

**SOCIETÀ ITALIANA PER LA RICERCA SULLA FLORA INFESTANTE
S.I.R.F.I.**

atti

**Infestanti emergenti e riduzione di
disponibilità di erbicidi**

a cura di

FRANCESCO VIDOTTO, FERNANDO DE PALO e ALDO FERRERO

BARI, 16 OTTOBRE 2018

Convegno organizzato in collaborazione con le “Giornate Fitopatologiche” e con l’Associazione Regionale Pugliese dei Tecnici e Ricercatori in Agricoltura (ARPTRA)

IL CONTROLLO DELLA VEGETAZIONE INFESTANTE LUNGO LE LINEE FERROVIARIE E NELLE AREE URBANE IN ASSENZA DEL GLIFOSATE

OTTO S.¹, VIDOTTO F.², IMPERATORE G.³, ZANIN G.³

1. IBAF-CNR

2. DISAFA, Università di Torino

3. DAFNAE, Università di Padova

E-mail: stefan.otto@ibaf.cnr.it

Riassunto

La gestione della vegetazione spontanea infestante lungo le linee ferroviarie e nelle aree urbane richiede un notevole impegno sia nella fase di progettazione delle linee sia nella fase di manutenzione. L'attuale contesto normativo pone notevoli vincoli all'uso di erbicidi ed è necessario organizzare una strategia di gestione che integri la lotta chimica con quella fisica, e utilizzi sostanze ritenute più sostenibili dal lato ecotossicologico.

Parole chiave

Glifosate; Acido pelargonico; Ferrovie; Aree urbane; Gestione delle infestanti.

Summary

Weed management along railways and roads and in residential areas requires considerable effort both in the design phase of the lines and in the maintenance phase. The current regulatory framework imposes several constraints on the use of herbicides and it is necessary to organize a management strategy that integrates chemical and physical methods, and uses substances considered more sustainable from the ecotoxicological point of view.

Keywords

Glyphosate; Pelargononic acid; Railways; Urban areas; Weed management.

Introduzione

L'efficacia, l'affidabilità, il costo ridotto e il grande utilizzo del glifosate nel diserbo delle aree extra-agricole sono argomenti già abbondantemente affrontati (Watts et al., 2016). Questa relazione si concentrerà sulle alternative attualmente disponibili per il diserbo ferroviario e delle aree urbane, in caso di revoca dell'autorizzazione del glifosate. L'impatto ambientale delle soluzioni alternative sarà trattato solo brevemente perché l'uso di altri erbicidi è comunque ritenuto da cittadini e politici preferibile al glifosate.

PARTE A: IL CONTROLLO DELLA VEGETAZIONE SPONTANEA LUNGO LE LINEE FERROVIARIE

1. La linea ferroviaria

Le alternative esistenti devono essere opportunamente integrate con la realtà operativa e con l'organizzazione del cantiere di lavoro, dove diventano sostanziali i tempi (durata del trattamento in relazione alle finestre di utilizzo della linea e all'andamento climatico) e il numero di interventi necessari. La lentezza delle soluzioni alternative e/o la necessità di più passaggi rappresentano le difficoltà maggiori, causando un aumento sproporzionato dei costi di gestione della flora spontanea: secondo l'Union International des Chemins de fer (UIC), in Europa i costi aumenteranno da 10 a 16-17 volte a seguito della proibizione del glifosate (EUROPATODAY, 2017). Oltre a tutti questi aspetti bisogna poi considerare che un obiettivo non secondario da prendere in considerazione è la riduzione della permanenza del personale operante in situazioni di pericolosità lungo la linea, esigenza che si scontra con la maggiore lentezza di soluzioni tecniche alternative.

Non esistono soluzioni generalizzate applicabili a tutte le situazioni ma solo soluzioni specifiche, perché anche dentro la stessa linea ci sono aree diverse con problemi e necessità di controllo diversi. La Figura 1 evidenzia le aree di una linea ferroviaria: massicciata, unghiatura, sentiero, area di prossimità interna, zona esterna (scarpata); a queste poi si devono aggiungere i depositi, i piazzali, le aree frequentate delle stazioni.

