cui nome deriva dal fatto di essere stato isolato la prima volta, verso la fine degli anni '90, dalle foglie di *Pelargonium roseum*. È un acido grasso ed esiste in natura come olio essenziale, ma può anche essere prodotto per ozonolisi dell'acido oleico. A temperatura ambiente si presenta come un liquido oleoso incolore dall'odore tenue di cera. Si trova in natura nelle piante *Pelargonium*, della famiglia delle *Geraniaceae*, da cui prende il nome comune e in altri estratti vegetali.

Si utilizza come erbicida in soluzione con idrazide maleica, che è una molecola normalmente presente in natura, che dalla seconda metà del 1900 viene usata come regolatore di crescita. Una volta assorbita dalla pianta per via fogliare viene trasportata in tutti i tessuti vascolari, dove inibisce la divisione cellulare, agendo quindi per via sistemica. L'allungamento delle cellule non è bloccato, quindi non sono attaccate le cellule già formate che si trovano nelle strutture sotterranee della pianta o che non sono raggiunte perché la struttura della pianta non lo permette (es. foglie arrotolate o protette da guaine). È per questo che per certe infestanti si impone un secondo trattamento.

L'idrazide aumenta la persistenza di azione del prodotto, rallentando il ricaccio delle piante in particolare di quelle pluriennali (dotate di gemme secondarie nelle radici

fittonanti) e di quelle vivaci (dotate di gemme primarie nelle strutture sotterranee di riproduzione vegetativa (Vidotto et al., 2018).

La sua azione erbicida si esplica solo in post-emergenza delle erbe infestanti ovvero con attività di contatto a livello fogliare. L'acido pelargonico è attivo nei confronti di un ampio spettro di infestanti annuali e poliennali, mono e dicotiledoni, alghe e muschi. Controlla in modo particolarmente efficace giavoni (*Echinochloa crus-galli*) in attiva crescita. L'azione del prodotto si palesa in poche ore con ingiallimenti fogliari diffusi portando al disseccamento delle parti colpite in un giorno dall'intervento. L'acido pelargonico non esplica nessuna azione residuale quindi non inquina il suolo ed è molto adatto in aree molto frequentate da persone ed animali domestici.

**L'acido acetico** è solitamente utilizzato in soluzione al 20%, e agisce come un comune erbicida di contatto, distruggendo le membrane cellulari, causando il disseccamento dei tessuti. L'acido acetico ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) è un acido carbossilico, largamente presente in natura, prodotto dalla fermentazione dell'etanolo. A temperatura ambiente è liquido e trasparente ed è la molecola che conferisce l'odore caratteristico all'aceto.

Nello specifico l'acido acetico si comporta come un dissecante, distruggendo la cuticola fogliare e la parete cellulare delle piante trattate con effetto immediato. Non è noto però che quest'ultimo non si limita a svolgere solamente un'azione di contatto, ma inibisce e blocca il Ciclo di Krebs, arrestando la respirazione delle malerbe e causandone la morte.

Le piante soggette a questo tipo di trattamento non riescono più a trasformare le molecole provenienti dalla glicolisi in anidride carbonica, acqua ed energia, favorendone l'accumulo e inibendo i processi di respirazione e traspirazione.

Come il pelargonico, svolge un'azione erbicida di post emergenza ed essendo un composto di origine naturale non è soggetto ai vincoli di legge che ne vietano l'utilizzo in aree extra-agricole. Presentandosi allo stato liquido possono essere distribuiti con le comuni mezzi sopracitati per la distribuzione dei prodotti chimici, quali irroratrici manuali, spalleggiate, ecc.

Entrambi sono ancora oggetto di studio per quanto riguarda la loro efficacia come erbicidi e per stimarne i costi d'impiego. Proprio per questo saranno valutati ai fini della sperimentazione che è stata eseguita e della quale si esplicano i risultati nella parte sperimentale del presente documento.

### 1.3 Vincoli legislativi e normativa attuale

Le elevate prestazioni dimostrate dai diserbanti e la limitata percezione dei possibili rischi ambientali legati al loro utilizzo, hanno alimentato la convinzione che il mezzo chimico potesse rappresentare il principale strumento per la gestione delle malerbe (Ferrero, et al., 2010)

Solo a partire dagli anni sessanta iniziarono ad essere sollevate le prime critiche sui rischi per l'uomo e l'ambiente legati al sempre più diffuso impiego di sostanze chimiche e, dalla fine degli anni Settanta, l'opinione pubblica acquisì maggiore sensibilità a riguardo comportando la denuncia di numerose situazioni che potevano compromettere la salute dell'uomo e dell'ambiente.

Con l'emanazione della **Direttiva Europea 79/117/CEE** del 21 dicembre 1978, relativa al divieto di immettere in commercio e impiegare prodotti fitosanitari contenenti determinate sostanze attive, i rischi per l'ambiente e per l'uomo, legati all'impiego dei diserbanti, divennero di pubblico dominio. Ciò determinò lo sviluppo di un atteggiamento prevenuto e diffidente nella pubblica opinione nei confronti di questi prodotti.

La successiva **Direttiva 91/414/CEE** del 15 luglio 1991 fornì un quadro legislativo comune in materia di prodotti fitosanitari in tutta Europa.

Il **Regolamento CE n. 1107/2009** del Parlamento europeo e del Consiglio, del 21 ottobre 2009 abroga le direttive del Consiglio 79/117/CEE e 91/414/CEE e introduce criteri più severi per l'immissione sul mercato di prodotti fitosanitari. Tali criteri riguardano: tossicità acuta, tossicità cronica, persistenza nell'ambiente, bioaccumulo, possibilità di diffusione nell'ambiente ed ecotossicologia.

In tale contesto si è delineato un nuovo quadro organizzativo e procedurale che richiede un significativo adeguamento non solo dell'Amministrazione, ma anche degli operatori del settore, per ottemperare puntualmente agli obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alla comunità europea e per consentire l'allineamento dell'organizzazione interna alle nuove disposizioni comunitarie, sui processi autorizzativi che non avranno più solo un profilo nazionale, ma comunitario.

A tal fine, è stata predisposta la nota del 14 giugno 2011 con la quale sono state dettate indicazioni operative per l'applicazione del Regolamento (CE) 1107/2009 finalizzate ad

agevolare, velocizzare, semplificare ed uniformare l'applicazione della nuova normativa comunitaria.

Per assicurare un'attività efficiente ed efficace e per garantire il rispetto della stringente tempistica definita dalle nuove procedure di autorizzazione ed immissione in commercio dei prodotti fitosanitari, in un'ottica di collaborazione volontaria con le imprese interessate, è stata diramata la nota dell' 1 giugno 2011 concernente la programmazione delle attività di valutazione in materia di prodotti fitosanitari.

Il Regolamento di esecuzione UE n. 540/2011 della commissione del 25 maggio 2011 reca invece disposizioni di attuazione del regolamento CE n. 1107/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda l'elenco delle sostanze attive approvate.

Un passo importante verso uno sviluppo sostenibile fu l'approvazione da parte della Comunità Europea della **Direttiva 2009/128/CEE**, riguardante la riduzione dei rischi e degli impatti sulla salute umana e sull'ambiente e la promozione di approcci e tecniche alternative.

In attuazione di tale direttiva, che istituiva un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi, viene emanato in Italia il **Decreto Legislativo del 14 agosto 2012, n. 150**.

Suddetto decreto definisce le misure per un uso sostenibile dei pesticidi al fine di ridurre i rischi e gli impatti sulla salute umana, sull'ambiente, sulla biodiversità e promuovere l'applicazione della difesa integrata e di approcci alternativi o metodi non chimici.

All'**articolo 6** descrive il Piano d'azione nazionale (**PAN**) per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, che definisce gli obiettivi, le misure, le modalità e i tempi per la riduzione dei rischi e degli impatti dell'utilizzo dei prodotti fitosanitari sulla salute umana, sull'ambiente e sulla biodiversità. Il Piano, inoltre, promuove lo sviluppo e l'introduzione della difesa integrata e di metodi di produzione o tecniche di difesa alternativi, al fine di ridurre la dipendenza dai prodotti fitosanitari, anche in relazione alla necessità di assicurare una produzione sostenibile, rispondenti ai requisiti di qualità stabiliti dalle norme vigenti.

Tiene conto inoltre dei prodotti fitosanitari contenenti sostanze attive, approvate in conformità della direttiva 91/414/CEE del Consiglio, del 15 luglio 1991, relativa all'immissione in commercio dei prodotti fitosanitari, che, una volta sottoposte a

rinnovo dell'autorizzazione ai sensi del regolamento (CE) n. 1107/2009, non soddisfano i criteri per l'autorizzazione.

Il Piano valuta altresì le restrizioni d'uso in aree ed ambiti particolari, come le aree protette e le aree specifiche elencate all'articolo 15, tenuto conto dei necessari requisiti di tutela della salute umana, dell'ambiente, della biodiversità e dei risultati dell'analisi del rischio.

Per aree specifiche si intendono le aree utilizzate dalla popolazione o dai gruppi vulnerabili e, in ogni caso, i parchi, i giardini, i campi sportivi e le aree ricreative, i cortili e le aree verdi all'interno dei plessi scolastici, le aree gioco per bambini e le aree adiacenti alle strutture sanitarie. Considera inoltre le aree protette di cui al decreto legislativo n. 152 del 2006 e le altre aree designate ai fini di conservazione per la protezione degli habitat e delle specie.

Nell'**Azione 5.5** (Misure per la riduzione e/o eliminazione dell'uso dei prodotti fitosanitari e dei rischi sulle o lungo le strade), si specifica che è necessario ridurre e/o eliminare, per quanto possibile, l'uso dei prodotti fitosanitari e i rischi connessi al loro utilizzo sulle o lungo le strade, ricorrendo a mezzi alternativi (meccanici, fisici e biologici), riducendo per quanto possibile le dosi di impiego dei prodotti fitosanitari ed utilizzando, per la loro distribuzione, le attrezzature e le modalità di impiego che consentano di ridurre al minimo le perdite nell'ambiente, nel rispetto della sicurezza e del ruolo della vegetazione sui cigli stradali.

Per tale finalità si prevedono le seguenti misure:

- sostituzione, dall'entrata in vigore del Piano, dei prodotti fitosanitari che contengono sostanze classificate per la cancerogenesi, la mutagenesi e la tossicità riproduttiva, in Categoria 1A e 1B, ai sensi del regolamento (CE) n. 1272/2008;
- sostituzione e/o limitazione, entro 3 anni dall'entrata in vigore del Piano, dei prodotti fitosanitari che riportano in etichetta le pertinenti frasi di precauzione SPe1, SPe2, SPe3 e SPe4, o 26 classificati tossici, molto tossici e/o recanti in etichetta le frasi di rischio R40, R42, R43, R45, R60, R61, R62, R63, R64 e R68, ai sensi del decreto legislativo n. 65/2003 e s.m.i. o le indicazioni di pericolo corrispondenti di cui al regolamento (CE) n. 1272/2008.

- divieto di effettuare trattamenti con insetticidi e acaricidi sulle alberate stradali durante la fase fenologica della fioritura.

I Ministeri dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, della salute e delle politiche agricole alimentari e forestali, con il supporto del Servizio Fitosanitario Nazionale, entro 2 anni dall'entrata in vigore del Piano, adottano criteri ambientali minimi da inserire obbligatoriamente negli affidamenti e nei capitolati tecnici delle gare d'appalto per l'esecuzione dei trattamenti fitosanitari nella rete stradale e autostradale, tenendo conto, in particolare, della necessità di:

- utilizzare il diserbo meccanico e fisico (es. pirodiserbo) in tutti i casi in cui esso possa sostituire il diserbo chimico. In particolare, occorre sostituire il diserbo chimico con il diserbo meccanico sui cigli e le scarpate stradali adiacenti alle aree abitate o comunque normalmente frequentate dalla popolazione, nonché nelle aree limitrofe ai ponti ed alle stazioni di servizio lungo le strade e autostrade con annessi punti di ristoro, applicando opportune misure di gestione del sistema dei cigli stradali, al fine di ridurre il più possibile l'attecchimento e la crescita delle malerbe (pacciamatura verde o con materiali inerti, ecc.);
- valutare le dosi di impiego necessarie in rapporto alle specie presenti, al loro stadio di sviluppo e alla loro sensibilità;
- utilizzare tecniche o metodi alternativi all'impiego di prodotti fitosanitari anche per evitare l'insorgere di resistenze causate dall'uso ripetuto della stessa sostanza attiva;
- programmare gli interventi che prevedono l'uso del mezzo chimico tenendo conto delle previsioni meteorologiche, evitando l'utilizzo di prodotti fitosanitari nei giorni in cui sono previste precipitazioni e nei giorni immediatamente precedenti.

Nella definizione di tali criteri sono coinvolte le altre amministrazioni competenti e le parti interessate, anche al fine di tener conto delle specificità del territorio.

**L'Azione 5.6** (Misure per la riduzione dell'uso o dei rischi derivanti dall'impiego dei prodotti fitosanitari nelle aree frequentate dalla popolazione o da gruppi vulnerabili), stabilisce che ai fini della tutela della salute e della sicurezza pubblica è necessario ridurre l'uso dei prodotti fitosanitari o dei rischi connessi al loro utilizzo nelle aree frequentate dalla popolazione o da gruppi vulnerabili, ricorrendo a mezzi alternativi

(meccanici, fisici, biologici), riducendo le dosi di impiego e utilizzando tecniche e attrezzature, che permettano di ridurre al minimo la dispersione nell'ambiente.

Le Autorità locali competenti, tenendo anche conto di tali linee di Indirizzo, ove disponibili, adottano i provvedimenti necessari per la gestione del verde urbano e/o ad uso della popolazione, relativamente all'utilizzo dei prodotti fitosanitari.

È fatto obbligo di avvisare la popolazione attraverso l'apposizione di cartelli che indicano, tra l'altro, la sostanza attiva utilizzata, la data del trattamento e la durata del divieto di accesso all'area trattata. La durata del divieto di accesso non deve essere inferiore al tempo di rientro eventualmente indicato nell'etichetta dei prodotti fitosanitari utilizzati e, ove non presente, nelle aree frequentate dai gruppi vulnerabili non può essere inferiore a 48 ore.

Nelle aree interessate non possono essere utilizzati prodotti fitosanitari che abbiano tempi di rientro superiori a 48 ore.

Nelle medesime aree si dovrà evitare l'accesso provvedendo ad un'adeguata e visibile segnalazione e, in relazione alla specifica situazione, ad un'eventuale delimitazione delle stesse. Ove possibile, i trattamenti devono essere effettuati in orari in cui è ridotto al minimo il disagio per le persone.

Fatto salvo quanto previsto in applicazione del decreto legislativo 19 agosto 2005 n. 214 s.m.i e dei decreti ministeriali che disciplinano la lotta obbligatoria, le Regioni e le Province autonome possono autorizzare trattamenti fitosanitari mirati, al fine di impedire l'introduzione e la diffusione degli organismi da quarantena e di proteggere i vegetali, i prodotti vegetali e la salute pubblica dagli organismi nocivi definiti nella normativa di riferimento.

Suddetto piano infine, all'articolo 5.6.1 specifica l'utilizzo dei prodotti fitosanitari ad azione erbicida.

In ambiente urbano, le Autorità locali competenti per la gestione della flora infestante individuano:

- le aree dove il mezzo chimico è vietato;
- le aree dove il mezzo chimico può essere usato esclusivamente all'interno di un approccio integrato con mezzi non chimici e di una programmazione pluriennale degli interventi.

In particolare sono previste le seguenti misure:

- i trattamenti diserbanti sono vietati e sostituiti con metodi alternativi nelle zone frequentate dalla popolazione o da gruppi vulnerabili, indicate al precedente paragrafo A.5.6;
- in caso di deroga non si può ricorrere, comunque, all'uso di prodotti fitosanitari che riportano in etichetta le seguenti frasi di rischio: da R20 a R28, R36, R37, R38, R42, R43, R40, R41, R45, R48, R60, R61, R62, R63, R64 e R68, ai sensi del decreto legislativo n. 65/2003 e s.m.i. o le indicazioni di pericolo corrispondenti di cui al regolamento (CE) n. 1272/2008. Tali prodotti non devono, comunque, contenere sostanze classificate mutagene, cancerogene, tossiche per la riproduzione e lo sviluppo embriofetale, sensibilizzanti, ai sensi del regolamento (CE) n. 1272/2008 (Art. 6 del decreto legislativo 14 agosto 2012, n. 150).

A decorrere dal 22 agosto 2016 si adottano le disposizioni espone nel Decreto del 9 agosto 2016 riguardanti la revoca di autorizzazioni all'immissione in commercio e modifica delle condizioni d'impiego di prodotti fitosanitari contenenti la sostanza attiva glifosate, in attuazione del regolamento di esecuzione (UE) 2016/1313 della Commissione del 1°agosto 2016, nelle aree frequentate dalla popolazione o dai gruppi vulnerabili di cui all'articolo 15 del decreto legislativo n. 150/2012.



## OBIETTIVI

Questo lavoro di tesi ha l'obiettivo di confrontare le principali tipologie di diserbo sostenibile presenti sul mercato per il controllo della flora spontanea in aree extra-agricole, in conformità all'articolo 6 del Decreto Legislativo del 14 agosto 2012, n. 150, che promuove l'applicazione della difesa integrata e di approcci alternativi o metodi non chimici.

La trattazione è rivolta ai seguenti metodi di controllo delle infestanti:

- A. Acido acetico *Urban Weed*;
- B. Acido pelargonico *Finalsan Plus*;
- C. Scerbatrice meccanica;
- D. Pirodiserbo.

Lo scopo è quello di valutarne l'efficacia come diserbanti totali per un periodo prolungato di tempo e la loro efficienza, tenendo conto dei tempi di applicazione, dei costi dei prodotti e delle macchine utilizzate per i trattamenti. L'intento non è quello di determinare un prezzo categorico per ogni metodo, ma altresì attribuirne un valore concreto che possa poi essere utilizzato per un confronto oggettivo con gli altri trattamenti.

Al fine di una corretta stima viene inoltre individuato il procedimento più opportuno di elaborazione delle immagini rilevate, atte a definire la quantità percentuale di malerbe presenti in ogni sezione.



## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1 Ubicazione delle prove

Questo lavoro di tesi è stato reso possibile grazie alla collaborazione nata tra il Dipartimento Tesaf dell'Università di Padova e il Golf Club della Montecchia sito a Selvazzano Dentro in provincia di Padova.

Il Golf della Montecchia è concretamente impegnato sul fronte della salvaguardia delle risorse naturali; infatti, vanta numerose collaborazioni con centri di ricerca e università che, nel corso degli anni, hanno portato al conseguimento di attestati e certificazioni ambientali di notevole pregio.

Il circolo sorge sull'area che un tempo faceva parte delle proprietà dei Conti Emo Capodilista che includono un antico castello, una villa rinascimentale e una antica azienda agricola rinomata per la produzione di vino: in particolare, la Club House è stata ricavata da un vecchio essiccatoio di tabacco sapientemente ristrutturato e restituito oggi all'antico splendore. Il percorso del campo è stato disegnato dall'architetto inglese Tom Macauley, che, oltre alle caratteristiche tecniche ha privilegiato anche gli aspetti legati all'ambiente ed al paesaggio. La leggera movimentazione delle buche difatti inserisce perfettamente il percorso nel contesto circostante, caratterizzato dalla tipica pianura spezzata dalle ondulazioni dei vicini Colli Euganei.

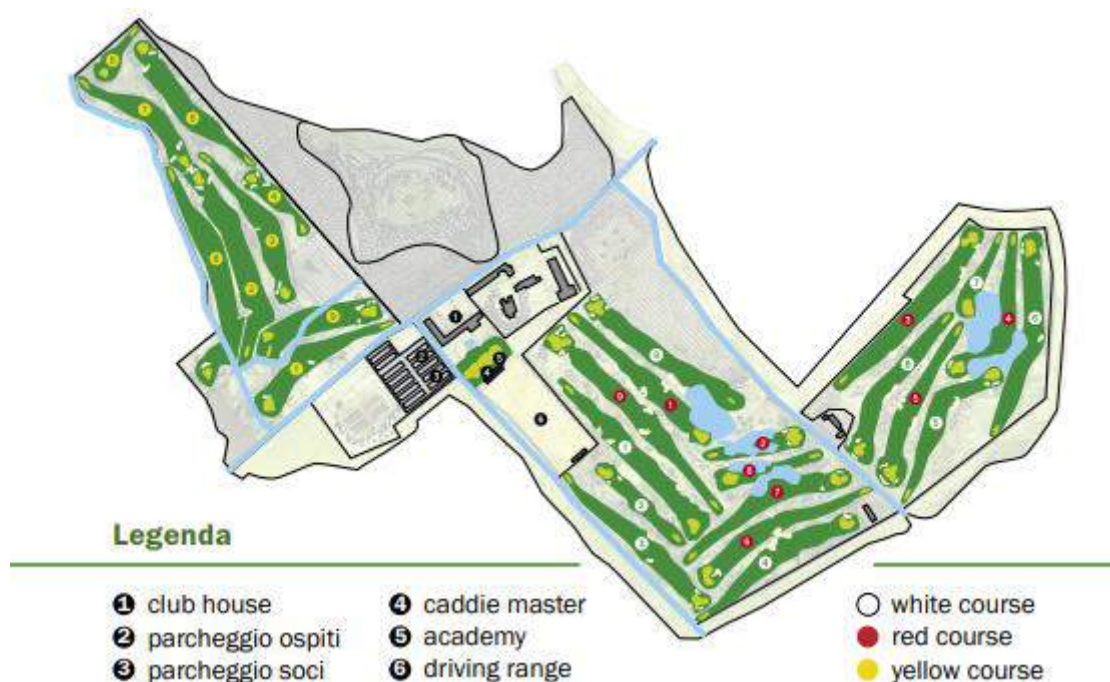


Figura 3.1. Pianta dei percorsi del Golf della Montecchia

Sviluppato su 27 buche - percorso Bianco, percorso Rosso e percorso Giallo - è stato impreziosito con specchi d'acqua e varie macchie di incolto, che anche grazie alla vicinanza con il Parco dei Colli Euganei hanno favorito la presenza di una ricca fauna. Le prove sperimentali sono state eseguite su due vialetti di sassi all'interno del percorso, precisamente a lato delle buche 8 e 14, di lunghezza rispettivamente 75 m e 70 m.



*Figura 3.2. Ubicazione vialetti oggetto delle prove all'interno del campo (Fonte: Google Earth)*

Ogni vialetto è stato suddiviso in parcelle aventi dimensioni:

- Larghezza: 1,80 m
- Lunghezza: 5 m
- Area: 9 m<sup>2</sup>

Sono state così definite un totale di 15 sezioni nella stradina laterale alla buca 8, e 14 sezioni in quella adiacente alla buca 14.

Su ogni parcella si è applicato un diverso tipo di trattamento (diserbo), che è stato assegnato seguendo uno schema a blocco randomizzato di cinque tesi per sei repliche.



## 2.2 Metodi di diserbo utilizzati

In ottemperanza all'articolo 6 del Decreto Legislativo del 14 agosto 2012, n. 150, che promuove l'applicazione della difesa integrata e di approcci alternativi o metodi non chimici è stata valutata la validità dei prodotti e delle macchine descritti di seguito.

Fondamentale, la collaborazione con le aziende produttrici e con esperti del settore come il dott. Strazzabosco e il dott. De Luca che hanno permesso di fruire dei macchinari e delle sostanze nel migliore dei modi, permettendo di esprimere al meglio il loro potenziale.

I trattamenti sono stati effettuati secondo le date predisposte da calendario, a partire dal 17 aprile fino al 1° ottobre 2018.

In particolare, durante la prima data sono stati rilevati i tempi di lavoro di ogni singolo metodo, le loro criticità e gli effetti diretti visibili appena dopo l'applicazione.

Questo ha permesso poi di stimare i costi di ciascuna procedura, tenendo conto della velocità di esecuzione dei singoli trattamenti.

### 2.2.1 Acido acetico Urban Weed

L'acido acetico utilizzato per le prove sperimentali è l'Urban Weed.

È definito dalla casa produttrice come "prodotto speciale con azione antitrspirante per la regolarizzazione della crescita della vegetazione erbacea indesiderata, particolarmente indicato per impieghi extra-agricoli (ambiente urbano, strade, ecc.).

L'Urban Weed contiene acido acetico (82%) complessato da pongamia (genere di legumi della famiglia delle Fabacee), disaccaride, idrolizzato proteico, polidrossiacido e saponine naturali.

Se utilizzato in maniera inappropriata può risultare corrosivo e provocare irritazioni, per questo motivo viene commercializzato con l'allegata scheda di sicurezza, che indica le precauzioni e le contromisure da adottare per un corretto uso (Allegato 6.2).

Prodotto e distribuito da:




# URBAN WEED™

## PATENT PENDING

Prodotto speciale con azione antitraspirante per la regolarizzazione della crescita della vegetazione erbacea indesiderata, particolarmente indicato per impieghi extra-agricoli (ambiente urbano, strade, ferrovie, etc.).

**COMPOSIZIONE**  
Acido acetico (CAS n. 64-19-7) 32% complessato da porgamita, diazotale, idrolizzato proteico, polidrossiacido e saponine naturali (PATENT PENDING).

**ATTIVITÀ**  
URBAN WEED è in grado di ridurre notevolmente la traspirazione della vegetazione erbacea indesiderata con cui entra in contatto, regolarizzandone la crescita. Questo il prodotto viene irrorato sulla vegetazione, forma un pellicola semipermabile in grado di regolare la traspirazione della pianta. Questa fisica opacità è un ottimo supporto alle classiche lavorazioni meccaniche (falci), permettendo di regolarizzare la crescita della vegetazione infestante ad una migliore programmazione degli interventi di sfalcio. Si consiglia di utilizzare URBAN WEED a seguito di un intervento di contenimento meccanico della vegetazione, onde consentire l'omogeneità coperta dalla stessa (corsi di altezza ridotta e quindi facilmente bagnabili) e prolungare l'intervallo di tempo tra due interventi di sfalcio.

**UTILIZZO**  
Il prodotto deve essere utilizzato su vegetazione asciutta, in pieno giorno e con temperature superiori ai 12 - 15 °C. In tali condizioni il prodotto forma una pellicola sulla vegetazione infestante espletando la sua massima azione. Su piante erbacee particolarmente vigorose (es. graminacee ricotifenne e dicotiledoni rubrici), si consiglia di trattare con temperature superiori ai 18 °C o con il massimo irraggiamento solare. Il prodotto è applicabile con ogni tipo di attrezzatura irroratrice, con l'accortezza di utilizzare ugelli che consentano la formazione di gocce di dimensioni fra (150/300 µm diametro), a ventaglio per vegetazione bassa ed a cono per vegetazione alta e fitta.

**DOSE CONSIGLIATE**  
20-30 kg/ha ad una concentrazione del 20 %.  
Superando le dosi e la concentrazione sopra riportate il prodotto può arrecare danno alla vegetazione trattata.

**AVVERTENZE**  
A DOSI PARTICOLARMENTE ELEVATE (ES. 100 kg/ha) IL PRODOTTO, A CAUSA DELL'AZIONE ANTITRASPIRANTE, PUÒ INDURRE UNO STRESS DI NATURA TERMICA CHE PUÒ ARRECCARE GRAVI DANNI ALLA VEGETAZIONE TRATTATA.

**INDICAZIONI GENERICHE**  
Agitare bene prima dell'uso.  
Conservare il prodotto a temperatura tra i 3 °C e i 30 °C.  
Dopo l'impiego lavare accuratamente l'attrezzatura utilizzata con tre riciclaggi successivi d'acqua, prima di altri usi, con diverse procedure.  
Evitare il contatto del prodotto con la pelle e soprattutto con gli occhi.  
Tenere il prodotto al di fuori della portata dei bambini e degli animali.  
Da impiegarsi esclusivamente per gli usi ed alle condizioni specificate nella presente etichetta.

**IL PRODOTTO NON È UN FERTILIZZANTE - IL PRODOTTO NON È UN FITOSANITARIO**

**AVVERTENZE:**  
Pericolo

**INDICAZIONI DI PERICOLO:**  
H318 Provoca gravi ustioni cutanee e gravi lesioni oculari.

**CONSIGLI DI PRUDENZA:**  
P261 Lavare accuratamente le mani dopo l'uso.  
P280 Indossare guanti / indumenti protettivi e proteggere gli occhi / il viso.  
P504-P540 IN CASO DI INALAZIONE: trasportare l'infortunato all'aria aperta o ricoverarlo a riposo in posizione che favorisca la respirazione.  
P510 Consultare immediatamente un CENTRO ANTIVENENI / avvelenato.

**CONTIENE:**  
ACIDO ACETICO

Mim 82 srl  
Corso Porta Nuova n. 20  
20121 Milano  
www.turfmaster.it

Peso Netto Kg

Lotto N.



Powered by Aresco Flux

Figura 3.4. Etichetta del prodotto "Urban Weed"

L'etichetta del prodotto denota che è in grado di ridurre notevolmente la traspirazione della vegetazione erbacea indesiderata con cui entra in contatto, regolarizzandone la crescita.

Se utilizzato su vegetazione asciutta, in pieno giorno e con temperature superiori ai 12/15 °C, il prodotto forma una pellicola sulle infestanti espletando la sua massima azione.

Le modalità di distribuzione sono quelle di un classico erbicida, quindi dalle irroratrici a barra per grandi estensioni, alle classiche irroratrici a spalla per distribuzioni più contenute.

Le dosi di Urban Weed consigliate per avere un effetto di regolazione della crescita sono di circa 20/30 Kg ha<sup>-1</sup> ad una concentrazione del 20%, mentre saranno più elevate per indurre uno stress di natura termica che produce un effetto antitrspirante e danneggia la vegetazione trattata. Considerando la necessità di ottenere lo stesso risultato di un erbicida totale si è utilizzato il prodotto ad una diluizione del 20% con dosi più elevate secondo la scheda tecnica del prodotto, di circa 100 Kg ha<sup>-1</sup>, paragonabili quindi a 0,01 L m<sup>-2</sup>.

La sperimentazione è avvenuta su due vialetti di ghiaia per cui si è deciso di procedere utilizzando l'attrezzatura a spalla, con un serbatoio da 16 litri, sia per avere una maggiore precisione nella distribuzione, sia per determinare concretamente la quantità di prodotto aspersa.



*Figura 3.5. Distribuzione acido acetico durante le prove al campo da golf della Montecchia*

## 2.2.2 Acido pelargonico Finalsan® Plus

Finalsan® Plus è un diserbante totale con azione di contatto fogliare, a base di acido pelargonico e idrazide maleica.



### Finalsan® Plus

Erbicida totale contro erbe infestanti, muschi e alghe – Concentrato solubile

#### COMPOSIZIONE

Acido Pelargonico puro	g. 18,52 (= 186,7 g/L)
Idrazide maleica	g. 2,98 (= 30 g/L)
Coformulanti q.b.a	g. 100

Registrazione del Ministero della Salute n. 13218 del 27.06.2011

W. Neudorff GmbH KG  
An der Mühle 3 · D-31860 Emmerthal (Germania) · Tel. +49 (0) 51 55/624-0

#### Stabilimento di produzione:

W. Neudorff GmbH KG · D-21337 Lüneburg (Germania)

#### Distribuito da:

Escher Srl · Via Miles 2 · 20873 Cavenago Brianza (MB) · Tel: 0295339216

**INDICAZIONI DI PERICOLO:** ---  
**CONSIGLI DI PRUDENZA:** P102 Tenere fuori dalla portata dei bambini.  
**PREVENZIONE:** P270 Non mangiare, né bere, né fumare durante l'uso.  
**REAZIONE:** ---  
**CONSERVAZIONE:** P401 Conservare lontano da alimenti o mangimi e da bevande.  
**SMALTIMENTO:** ---  
**INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI SUI PERICOLI:** EUH401 Per evitare rischi per la salute umana e per l'ambiente, seguire le istruzioni per l'uso.

**PRESCRIZIONI SUPPLEMENTARI:** NON CONTAMINARE L'ACQUA CON IL PRODOTTO O IL SUO CONTENITORE. PERSONE ED ANIMALI POSSONO RENTRARE NELLE AREE TRATTATE IMMEDIATAMENTE DOPO CHE LA SOLUZIONE DI IRRORAZIONE SI È ASCIUGATA.

#### INFORMAZIONI PER IL MEDICO

Trattasi di associazione delle seguenti sostanze attive:  
**ACIDO PELARGONICO 18,52 % e IDRAZIDE MALEICA 2,98 %** le quali, separatamente, provocano i seguenti sintomi di intossicazione:

**ACIDO PELARGONICO:** -  
**IDRAZIDE MALEICA:** Irritante per cute e mucose, tremori, convulsioni fino al coma.

**Terapia:** sintomatica.

**Avvertenza:** consultare un Centro Antiveleni.

**NON APPLICARE CON MEZZI AEREI. NON CONTAMINARE ALTRE COLTURE, ALIMENTI E BEVANDE O CORSI D'ACQUA. OPERARE IN ASSENZA DI VENTO. DA NON VENDERSI SFUSO. SMALTIRE LE CONFEZIONI SECONDO LE NORME VIGENTI. IL CONTENITORE COMPLETAMENTE SVUOTATO NON DEVE ESSERE DISPERSO NELL'AMBIENTE. IL CONTENITORE NON PUÒ ESSERE RIUTILIZZATO.**

#### ATTENZIONE:

Da impiegarsi esclusivamente per gli usi e alle condizioni riportate in questa etichetta. Chi impiega il prodotto è responsabile degli eventuali danni derivanti da uso improprio del preparato. Il rispetto di tutte le indicazioni contenute nella presente etichetta è condizione essenziale per assicurare l'efficacia del trattamento e per evitare danni alle piante, alle persone ed agli animali.

Contenuto: **10 L** Partita n.



Etichetta autorizzata con D.D. del 12/11/2012

1125-125001040

Figura 3.6. Etichetta del prodotto "Finalsan Plus"

Essendo un erbicida di contatto a livello fogliare, esso esplica la sua azione erbicida post-emergenza disseccando le piante in poche ore. Il suo meccanismo di azione consiste nell'immediata disidratazione delle cellule cuticolari e parenchimatiche con cui viene a contatto. L'azione del prodotto si palesa in poche ore con ingiallimenti fogliari diffusi portando al disseccamento delle parti colpite in un giorno dall'intervento. Grazie alla

presenza in soluzione dell'irazide può risultare un prodotto sistemico visto che agisce in tutti i tessuti vascolari fino alle radici delle piante colpite.

L'acido pelargonico non esplica nessuna azione residuale quindi non inquina il suolo ed è molto adatto in aree molto frequentate da persone ed animali domestici. Per avere i risultati migliori il prodotto deve essere applicato su vegetazione non bagnata, in condizioni di buona luminosità, con una temperatura di almeno 15°C e umidità minima del 60%.

Il dosaggio consigliato è di 200 ml L<sup>-1</sup> di acqua (1 L su 5 L di acqua), con una distribuzione di circa 100 ml di soluzione per ogni mq da trattare, avendo quindi un consumo di circa 20 ml per m<sup>2</sup> di prodotto puro.

L'acido pelargonico è attivo nei confronti di un ampio spettro di infestanti annuali e poliennali, mono e dicotiledoni, alghe e muschi ed è particolarmente efficace contro infestanti giovani e in crescita attiva. Non è selettivo e pertanto durante i trattamenti di diserbo è necessario evitare che il prodotto giunga a contatto con colture limitrofe. È irritante in particolare per gli occhi e quindi va manipolato con attenzione. La ditta assicura che il prodotto non è nocivo per i lombrichi, per gli acari utili (*Typhlodromus pyri*) e per le api.

La modalità di distribuzione è stata la medesima dell'acido acetico, cioè per mezzo di irroratrici a spalla, avendo cura di coprire con uno strato omogeneo di prodotto la vegetazione da trattare.

### 2.2.3 Scerbatrice meccanica

La scerbatrice meccanica consiste in un prototipo sviluppato e prodotto dalla ditta Barbieri s.r.l. (macchine per l'agricoltura) composto da macchina portattrezzi e scerbatrice meccanica vera e propria.

Si tratta di un mezzo movimentato da un motore Honda con alimentazione a Benzina ad avviamento auto avvolgente elettrico sul quale viene installato l'attrezzo di lavoro per mezzo di un attacco rapido a trasmissione idrostatica.

La presa di forza anteriore consente il collegamento di vari strumenti per l'uso durante tutto l'anno e con la leva della frizione, viene attivato il rispettivo strumento di lavoro.

I freni dello sterzo a ruota singola facilitano le manovre anche su terreni difficili.

La presenza di una manovella sulle stegole permette la regolazione in altezza delle spazzole lavoranti che consentono di variare a seconda del tipo di terreno la profondità di lavoro.



*Figura 3.7. Scerbatrice meccanica*

*Tabella 3.1. Specifiche tecniche della scerbatrice meccanica*

<b>Motore HONDA Tipo GX 340</b>	
<b>Alimentazione</b>	Benzina
<b>Potenza netta</b>	8.0 KW a 3600 giri/min
<b>Capacità serbatoio</b>	6.1 litri
<b>Consumo</b>	3.6 litri/ ora
<b>Peso macchina senza attrezzo</b>	117 Kg
<b>Peso macchina con scerbatrice</b>	221 Kg
<b>Larghezza di lavoro</b>	70 cm

L'attrezzo di lavoro è costituito da quattro barre rotanti su asse verticale sulle quali sono inseriti alle due estremità due cavi di acciaio.



*Figura 3.8. Organo di lavoro della macchina scerbatrice*

Per il tempo di lavoro utile stimato per il passaggio della scerbatrice meccanica è stato considerato, oltre al passaggio del solo attrezzo lavorante, anche il tempo per il rastrellamento e la sistemazione della ghiaia, trattandosi di superficie ghiaiosa.

#### 2.2.4 Pirodiserbo

Il macchinario utilizzato per le prove sperimentali al campo da golf della Montecchia è stato sviluppato dalla ditta Emilverde di Nardo Emiliano con sede a Vigonovo (Ve), in collaborazione con Officine Mingozzi (Fe).

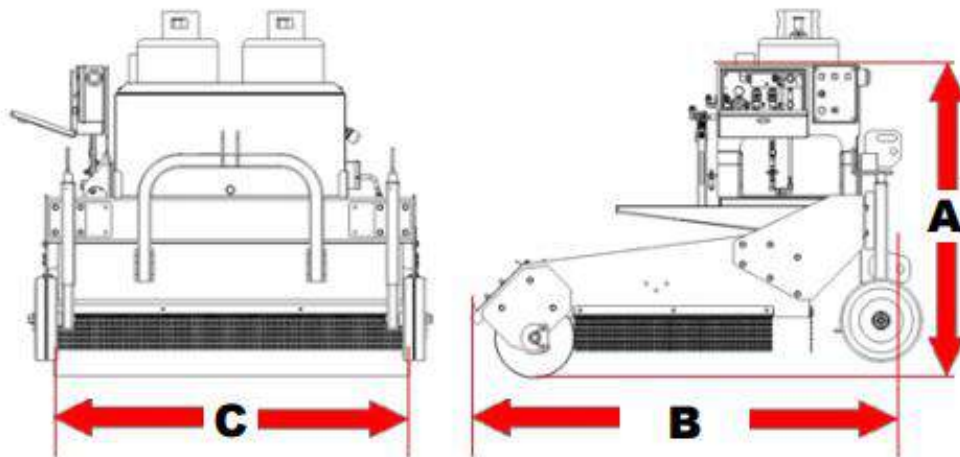
Si tratta di un'attrezzatura per pirodiserbo portata da trattore con azione totale su tutta la superficie e costituita da un unico bruciatore di dimensioni variabili tra 1,4 e 2 m (vedi specifiche tecniche riportate in seguito).





*Figura 3.9. Macchina per il pirodiserbo in azione al campo da golf della Montecchia*

Il combustibile utilizzato dai bruciatori è G.P.L. prelevato in fase gassosa da due bombole da 25 Kg poste in apposite vasche dotate di sistema di riscaldamento per le bombole medesime. L'alimentazione di combustibile ai bruciatori è controllata e comandata tramite due centraline elettroniche di cui una a bordo dell'attrezzatura e l'altra con attacco magnetico vicino al posto di guida dell'operatore. Il vantaggio del GPL è che bruciando forma esclusivamente vapore d'acqua e anidride carbonica, risultando una forma di inquinamento quasi trascurabile rispetto ad altri combustibili. La fiamma risulta trasparente ed esente da qualsiasi fenomeno di rilascio di fumi, si può quindi investire direttamente con qualsiasi tipo di pavimentazione o rivestimento, che non sia soggetto a combustione, senza alterarne il colore ([www.pirodiserbo.it](http://www.pirodiserbo.it)).

### Specifiche tecniche



TYPE <i>PTR</i>	A <i>mm</i>	B <i>mm</i>	C <i>mm</i>	 <i>Kg</i>	 <i>CV</i>
1.400	1.200	2.000	1.400	450	35
1.600	1.200	2.000	1.600	600	40
1.800	1.200	2.000	1.800	750	50
2.000	1.200	2.000	2.000	900	60

<i>Misure C su ordinazione</i>	2.200	2.400	2.600	2.800	3.000
	3.200	3.400	3.600	3.800	4.000

*Figura 3.10. Specifiche tecnico-costruttive macchina per il pirodiserbo*

Il macchinario è stato appositamente studiato per esercitare trattamenti su formazioni lineari e vialetti, dato che presenta un ingombro importante, ma allo stesso tempo è in grado di operare su superfici medio grandi in tempistiche ridotte.

La temperatura di uscita del calore durante la fase di lavoro è molto elevata, infatti raggiunge gli 800°C a fiamma libera, mentre a contatto con il terreno si riduce a 400°C.

Le caratteristiche strutturali dell'organo di lavoro permettono di compiere un'azione diretta su tutta la superficie sottostante ad esso e ciò comporta, oltre ad elevate capacità operative, un effetto indiretto in grado di influire sulla banca del seme del suolo.

Con il termine banca semi del suolo si intende la conservazione naturale nel suolo di semi o spore, spesso dormienti, che permettono il rinnovamento delle specie vegetali quando le condizioni naturali sono favorevoli (Baskin e Baskin, 1989).

L'elevato calore prodotto dalla macchina rompe i ponti di solfuro delle proteine contenute nei semi e ne destabilizza la struttura spezzando i legami che le legano. L'effetto si noterà a lungo termine, in quanto sono necessari almeno due anni per ridurre il grado di infestamento del suolo, che porterà però ad un ridotto numero di interventi negli anni successivi.

## 2.2.5 Tempi di lavoro

Di seguito si riassumono in tabella dei tempi di lavoro effettivi per ciascun trattamento espressi in secondi. Come si può notare è stato considerato il tempo necessario per fare il trattamento in ogni singola parcella ed è stato calcolato inoltre il tempo unitario, che consiste nel quoziente tra il tempo di lavoro e la superficie trattata, parametro utile per determinare il costo di utilizzo di ogni metodo.