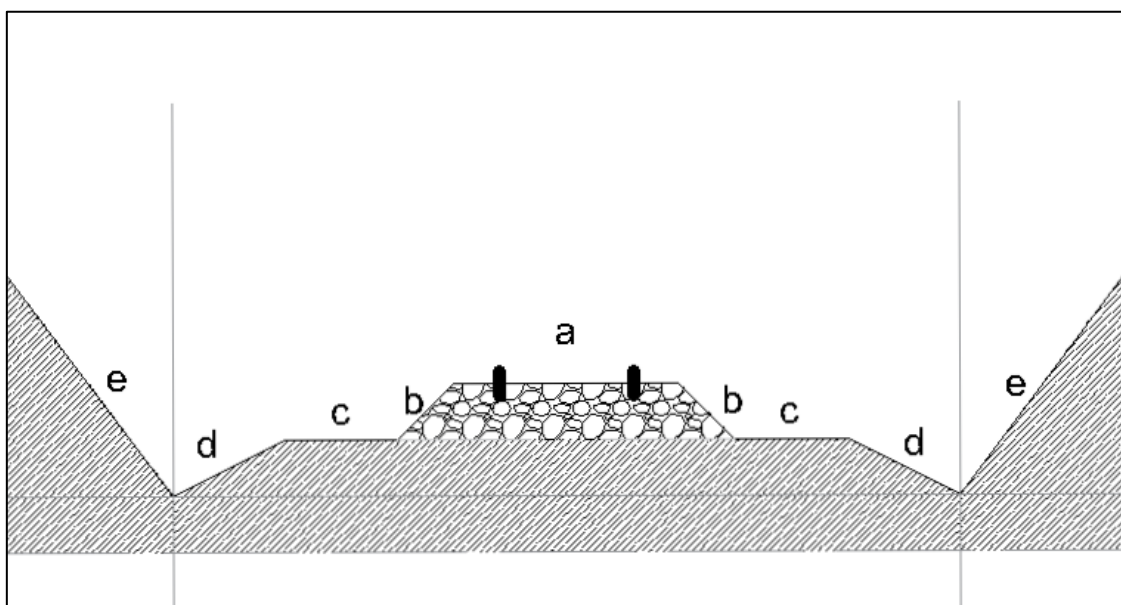


Figura 1. Le diverse aree di una linea ferroviaria: a=massicciata; b=unghiatura; c=sentiero; d=area di prossimità interna; e=area di prossimità esterna.

Le soluzioni alternative dovranno essere modulate sulle diverse comunità di specie vegetali presenti lungo la linea, ognuna delle quali potrà richiedere un intervento specifico. Il glifosate, invece,

garantisce una buona efficacia su un complesso di situazioni sia spaziali (tutte le aree), sia di infestanti (annuali o vivaci, graminacee o dicotiledoni, erbacee o arbustive), sia fenologiche (piante a diverso sviluppo vegetativo); l'ampio spettro di azione e la flessibilità di impiego è il grande vantaggio del glifosate, che semplifica molto il lavoro con risparmio di tempo e di organizzazione.

Le alternative al glifosate possono essere valutate con la classificazione proposta da Reboud et al. (2017), che per una certa tecnologia considera **Maturità, Efficacia, Fattibilità**.

Il livello di **Maturità** di una tecnologia (*Technology Readiness Level*, acronimo TRL) può essere valutato con la scala messa a punto originariamente dalla NASA (EARTO, 2014): detta scala considera valori da 1 a 9, dove 1 è il livello più basso (definizione dei principi di base della tecnologia) e 9 è il più alto (sistema già utilizzato in ambiente operativo). Le alternative al glifosate verranno qui classificate sulla base della "TRL semplificata" come considerato da Reboud et al. (2017), con 5 livelli di maturità:

- Livello 1: principi di base del metodo/tecnologia semplicemente formalizzati;
- Livello 2: fase di ricerca attiva, tecnologia concettualmente valida;
- Livello 3: metodo valido in condizioni/aree specifiche;
- Livello 4: tecnologia che ha dimostrato la sua efficacia in molti casi;
- Livello 5: tecnologia già commercializzata e/o utilizzata.

Inoltre, sempre sulla base del lavoro di Reboud et al. (2017), si è valutata anche l'**Efficacia** e la **Fattibilità** del metodo/tecnologia alternativo al glifosate con una scala da 1 a 5: 1 molto bassa, 2 bassa, 3 media, 4 elevata, 5 molto elevata. Per **Fattibilità** si intende l'insieme dei problemi legati all'operatività più o meno complessa: numero di interventi, segmentazione delle aree e delle comunità di infestanti da trattare, lentezza dei lavori, costi annessi. Le tecnologie alternative al glifosate, allo stato attuale delle conoscenze sono più di processo che di prodotto, per cui le valutazioni portano con sé un inevitabile margine di soggettività, ma comunque sono utili per il confronto tra le diverse soluzioni in campo.

In sintesi, con l'eliminazione del glifosate bisogna mettere a punto soluzioni integrate e gestire la fase di transizione con intelligenza individuando bene le priorità.

Il controllo della vegetazione spontanea in ferrovia si ottiene con interventi **preventivi** nella fase di costruzione della linea o di manutenzione soprattutto straordinaria, e con interventi di **controllo** direttamente sulla vegetazione (Figura 2).

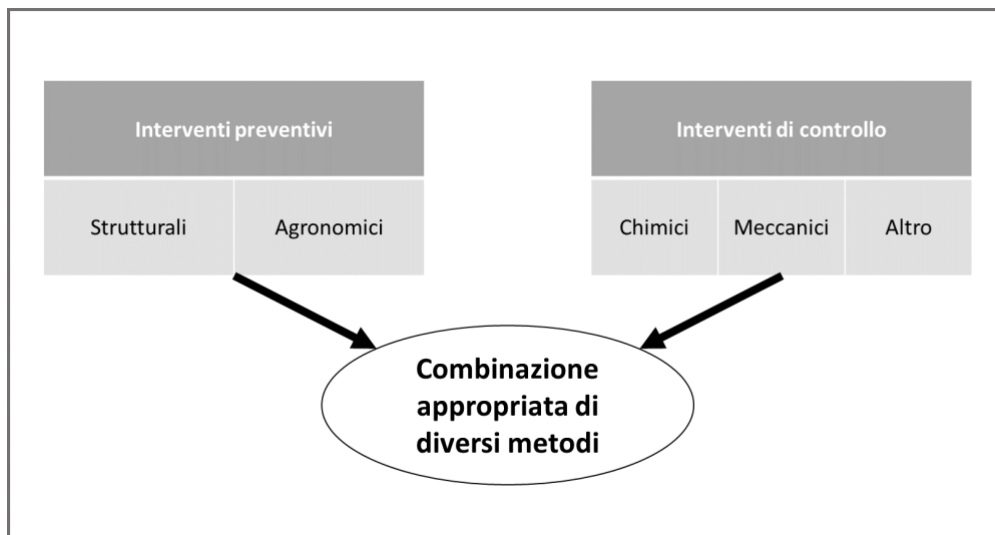


Figura 2. Una gestione razionale della vegetazione si basa sulla combinazione di interventi e metodi.

2. Interventi preventivi

Possono essere di tipo strutturale e di tipo agronomico.

2.1 Interventi strutturali

2.1.1 A livello di costruzione della linea o di manutenzione straordinaria

Non sono interventi di tipo agronomico ma hanno effetti notevoli e duraturi sulla vegetazione, e comportano l’inserimento di barriere fisiche sotto la massicciata e/o di lato al sentiero di ispezione per impedire l’emergenza delle malerbe.

Sotto la massicciata si può inserire uno **strato di asfalto** o, più frequentemente, un **film plastico** che fuoriuscendo dalla massicciata copre anche il sentiero. È un film che lascia passare l’acqua e che non permette alle malerbe di emergere, neanche a quelle dotate di strutture di riproduzione vegetativa sotterranee. Questo metodo è costoso e viene utilizzato, per esempio, dalle ferrovie francesi al momento della costruzione di nuove linee, oppure all’atto del rifacimento della massicciata nelle linee che attraversano zone di ricarica degli acquiferi dove l’uso di erbicidi è proibito.

Lateralmente al sentiero si possono inserire delle **barriere di cemento** che però non devono impedire il drenaggio dell’acqua dalla massicciata, interferire con le operazioni di manutenzione ordinaria o essere di ostacolo a quelle future. L’obiettivo è di evitare che le specie lianose o dotate di rizomi e stoloni, partendo dall’area di prossimità esterna possano raggiungere il sentiero e la massicciata, compromettendo la sicurezza del sistema.

In certi casi si può sostituire la massicciata con “**slab track**”, soluzione usata principalmente nei sistemi di trasporto urbano (linee tramviarie e metropolitane) o nelle nuove linee ad alta velocità. Con questa particolare “massicciata” i binari vengono appoggiati su piastre di cemento armato dove la crescita delle malerbe non è possibile.

Rask e Kristoffersen (2007) sottolineano il costo elevato di queste azioni preventive, ma anche la loro importanza perché nella costruzione delle nuove linee il controllo della vegetazione spontanea deve essere attentamente considerato.

2.1.2 Pulizia della massicciata

Con gli anni la polvere e le impurità si depositano dentro la massicciata creando, assieme al trattenimento dell'umidità, una situazione favorevole alla germinazione delle malerbe. La pulizia della massicciata nei periodi più secchi dell'anno è una delle più importanti operazioni preventive di controllo delle malerbe, in quanto rimuove il substrato che ne permette la germinazione e la crescita, con qualche eccezione (es. equiseti). Questa operazione è eseguita con una macchina specifica che solleva le pietre della massicciata che passano poi attraverso uno specifico sistema di pulizia che elimina la polvere e le impurità. Le pietre ripulite vengono poi ridistribuite nella posizione iniziale. Con questo intervento una massicciata adiacente a un vialetto ben gestito può restare pulita anche per 20-40 anni.

2.1.3 Aspirazione della massicciata (Ballast Vacuuming)

In Germania si sono sviluppate procedure di aspirazione della polvere dalla massicciata fino a una profondità di 10-20 cm. Lo strato superficiale è smosso da grandi rastrelli e simultaneamente avviene l'aspirazione di polvere e impurità varie. L'intervento è piuttosto lento, per questo viene di solito impiegato solo nei binari che attraversano le stazioni.