Tabella 3.2. Tempi di lavoro e tempi unitari per ogni metodo

Metodo	Sup. trattata (m <sup>2</sup> )	Tempo di lavoro (sec)	T unitario (sec/m <sup>2</sup> )
<i>Urban Weed</i>	9	60	6.7
<i>Finalsan Plus</i>	9	60	6.7
<i>Scerbatrice</i>	9	300	33.3
<i>Pirodiserbo</i>	9	20	2.2

## 2.3 Trattamenti e rilievi fotografici

### 2.3.1 Suddivisione dei trattamenti e tempistiche di intervento

Ogni diversa tipologia di trattamento è stata replicata per sei volte secondo lo schema a blocco randomizzato visto in precedenza sui due vialetti di ghiaia all'interno del campo dal golf della Montecchia. Ad ogni parcella è stata assegnata una lettera corrispondente al metodo di diserbo applicato e un numero che ne indica la ripetizione.

- A = Acido Acetico (A1, A2, A3, A4, A5, A6)
- B = Acido Pelargonico (B1, B2, B3, B4, B5, B6)
- C = Scerbatrice meccanica (C1, C2, C3, C4, C5, C6)

- D = Pirodiserbo (D1, D2, D3, D4, D5, D6)
- E = Controllo (E1, E2, E3, E4, E5)

D4	E4	C4	A4	B4	E5	C5	A5	B5	D5	A6	D6	B6	C6	
LATO LAGO - Buca 14 - 70 m														
A1	B1	C1	D1	E1	B2	A2	D2	C2	E2	C3	B3	E3	D3	A3
LATO LAGO - Buca 8 - 90 m														
A: ACIDO ACETICO B: ACIDO PELARGONICO C: SCERBATRICE MECCANICA D: PIRODISERBO E: CONTROLLO														

Figura 3.11. Schema a blocco randomizzato dei trattamenti

I due vialetti, denominati secondo la vicinanza alla relativa buca, vengono indicati con il numero 8 e 14. A causa della ridotta lunghezza di quest'ultimo il controllo è stato replicato cinque volte invece di sei.

Entrambe le stradine partivano da una condizione vegetativa iniziale simile anche se, nel vialetto corrispondente alla buca 14, le malerbe si manifestavano in maniera più vistosa. Questo ha permesso di acquisire dei dati con una variabilità maggiore e analizzare quindi due condizioni differenti dovute al diverso grado di calpestio e alla vicinanza o meno di una fonte di acqua. Infatti la buca numero 14 è adiacente al laghetto del campo da golf ed è stata, almeno nei metri iniziali, meno calpestata dai mezzi e dalle persone che fruiscono giornalmente dei percorsi messi a disposizione dalla struttura.



Figura 3.12. Stradina 14 adiacente al laghetto. Golf della Montecchia (Selvazzano dentro, Pd)

Durante la fase di pianificazione delle prove si è deciso di intervenire una volta al mese a partire dal 16 aprile 2018 fino al 1° ottobre dello stesso anno. Successivamente però, procedendo con i trattamenti si è notato che non erano necessari interventi così frequenti a causa delle buone condizioni dei vialetti dovute all'efficacia del diserbo. Ciò ha portato ad una modifica delle date definitive, di seguito riportate:

- 1° Trattamento (17 aprile)
- 2° Trattamento (15 maggio)
- 3° Trattamento (11 giugno)
- 4° Trattamento (6 agosto)
- 5° Trattamento (1° ottobre)

### 2.3.2 Rilievo fotografico

Secondo il protocollo definito in fase di programmazione degli interventi, è stato deciso di effettuare dei rilievi fotografici per documentare l'andamento dei differenti trattamenti nel tempo. Inizialmente la programmazione delle foto era prevista nelle date:

1. Subito prima trattamento
2. Dopo 1-2 giorni
3. Dopo 1 settimana
4. Dopo 2 settimane
5. Dopo 3 settimane

Successivamente, con il procedere dei trattamenti, si è ritenuto opportuno diminuire la frequenza delle rilevazioni visto e considerato che a distanza di una settimana la situazione delle stradine non variava in maniera visibilmente significativa.

In definitiva è stato adottato il seguente calendario, mantenendo il rilievo fotografico nelle date appena prima e subito dopo i trattamenti:

16	17	03	09	16	30	05	12	26	18	31	07	28	11	25	04	24
apr	apr	mag	mag	mag	mag	giu	giu	giu	lug	lug	ago	ago	set	set	ott	ott

I rilievi sono stati eseguiti con fotocamera **Nikon COOLPIX W300**.

Si tratta di una compatta con sensore 1/2.3" (5.6 x) da 16 megapixel, con sensibilità di 125 – 6400 ISO inclusa estensione che può scattare a raffica di 7 FPS. È subacquea e resistente agli agenti atmosferici.



*Figura 3.13 Fotocamera Nikon Coolpix con la quale sono state scattate le foto*

Presso il Laboratorio polifunzionale per applicazioni meccaniche del Dipartimento Territorio e Sistemi Agroforestali è stato ideato un apposito supporto in metallo per riuscire a scattare le foto da posizione perfettamente verticale sopra ogni parcella, mantenendo una certa distanza tra fotocamera e terreno. Quest'ultimo consiste in un attrezzo carrellato regolabile nelle tre dimensioni (altezza, lunghezza e profondità) sul quale è fissata la fotocamera, che ha reso il lavoro estremamente più rapido e preciso.

Successivamente con un'applicazione messa a disposizione dalla casa produttrice della fotocamera è stato possibile scattare ogni singola foto da cellulare, che opportunamente collegato tramite bluetooth fungeva da supporto per lo scatto da remoto.

L'applicazione utilizzata, funzionante su dispositivi Android e IOS è **SnapBridge** versione 2.5.2.



*Figura 3.14. Supporto utilizzato scattare le foto da posizione perfettamente verticale sopra ogni parcella*

Ad ogni rilievo sono state scattate due foto per ogni parcella in maniera tale da coprire la quantità maggiore di superficie. Considerato che le stradine erano suddivise in 29 sezioni, il risultato è di 58 immagini per ogni uscita, vale a dire 986 totali.



Figura 3.15. Schermata iniziale di SnapBridge

Ogni immagine è stata rinominata in base alla parcella di appartenenza, al tipo di trattamento e alla data di rilievo. Ad esempio per una foto scattata il 17 aprile sul vialetto 8 dove è stato eseguito il trattamento con Acido acetico viene assegnato il nome 8-A1-a (a e b minuscolo stanno a indicare la prima e la seconda foto sulla stessa parcella).

Per omogeneizzare le immagini e far sì che durante l'analisi venisse considerato solamente la superficie interessata dal trattamento, sono state ritagliate una ad una con un rettangolo di 80 X 60 cm, omettendo quindi la parte di terreno extra parcella.



*Figura 3.16. Immagine 8-E2-b originale*



*Figura 3.17. Immagine 8-E2-b ritagliata*

## 2.4 Elaborazione immagini

L'obiettivo della elaborazione è stato quello di ottenere per ogni immagine un valore corrispondente alla quantità di erbe infestanti presenti, espresso in percentuale di copertura o, come vedremo, attraverso dei parametri significativi.

Per compiere un'analisi completa e ridurre al minimo la percentuale di errore sono state intraprese due strade differenti, che implicano l'uso di due diversi programmi.

### 2.4.1 Canopeo

Canopeo è un Plug-in di Matlab R2018a (ambiente per il calcolo numerico e l'analisi statistica scritto in C), che permette di misurare la copertura "verde" per ogni immagine (Green canopy cover).

È uno strumento rapido e veloce che si basa sui rapporti di colore da rosso a verde (R/G), blu a verde (B/G) e un indice verde in eccesso ( $2G-R-B$ ). L'output di questo strumento è stato confrontato con quello di due pacchetti di software ampiamente utilizzati per analizzare FGCC (Fractional green canopy cover), SamplePoint, e SigmaScan Pro. Si è visto che la velocità di elaborazione dell'immagine di Canopeo è da 20 a 130 volte più veloce di SigmaScan e da 75 a 2500 volte più veloce di SamplePoint. Inoltre, Canopeo è in grado di classificare correttamente il 90% dei pixel rispetto a SamplePoint (Patrignani e Ochsner, 2015).

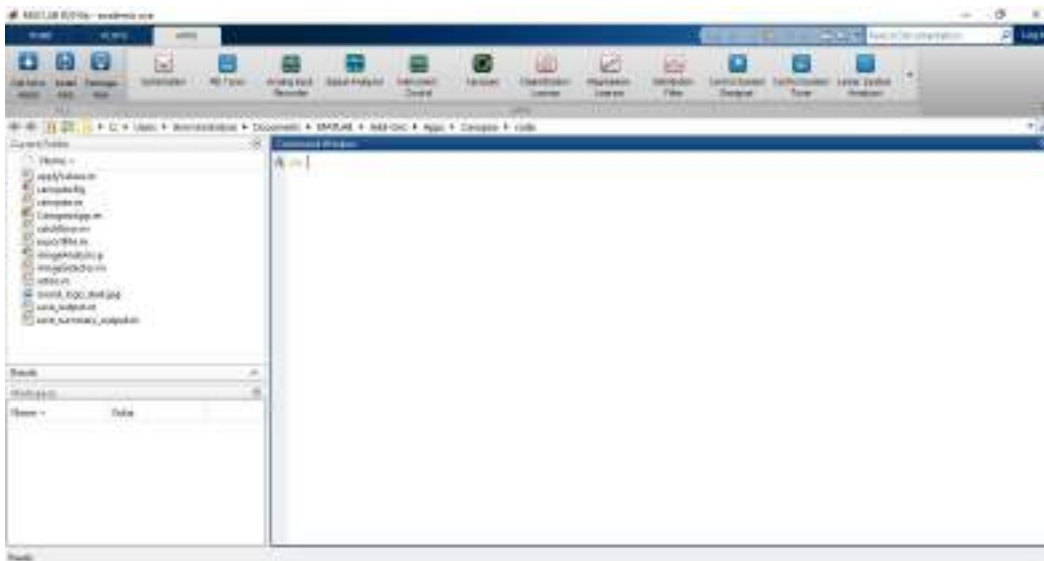


Figura 3.18. Schermata iniziale di MatlabR2018a

Canopeo analizza immagini in formato .jpg, .png, tif, e fornisce in output un dato percentuale in formato .txt che indica la copertura vegetale della superficie oggetto della foto.

Secondo Patrignani e Ochsner (2015), la combinazione dei rapporti R/G e B /G con l'indice verde in eccesso ha portato a una classificazione efficace e rapida di FGCC da immagini digitali. La vegetazione verde viva è efficacemente separata dallo sfondo usando i rapporti R/G e B/G, che è stato dimostrato siano utili per quantificare la superficie di biomassa viva in una steppa a perenni nel nord centro Colorado (Paruelo et al., 2000).

Per una corretta analisi è necessario impostare in maniera ottimale i rapporti di colore e l'indice di rumore, che possono variare in base alle differenti condizioni di vegetazione presente:

- *Red/Green*: il valore predefinito è 0,95. L'intervallo comune va da 0,9 a 1,1.
- *Blue/Green*: il valore predefinito è 0,95. L'intervallo comune va da 0,9 a 1,1.
- *Noise Reduction*: il valore predefinito è 1. Valori di 10, 100 e 1000 possono essere provati per individuare l'ordine di grandezza più vicino al risultato desiderato. La riduzione del rumore consente l'esclusione di piccoli cluster di pixel verdi indesiderati, come piccole erbacce.

Vista la quantità di foto (986 immagini totali) e considerata la possibilità di svolgere l'elaborazione suddividendole per data, si è deciso di procedere tarando i parametri in maniera tale da avere un set di valori che fossero ottimali per tutte le foto da analizzare.

Il lavoro svolto da Patrignani e Ochsner, come visto in precedenza, mette a disposizione una serie di settaggi che sono stati utilizzati per differenti tipologie di vegetazione e hanno fornito dei risultati ottimali in termini di precisione.

Table 1. Software settings used to analyze each batch of images.

Software	Settings	Corn	Forage sorghum	Turf	Switchgrass
Canopeo	R/G†	0.97	0.97	0.99	1.1
	B/G	0.97	0.97	0.99	1.1
	Noise reduction	1	1	1	1
SigmaScan	Hue range	40–140	40–140	40–140	50–180
	Saturation range	15–100	15–100	15–100	10–100
SamplePoint	Number of pixels	100	100	100	100

† R/G, red to green; B/G, blue to green.

Figura 3.19. Settaggi consigliati per Canopeo (Patrignani e Ochsner. 2015)

I parametri da considerare nel presente lavoro, tenuto conto del campo di applicazione e della classe di piante invasive presenti nelle immagini, sono quelli che corrispondono a “Turf” o “Switchgrass” o intermedi tra essi.

Avendo un range di valori da poter prendere in considerazione, è necessario ridurre il fattore di soggettività dovuto alla scelta visiva di quelli più idonei.

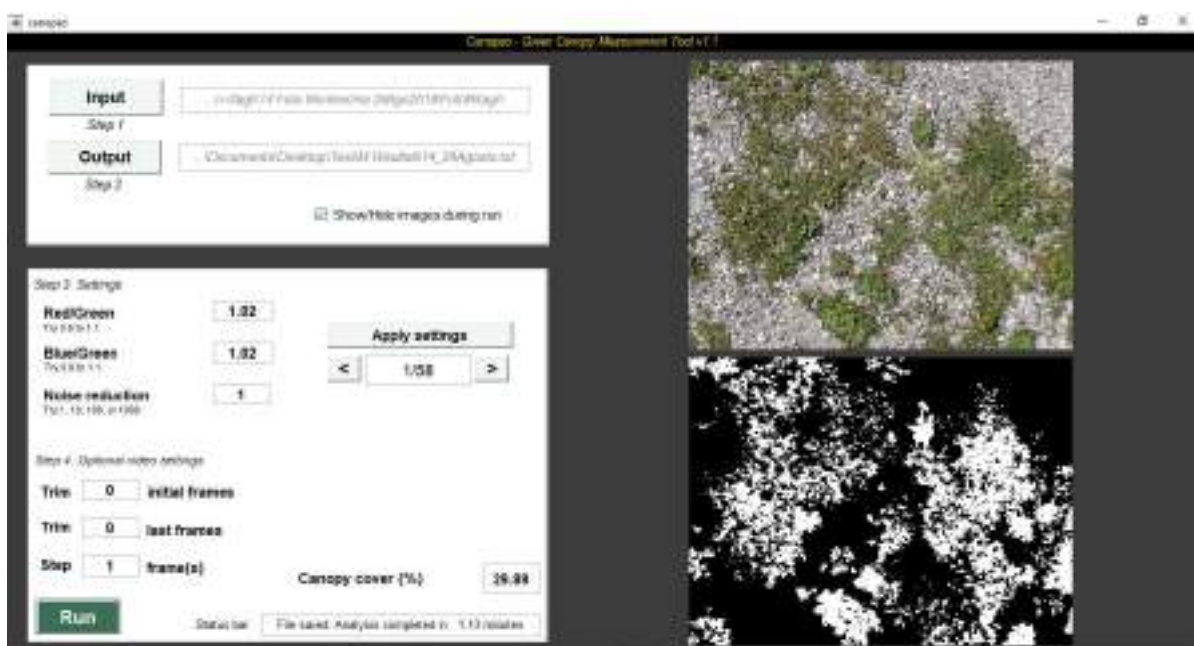


Figura 3.20. Schermata di Canopeo

Grazie all’interfaccia del programma è possibile osservare un’anteprima delle immagini da elaborare secondo i settaggi che si applicano. L’immagine “risultato” riporta in bianco i pixel corrispondenti alla vegetazione verde, mentre in nero tutto il resto.

A questo punto, scegliendo una serie di immagini in differenti periodi (da aprile a ottobre) e per diverse tipologie di trattamento applicato, si sono adottati quattro rapporti di colore all’interno del range di valori visto in precedenza.

Dato che la riduzione del rumore consente l'esclusione di piccoli cluster di pixel verdi indesiderati e il nostro obiettivo è quello di considerare tutta la vegetazione verde presente, si è optato per tenere il valore predefinito 1 cioè quello con il massimo rumore.

I settaggi utilizzati per i rapporti di colore, invece, hanno compreso il valore minimo in tabella 0,99, il valore massimo oltre il quale non c’è più variazione di pixel, 1,05, e due valori intermedi scelti tra quelli che fanno corrispondere in maniera più visibilmente precisa i pixel, 1,05 e 1,02.

Sono state estratte poi due parcelle differenti per cinque date, che comprendono, la prima del 16 aprile dove non era stato fatto ancora alcun trattamento, il 17 aprile (appena dopo il trattamento), e alcune intermedie, 16 maggio, 18 luglio e 25 settembre.

Data	Parcelle	Settaggi			
<b>16-apr</b>	8 A1b	0,99	1,02	1,05	1.5
	14 C6b	0,99	1,02	1,05	1.5
<b>17-apr</b>	14 B5a	0,99	1,02	1,05	1.5
	8 C2b	0,99	1,02	1,05	1.5
<b>16-mag</b>	8 D2b	0,99	1,02	1,05	1.5
	8 A1a	0,99	1,02	1,05	1.5
<b>18-lug</b>	14 D4a	0,99	1,02	1,05	1.5
	8 E1b	0,99	1,02	1,05	1.5
<b>25-set</b>	8E2a	0,99	1,02	1,05	1.5
	14 B4b	0,99	1,02	1,05	1.5

Figura 3.21. Settaggio parametri per parcella e data

Al fine di valutare il miglior set di parametri si è utilizzato Photoshop, un programma di editing foto, per sovrapporre l'immagine restituita con Canopeo a quella originalmente rilevata con la macchinetta fotografica.

È stato poi salvato, per ogni combinazione di immagini sovrapposte, uno zoom tarato per visualizzare ogni singolo pixel al fine di valutare la bontà del parametro preso in considerazione.

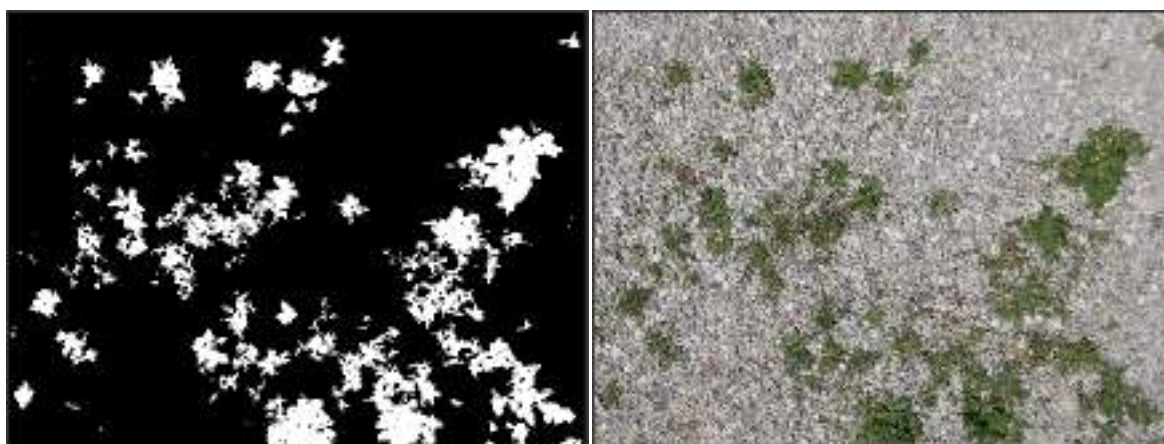
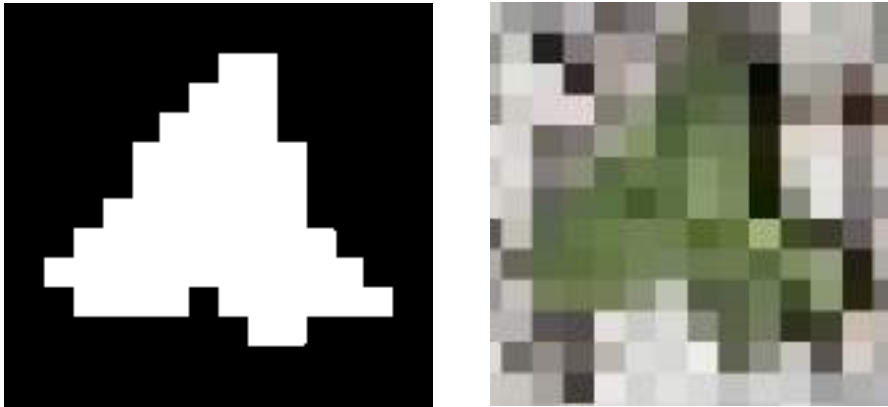


Figura 3.22. A sinistra l'immagine "Canopeo" riproduce in bianco la vegetazione e in nero il resto (in questo caso ghiaia), a destra la foto originale.



*Figura 3.23. Sovrapposizione delle due immagini con Photoshop*



*Figura 3.24. Zoom dell'immagine 14D4a del 18 Luglio. A sinistra Canopeo, a destra originale*



*Figura 3.25. Zoom dell'immagine sovrapposta con Photoshop*

Questo lavoro, svolto per tutte le foto scelte per il confronto, ha permesso di valutare il set di parametri con meno divario tra i pixel reali e i pixel prodotti con Canopeo.

In definitiva i settaggi che permettono di interpretare in maniera ottimale le immagini sono stati i seguenti:

- *Red/Green*: **1,02**
- *Blue/Green*: **1,02**
- *Noise Reduction*: **1**

A questo punto è stato possibile applicare i valori conseguiti alle 986 immagini rilevate per ottenere i dati effettivi percentuali di copertura verde per ognuna di esse.