2.2 Interventi agronomici

Sono interventi che hanno l'obiettivo di favorire le specie pluriennali tipiche dei prati in grado di competere con le specie più invadenti per rapidità di crescita, altezza, ecc. In sostanza si tratta di favorire con uno sfalcio regolare soprattutto le graminacee e le leguminose prative che grazie all'accestimento e alla capacità stolonifera chiudono rapidamente il terreno ostacolando l'inserimento di altre specie. Sono operazioni che si possono fare, dove è possibile, solo lungo i sentieri o le aree di prossimità interne (area **c** in Figura 1). Questa strategia di intervento è matura, conosciuta e praticata ma i costi legati alla lentezza del lavoro sono elevati. In questa logica si inserisce anche la pratica dell'**idrosemina**, più regolarmente eseguita lungo le scarpate delle nuove linee ma anche utilizzata nella manutenzione di linee già esistenti. I terreni idroseminati saranno poi sottoposti a regolare sfalcio. La tecnologia è già consolidata ma numerose sono le variabili che influenzano la sua efficacia: scelta del miscuglio, del collante, del momento di intervento, della qualità del terreno, la pendenza, l'andamento meteo, ecc. (ISPRA, 2010).

3. Interventi di controllo

3.1 Erbicidi tradizionali

Gli erbicidi più utilizzati attualmente in ferrovia sono prodotti di pre-emergenza, residuali, (**flazasulfuron, oryzalin, isoxaben, oxifluorfen, penoxsulam**) e di post-emergenza ad assorbimento prevalentemente fogliare (**aminopyralid, fluroxipir, MCPA, nicosulfuron, pyraflufen, triclopyr, 2,4 D**) (Tabella 1). La maggior parte di questi erbicidi viene proposta in miscela per ampliarne lo spettro di azione. È da sottolineare che i prodotti di post-emergenza non sono attivi contro le graminacee tranne il nicosulfuron (efficace su graminacee e dicotiledoni).

Gli erbicidi di pre-emergenza sono dotati di buona persistenza e sono in grado di contenere le emergenze da aprile a giugno, dopo questo periodo, solitamente, è necessario almeno un intervento con erbicidi ad assorbimento fogliare. Una soluzione, in assenza di glifosate, potrebbe essere flazasulfuron in primavera e poi fluroxipir+triclopyr in estate. Per particolari infestanti si potrebbero usare erbicidi specifici, per esempio 2,4 D e MCPA contro l'equiseto.

Con la strategia pre + post-emergenza si intravedono comunque delle criticità. Una di queste è il controllo delle graminacee vivaci quali *Sorghum halepense*, *Cynodon dactylon* e *Imperata cilindrica*, e delle graminacee più termofile ad emergenza scalare (*Setaria italica*, *Digitaria sanguinalis*, ecc.) in quanto per il loro controllo è disponibile solo il nicosulfuron. In presenza di comunità di malerbe semplificate, con infestanti che richiedono soluzioni specifiche (*Sorghum halepense* + *Equisetum* spp., rovi + *Sorghum halepense*, ecc.) sarà necessario intervenire con miscele di prodotti, con risultati che saranno molto dipendenti dallo stadio fenologico delle piante al momento del trattamento.

Pochissimi prodotti **che riportano in etichetta l'utilizzo in ferrovia** superano i criteri imposti dal PAN, mentre sono ancor meno quelli indicati dai Criteri Minimi Ambientali-CAM (**Decreto 15 febbraio 2017 punti 4.1.3.1 e 4.2.3.1**), rendendo particolarmente difficile la gestione della vegetazione spontanea.

I CAM si suddividono in criteri ambientali «di base» e criteri «premiati» e sono finalizzati a promuovere una maggiore sostenibilità ambientale, economica e sociale dei servizi offerti, garantendo comunque il rispetto delle leggi nazionali e regionali. Lo scopo di questi ultimi è di fornire al mercato un segnale adeguato: è opportuno, infatti, che le stazioni appaltanti assegnino ai criteri premiati un punteggio in misura non inferiore al 15% del punteggio totale.

Oltre all'esclusione dei prodotti fitosanitari che contengono sostanze classificate per la cancerogenesi, la mutagenesi e la tossicità riproduttiva in categoria 1A e 1B, e di quelli che recano in etichetta le indicazioni di pericolo H400, H410, H413, come indicato dal PAN, si devono escludere i prodotti che soddisfano una o più delle seguenti condizioni:

- riportare in etichetta le frasi di precauzione SPe1, SPe2, SPe3, da sole o in combinazione;
- essere classificati tossici (T) molto tossici (T+);
- recare in etichetta una o più delle seguenti frasi di rischio (R40, R42, R43, R62, R63, R64, R68) e una delle seguenti indicazioni di pericolo (H300, H301, H310, H311, H317, H330, H331, H334, H341, H351, H361, H362, H370, H371, H372).

In presenza di situazioni specifiche c'è la possibilità di chiedere una deroga seguendo una procedura ben definita nei CAM: detta deroga diventerà probabilmente la prassi, vanificando quindi lo spirito della norma. A questo punto bisognerebbe che la normativa recepisce i due seguenti concetti: le limitazioni degli erbicidi dovrebbero essere basate sul rischio e non sul pericolo, quindi si dovrebbe considerare attentamente l'esposizione differenziale dei singoli soggetti (operatori, astanti, residenti) e inoltre dare una chiara definizione delle zone del sistema ferroviario evidenziando che certe aree (es. piazzali) non sono frequentate dalla popolazione ma solo dagli operatori con i dovuti DPI che riducono l'esposizione.

Tabella 1. Erbicidi che in etichetta riportano la dicitura “impiego nelle ferrovie” o “impiego nelle strade”.

Erbicida	Classe HRAC	Ferrovie	Strade	Frasi H o SPe
Ac. pelargonico	n.c.	no	si	
Ac. pelargonico + idrazide maleica	n.c.	si	si	
Flazasulfuron	B	si	si	H410
Fluroxipir + aminopyralid	O	si	si	H410
Glifosate	G	si	si	
Glifosate + oxifluorfen	G+E	si	si	H410
Glifosate + pyraflufen-etile	G+E	si	no	H410
Isoxaben	L	si	si	H410
Nicosulfuron	B	si	si	H410, SPe3
Oryzalin + penoxsulam	K1+B	si	si	H410
Oxifluorfen	E	si	si	H410
Triclopir + aminopyralid	O	si	si	H410
Triclopir + 2,4 D	O	si	si	H410
Triclopir + fluroxipir	O	si	si	H410

Nella scelta degli erbicidi va considerato poi anche il problema della resistenza. Secondo la banca dati di Heap (WeedScience.org, 2018) le specie resistenti presenti lungo le ferrovie sono 15 (Figura 3). In particolare, le specie resistenti al solo nicosulfuron, **tra ferrovie e ambito agricolo sono in totale 20**, circa metà graminacee e metà dicotiledoni. Le specie dove la resistenza è più diffusa sono

Sorghum halepense, *Echinochloa crus-galli*, *Setaria viridis* e *Digitaria sanguinalis* rispettivamente in 8, 6, 3 e 2 Paesi.

Se si sviluppano graminacee resistenti al nicosulfuron la gestione diventerebbe complicata non essendoci in post-emergenza prodotti alternativi efficaci. Per prevenire il problema anche in ferrovia andrebbe praticata la rotazione dei meccanismi di azione (MoA) dei diversi erbicidi.

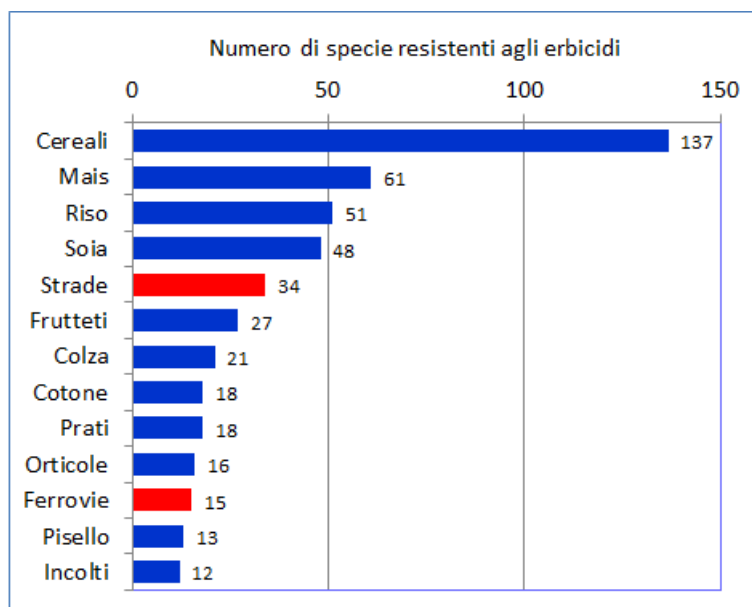


Figura 3. Specie resistenti agli erbicidi a livello mondiale nelle diverse colture e situazioni (WeedScience.org, 2018).