#### 2.4.2 SPIP - Scanning Probe Image Processor

SPIP (Scanning Probe Image Processor) è un pacchetto software avanzato per l'elaborazione e l'analisi di immagini microscopiche a nano e micro scala. È stato sviluppato come software proprietario da Image Metrology ed è utilizzato per la pulizia e miglioramento dei dati, analisi delle misurazioni, visualizzazione e reporting dei risultati delle analisi.

Viene utilizzato per questo lavoro di tesi per proporre un metodo più veloce di analisi rispetto a Canopeo e valutare nel contempo quello che fornisce un risultato più attendibile.

Il lavoro svolto con SPIP si è limitato all'individuazione per ogni immagine dei Classic Roughness Parameters, cioè i parametri di ruvidezza o rugosità, riportati in tabella 3.3.

Ogni foto rilevata è stata caricata nella pagina iniziale del programma e un apposito comando ha permesso il calcolo simultaneo dei valori.

Così facendo a tutte le 986 immagini è stata associata una tabella di parametri sulle quali è eseguita un'analisi per valutare i più significativi dal punto di vista statistico.

Tabella 3.3. Classic Roughness Parameters

<b>Amplitude parameters</b>	
<b>Sa</b>	Roughness Average
<b>Sq</b>	Root Mean Square (RMS)
<b>Ssk</b>	Surface Skewness
<b>Sku</b>	Surface Kurtosis
<b>Sy</b>	Peak-Peak
<b>St</b>	Peak-Peak
<b>Sz</b>	Peak-Peak
<b>S10z</b>	Ten Point Height
<b>Sv</b>	Max Valley Depth
<b>Sp</b>	Max Peak Height
<b>Smean</b>	Mean Value
<b>Hybrid parameters</b>	
<b>Ssc</b>	Mean Summit Curvature
<b>Sti</b>	Texture Index
<b>Sdq</b>	Root Mean Square Gradient
<b>Sdq6</b>	Area Root Mean Square Slope
<b>Sdr</b>	Surface Area Ratio
<b>S2A</b>	Projected Area
<b>S3A</b>	Surface Area
<b>Functional parameters</b>	
<b>Sbi</b>	Surface Bearing Index
<b>Sci</b>	Core Fluid Retention Index
<b>Svi</b>	Valley Fluid Retention Index
<b>Spk</b>	Reduced Summit Height
<b>Sk</b>	Core Roughness Depth
<b>Svk</b>	Reduced Valley Depth
<b>Spatial parameters</b>	
<b>Sds</b>	Density of Summits
<b>Std</b>	Texture Direction
<b>Stdi</b>	Texture Direction Index
<b>Srw</b>	Dominant Radial Wave Length
<b>Srwi</b>	Radial Wave Index
<b>Shw</b>	Mean Half Wavelength
<b>Sfd</b>	Fractal Dimension
<b>Scl20</b>	Correlation Length
<b>Str20</b>	Texture Aspect Ratio at 20%
<b>Scl37</b>	Correlation Length at 37%
<b>Str37</b>	Texture Aspect Ratio at 37%
<b>Sch</b>	Cross Hatch Angle

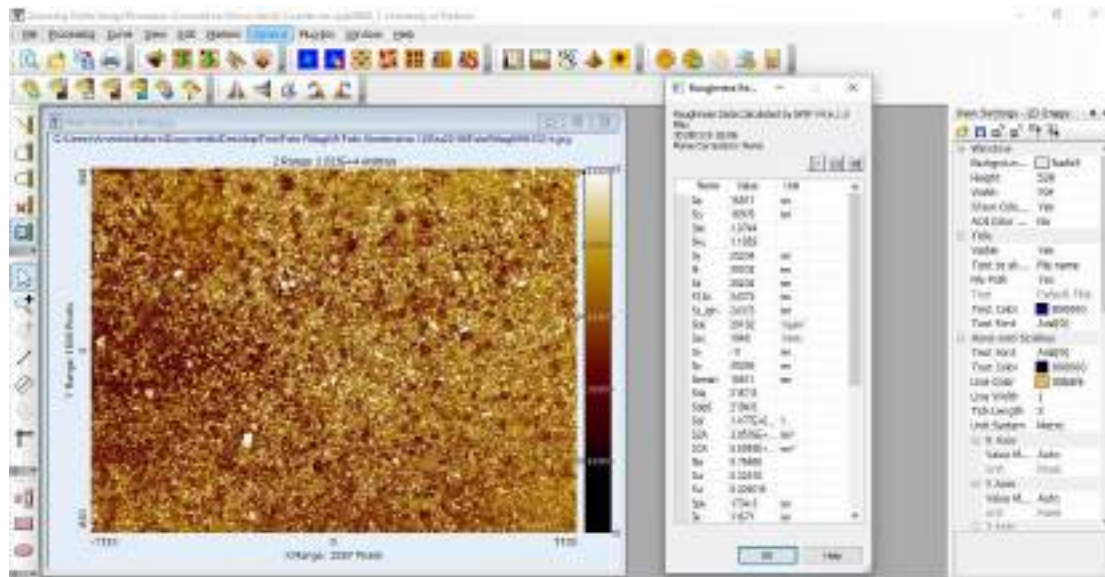


Figura 3.26. Schermata di lavoro di SPIP

## 2.5 Analisi statistica

### 2.5.1 Canopeo

Il risultato della elaborazione immagini è un insieme di dati che devono essere interpretati per fornire un quadro d'insieme del processo avvenuto.

La Green canopy è restituita come percentuale di copertura verde per ogni singola parcella alla data di rilievo (ad es. alla data 16 aprile la parcella 8-A1-a ha il 12,83% di copertura).

È stato necessario quindi calcolare la media dei valori di copertura ad ognuna delle date in cui si sono svolti i rilievi, per ogni metodologia di diserbo. Con i dati risultanti è stato possibile poi definire l'andamento di ciascun metodo nel tempo.

### 2.5.2 SPIP - Scanning Probe Image Processor

Al fine di proporre un metodo alternativo per l'elaborazione delle immagini digitali è stato valutato il programma SPIP e il relativo approfondimento quantitativo. I parametri calcolati in precedenza sono stati inseriti in un foglio Excel, dove una serie di procedure

ha permesso di svolgere un'analisi volta a desumere gli elementi più significativi dal punto di vista statistico.

Si definisce, attraverso l'indice di correlazione di Pearson, un'eventuale relazione di linearità tra le variabili statistiche considerate al fine di scegliere i parametri che meglio possono interpretare i valori di copertura percentuale.

## 2.6 Analisi economica

Uno degli obiettivi della tesi è quello di stimare il costo al m<sup>2</sup> di ogni metodo di diserbo alternativo per avere un termine di paragone che sia in grado di valutarne, oltre all'efficacia, anche la convenienza economica. Si è deciso di tenere conto dei tempi di applicazione, dei costi dei prodotti e dell'ammortamento delle macchine utilizzate per i trattamenti.

Emilverde, la ditta produttrice della macchina per il pirodiserbo ha fornito un dato al m<sup>2</sup> che già tiene conto delle spese di gestione e di ammortamento e risulta essere di 0,14 € /m<sup>2</sup>.

Per la scerbatrice meccanica, invece, si è considerato il costo dell'alimentazione (benzina) e i consumi all'ora, oltre al valore di ammortamento del macchinario.

Ai fini della prova si è preso in considerazione anche il costo del diserbante chimico utilizzato fino a prima dell'entrata in vigore delle nuove normative, cioè il Glyphosate.

Per avere un termine di paragone, inoltre, è stata eseguita una stima del costo che si avrebbe per operare con i diversi metodi sulla totalità dei vialetti in ghiaia del campo da golf della Montecchia, che hanno una lunghezza totale di 2,276 Km lineari. Così facendo è stato possibile fare anche una comparazione economica della convenienza di un metodo rispetto ad un altro.

### 3. RISULTATI

#### 3.1 Infestanti presenti

Prima di procedere con i trattamenti è stata eseguita un'analisi visiva delle tipologie di infestanti presenti, in maniera tale da valutare l'efficacia di ogni metodo anche in base alla specie di erba spontanea colpita.

È opportuno considerare che le prove sperimentali sono state eseguite all'interno di un campo da golf, che sebbene si sia posto degli obiettivi concreti per preservare e migliorare le risorse naturali che gli sono affidate, rimane comunque un ambiente "controllato" per quanto riguarda la proliferazione di infestanti. È quindi più facile trovare presenti quelle specie che caratterizzano i tappeti erbosi di pregio.

Una seconda considerazione va fatta sul substrato oggetto delle sperimentazioni. La superficie in cui è stata fatta la prova è di tipo ghiaioso, quindi teoricamente non particolarmente adatta alla vita delle piante, anche se lo strato di materiale non presenta uno spessore elevato. Da tenere presente, inoltre, il fatto che i vialetti sono contigui ad una superficie a prato di grande estensione; questo significa che la probabilità di invasione è maggiore rispetto ad un contesto urbano, anche se rimane limitata alle sole specie che compongono i tappeti erbosi del campo da golf.

Le osservazioni in campo hanno permesso di distinguere le seguenti specie presenti come infestanti sulle stradine in oggetto:

***Plantago major L. (plantaggine maggiore o petacciola)***

Appartiene alla Famiglia delle Plantaginaceae, ovvero piante erbacee, perenni, con foglie disposte in rosetta basale e fusti privi di foglie. La disposizione delle foglie simile a una "pianta del piede" ha ispirato il nome della famiglia e del genere *Plantago*. I fiori sono piccolissimi (4-5 mm), hanno i petali saldati inferiormente a tubo e superiormente liberi in lacinie acute; sono caratterizzati da stimmi filiformi, antere portate da lunghi filamenti e sono riuniti in spighe isolate. I frutti sono capsule a pisside, cioè di aprono superiormente tramite una fenditura trasversale che li divide in due calotte, essi recano alla base i sepali persistenti e all'apice i resti delle lacinie corolline dello stamma. (Viggiano e Angelini, 2002.)

*Plantago major* L. è una erbacea dicotiledone a ciclo pluriennale che si moltiplica per via vegetativa mediante gemme radicali e del colletto oltre che per seme. Di origine euroasiatica, ampiamente diffusa in Europa e Asia e nelle zone a clima temperato. Ogni pianta produce mediamente oltre 1000 semi, che germinano in superficie (0,5-3cm) nel corso dei mesi autunnali e primaverili degli anni successivi alla disseminazione. La dormienza viene superata mediante alternanza di temperature. Si riproduce anche per via vegetativa con la proliferazione di nuove rosette fogliari sviluppate dalle numerose gemme che si trovano alla base della rosetta stessa. È una specie ruderale assai frugale che si trova in tutti i tipi di terreni sciolti e compattati, purché non troppo secchi. Resiste al calpestio e per questo è presente nei prati, incolti, vialetti, ecc. Simile a *P. media* e *P. lanceolata*, differisce dalla prima per le foglie picciolate e dalla seconda per le maggiori dimensioni delle foglie. Allo stadio cotiledonare può essere confusa con *Rumex spp.* La lotta si può effettuare con energiche estirpature o arature, ma non fresature in quanto frammentano il colletto ricco di gemme che possono generare nuove piante per via vegetativa. Gli sfalci e le trinciature in genere favoriscono lo sviluppo di questa infestante, a meno che non vengano eseguite a livello del terreno allo scopo di danneggiare la formazione rizomatosa del colletto. (Campagna e Rapparini, 2008).



Figura 4.1. *Plantago major* L. sul vialetto oggetto delle prove

### ***Plantago lanceolata L.***

Della Famiglia delle Plantaginaceae come *Plantago major L.* a ciclo biennale in grado di diventare pluriennale, che si moltiplica oltre che per seme anche per via vegetativa.

Ha cotiledoni lunghi e filiformi, carnosì e inguainati alla base su un asse ipocotile breve e di colore verde-violaceo. Le foglie sono disposte a rosetta e presentano 5-7 nervature evidenti sulla pagina inferiore, tutte portate da un breve picciolo e di forma lanceolata (da cui il nome della specie), sono intere e molto strette anche se le ultime della rosetta sono piú larghe e con qualche dente, di lunghezza circa 20 cm. I frutti sono capsule oblunghe a psside (si aprono superiormente) contenenti 2 semi carenati, lisci, ellittici e di colore marrone chiaro.

La pianta adulta, pubescente e con foglie basali di colore verde chiaro disposte in rosetta radicale, raggiunge un'altezza di circa 40 cm mediante i lunghi peduncoli fiorali (fusti senza foglie).

Ogni pianta produce mediamente oltre 1500 semi, che germinano superficialmente nel corso dell'autunno e della primavera, mantenendo nel suolo una vitalità per parecchi anni. Si può moltiplicare per via vegetativa mediante la formazione di rosette fogliari a partire dai ricacci basali che producono un ampio colletto ricco di gemme. Non si riproduce per piú anni in quanto le radici avventizie che si sviluppano dal colletto superficiale tendono ad elevarsi oltre il livello del suolo.

È una specie eliofila e nitrofila presenti nei prati sfalciati e calpestati, con terreni limosi, compatti, secchi o mediamene umidi.

Gli sfalci e le trinciature in genere favoriscono lo sviluppo di questa infestante, a meno che non vengano eseguite a livello del terreno allo scopo di danneggiare la formazione rizomatosa del colletto. (Campagna e Rapparini, 2008).

### ***Trifolium repens L.***

È una pianta erbacea perenne appartenente alla famiglia delle Leguminosae (Fabaceae). Presenta rizomi molto ramificati, steli striscianti e radicanti ai nodi, perlopiú stoloniferi, generalmente violacei, ascendenti nella parte superiore. Difficilmente supera i 30 cm di altezza. La sua caratteristica di avere fusti striscianti gli permette di moltiplicarsi per via vegetativa, da cui il suo comportamento da pianta perenne.

Deve il suo nome alla tipica forme della foglia divisa in tre foglioline (trifogliata) con lunghi piccioli, mentre le foglioline sono subovate, da cuneiformi a largamente ellittiche,

finemente seghettate e di colore verde. Solitamente hanno sulla faccia superiore del lembo, una macchia trasversale chiara.

Le stipole (appendici alla base delle foglie) sono grandi, membranose e dentate. I fiori sono riuniti in capolini globosi solitari, bianchi, verdastri o rosa. La corolla papilionacea racchiude 10 stami, di cui 9 con filamenti saldati. I frutti sono legumi, lineari, appiattiti, con 3-4 semi cuoriformi, di colore variabile dal giallo al rosso che rimangono nel calice disseccato.

È una specie comune in tutta la penisola Italiana, dai margini delle strade ai campi coltivati dove forma vasti tappeti che si espandono ad una velocità di circa 18 cm l'anno.



*Fig.4.2. Trifolium repens L. sul vialetto oggetto delle prove*

#### ***Poa annua L. (erba fienarola)***

È una graminacea microterma a ciclo annuale in grado di assumere carattere pluriennale grazie all'emissione di radici avventizie dai nodi con le quali può riuscire a superare la siccità estiva. Originaria del continente euro-asiatico è diffusa in tutto il mondo specialmente in ambienti ruderali e incolti.

Possiede foglie di colore verde chiaro, corte, relativamente larghe che terminano all'estremità apicale con una ripiegatura.

Emette un'infiorescenza a pannocchia ovata o piramidale lunga dai 5 agli 8 m, di colore verde pallido con tonalità a volte rossastre. I frutti sono cariossidi avvolte nelle glumelle con lemmi carenati sul dorso e membranosi in cima.

Presenta numerosi culmi appiattiti e prostrati, anche se quando adulta assume un portamento eretto fino ad una altezza di 10-40 cm.

Ogni pianta è in grado di produrre fino a 80 semi vitali per ogni infiorescenza, per un totale di circa 450 che sono in grado di germinare durante tutto il periodo dell'anno e rimanere vitali nel terreno per più di qualche anno.

È una specie adattabile a tutte le condizioni pedoclimatiche, anche se predilige suoli sabbiosi, limosi e costipati, purché umidi e ricchi di azoto. Tollera le basse temperature ma risulta sensibile a quelle alte, in particolare alla siccità. Non è molto competitiva anche se tende ad essere una specie abbastanza invasiva.



Figura 4.3. *Poa annua* L. sul vialetto oggetto delle prove

#### ***Cynodon dactylon* L. (Gramigna comune)**

È una pianta stolonifera e rizomatosa considerata tra le peggiori infestanti nel mondo, anche se negli ultimi anni è stata rivalutata nei miscugli per tappeti erbosi date le sue caratteristiche di rusticità e resistenza alla siccità, graminacea perenne originaria dell'Africa tropicale, ma presente in tutte le zone tropicali, subtropicali e temperate del mondo.

La prima foglia è molto corta, la seconda un po' più lunga (2 cm) e le successive assumono una dimensione di circa 3-4 cm. Il margine del lembo è finemente dentato e la base è cosparsa di peli. La ligula è quasi completamente sostituita da una corona di lunghe ciglia e le guaine sono più corte degli internodi caulini.

Emette da giugno a ottobre delle infiorescenze dai culmi raddrizzati formate da spighe lunghe 4-5 cm disposte come dita della mano aperta. Sono sessili e disposte su due file unilaterali, biflore di cui solo uno è fertile. I frutti sono cariossidi glabre, oblunghe e compresse ai lati.

La pianta adulta si espande a macchia d'olio formando una moltitudine di rizomi sotterranei e formazioni stolonifere superficiali. Raggiunge un'altezza di 10-40 cm. I ricacci emessi dalle gemme rizomatose sono di colorito biancastro e hanno una notevole capacità di penetrare attraverso i substrati più duri come l'asfalto.

Produce pochi semi vitali ma restano nel terreno per una decina d'anni. Teme l'ombreggiamento ma si moltiplica per via vegetativa tramite gli stoloni superficiali che consentono una rapida colonizzazione fino ad una profondità di 60 cm.

È una specie termofila ad efficienza fotosintetica C4 che inizia a sviluppare con temperature superiori a 15°. Si riscontra in tutti i tipi di suolo anche se predilige quelli sciolti e secchi delle regioni più calde dove resiste molto bene alla siccità estiva.



Figura 4.4. *Cynodon dactylon*

### 3.2 Effetti visibili sulla flora spontanea

#### **Pirodiserbo**

Le infestanti colpite dalla fiamma subiscono un cosiddetto effetto "lessatura", virando ad un colore verde più scuro a causa della rottura della parete cellulare con conseguente

dispersione della cellulosa. Un esempio dell'effetto sulla vegetazione è riportato in figura 4.5, effettuata il 17 aprile dopo il primo trattamento.



*Figura 4.5. Lessatura di un'infestante successivamente al passaggio della pirodiserbatrice*

Le strutture più secche già al momento del passaggio della macchina vengono invece annerite subendo una bruciatura vera e propria come si può notare in figura 4.6.



*Figura 4.6. Bruciatura delle infestanti secche dopo il passaggio della pirodiserbatrice*

## Scerbatrice

È l'unico trattamento puramente meccanico in grado di rimuovere la maggior parte delle infestanti superficiali dopo il suo passaggio. Ha un'azione meno efficace sulle spontanee con radici più profonde anche se l'altezza regolabile dovrebbe permettere la loro estirpazione. La conseguenza però è che più agisce in profondità e più materiale ghiaioso disperde, anche se le bandinelle laterali ne limitano una buona quantità. In figura 4.7 si può notare anche la polverosità creata dal passaggio della macchina che può essere respirata dall'operatore che segue.



*Figura 4.7. Passaggio con scerbatrice meccanica su una delle parcelle da trattare*

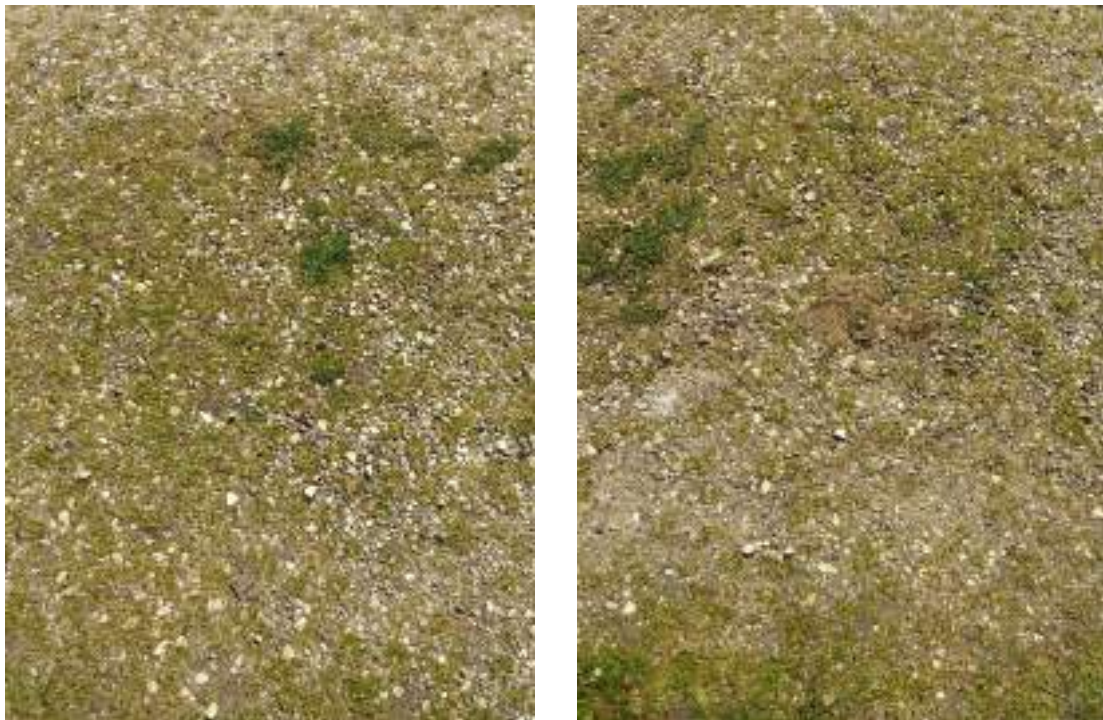
Dato che le infestanti estirpate rimangono in loco dopo il passaggio della macchina è necessario rastrellare la superficie trattata per la loro rimozione.