3.2 Erbicidi nuovi

L'acido pelargonico non è certamente una novità assoluta perché la prima notizia in Italia risale a fine anni '90 (Contemori e Covarelli, 1998), ma è definito “nuovo” in quanto solo ultimamente, con le difficoltà del glifosate, è stato riproposto in vari ambiti. È utilizzabile da solo o in miscela con l'idrazide maleica. È un erbicida di contatto che dissecca le piante in poche ore. Il suo meccanismo di azione consiste nell'immediata disidratazione delle cellule cuticolari e parenchimatiche con cui viene a contatto. Non essendo lisciviabile e non avendo persistenza nel terreno può essere impiegato in situazioni molto diverse: dai letti di semina alle aree extra-agricole. 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%. È importante utilizzarlo su infestanti giovani in attiva crescita, che non siano stressate. Tuttavia, non essendo un p.a. sistemico, e non inibendo particolari vie biochimiche, su piante pluriennali e vivaci dotate di gemme radicali esercita un effetto limitato. È irritante in particolare per gli occhi e quindi va manipolato con attenzione.

Mentre in condizioni quali il diserbo urbano, della vite e dei letti di semina si ha già un po' di esperienza, l'impiego in ferrovia deve essere ancora messo a punto. Le problematiche sono numerose in un contesto difficile con associazioni floristiche molto diversificate, con piante spesso stressate dal clima o dal substrato, e disomogenee fenologicamente. In particolare sono ancora da definire con precisione **le dosi e il numero di interventi**. Inoltre, nel medio periodo può verificarsi un'eventuale selezione di piante meno controllate. Da non sottovalutare poi l'adeguamento dei treni diserbatori al prodotto, in particolare nelle fasi di miscelazione e di distribuzione.

Il costo è al momento ancora molto elevato sia per l'acquisto del prodotto sia per il numero di interventi che probabilmente serviranno (2 o 3).

L'acido pelargonico è utilizzabile in ferrovia solo in formulazioni che contengono l'idrazide maleica. L'idrazide maleica è un regolatore di crescita, si muove attraverso la cuticola ed è attivamente trasportata ai tessuti, dove inibisce la divisione cellulare. 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).

L'acido acetico in ferrovia, invece, pare dare risultati meno soddisfacenti rispetto all'acido pelargonico.

3.3 Integrazione tra erbicidi tradizionali e erbicidi nuovi

Probabilmente, allo stato attuale delle conoscenze e delle disponibilità, la strategia migliore potrebbe essere l'utilizzo di prodotti residuali in primavera, seguito in estate da più interventi (da 2 a 4) con l'acido pelargonico da solo o meglio miscelato con idrazide maleica. Ovviamente su infestanti specifiche, come equiseti, rovi, ecc. serviranno interventi *ad hoc*.

3.4 Interventi meccanici

Comprendono lo sfalcio meccanico e lo sfalcio manuale.

Lo sfalcio meccanico si realizza con motocarrelli ferroviari o con mezzi strada/rotaia dotati di bracci telescopici e teste trincianti che possono operare lungo la linea, in trincea e nei rilevati in particolare nelle aree "d" ed "e" della linea ferroviaria (Figura 1). Per le aree di prossimità esterna sono stati di recente proposti anche mezzi senza conduttore comandati da remoto.

Lo sfalcio manuale è utilizzato in quelle aree dove per motivi tecnici e/o operativi non possono operare mezzi meccanici semoventi e/o in vicinanza di aree sensibili come i corsi d'acqua, inoltre richiede molta manodopera ed è costoso e lento.

Demandare allo sfalcio meccanico e manuale la maggior parte del controllo della vegetazione lungo le linee ferroviarie non è pensabile perché le finestre operative sono molto strette, inoltre, con questi interventi, si corre il rischio di danneggiare gli impianti tecnologici del sentiero.

3.5 Interventi fisici

Il pirodiserbo della linea ferroviaria appare poco adatto per il rischio di incendi e il danneggiamento dei cavi e degli apparati tecnologici presenti. Merita sottolineare che specie pluriennali con apparato vegetativo sotterraneo (es. *Taraxacum officinale*, *Equisetum* spp.) sono favorite dal pirodiserbo per mancanza di competizione. Il consumo di energia è poi notevole, come elevata è anche la produzione di gas a effetto serra (CO₂).

Nelle zone frequentate dalla popolazione nelle vicinanze delle stazioni il pirodiserbo può essere preso in considerazione assieme al vapore, all'acqua calda (Hansson and Ascard, 2002) o alla schiuma.

Un metodo fisico proposto di recente è l'elettrodiserbo (Zasso Technologies). Utilizzabile solo su superfici continue (piazze), richiede macchinari molto ingombranti e la tecnologia non è ancora applicabile alle linee ferroviarie.

4. Gestione integrata

In un quadro così complesso, per rispettare le indicazioni del PAN e i CAM, bisogna assolutamente sviluppare strategie integrate (Bajwa et al., 2015) basate su un utilizzo più mirato degli erbicidi, sia sulle diverse aree della linea ferroviaria, sia sulle diverse comunità di infestanti.

La base per un tale miglioramento è la conoscenza delle specie vegetali e dei loro raggruppamenti lungo la linea. Tale monitoraggio viene fatto dai tecnici con una valutazione a occhio sul campo, ma come ha evidenziato Nyberg (2015), i risultati non sono affidabili: affinché il metodo visivo funzioni è necessaria una rigorosa standardizzazione dello stesso, che nella miriade di situazioni presenti nella linea ferroviaria non è facile da ottenere. Si stanno sviluppando sistemi automatizzati, come algoritmi di elaborazione elettronica delle immagini (Yella et al., 2013; Nyberg et al., 2013), in grado di quantificare la copertura vegetale e di processare la quasi totalità delle immagini provenienti dalla linea con un'accuratezza del 95%.

Il passo successivo è quello di attivare treni diserbatori in grado di distribuire specifiche miscele di erbicidi sulla base delle indicazioni del monitoraggio della flora infestante. Per questo si ritiene che

sia opportuno attribuire a livello di valutazione dell'offerta un punteggio premiale a chi dimostra di avere una conoscenza particolareggiata della vegetazione spontanea nelle varie aree della linea.

Nell'ambito della gestione integrata interessante è anche l'impiego di sensori ottici per individuare la vegetazione presente. Il sistema "Weedseeker® selective spray system", è in grado di individuare le piante con clorofilla attivando gli ugelli solo in loro presenza. È reputato un sistema efficace per ridurre l'input chimico nei **trattamenti di post-emergenza** su vegetazione già presente. Questa tecnica, invece, non è così vantaggiosa quando si impiegano erbicidi residuali che devono eliminare sia la vegetazione presente sia impedire l'emergenza di nuove piante. In questo caso l'erbicida deve essere applicato su tutta la superficie, sia infestata sia non infestata. Un sistema basato su sensori ottici è stato messo a punto in Ungheria dalla G&G Ltd. (Wegener et al., 2014), che ha realizzato un treno diserbatore con sensori in grado di individuare e mappare le malerbe e un sistema di irrorazione capace di applicare l'erbicida in 9 diversi segmenti trasversali della linea ferroviaria. Un approccio analogo è seguito anche dalle ferrovie austriache per il controllo della *Fallopia japonica* (ÖBB, 2014). Si tratta ovviamente di sistemi in grado ridurre le quantità distribuite irrorando solo dove è necessario, non si eliminano gli erbicidi ma si utilizzano in maniera mirata recependo in pieno l'indicazione del PAN che recita "è necessario ridurre e/o sostituire per quanto possibile l'uso dei prodotti fitosanitari".

5. Comparazione tra strategie di intervento

Considerate le soluzioni a disposizione, è possibile ipotizzare alcune strategie alternative all'impiego del glifosate. La Tabella 2 mette a confronto 4 strategie sulla base della maturità della tecnologia, della loro efficacia e fattibilità pratica.

Tabella 2. Strategie di intervento sulla base della TRL semplificata.

Strategia	Maturità	Efficacia	Fattibilità
Strategia 1			
erbicidi tradizionali senza limitazioni CAM (comma 4.1.3.1.)	5	4	4
Strategia 2			
erbicidi tradizionali con limitazioni CAM + nuovi prodotti (ac. pelargonico)	3/4	3	3
Strategia 3			
erbicidi tradizionali con limitazioni CAM + sfalcio	3	3	2/3
Strategia 4			
solo ac. pelargonico + sfalcio	2/3	3	2

Con le soluzioni più restrittive della Strategia 2 (adeguamento alle indicazioni dei CAM e utilizzo di nuovi prodotti) sia l'efficacia sia la fattibilità sono limitati: questa strategia non è ancora matura e deve essere messa a punto.

La transizione verso un approccio più sostenibile richiede molti anni, bisogna avviare subito una sperimentazione ampia per capire come combinare le poche soluzioni disponibili e soprattutto capire le vere potenzialità dell'acido pelargonico, da solo o con l'idrazide maleica, nella realtà floristica complessa delle ferrovie italiane.

PARTE B: IL CONTROLLO DELLA VEGETAZIONE SPONTANEA NELLE AREE URBANE

1. L'ambiente urbano

La gestione della vegetazione infestante nelle aree urbane presenta numerosi elementi di similitudine con quanto già discusso in precedenza per le linee ferroviarie. Rispetto a queste, tuttavia, l'ambiente urbano è generalmente caratterizzato da una complessità maggiore. Gli ambienti e le strutture urbane nei quali è possibile lo sviluppo di vegetazione indesiderata sono infatti sensibilmente più diversificati rispetto all'ambito ferroviario. Oltre ad una maggiore varietà di possibili strutture riscontrabili (marciapiedi, strade, parcheggi, parchi, giardini pubblici, campi sportivi, cortili, scale e altre vie

pedonali, ecc.), le stesse strutture possono essere realizzate con materiali, metodologie costruttive e dimensionamenti estremamente diversificati e meno vincolati, rispetto al contesto ferroviarie, al soddisfacimento di standard costruttivi ben definiti.