*Figura 4.8. Passaggio con rastrello per rimuovere le infestanti estirpate*

#### **Acido pelargonico e acido acetico**

*Finalsan Plus* e *Urban Weed* svolgono un'azione con effetti meno repentini, infatti a primo impatto producono solamente un ingiallimento della vegetazione trattata. In figura 4.9 è riportata la situazione dopo il primo trattamento del 17 aprile. Si può notare come apparentemente non risulti alcuna azione sulle infestanti.



*Figura 4.9. Ingiallimento dopo il passaggio con Finalsan a sinistra e Urban Weed a destra*

A distanza di qualche ora, però, si esplicano i risultati attesi, seccando la totalità delle infestanti con cui sono entrati in contatto. In figura 4.10 sono riportati gli effetti sulle stesse parcelle a distanza di circa 4 ore.



*Figura 4.10. Effetto dopo 4 ore del Finalsan Plus a sinistra e Urban Weed a destra*

### 3.3 Risultati dell'analisi statistica

#### 3.3.1 Canopeo

I dati ottenuti dalle analisi con Canopeo vengono espressi tramite un numero percentuale che indica la copertura verde (Green Canopy Cover) per ogni parcella, in ogni data di rilievo. Di seguito la tabella dei risultati distribuiti secondo data e parcella.

I valori percentuali dei trattamenti, contrassegnati con una lettera differente (A, B, C, D ed E per il controllo), erano mediati ad ogni data in modo da rendere visibile l'andamento che ognuno di essi ha nel tempo. Negli allegati si riportano i valori di copertura specifica per ogni parcella in ogni data e le relative medie giornaliere.

Inizialmente l'analisi è stata effettuata per ogni stradina distinta (8 e 14) per esprimere delle osservazioni sui processi che le hanno caratterizzate, successivamente invece sono

stati analizzati i risultati delle medie per le stradine unite in maniera da ottenere un esito globale per trattamento.

Parcella	Green canopy cover(%)																
	16-apr	17-apr	03-mag	09-mag	16-mag	30-mag	05-giu	12-giu	26-giu	18-lug	31-lug	07-ago	28-ago	11-set	25-set	04-ott	24-ott
8-A1-a.jpg	12.83	0.97	0.12	0.34	0.09	0.06	0.18	0	0	0.05	0.63	0.01	0.05	0.05	0.23	0.02	0.05
8-A1-b.jpg	15.14	0.73	0.11	0.29	0.09	0.01	0.04	0	0.05	0	0.11	0.01	0	0.03	0.03	0.08	0.02
8-A2-a.jpg	9.81	0.75	0.01	0.09	0.01	0.02	0	0	0.02	0	0	0.01	0	0.03	0.04	0.04	0.12
8-A2-b.jpg	8.19	0.51	0.02	0.1	0.02	0.05	0.01	0	0.04	0.04	0.24	0	0.04	0.15	0.4	0.05	0.07
8-A3-a.jpg	8.3	0.5	0.03	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0.14
8-A3-b.jpg	3.57	0.49	0.01	0.17	0.29	0.01	0.02	0.03	0.01	0.15	0	0	0.09	0.02	0.01	0.02	0.19
8-B1-a.jpg	16.05	0.89	0.22	0.33	0.08	0.3	0.04	0	0.04	0.15	0.29	0	0.04	0.06	0	0.03	0.33
8-B1-b.jpg	14.05	0.66	0.18	0.52	0.18	0.23	0.14	0	0	0	0.01	0	0.08	0.07	0.34	0.01	0.14
8-B2-a.jpg	4.77	0.25	0.05	0.34	0.04	0.11	0.13	0	0.07	0.55	1.51	0.01	0.81	0.6	0.29	0.01	0.39
8-B2-b.jpg	9.68	0.68	0.08	0.55	0.01	0.02	0	0	0.01	0.24	0.56	0	0.3	0.1	0.01	0	0.17
8-B3-a.jpg	9.24	1.41	0.14	0.2	0.04	0.26	0.16	0	0.01	0.06	0.11	0.07	0.16	0.24	0.43	0.06	0.35
8-B3-b.jpg	11.24	1.11	0.57	0.83	0.1	0.05	0.02	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.04	0.04	0.26
8-C1-a.jpg	4.46	0.52	0.02	0.17	0.01	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0.01	0.03	0.01	0.27
8-C1-b.jpg	4.81	0.72	0.05	0.01	0	0	0	0	0	0.01	0.04	0	0	0.01	0.01	0.02	0.38
8-C2-a.jpg	4.66	0.45	0.07	1.68	0.06	0.05	0.12	0	0.14	0.13	0.25	0.02	0	0.05	0.1	0.02	0.31
8-C2-b.jpg	14.27	0.81	0.34	0.46	0.04	0.03	0	0	0.01	0	0	0	0.02	0.09	0.16	0.07	0.33
8-C3-a.jpg	8.27	1.41	0.03	0.56	0	0.02	0.01	0.01	0.03	0.1	0.31	0	0	0.08	0.16	0.05	2.05
8-C3-b.jpg	10.27	0.99	0.02	0.05	0	0.05	0.06	0.05	0	0	0	0	0	0.01	0.12	0.04	0.67
8-D1-a.jpg	3.26	0.22	0.61	3.9	0.01	1.33	0.44	0	0.02	0.15	0.48	0	0.99	1	0.37	0.01	0.1
8-D1-b.jpg	7.3	0.63	1.1	2.11	0	0.65	0.13	0.01	0	0	0	0	0.01	0	0.07	0.02	0.07
8-D2-a.jpg	6.8	0.37	1.97	2.6	0.02	2.62	0.96	0	0.18	0.98	2.29	0.27	3.86	3.7	1.24	0	0.34
8-D2-b.jpg	9.5	0.37	1.66	4.3	0	1.96	2.07	0.01	0.18	0.36	0.85	0.39	2.01	5.18	2.5	0.03	0.81
8-D3-a.jpg	3.65	0.48	1.22	4.83	0.01	3.02	1.24	0	0.33	0.76	0.01	0	0.11	0.18	0.11	0.02	0.67
8-D3-b.jpg	4.67	0.43	1.24	2.03	0.02	1.02	0.75	0	0.19	0.03	0.19	0.01	0.63	0.16	0.05	0.09	0.26
8-E1-a.jpg	3.44	1.75	1.69	6.01	6.43	4.96	1.54	5.59	0.9	2.45	3.36	5.4	6.61	5.07	1.83	2.06	1.13
8-E1-b.jpg	8.54	5.63	4.32	2.27	2.45	1.05	0.39	0.95	0.2	0.8	1.15	1.73	2.69	3.46	0.7	0.11	0.3
8-E2-a.jpg	9.84	9.47	3.29	21.52	13.95	18.41	2.54	14.48	3.48	5.26	7.65	10.49	14.19	17.23	13.11	7.02	16.76
8-E2-b.jpg	19.12	15.15	4.51	5.07	10.71	7.17	3.08	12.09	2.36	3.07	3.55	4.51	6.53	11.55	9.75	6.63	8.87
8-E3-a.jpg	1.75	2.5	1.69	4.54	8.46	5.67	0.8	3.35	0.95	1.22	3.28	4.88	6.71	7	4.1	1.03	2.36
8-E3-b.jpg	6.63	6.01	4.12	2.78	2.87	2.73	0.74	2.41	0.25	0.02	0	0.02	1.96	2.34	0.48	0.22	0.68
14-A4-a.jpg	18.55	2.54	0.21	0.45	0.22	0.07	0.05	0	0.03	0.11	0.58	0	0.65	1.5	3.19	0.04	0.11
14-A4-b.jpg	9.3	1.63	0.06	0.11	0.13	0.01	0.02	0.02	0.02	0	0.01	0	0.02	0.12	0.4	0.01	0.33
14-A5-a.jpg	7.13	0.96	0.04	0.14	0.01	0	0	0	0.01	0	0.01	0.01	0	0.15	0.62	0.02	0.2
14-A5-b.jpg	15.94	1.21	0.14	0.31	0.01	0	0.02	0.01	0.01	0.12	0.71	0.01	0.19	0.41	0.85	0.05	0.29
14-A6-a.jpg	8.34	0.65	0.03	0.04	0	0	0.01	0.01	0	0	0.01	0.01	0	0	0.31	0.01	0.29
14-A6-b.jpg	5.96	0.58	0.01	0.32	0	0	0	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.03	0.32	0.02	0.14
14-B4-a.jpg	6.34	0.96	0.29	0.41	0.44	0.11	0.4	0.04	0.01	0.15	1.01	0.01	0.07	0.01	0.1	0.01	0.3
14-B4-b.jpg	8.58	0.89	0.39	0.38	0.1	0.08	0.12	0.02	0.03	0	0.01	0	0.14	0.36	0.57	0.01	0.62
14-B5-a.jpg	20.22	1.47	1.31	1.05	0.01	0.12	0.34	0.03	0.85	7.47	15.4	0.13	5.14	8.25	8.3	0.17	0.8
14-B5-b.jpg	9.19	0.67	0.3	0.24	0.01	0.06	0.11	0.01	0.12	0.91	1.68	0.05	0.17	0.66	0.62	0.03	0.84
14-B6-a.jpg	11.51	1.33	0.35	0.91	0.09	0.04	0.12	0.01	0.09	0.49	1.14	0.01	0.78	1.61	1.78	0.01	0.92
14-B6-b.jpg	9.16	1.08	0.5	0.78	0.04	0.2	0.49	0.02	0.27	1.7	3.77	0.18	1.25	0.61	3.22	0.03	1.25
14-C4-a.jpg	20.05	2.55	0.05	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.11	0.83	2.65	0	1.04	7.76	30.76	0.21	0.37
14-C4-b.jpg	24.01	2.34	0.42	1.11	0.13	0.57	0.91	0.06	3.66	3.68	8.46	0.08	7.65	29.83	49.43	0.33	0.37
14-C5-a.jpg	9.7	1.14	0.04	1.96	0	0.03	0.04	0.03	0.02	0.25	0.73	0.01	0.04	0.28	2.79	0.35	2.26
14-C5-b.jpg	15.82	1.56	0.01	1.22	0.02	0	0.02	0.03	0	0.06	0.07	0.03	0.47	4.5	14.05	0.25	1.87
14-C6-a.jpg	9.34	2.05	0.07	0.15	0	0.12	0.1	0.04	0.06	0	0	0.03	0.02	0.02	1.44	0.02	0.32
14-C6-b.jpg	24.99	1.37	0.9	2.37	0.11	1.05	2.08	0.03	0.01	1.32	5.28	0.15	0.23	1.34	4.47	0.07	0.78
14-D4-a.jpg	24.27	3.23	4.68	9.32	0.12	11.31	7.68	0.06	8.1	14.42	17.24	0.7	21.84	28.4	15.42	0.12	7.97
14-D4-b.jpg	16.21	2.06	3.32	10.95	0.15	9.14	6.61	0.03	5.87	11.18	17.49	0.57	16.09	29.55	14.86	0.59	5.99
14-D5-a.jpg	7.11	0.79	1.07	2.84	0	1.93	0.54	0.01	0.15	0.33	0.66	0.01	0.52	0.32	0.79	0.02	0.78
14-D5-b.jpg	8.11	0.82	0.68	2.32	0.04	0.95	0.34	0.01	0.03	0.59	0.47	0.01	0.96	1.06	0.96	0.01	0.67
14-D6-a.jpg	7.63	0.82	0.61	2.16	0	1.68	0.54	0.03	0.58	0.37	0.61	0.06	0.36	0.4	1.3	0.07	0.22
14-D6-b.jpg	4.15	0.92	0.41	2.52	0	1.01	0.31	0.02	0.03	0.01	0	0.02	0.31	0	1.37	0.03	0.07
14-E4-a.jpg	16.95	15.26	6.12	5.63	12.15	13.56	9.98	21.53	15.72	21.94	28.83	47.68	44.12	42.62	15.21	9.79	13.46
14-E4-b.jpg	20.2	21.18	11.85	13.69	7.58	20.61	19.55	19.02	19.91	21.45	25.58	31.84	42.97	58.22	28.29	19.86	22.75
14-E5-a.jpg	15.92	15.29	5.1	11	12.84	14.76	9.2	23.04	14.49	24.26	28.91	38.73	31.16	25.3	11.41	7.15	6.44
14-E5-b.jpg	11.95	10.15	5.19	9.4	8.84	8.35	7.01	14.05	12.95	15.9	25.1	34.07	29.89	36.48	16.55	8.8	10.85

Figura 4.11. Green Canopy Cover per ogni parcella in tutte le date di rilievo

I rilievi fotografici sono stati organizzati in modo da avere una serie di foto appena dopo ogni trattamento ed una appena prima. Le date definitive sono le seguenti:

- 1° rilievo - 6 Aprile
- 2° rilievo - 7 Aprile
- 3° rilievo - 3 Maggio
- 4° rilievo - 9 Maggio
- 5° rilievo - 16 Maggio
- 6° rilievo - 30 Maggio
- 7° rilievo - 5 Giugno
- 8° rilievo - 12 Giugno
- 9° rilievo - 26 Giugno
- 10° rilievo - 18 Luglio
- 11° rilievo - 31 Luglio
- 12° rilievo - 7 Agosto
- 13° rilievo - 28 Agosto
- 14° rilievo - 11 Settembre
- 15° rilievo - 25 Settembre
- 16° rilievo - 4 Ottobre
- 17° rilievo - 24 Ottobre

Nelle figure 4.12 e 4.13 si riportano i grafici derivanti dall'applicazione di Canopeo relativi all'andamento della copertura percentuale per ogni trattamento suddivisi nei due vialetti. Sull'asse delle ascisse è riportato il numero del rilievo, mentre sulle ordinate la copertura percentuale di infestanti in ogni parcella trattata.

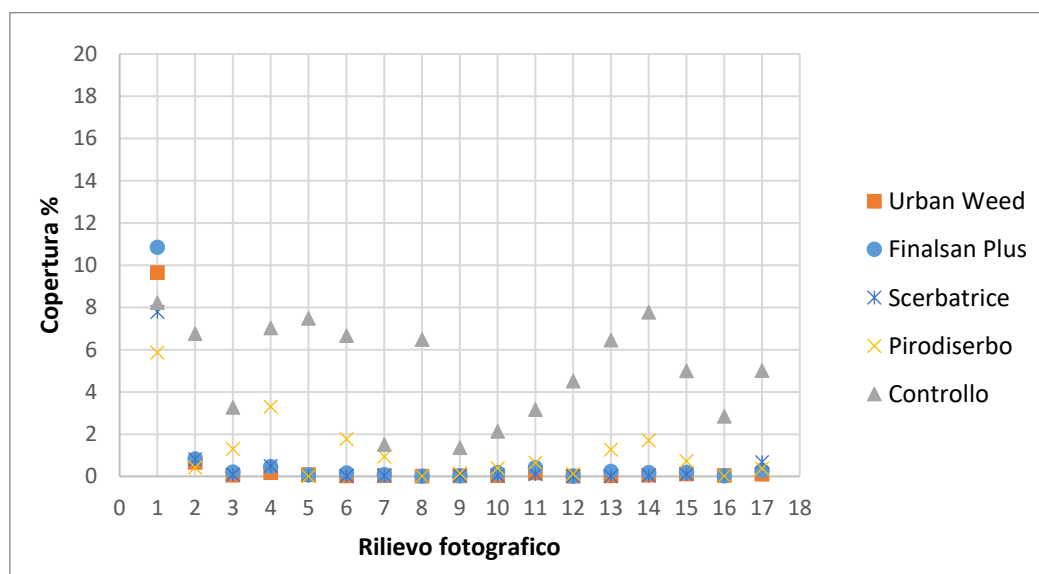


Figura 4.12. Andamento della copertura percentuale per ogni trattamento nella strada 8

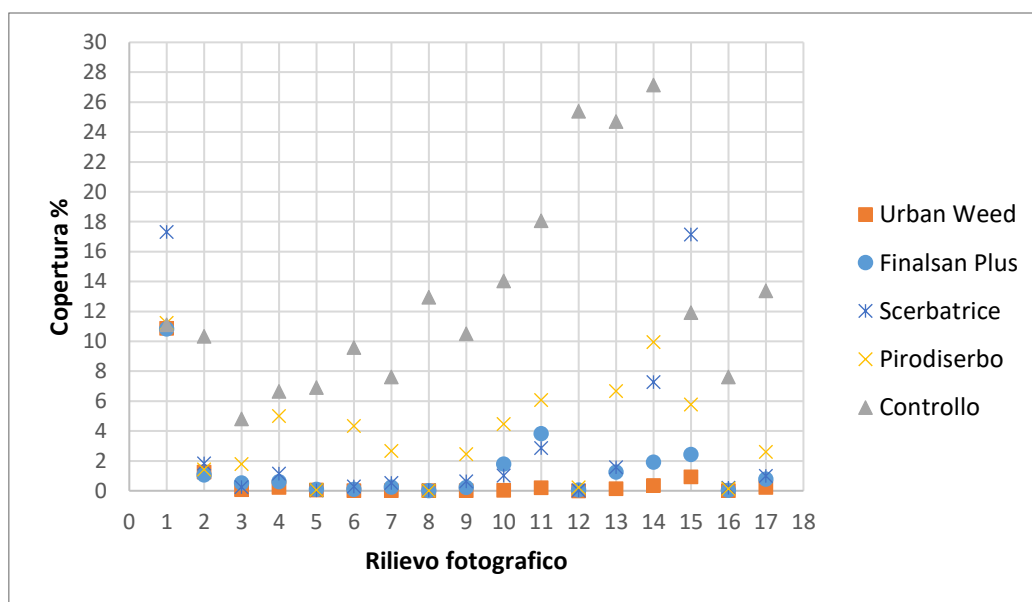


Figura 4.13. Andamento della copertura percentuale per ogni trattamento nella strada 14

Dai grafici si evince che la condizione di copertura iniziale è mediamente alta in entrambe le stradine. Al secondo rilievo effettuato il giorno dopo il primo trattamento si può notare come per tutti i trattamenti ci sia stata una repentina diminuzione di vegetazione. Successivamente, mentre i valori di copertura per i due acidi restano costanti nel tempo, nel caso della scerbatrice e del pirodiserbo si assiste a un andamento altalenante, con picchi di copertura che quasi eguagliano la situazione iniziale.

Quello che però si nota maggiormente è la differenza di copertura nelle parcelle del controllo tra i due vialetti. Se nella stradina numero 8 i valori raggiungono un massimo attorno all'8% di copertura, nella 14 il picco è molto più elevato e raggiunge quasi il 28%. Anche nelle parcelle trattate con il pirodiserbo e la scerbatrice si può notare questa tendenza, con punti massimi che raggiungono rispettivamente il 10% l'11 settembre al rilievo 14 e il 17% il 25 settembre al 15° rilievo.

Questo è dovuto molto probabilmente al fatto che, a causa di un diverso grado di fruizione dovuto alla posizione, sul vialetto numero 8 c'è una maggiore frequenza e di conseguenza un maggiore calpestio, che porta ad un minor sviluppo di vegetazione infestante.

In figura 4.14 si sono riportati i valori medi delle due stradine unite al fine di definire l'evoluzione generale delle coperture in base alle diverse metodologie di trattamento.

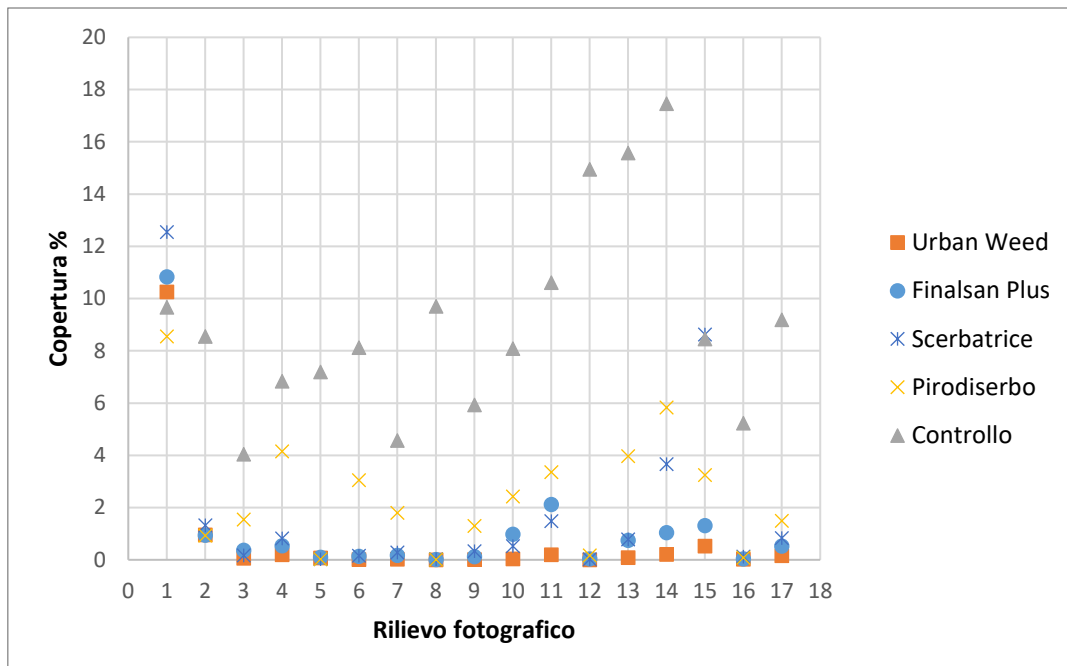


Figura 4.14. Andamento medio complessivo della copertura percentuale per ogni trattamento

La situazione iniziale al 1° rilievo del 16 aprile è quasi omogenea per tutte le parcelle che mantengono valori medi di copertura tra 8% e 13%.

Su tutte le parcelle trattate, il 17 aprile si nota una forte riduzione della vegetazione infestante, che raggiunge percentuali molto basse; il controllo invece rimane invariato. Successivamente, nel terzo rilievo effettuato due settimane dopo il primo trattamento, si mantiene l'effetto diserbante degli acidi e della scerbatrice e nelle parcelle il terreno è molto pulito dalle infestanti, mentre il pirodiserbo non evidenzia lo stesso effetto e si nota un piccolo aumento nella presenza di malerbe. Quello che però risalta maggiormente è la diminuzione di copertura anche sulle parcelle non trattate (controllo), forse probabilmente come conseguenza delle prime alte temperature registrate da inizio anno che, sommate a precipitazioni scarse, hanno determinato uno stress alla vegetazione presente, provocandone il disseccamento. Al rilievo numero 4 (9 maggio) la situazione rimane invariata in quasi tutte le porzioni trattate, eccetto il pirodiserbo, dove si riscontra un lieve peggioramento con conseguente aumento della copertura fino a valori medi del 4%.

L'andamento del grafico nelle date successive rispecchia il trend iniziale, ovvero la presenza quasi nulla di infestanti nei rilievi appena successivi ai trattamenti (numero 5, 8, 12, 16).

Le parcelle trattate con acido acetico conservano un andamento stabile con una ridotta percentuale di invasione, che mai supera l'1%.

Scerbatrice e acido pelargonico alternano coperture molto basse nelle date successive ai trattamenti, a leggermente più elevate quando il diserbo avviene con minore frequenza e durante il periodo estivo. In particolare al rilievo 14 per il pirodiserbo e 15 per la scerbatrice si registrano picchi di copertura media del 6% e 9% rispettivamente. Soffermandoci sui dati dei singoli trattamenti, si nota che, in data del 25 settembre (15° rilievo), le percentuali di infestanti tra le parcelle di controllo e quelle dove si è eseguita la scerbatura meccanica si eguagliano con valori medi del 9% circa.

A questo proposito è stato analizzato il comportamento delle parcelle trattate con la scerbatrice dalla data del 4° trattamento, avvenuto il 6 Agosto, fino al 15° rilievo in data 25 Settembre.

Si è riscontrato un picco di copertura con valori molto elevati nella sola parcella 14-C4, a dimostrare un'anomalia circoscritta. Il 7 Agosto, ovvero la data successiva al trattamento, la parcella risultava pulita. A partire dal rilievo successivo avvenuto il 28 Agosto si è cominciata a notare la presenza di plantule infestanti, come dimostrato in figura 4.14.



*Figura 4.14. Parcella 14-C4-b in data 28 Agosto*

Dato che la situazione è localizzata in una sola parcella, è più probabile che la presenza così abbondante di infestanti, sia dovuta a un lavoro di scerbatura eseguito in maniera non precisa, dove è possibile siano stati tralasciati rizomi o stoloni sotterranei, che hanno portato alla nascita di nuove plantule. Si nota infatti in figura 4.14, che lo sviluppo delle infestanti è avvenuto a partire dalla zona centrale della parcella e si sono poi espanse fino a occupare gran parte dell'area (figura 4.15).



Figura 4.15. Parcella 14-C4-b in data 11 Settembre

Il trattamento con il pirodiserbo è quello che ha registrato l'andamento più irregolare, alternando picchi di copertura durante i due periodi più favorevoli allo sviluppo delle infestanti, sia macroterme che microterme.

Il valore massimo di copertura media si riscontra anche in questo caso nelle parcelle del controllo ai rilievi 12, 13, 14 cioè il 7, 28 agosto e l'11 settembre, periodo che coincide con il picco di crescita vegetativa delle specie macroterme e l'inizio di sviluppo delle infestanti microterme (*Poa annua*). Infatti dalle date successive si nota una progressiva

diminuzione della copertura, evidenziata nelle immagini analizzate da disseccamento delle specie estive, tra cui il *Cynodon dactylon*, che porta una conseguente riduzione dell'infestazione.

#### 4.3.2 SPIP

I dati elaborati con SPIP sono stati riportati in Excel e ordinati secondo le date dei rilievi fotografici in modo da sviluppare un'analisi che fornisca dei risultati attendibili. Come prima cosa si sono determinate le correlazioni su tutte le date tra tutti i trattamenti, le strade e le coppie di immagini. Queste ultime sono impostate come variabile dipendente in funzione della data che sarà la variabile indipendente. Questo procedimento ha fornito le correlazioni tra i diversi parametri che vanno da *Sa* fino a *SPK normalizzato*, *SK normalizzato*, *SVK normalizzato*, basandoci sull'indice di correlazione di Pearson, che esprime un'eventuale relazione di linearità tra le variabili statistiche considerate.

In generale le correlazioni positive sono quelle che verosimilmente quantificano il bianco o i sassi, quindi all'aumentare del trattamento c'è un aumentare dei sassi.

Le correlazioni negative sono quelle che all'aumento della data corrisponde una diminuzione dell'erba.

Di seguito si riportano in tabella i valori dei parametri con evidenziati in giallo quelli più significativi, quindi quelli che presentano una correlazione maggiore.

Tabella 4.1. Indice di correlazione dei singoli parametri

Sa	-0.39776
Sq	-0.38475
Ssk	0.487605
Sku	0.504997
Sy	0.098267
St	0.098267
Sz	0.098267
S10z	0.109123
Sz_tph	0.109123
Sds	0.014751
Ssc	0.152453
Sv	0.162862
Sp	-0.13984
Smean	-0.39776
Sdq	0.035391
Sdq6	0.034362
Sdr	0.019893
S2A	#DIV/0!
S3A	0.019893
Sbi	-0.49967
Sci	0.520204
Svi	0.023544
Spk	0.512424
Sk	0.271826
Svk	-0.36244
Std	0.007077
Stdi	0.061768
Srw	#DIV/0!
Srwi	0.121609
Shw	0.49094
Sfd	0.523586
Scl20	0.40482
Str20	0.221311
Scl37	0.214236
Str37	0.078198
Sdc0_5	0.219916
Sdc5_10	0.53803
Sdc10_50	0.508892
Sdc50_95	-0.06275
Spk norm	0.370761
Sk norm	0.212666
Svk norm	-0.46684

In generale, però, aggregando insieme tutti i dati risulta difficile fare valutazioni, quindi si è proceduto calcolando le medie globali per strade. In figura 4.15 si è riportato il grafico che mettendo sull'asse X la *data* e sull'asse Y il *parametro mediato su tutti i trattamenti* ha dato i risultati un po' più marcati e interessanti.

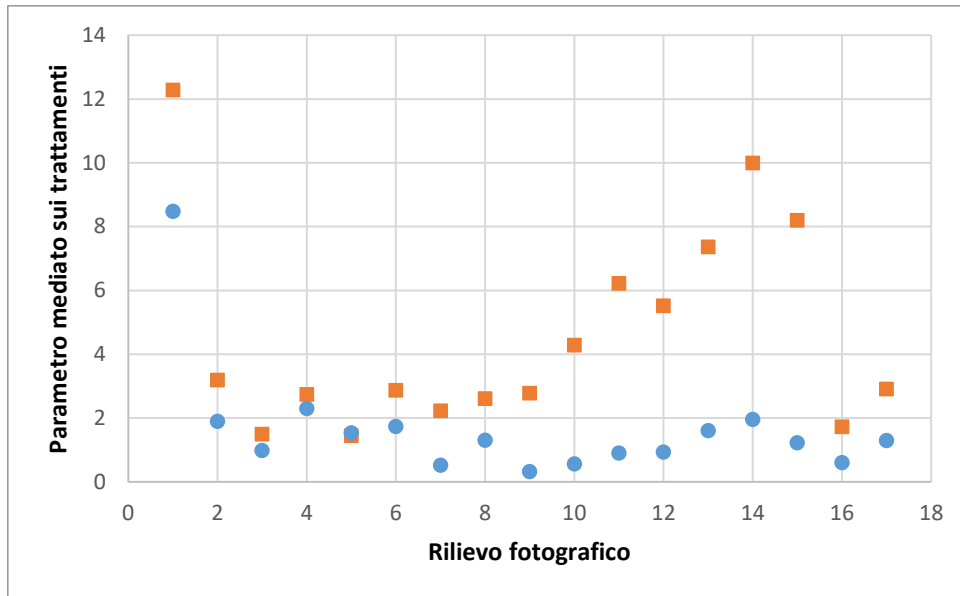


Figura 4.15. Sfd mediato su tutta la strada 8 e su tutta la 14

Prendendo come parametro di riferimento Sfd si vede come in generale ci sia una tendenza ad un comportamento molto simile tra le due strade in funzione del tempo.

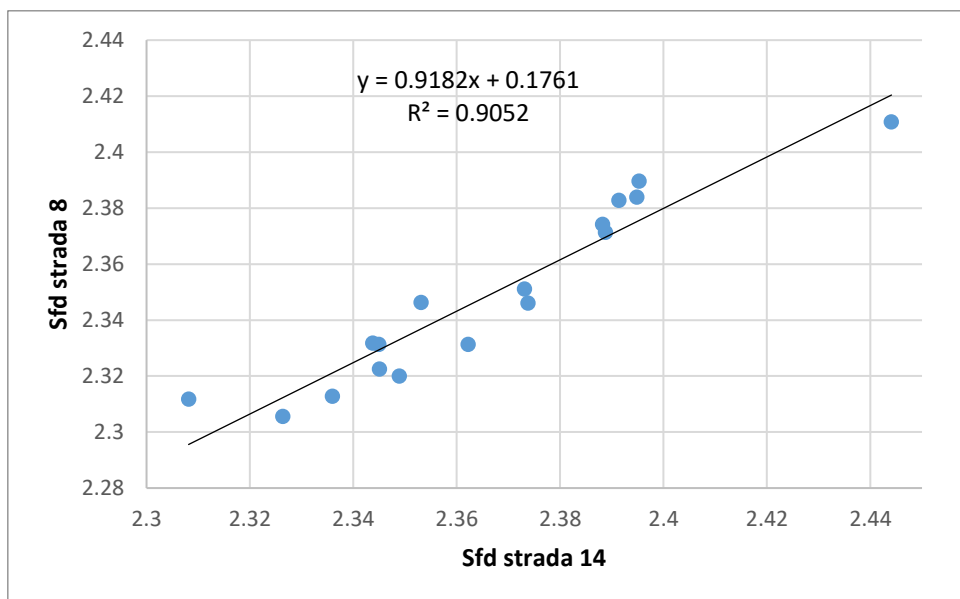


Figura 4.16. Sfd mediato su tutti i valori delle due stradine

Mediando tutti i valori per ogni data (dato medio per tutti i valori sulla strada 8 e sulla 14), dove ogni pallino è una data intera con tutti i vari tipi di diserbo, si nota che vi è una correlazione molto stretta tra i risultati ottenuti sulle due strade con un Indice di determinazione  $R^2 = 0,90$ , che indica un'ottima corrispondenza tra i due vialetti.

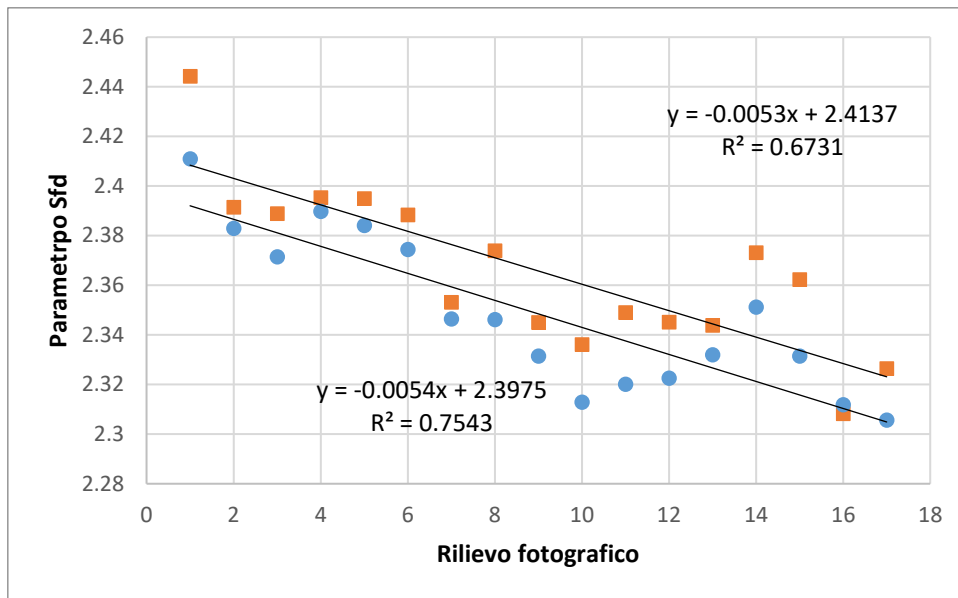


Figura 4.17. Sfd Strada 8 e 14 in funzione della data

A titolo di esempio si riporta il grafico 6, che mette in relazione il parametro Sfd della strada 8 e della strada 14 in funzione della data. All'avanzare di quest'ultima c'è una marcata variazione del comportamento, come evidenziato dal coefficiente di determinazione  $R^2$  pari a 0,6731 per la strada 14 e 0,7543 per la 8. Ciò sta a indicare che c'è un'evidente evoluzione in funzione del tempo. Non tutti i parametri però hanno risposto allo stesso modo, infatti il grafico è relativo al solo valore di Sfd, essendo uno di quelli più significativi.

Come atteso, il risultato indica che le due strade sono molto correlate e vi è inoltre una marcata tendenza ad uno sviluppo nel tempo.

Sono stati valutati allora i singoli trattamenti dai quali si nota che i parametri che risultano descrittivi rispetto all'evoluzione sono:

- **Sdq** (*Root Mean Square Gradient*): definito come *gradiente della radice quadrata media*, Sdq, è il valore della pendenza della superficie all'interno dell'area di campionamento ed è calcolato come:

$$S_{dq} = \sqrt{\frac{1}{(M-1)(N-1)} \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{N-1} \left( \frac{z(x_k, y_l) - z(x_{k-1}, y_l)}{\delta x} \right)^2 + \left( \frac{z(x_k, y_l) - z(x_k, y_{l-1})}{\delta y} \right)^2}$$

- **Sfd** (*Fractal Dimension*): è la dimensione frattale e viene calcolata per i diversi angoli analizzando lo spettro di ampiezza di Fourier; per angoli diversi viene estratta l'ampiezza del profilo di Fourier e calcolato il logaritmo delle coordinate di frequenza e ampiezza. La dimensione frattale, D, per ciascuna direzione viene quindi calcolata come:

$$D = (6+s)/2$$

dove s è la pendenza (negativa) delle curve log - log. La dimensione frattale riportata è la media per tutte le direzioni e può anche essere valutata dagli spettri di Fourier 2D mediante l'applicazione della funzione Log Log. Se la superficie è frattale, il grafico Log Log dovrebbe essere estremamente lineare, con una pendenza negativa.

- **ScI20** (*Correlation Length*): definito come la distanza orizzontale della funzione di autocorrelazione areale che ha il decadimento più rapido al 20% e al 37% rispettivamente (il 37% equivale a 1 / e). Per una superficie anisotropa la lunghezza della correlazione è nella direzione perpendicolare alla superficie.
- **Sdr** (*Surface Area Ratio*): esprime l'incremento dell'area superficiale di interfaccia rispetto all'area del piano (piano) x, y proiettato:

$$S_{dr} = \frac{\left( \sum_{k=0}^{M-2} \sum_{l=0}^{N-2} A_{kl} \right) - (M-1)(N-1) \delta x \delta y}{(M-1)(N-1) \delta x \delta y} \cdot 100\%$$

dove  $A_{kl}$  è definito come:

$$A_{kl} = \frac{1}{4} \left( \sqrt{\delta y^2 + (z(x_k, y_l) - z(x_k, y_{l+1}))^2} + \sqrt{\delta y^2 + (z(x_{k+1}, y_l) - z(x_{k+1}, y_{l+1}))^2} \right) \cdot \left( \sqrt{\delta x^2 + (z(x_k, y_l) - z(x_{k+1}, y_l))^2} + \sqrt{\delta x^2 + (z(x_k, y_{l+1}) - z(x_{k+1}, y_{l+1}))^2} \right)$$

Per una superficie totalmente piana, l'area della superficie e l'area del piano xy sono le stesse e  $Sdr = 0\%$

Il parametro che descrive nel miglior modo l'andamento è **Sci20**, che risulta quindi più performante rispetto agli altri e del quale si riporta il grafico della media complessiva nelle due strade in funzione della data:

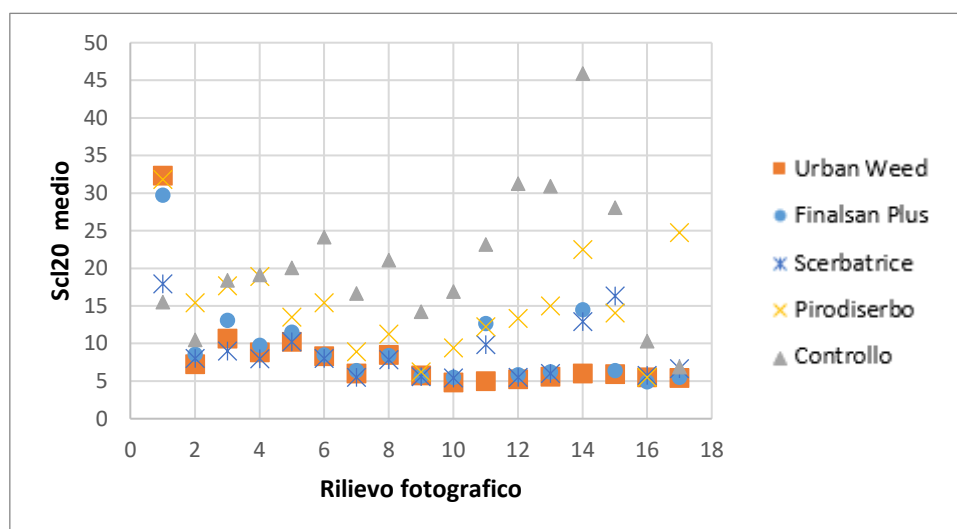


Figura 4.18. Sci20 medio delle due stradine4 in funzione della data

Dal grafico si vede una evoluzione iniziale al primo giorno molto accentuata per tutti i trattamenti, in particolar modo per l'acido acetico, pelargonico e il pirodiserbo, un po' più blanda per la scerbatrice, che assieme al controllo però parte da una condizione iniziale presumibilmente più favorevole. In realtà, come si è visto dalle analisi precedentemente svolte con canopeo e in prima battuta direttamente dalle foto, tutte le parcelle presentavano uno stato iniziale molto simile, che differiva solo in parte al variare delle due stradine.

Nelle date successive però l'andamento è descritto in maniera ottimale e conferma un'ottima efficacia iniziale dell'acido acetico, dell'acido pelargonico e della scerbatrice, mentre il pirodiserbo rimane leggermente al di sotto degli standard, alternando per tutta la durata delle prove, ottimi risultati a prestazioni non del tutto performanti. Anche le parcelle trattate con la scerbatrice e in minor maniera con l'acido pelargonico soffrono

un ritorno di copertura di infestanti, specialmente verso la fine del periodo estivo. L'unico metodo che mantiene una percentuale di infestazione quasi pari a zero per tutta la durata delle prove è l'Urban weed.

### 4.3 Analisi dell'effetto dell'andamento climatico sulla crescita delle infestanti

Al fine di valutare l'effetto dell'andamento climatico sulla crescita delle infestanti, ci si è avvalsi dei dati meteo forniti dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della regione Veneto (ARPAV), che ha messo a disposizione i valori giornalieri di pioggia (mm) e di temperatura media (°C) per il periodo di durata dei rilievi e dei trattamenti. I dati sono relativi alla stazione di Montegalda (Vi), la quale è stata ritenuta ottimale per posizione e caratteristiche altitudinali rispetto al sito delle prove.

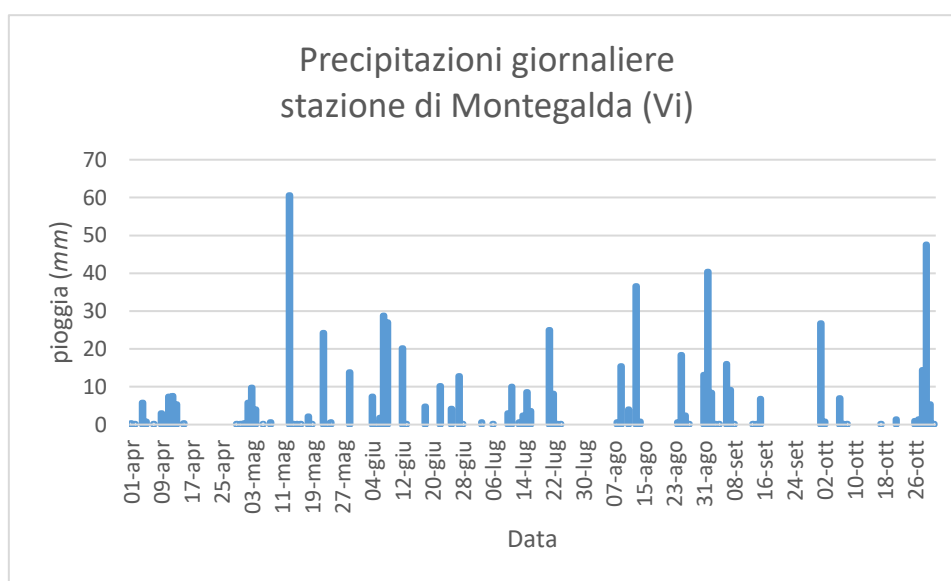


Figura 4.19. Precipitazioni medie giornaliere, stazione di Montegalda (Vi)

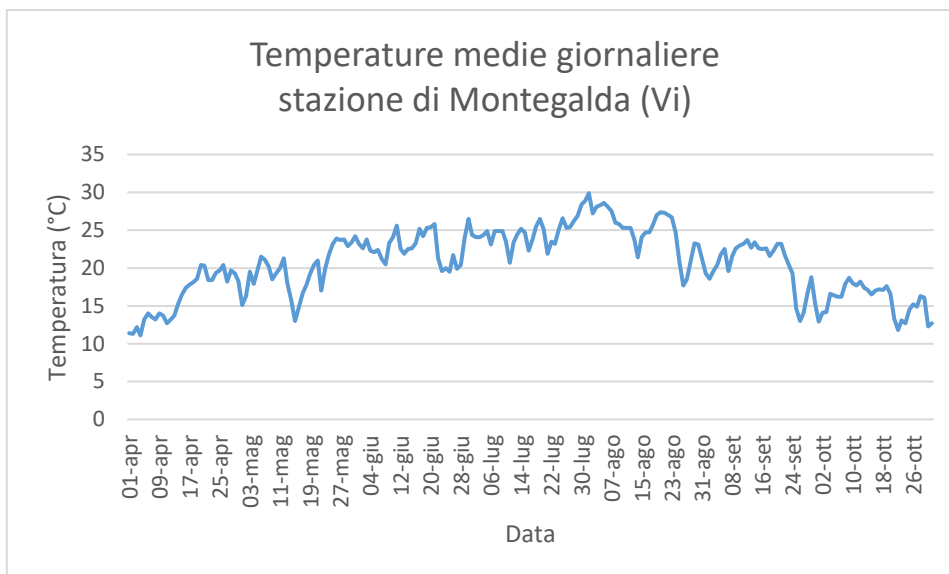


Figura 4.20. Temperature medie giornaliere, stazione di Montegalda (Vi)

I valori di precipitazione arrivano ad un massimo di circa 60 mm di pioggia in data 11 maggio. Precipitazioni importanti si riscontrano anche nei primi giorni di agosto, inizio settembre e attorno al 2 ottobre.

Per quanto riguarda le Temperature medie giornaliere, vanno da un minimo di 12°C a inizio aprile e metà ottobre ad un massimo di 30°C tra fine luglio e inizio agosto.

In generale non scendono mai sotto i 13°C di media durante il periodo in cui sono stati effettuati i trattamenti, ma si può notare come da metà settembre circa ci sia stata una netta riduzione del calore ambientale che si è poi mantenuta all'incirca costante fino al termine delle prove.

È interessante notare come la variabilità di copertura delle parcelle trattate sia in parte correlata alla quantità di pioggia caduta e all'innalzamento o meno della temperatura. Questo fenomeno è visibile dal grafico proposto di seguito, in particolare sulle sezioni trattate con la scerbatrice ed il pirodiserbo, che si sono dimostrati i metodi meno durevoli e su quelle non trattate corrispondenti al controllo.

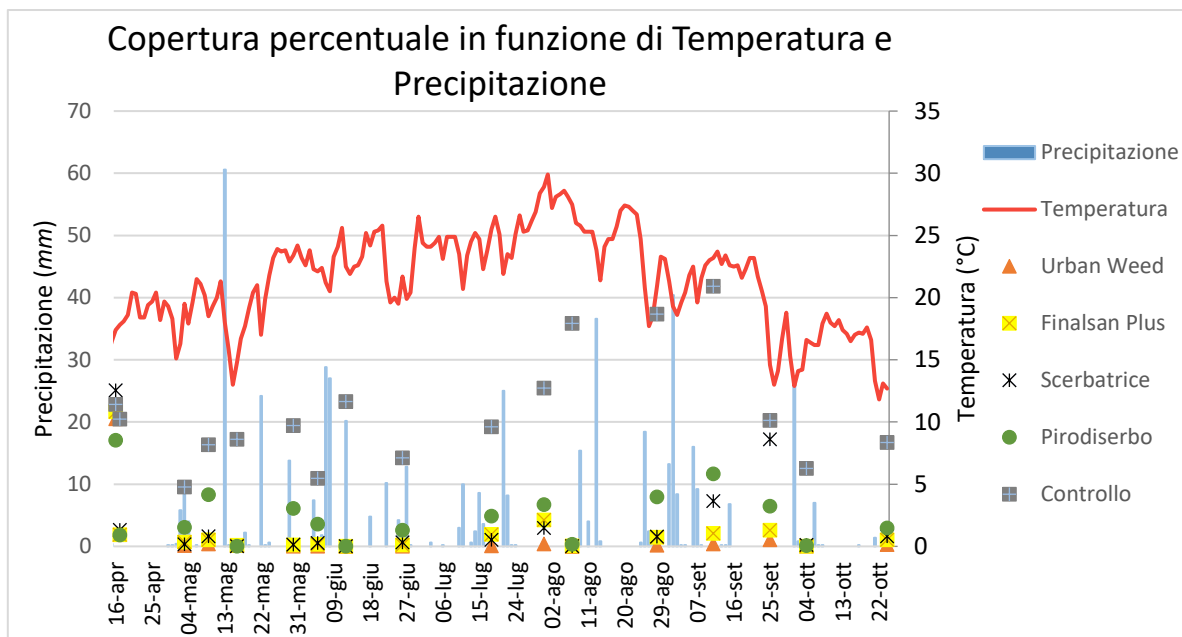


Figura 4.21. Copertura percentuale in funzione di precipitazione e temperatura

Come si osserva dal grafico, nelle date iniziali, ad un brusco calo della temperatura media giornaliera, è associata una parziale diminuzione della copertura nelle parcelle del controllo, che segue questo andamento per tutta la durata delle prove.

Effettivamente la diminuzione di erbe infestanti nelle sezioni di controllo dalla seconda metà di giugno ai primi giorni di luglio, trova riscontro con un abbassamento delle temperature fino anche a 6-7°C. Lo stesso si nota a fine settembre, momento in cui anche le parcelle trattate con la scerbatrice, subiscono un'accentuata invasione di infestanti.

Il pirodiserbo in particolare e relativamente anche la scerbatrice risentono della quantità di pioggia caduta, infatti è possibile osservare che dopo ogni picco di precipitazione c'è un aumento di piante spontanee nelle parcelle associate a questi due trattamenti. Solo nel periodo finale da ottobre in poi non si nota più questo trend a causa però della vicinanza con l'ultimo trattamento, che è stato effettuato proprio i giorni successivi alla precipitazione.

#### 4.4 Risultati analisi economica

Il modello economico viene sviluppato per valutare l'efficienza di ogni metodo di controllo della flora infestante in base ai tempi di applicazione del prodotto o di uso della macchina, del costo della sostanza o dell'alimentazione e dell'ammortamento dei mezzi utilizzati per i trattamenti.

Tramite la collaborazione delle aziende produttrici, si è acquisito il costo di ogni prodotto, in particolare per gli acidi:

- Finalsan Plus: 7,9 € / L
- Urban Weed: 7 € / L

mentre per il glyphosate il prezzo si aggira in media attorno ai 10 € / L.

Entrambi i trattamenti chimici hanno previsto l'utilizzo di una pompa a spalla del valore di 600 € che si è deciso di ammortizzare per il periodo di 5 anni.

Ai fini della prova si ipotizza un costo della manodopera equivalente per tutti i metodi pari a 23 €/ora e si considera solamente il tempo effettivo di lavoro per il trattamento di una parcella. Viene calcolato quindi il costo della risorsa umana al metro quadrato per ogni trattamento, in base al tempo di impiego di ciascun metodo su ogni parcella.

Tabella 4.2. Costo della manodopera per trattamento

Metodo	Superficie (m <sup>2</sup> )	T trattamento (s)	T unitario (s/m <sup>2</sup> )	Manodopera (€/s)	Manodopera (€/m <sup>2</sup> )
<b>Urban Weed</b>	9	60	6.7	0.00639	0.042813
<b>Finalsan Plus</b>	9	60	6.7	0.00639	0.042813
<b>Scerbatrice</b>	9	300	33.3	0.00639	0.212787
<b>Pirodiserbo</b>	9	20	2.2	0.00639	0.014058
<b>Glyphosate</b>	9	60	6.7	0.00639	0.042813

Grazie al prezzo di ogni sostanza, o dell'alimentazione del mezzo nel caso della scerbatrice, è possibile fare una stima del costo al metro quadro suddiviso per ogni tipologia di trattamento.

### **Urban Weed (Acido acetico)**

Considerato il prezzo al litro di 7 € e un dosaggio, con funzione antitraspirante, di 100 litri per ettaro diluito al 20%, si ottiene un costo per metro quadrato pari a:

$$7 \text{ €/l} \times 0,01 \text{ l/m}^2 = \mathbf{0,07 \text{ €/m}^2}$$

### **Finalsan Plus (Acido pelargonico)**

Per un prezzo di 7,9 €/l, con un dosaggio di 200 ml di prodotto per litro di acqua ed una distribuzione di 100 ml di soluzione per metro quadrato si ottiene un costo di:

$$7,9 \text{ €/l} \times 0,02 \text{ l/m}^2 = \mathbf{0,158 \text{ €/m}^2}$$

### **Glyphosate**

Si considera un costo medio di mercato del Glyphosate di 10 €/l che viene adoperato ad una diluizione del 3% con una distribuzione di 7,5 litri per ettaro. Avremo quindi:

$$10 \text{ €/l} \times 0,00075 \text{ l/m}^2 = \mathbf{0,0075 \text{ €/m}^2}$$

### **Scerbatrice meccanica**

In questo caso per calcolare il costo al metro quadrato si prende in considerazione il consumo medio della macchina che equivale a 3,6 l/ora ed il prezzo medio di mercato della benzina di 1,6 €/l. Il risultato è di 0,0016 €/s che moltiplicati per il tempo unitario di utilizzo di 33,3 s/m<sup>2</sup> danno una spesa totale di **0,05328 €/m<sup>2</sup>**

Sommando ai valori appena calcolati il costo della manodopera al metro quadrato per ogni diverso trattamento, otterremo il costo totale, a cui però andrà aggiunto il prezzo a nuovo delle macchine ammortizzato per il numero di anni ipotetici di utilizzo e riportato alla stesa unità di misura degli altri valori. Si valuta un ciclo di utilizzo di 5 anni per la pompa irroratrice a spalla e di 10 anni per la scerbatrice meccanica, sui quali viene calcolato l'ammortamento al m<sup>2</sup> considerando il numero di ore di utilizzo giornaliere pari a 4 per un totale di 100 giorni l'anno. Il risultato sarà il prodotto del valore ottenuto per il coefficiente unitario o tempo unitario precedentemente calcolato per ogni metodo.

Tabella 4.3. Costo totale al m2 di ogni metodo.

Metodo	Costo manodopera + prodotto (€/m <sup>2</sup> )	Costo mezzo €	Ammortamento (€/m <sup>2</sup> )	Costo Totale (€/m <sup>2</sup> )
<b>Urban Weed</b>	0.112813	600	0,000558333	<b>0,113371</b>
<b>Finalsan Plus</b>	0.200813	600	0,000558333	<b>0,201371</b>
<b>Scerbatrice</b>	0.266067	5000	0,0115625	<b>0,277630</b>
<b>Glyphosate</b>	0.050313	600	0,000558333	<b>0,050871</b>

Come indicato in precedenza, la ditta Emilverde ha messo a disposizione il costo complessivo di intervento della macchina per il pirodiserbo, che equivale a **0,14 €/m<sup>2</sup>**.

Al fine di avere un riscontro a livello pratico, viene calcolato il costo di diserbo dei vialetti di ghiaia interni al Campo da golf della Montecchia. La stima viene eseguita per tutti i metodi di controllo alternativo e per il glyphosate.

Come visto in precedenza la lunghezza totale delle stradine è di 2,276 Km lineari, che moltiplicati per una larghezza media di 1,80 m coprono un'area di 4096,8 m<sup>2</sup>.

Conoscendo il costo al metro quadrato e moltiplicandolo per l'area totale da coprire è possibile stimare la spesa complessiva per il controllo delle infestanti, che viene illustrata nella tabella di seguito.

Tabella 4.4. Costo di diserbo dei vialetti del Golf della Montecchia per ogni trattamento.

Metodo	Costo (€/m <sup>2</sup> )	Costo vialetti (€)
<b>Urban Weed</b>	0.11	464.46
<b>Finalsan Plus</b>	0.20	824.98
<b>Scerbatrice</b>	0.28	1137.39
<b>Pirodiserbo</b>	0.14	573.55
<b>Glyphosate</b>	0.05	208.41

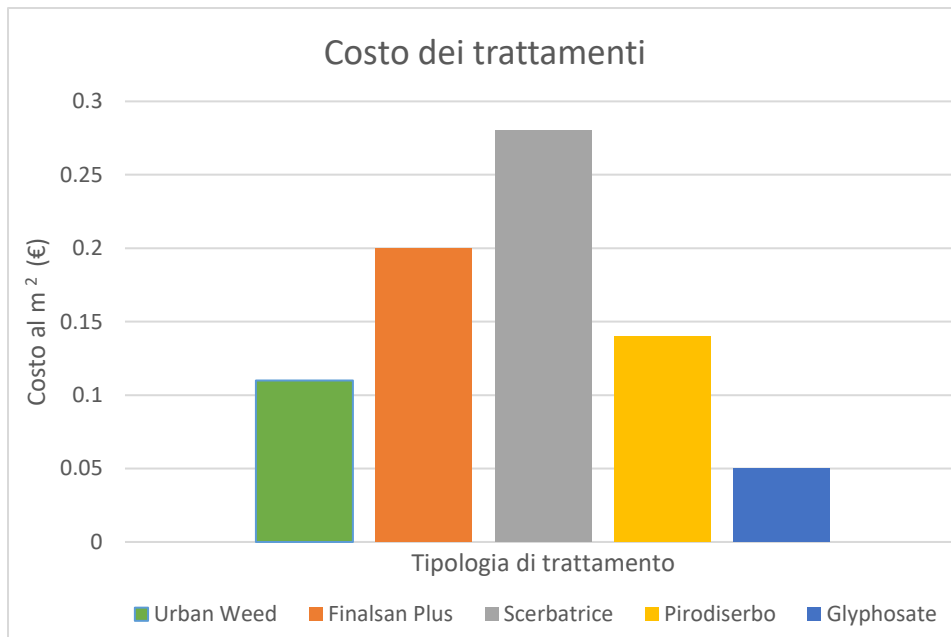


Figura 4.22. Costo al m<sup>2</sup> dei singoli trattamenti.

Senza dubbio il glyphosate rimane la sostanza più economica, ma si ritiene opportuno considerare che la differenza di costo, che sembrava dover essere spropositata nei confronti dei metodi alternativi, si rivela per alcuni non così eccessiva.

L'Urban Weed ha un costo molto competitivo di 0,11 €/m<sup>2</sup>, vale a dire poco più di 450 € per coprire un'area di 4000 m<sup>2</sup>. Anche il pirodiserbo con 0,14 €/m<sup>2</sup> è un metodo con un prezzo interessante, anche se va detto che è l'unico ad avere già un prezzo stimato di intervento che, se dovesse essere riportato solo a livello di costo, probabilmente si abbasserebbe ulteriormente. Qualora la macchina dovesse essere acquistata avrebbe un valore di circa 30 000 €, che ammortizzato per il numero di anni di utilizzo comporterebbe un aumento in termini di costo al metro quadrato. Va valutata quindi la scelta più conveniente tra il noleggio con operatore e l'acquisto, tenendo conto del fatto che nel primo caso è necessario sottostare alle condizioni e alle tempistiche dettate dalla disponibilità della macchina.

I metodi che secondo le analisi risultano più onerosi sono invece il Finalsan (Acido pelargonico), che ha un alto prezzo di acquisto e un elevato dosaggio e la scerbatrice, che avendo tempi di lavoro più elevati comporta un costo maggiore (circa 1100 € per controllare 4000 m<sup>2</sup>).



## 4. CONCLUSIONI

Il concetto alla base di questa pubblicazione deriva da un obbligo puramente legislativo (Decreto Legislativo del 14 agosto 2012, n. 150) che impone delle norme restrittive nella gestione del diserbo nelle aree frequentate da gruppi di persone cosiddette vulnerabili. Ciò deve essere solo il punto di partenza per pianificare strategie di gestione della flora spontanea che implicino l'utilizzo sempre più frequente di metodi con elevata compatibilità ambientale e ridotti, se non nulli, rischi per la salute umana, a svantaggio di quei diserbanti chimici considerati dannosi per uomo e ambiente.

A tale proposito il lavoro sperimentale condotto, ha permesso di valutare quattro dei differenti metodi di diserbo sostenibile per il controllo della flora spontanea in aree extra-agricole, sia in termini di efficacia come diserbanti totali, che di efficienza tenuto conto dei costi che implica ognuno di essi.

Ai fini della corretta stima di ogni metodo sono stati utilizzati due sistemi di elaborazione delle immagini rilevate.

Il primo, **Canopeo**, si è rivelato oneroso in termini di tempo, in quanto in fase di analisi delle foto si è ritenuto necessario settare i parametri in modo da ridurre la soggettività della scelta. L'approfondimento statistico però ha goduto dei vantaggi derivanti dalla stima di valori puntuali molto precisi che hanno fornito dei risultati conformi alle aspettative con una precisa corrispondenza con l'andamento reale di presenza o meno delle infestanti.

D'altra parte **SPIP** ha previsto un'analisi più rapida e schematica per l'estrazione dei valori, che, in fase di elaborazione statistica però è diventata più laboriosa a causa delle difficoltà di selezione dei parametri adatti.

Grazie alle analisi eseguite è possibile indicare l'acido acetico (Urban Weed) come metodo in assoluto più efficace, sia per il controllo delle infestanti macroterme, che microterme, nonostante l'elevata variabilità delle condizioni ambientali. Anche il preparato a base di acido pelargonico ha espresso degli ottimi risultati in termini di governo delle specie spontanee, ma si è notato che a differenza dell'acetico, avrebbe la tendenza ad essere meno efficace nel lungo periodo.

Il pirodiserbo invece svolge un buon effetto iniziale ed è quello che agisce in maniera più rapida anche a livello di tempi di intervento. Inizialmente, appena dopo il trattamento

mantiene il terreno sgombro da infestanti, ma l'effetto è limitato alla prima settimana perché poi si nota che vi è una progressiva ripopolazione della parcella. Secondo le analisi effettuate avrebbe la necessità di un maggior numero di interventi rispetto alle altre procedure, anche se sarebbe interessante monitorarne l'effetto a lungo termine sulla banca di semi del suolo, dato che secondo gli esperti pare siano necessari almeno due anni per ridurre il grado di infestamento.

La scerbatrice ha mantenuto indicativamente lo stesso andamento del pirodiserbo con percentuali molto basse di infestazione solamente nei giorni appena successivi al passaggio. Essendo un attrezzo puramente meccanico non può svolgere un'azione residuale, ma potrebbe essere vantaggiosa in quei casi dove non sia possibile l'utilizzo degli altri metodi (ad esempio nel caso vi sia il divieto di rilascio di qualsiasi sostanza nel suolo o dell'utilizzo del fuoco).

Oltre all'efficacia e alla sostenibilità ambientale è stata considerata anche la sostenibilità economica degli interventi. A tale proposito, va sottolineato che la scerbatrice è risultata essere il metodo più costoso. A parità di effetti l'acido pelargonico si è dimostrato essere molto più costoso dell'acido acetico, raggiungendo quasi il doppio del prezzo.

Considerando quindi il costo complessivo e l'efficacia di ogni metodologia possiamo affermare che l'acido acetico Urban Weed vince la maggiore efficienza totale dato che svolge il miglior effetto anche a distanza di settimane ed ha il minor costo in assoluto.

Mettendolo a confronto con il Glyphosate (il diserbante più utilizzato in assoluto) si può notare come non vi sia una differenza così grande tra i due metodi in termini di costo e ancor meno di effetto, anzi, se si dovessero considerare i costi indiretti dettati dall'utilizzo spropositato di quest'ultimo forse non ci sarebbe nemmeno la necessità di porsi la questione.

## 5. ALLEGATI

### 5.1 Tabelle dei risultati in termini di copertura percentuale suddivisi per trattamento.

#### A) Acido Acetico Urban Weed

Parcella	Data trattamento																
	16-apr	17-apr	03-mag	09-mag	16-mag	30-mag	05-giu	12-giu	26-giu	18-lug	31-lug	07-ago	28-ago	11-set	25-set	04-ott	24-ott
8-A1-a.jpg	12.83	0.97	0.12	0.34	0.09	0.06	0.18	0	0	0.05	0.63	0.01	0.05	0.05	0.23	0.02	0.05
8-A1-b.jpg	15.14	0.73	0.11	0.29	0.09	0.01	0.04	0	0.05	0	0.11	0.01	0	0.03	0.03	0.08	0.02
8-A2-a.jpg	9.81	0.75	0.01	0.09	0.01	0.02	0	0	0.02	0	0	0.01	0	0.03	0.04	0.04	0.12
8-A2-b.jpg	8.19	0.51	0.02	0.1	0.02	0.05	0.01	0	0.04	0.04	0.24	0	0.04	0.15	0.4	0.05	0.07
8-A3-a.jpg	8.3	0.5	0.03	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0.14
8-A3-b.jpg	3.57	0.49	0.01	0.17	0.29	0.01	0.02	0.03	0.01	0.15	0	0	0.09	0.02	0.01	0.02	0.19
14-A4-a.jpg	18.55	2.54	0.21	0.45	0.22	0.07	0.05	0	0.03	0.11	0.58	0	0.65	1.5	3.19	0.04	0.11
14-A4-b.jpg	9.3	1.63	0.06	0.11	0.13	0.01	0.02	0.02	0.02	0	0.01	0	0.02	0.12	0.4	0.01	0.33
14-A5-a.jpg	7.13	0.96	0.04	0.14	0.01	0	0	0.01	0	0	0.01	0.01	0	0.15	0.62	0.02	0.2
14-A5-b.jpg	15.94	1.21	0.14	0.31	0.01	0	0.02	0.01	0.01	0.12	0.71	0.01	0.19	0.41	0.85	0.05	0.29
14-A6-a.jpg	8.34	0.65	0.03	0.04	0	0	0.01	0.01	0	0	0.01	0.01	0	0	0.31	0.01	0.29
14-A6-b.jpg	5.96	0.58	0.01	0.32	0	0	0	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.03	0.32	0.02	0.14
<b>MEDIA</b>	<b>10.26</b>	<b>0.96</b>	<b>0.07</b>	<b>0.20</b>	<b>0.07</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.04</b>	<b>0.19</b>	<b>0.01</b>	<b>0.09</b>	<b>0.21</b>	<b>0.53</b>	<b>0.03</b>	<b>0.16</b>

#### B) Acido Pelargonico Finalsan Plus

Parcella	Data rilievo fotografico																
	16-apr	17-apr	03-mag	09-mag	16-mag	30-mag	05-giu	12-giu	26-giu	18-lug	31-lug	07-ago	28-ago	11-set	25-set	04-ott	24-ott
8-B1-a.jpg	16.05	0.89	0.22	0.33	0.08	0.3	0.04	0	0.04	0.15	0.29	0	0.04	0.06	0	0.03	0.33
8-B1-b.jpg	14.05	0.66	0.18	0.52	0.18	0.23	0.14	0	0	0	0.01	0	0.08	0.07	0.34	0.01	0.14
8-B2-a.jpg	4.77	0.25	0.05	0.34	0.04	0.11	0.13	0	0.07	0.55	1.51	0.01	0.81	0.6	0.29	0.01	0.39
8-B2-b.jpg	9.68	0.68	0.08	0.55	0.01	0.02	0	0	0.01	0.24	0.56	0	0.3	0.1	0.01	0	0.17
8-B3-a.jpg	9.24	1.41	0.14	0.2	0.04	0.26	0.16	0	0.01	0.06	0.11	0.07	0.16	0.24	0.43	0.06	0.35
8-B3-b.jpg	11.24	1.11	0.57	0.83	0.1	0.05	0.02	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.04	0.04	0.26
14-B4-a.jpg	6.34	0.96	0.29	0.41	0.44	0.11	0.4	0.04	0.01	0.15	1.01	0.01	0.07	0.01	0.1	0.01	0.3
14-B4-b.jpg	8.58	0.89	0.39	0.38	0.1	0.08	0.12	0.02	0.03	0	0.01	0	0.14	0.36	0.57	0.01	0.62
14-B5-a.jpg	20.22	1.47	1.31	1.05	0.01	0.12	0.34	0.03	0.85	7.47	15.4	0.13	5.14	8.25	8.3	0.17	0.8
14-B5-b.jpg	9.19	0.67	0.3	0.24	0.01	0.06	0.11	0.01	0.12	0.91	1.68	0.05	0.17	0.66	0.62	0.03	0.84
14-B6-a.jpg	11.51	1.33	0.35	0.91	0.09	0.04	0.12	0.01	0.09	0.49	1.14	0.01	0.78	1.61	1.78	0.01	0.92
14-B6-b.jpg	9.16	1.08	0.5	0.78	0.04	0.2	0.49	0.02	0.27	1.7	3.77	0.18	1.25	0.61	3.22	0.03	1.25
<b>MEDIA</b>	<b>10.84</b>	<b>0.95</b>	<b>0.37</b>	<b>0.55</b>	<b>0.10</b>	<b>0.13</b>	<b>0.17</b>	<b>0.01</b>	<b>0.13</b>	<b>0.98</b>	<b>2.12</b>	<b>0.04</b>	<b>0.75</b>	<b>1.05</b>	<b>1.31</b>	<b>0.03</b>	<b>0.53</b>

#### C) Scerbatrice meccanica

Parcella	Data rilievo fotografico																
	16-apr	17-apr	03-mag	09-mag	16-mag	30-mag	05-giu	12-giu	26-giu	18-lug	31-lug	07-ago	28-ago	11-set	25-set	04-ott	24-ott
8-C1-a.jpg	4.46	0.52	0.02	0.17	0.01	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0.01	0.03	0.01	0.27
8-C1-b.jpg	4.81	0.72	0.05	0.01	0	0	0	0	0	0.01	0.04	0	0	0.01	0.01	0.02	0.38
8-C2-a.jpg	4.66	0.45	0.07	1.68	0.06	0.05	0.12	0	0.14	0.13	0.25	0.02	0	0.05	0.1	0.02	0.31
8-C2-b.jpg	14.27	0.81	0.34	0.46	0.04	0.03	0	0	0.01	0	0	0	0.02	0.09	0.16	0.07	0.33
8-C3-a.jpg	8.27	1.41	0.03	0.56	0	0.02	0.01	0.01	0.03	0.1	0.31	0	0	0.08	0.16	0.05	2.05
8-C3-b.jpg	10.27	0.99	0.02	0.05	0	0.05	0.06	0.05	0	0	0	0	0	0.01	0.12	0.04	0.67
14-C4-a.jpg	20.05	2.55	0.05	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.11	0.83	2.65	0	1.04	7.76	30.76	0.21	0.37
14-C4-b.jpg	24.01	2.34	0.42	1.11	0.13	0.57	0.91	0.06	3.66	3.68	8.46	0.08	7.65	29.83	49.43	0.33	0.37
14-C5-a.jpg	9.7	1.14	0.04	1.96	0	0.03	0.04	0.03	0.02	0.25	0.73	0.01	0.04	0.28	2.79	0.35	2.26
14-C5-b.jpg	15.82	1.56	0.01	1.22	0.02	0	0.02	0.03	0	0.06	0.07	0.03	0.47	4.5	14.05	0.25	1.87
14-C6-a.jpg	9.34	2.05	0.07	0.15	0	0.12	0.1	0.04	0.06	0	0	0.03	0.02	0.02	1.44	0.02	0.32
14-C6-b.jpg	24.99	1.37	0.9	2.37	0.11	1.05	2.08	0.03	0.01	1.32	5.28	0.15	0.23	1.34	4.47	0.07	0.78
<b>MEDIA</b>	<b>12.55</b>	<b>1.33</b>	<b>0.17</b>	<b>0.82</b>	<b>0.03</b>	<b>0.16</b>	<b>0.28</b>	<b>0.02</b>	<b>0.34</b>	<b>0.53</b>	<b>1.48</b>	<b>0.03</b>	<b>0.79</b>	<b>3.67</b>	<b>8.63</b>	<b>0.12</b>	<b>0.83</b>

## D) Pirodiserbo

Data rilievo fotografico																	
Parcella	16-apr	17-apr	03-mag	09-mag	16-mag	30-mag	05-giu	12-giu	26-giu	18-lug	31-lug	07-ago	28-ago	11-set	25-set	04-ott	24-ott
8-D1-a.jpg	3.26	0.22	0.61	3.9	0.01	1.33	0.44	0	0.02	0.15	0.48	0	0.99	1	0.37	0.01	0.1
8-D1-b.jpg	7.3	0.63	1.1	2.11	0	0.65	0.13	0.01	0	0	0	0	0.01	0	0.07	0.02	0.07
8-D2-a.jpg	6.8	0.37	1.97	2.6	0.02	2.62	0.96	0	0.18	0.98	2.29	0.27	3.86	3.7	1.24	0	0.34
8-D2-b.jpg	9.5	0.37	1.66	4.3	0	1.96	2.07	0.01	0.18	0.36	0.85	0.39	2.01	5.18	2.5	0.03	0.81
8-D3-a.jpg	3.65	0.48	1.22	4.83	0.01	3.02	1.24	0	0.33	0.76	0.01	0	0.11	0.18	0.11	0.02	0.67
8-D3-b.jpg	4.67	0.43	1.24	2.03	0.02	1.02	0.75	0	0.19	0.03	0.19	0.01	0.63	0.16	0.05	0.09	0.26
14-D4-a.jpg	24.27	3.23	4.68	9.32	0.12	11.31	7.68	0.06	8.1	14.42	17.24	0.7	21.84	28.4	15.42	0.12	7.97
14-D4-b.jpg	16.21	2.06	3.32	10.95	0.15	9.14	6.61	0.03	5.87	11.18	17.49	0.57	16.09	29.55	14.86	0.59	5.99
14-D5-a.jpg	7.11	0.79	1.07	2.84	0	1.93	0.54	0.01	0.15	0.33	0.66	0.01	0.52	0.32	0.79	0.02	0.78
14-D5-b.jpg	8.11	0.82	0.68	2.32	0.04	0.95	0.34	0.01	0.03	0.59	0.47	0.01	0.96	1.06	0.96	0.01	0.67
14-D6-a.jpg	7.63	0.82	0.61	2.16	0	1.68	0.54	0.03	0.58	0.37	0.61	0.06	0.36	0.4	1.3	0.07	0.22
14-D6-b.jpg	4.15	0.92	0.41	2.52	0	1.01	0.31	0.02	0.03	0.01	0	0.02	0.31	0	1.37	0.03	0.07
<b>MEDIA</b>	<b>8.56</b>	<b>0.93</b>	<b>1.55</b>	<b>4.16</b>	<b>0.03</b>	<b>3.05</b>	<b>1.80</b>	<b>0.02</b>	<b>1.31</b>	<b>2.43</b>	<b>3.36</b>	<b>0.17</b>	<b>3.97</b>	<b>5.83</b>	<b>3.25</b>	<b>0.08</b>	<b>1.50</b>

## E) Controllo

Data rilievo fotografico																	
Parcella	16-apr	17-apr	03-mag	09-mag	16-mag	30-mag	05-giu	12-giu	26-giu	18-lug	31-lug	07-ago	28-ago	11-set	25-set	04-ott	24-ott
8-E1-a.jpg	3.44	1.75	1.69	6.01	6.43	4.96	1.54	5.59	0.9	2.45	3.36	5.4	6.61	5.07	1.83	2.06	1.13
8-E1-b.jpg	8.54	5.63	4.32	2.27	2.45	1.05	0.39	0.95	0.2	0.8	1.15	1.73	2.69	3.46	0.7	0.11	0.3
8-E2-a.jpg	9.84	9.47	3.29	21.52	13.95	18.41	2.54	14.48	3.48	5.26	7.65	10.49	14.19	17.23	13.11	7.02	16.76
8-E2-b.jpg	19.12	15.15	4.51	5.07	10.71	7.17	3.08	12.09	2.36	3.07	3.55	4.51	6.53	11.55	9.75	6.63	8.87
8-E3-a.jpg	1.75	2.5	1.69	4.54	8.46	5.67	0.8	3.35	0.95	1.22	3.28	4.88	6.71	7	4.1	1.03	2.36
8-E3-b.jpg	6.63	6.01	4.12	2.78	2.87	2.73	0.74	2.41	0.25	0.02	0	0.02	1.96	2.34	0.48	0.22	0.68
14-E4-a.jpg	16.95	15.26	6.12	5.63	12.15	13.56	9.98	21.53	15.72	21.94	28.83	47.68	44.12	42.62	15.21	9.79	13.46
14-E4-b.jpg	20.2	21.18	11.85	13.69	7.58	20.61	19.55	19.02	19.91	21.45	25.58	31.84	42.97	58.22	28.29	19.86	22.75
14-E5-a.jpg	15.92	15.29	5.1	11	12.84	14.76	9.2	23.04	14.49	24.26	28.91	38.73	31.16	25.3	11.41	7.15	6.44
14-E5-b.jpg	11.95	10.15	5.19	9.4	8.84	8.35	7.01	14.05	12.95	15.9	25.1	34.07	29.89	36.48	16.55	8.8	10.85
<b>MEDIA</b>	<b>11.43</b>	<b>10.24</b>	<b>4.79</b>	<b>8.19</b>	<b>8.63</b>	<b>9.73</b>	<b>5.48</b>	<b>11.65</b>	<b>7.12</b>	<b>9.64</b>	<b>12.74</b>	<b>17.94</b>	<b>18.68</b>	<b>20.93</b>	<b>10.14</b>	<b>6.27</b>	<b>8.36</b>

## 6. BIBLIOGRAFIA

Abrol D. P. 2013. Integrated Pest Management: Current Concepts and Ecological Perspective. Academic Press. Cambridge.

Ferrero A., Vidotto F., Costa E., Zanin G., Catizone P. 2010. Storia della lotta alle malerbe. Società italiana per la ricerca sulla flora infestante (S.I.R.F.I.).

Ash G. J. (2010). The science, art and business of successful bioherbicides. *Biological Control*, 52(3), 230-240.

Auld B. A. and Mcrae C. (1997). Emerging technologies in plant protection-bioherbicides. In proceedings of the New Zealand plant protection conference. (pp. 191-194). New Zealand Plant Protection Society (Inc.).

Baskin J.M., Baskin C.C. 1989. Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology, in Leck M.A., Parker V.T., Simpson R.L., *Ecology of Seed Banks*, Academic Press, Inc., London, UK, pp.53-66.

Benvenuti S., Grassia M. E., Flamini G. e Cioni P. L. (2010). Bioerbicidi per il controllo delle malerbe nell'ecosistema urbano. In *Atti delle Giornate Fitopatologiche 2010*. Cervia (RA), 9-12 marzo. Clueb, Bologna, vol. 1, pp. 487-494.

Bolley H.L., 1908. Weed control by means of chemical sprays. *North Dakota Agricultural Experiment Station Bulletin*, 80,541-574.

Call L.E., Getty R.E., 1923. The eradication of bindweed. *Kansas Agricultural Experiment Station, Circular 101*. pp. 18.

Campagna G. e Rapparini G. 2008. Erbe infestanti delle colture agrarie. Edizioni l'informatore agrario. Verona.

Catizone P., 1992. Atti del Convegno "Controllo delle piante infestanti", Progetto Finalizzato Lotta Biologica ed Integrata, Bologna, 21-22 maggio, 384 pp

Cother E.J. (1999). Host range studies of the mycoherbistat fungus *Rhynchosporium alismatis*. *Australasian Plant Pathology*, 28, 149–155.

Cother E.J. and Gilbert R.L. (1994a). Efficacy of a potential mycoherbicide for control of *Alisma lanceolatum* and *Damasonium minus* in Australian rice crops. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34, 1043–1050.

Cother E.J. and Gilbert R.L. (1994b). Pathogenicity of *Rhynchosporium alismatis* and its potential as a mycoherbicide on several weed species in the Alismataceae. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34(7), 1039–1042.

Crafts A.S., Robbins W.W., 1962. *Weed control. A Textbook and Manual*. McGraw-Hill, New York, 660 pp.

Dayan F. E., Owens D. K. and Duke S. O. (2012). Rationale for a natural products approach to herbicide discovery. *Pest management science*, 68(4), 519-528.

Ferrero A., Vidotto F., Costa E., Zanin G., Catizone P. 2010. Storia della lotta alle malerbe. In *Atti delle giornate fitopatologiche*. Cervia, 9-12 marzo.

Fox K. M., Cother E. J. and Ash G. J. (1999). Influence of *Rhynchosporium alismatis* on seed production and viability of the rice paddy weed *Damasonium minus* (starfruit). *Australasian Plant Pathology* 28, 197–199.

Fracchiolla M. and Montemurro P. 2007. Natural compounds with herbicidal activity. *Italian Journal of Agronomy*, 4: 461-474

Grime J.P. 1979. *Plant Strategies and Vegetation Processes*. Chichester: John Wiley & Sons, New Jersey, USA.

Hausmann G., Scurti J., Zanardi D. Carboni G., 1971. *Piante infestanti e metodi di lotta*. Edagricole, Bologna.

Huffaker C.B. 1958. Principles of biological control of weeds. In *Proceeding of the X International Congress of Entomology*, Montreal, 1956, pp. 533-542.

Jahromi F. G., Ash G. J. and Cother E. J. (1998). Influence of cultural and environmental conditions on conidial production, conidial germination and infectivity of *Rhynchosporium alismatis*, a candidate mycoherbicide. *Australasian Plant Pathology* 27, 180–185.

Kosemura S., Yamamura S., Kakuta H., Mizutani J. and Hasegawa K. (1993). Synthesis and absolute configuration of lepidimoide, a high potent allelopathic substance from the mucilage of germinated cress seeds. *Tetrahedron Letters* 34 (16), 2653-2656.

Miravalle R., Otto S., Zanin G. 2001. Il diserbo delle aree non agricole. In *Malerbologia*, AAVV – Catizone P., Zanin G. coordinatori, Pàtron editore, Bologna. pp. 855-877

National Academy Of Science - National Research Council (1969): Principles of Plant and Animal Pest Control. Vol. 2, Weed Control, Natl Acad. Sci. Publ., 471pp.

Paruelo, J.M., W.K. Lauenroth, and P.A. Roset. 2000. Technical note: Estimating aboveground plant biomass using a photo-graphic technique. *J. Range Manage.* 53:190–193.

Patrignani A. and Ochsner T. October 2015. Canopeo: A Powerful New Tool for Measuring Fractional Green Canopy Cover.

Peruzzi A., Lulli L., Del Sarto R., Frasconi C., Ginanni M., Raffaelli M., Sorelli F., Fontanelli M. 2009. La gestione fisica della flora spontanea in area urbana, un mezzo concreto per la tutela dell'ambiente e della salute dei cittadini, le strategie, le attrezzature ed i risultati acquisiti nelle ricerche poliennali condotte in Toscana all'Università di Pisa. Felici Editore, Pisa, 171.

Peterson G.E. 1967. The discovery and development of 2,4-D. *Agricultural History*, 41, 243-254.

Raunkiaer C. 1905. Types biologiques pour la géographie botanique. *Bull. Acad. R. Danemark*.

Rice E.L. 1984. *Allelopathy*, Academic Press, Inc. New York.

Sattin M., Zuin M. C., Bacchi M. 1996. Weed biology and ecophysiology in the urban environment. In *Proceedings 10th Conference of Italian Society of Weed Research*, Padua, Italy, 1-52.

Signorini M.A. 1996. L'indice di pericolosità: un contributo del botanico al controllo della vegetazione infestante nelle aree monumentali. *Informatore botanico italiano*. 28, 7-14.

Smith A.E., Secoy D.M., 1975. Forerunners of Pesticides in Classical Greece and Rome. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23, 1050-1055.

Smith A.E., Secoy D.M., 1976a. Early chemical control of weeds in Europe. *Weed Science*, 24, 594-597.

Smith A.E., Secoy D.M., 1976. Salt as a pesticide, manure, and seed steep. *Agricultural History*, 50, 506-516.

Timmons F.L., 1970. A History of Weed Control in the United States and Canada. *Weed Science*, 18, 294-307.

Trumper J., Vigolo M.T. 2001. Il perché della "Malerbologia". Una premessa di ordine linguistico, in P. Catizone, G.Zanin. *Malerbologia*. Bologna: Patron editore. pp. 11-18.

Vidotto F., De Palo F., Ferrero A. editors 2018. Infestanti emergenti e riduzione di disponibilità di erbicidi. Atti del XXI convegno S.I.R.F.I. 16 ottobre 2018, Bari, Italy. 245 p.

Viggiano P., Angelini R. 2002. *Dicotiledoni spontanee e infestanti*. Bayer, Edagricole.

Vurro M., Cristofaro M., Casella F., Boari A., Zonno M.C. 2009 *Lotta biologica alle piante infestanti*. In *Innovazioni nella difesa delle colture con mezzi a basso impatto ambientale*. Firenze: Stamperia editoriale Parenti.

Went F.W., Thimann K.V., 1937. *Phytohormones*. The MacMillan Company, New York, 294 pp.

Zanin G., Catizone P., 2003. *La malerbologia. Dalla metà del XX secolo*. I Georgofili, Quaderni 2003-I, Società Editrice Fiorentina, 195-269.

Zimdahl R.L., 1999. *Fundamentals of Weed Science*. Academic Press, San Diego, CA., 556 pp.

## SITI INTERNET

EU-Pesticides database. <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN>

<http://www.gazzettaufficiale.it/>

<http://www.pirodiserbo.it/wp-content/uploads/2011/10/Il-Pirodiserbo-31.pdf>

[https://it.wikipedia.org/wiki/Acido\\_pelargonico](https://it.wikipedia.org/wiki/Acido_pelargonico)

<http://www.pirodiserbo.it/wp-content/uploads/2011/10/Pirodiserbo-in-aree-extra-agricole-2.pdf>