Da un punto di vista ecologico, l'estrema varietà di ambienti presenti in ambito urbano ha come conseguenza lo sviluppo di una flora infestante ampiamente diversificata, che a sua volta rende complessa la sua gestione, non facilmente riconducibile a soluzioni semplici e applicabili ovunque. Negli ambienti artificiali o comunque profondamente modificati presenti tanto nelle aree urbane quanto in quelle extra-urbane (ad esempio ferrovie, strade, autostrade) sono inoltre riscontrabili i valori più elevati di frequenza e densità di specie esotiche invasive (Celesti-Grapow et al., 2010).

La vegetazione infestante presente nelle città è inoltre condizionata dalle peculiari caratteristiche climatiche locali che caratterizzano gli ambienti urbani, in particolare gli insediamenti di grandi dimensioni. Rispetto alle aree rurali, negli insediamenti urbani è spesso riscontrabile una maggiore concentrazione di CO₂ e più elevate temperature dell'aria e del suolo (Ziska et al., 2003). Quando non sussistono altre limitazioni (es. in presenza di un substrato limitato e/o ridotta disponibilità idrica), le infestanti delle aree urbane possono svilupparsi maggiormente rispetto alle aree rurali. Ad esempio, in *Chenopodium album* è stata osservata una maggiore crescita, sia in termini di taglia che di biomassa prodotta (Ziska et al., 2004). L'effetto "isola di calore" degli ambienti urbani può inoltre condizionare significativamente la durata delle fenofasi e addirittura il ciclo biologico nel suo insieme (Gorton et al., 2018). Non è infatti raro riscontrare in alcune zone particolarmente esposte e/o protette degli ambienti urbani il superamento dell'inverno da parte di individui di specie annuali, che sarebbero altrimenti destinati a soccombere a causa delle basse temperature (Figura 4).



Figura 4. Piante mature di *Ambrosia artemisiifolia* rilevate il 2 marzo 2017 nel territorio urbano di Torino (45.0937 °N, 7.6536 °E. Foto M. Milan).

Una ulteriore complicazione nella gestione della flora infestante in ambito urbano è rappresentata dalla presenza di vegetazione ornamentale e tecnica, pubblica e privata, di varia tipologia (es. aiuole, alberate, giardini privati, parchi pubblici, campi sportivi) e costituita da numerose specie con caratteristiche molto diversificate. I piani di gestione della flora infestante devono pertanto conciliare l'esigenza di ottenere un buon contenimento delle specie indesiderate con la necessità di non arrecare danno alla vegetazione che si intende, viceversa, salvaguardare. Per certi versi, in tale contesto si presenta un problema analogo a quello che comunemente si riscontra in ambito agricolo, dove i mezzi di lotta devono necessariamente svolgere una azione selettiva nei confronti delle colture; tuttavia, mentre in ambito agricolo la specie da salvaguardare è in genere una sola (la coltura presente in un dato momento), in ambito urbano i mezzi impiegati devono permettere di salvaguardare un numero spesso elevato di specie vegetali desiderate.

1.1 L'uso di erbicidi e i vincoli normativi specifici dell'ambiente urbano

Nonostante la notevole complessità dell'ambiente urbano, l'impiego degli erbicidi può consentire una significativa semplificazione delle operazioni di gestione delle malerbe. Similmente all'ambito ferroviario, anche in questo caso l'ampio spettro di azione e la flessibilità di impiego, oltre alla azione sistemica e alla possibilità di impiego su infestanti a vari stadi di sviluppo, rendono il glifosate uno strumento **efficace e in grado di semplificare il lavoro** e la pianificazione degli interventi. Con opportuni accorgimenti in fase di distribuzione (es. ugelli schermati) è inoltre possibile, in molti casi, impiegare tale erbicida anche in prossimità della vegetazione che si intende proteggere. Da un punto di vista tecnico, l'impiego del glifosate è particolarmente vantaggioso dove gli interventi con mezzi meccanici (es. decespugliatori) sono difficoltosi o presentano una efficacia limitata. È il caso, ad esempio, delle infestanti perennanti che si sviluppano all'interno di crepe, sconnessioni o altre soluzioni di continuità di superfici pavimentate (es. marciapiedi) già parzialmente deteriorate e nei confronti delle quali gli interventi meccanici hanno una efficacia parziale e limitata nel tempo.

L'uso di erbicidi in ambito urbano può presentare tuttavia delle criticità di carattere sia ambientale sia relativo al potenziale impatto sulla salute umana, soprattutto nelle aree per le quali è più intensa la fruizione da parte della popolazione. Questo assunto viene indicato tra le premesse della Direttiva 2009/128/CE, che vincola gli Stati Membri a ridurre “i rischi e gli impatti sulla salute umana e sull'ambiente promuovendo l'uso della difesa integrata e di approcci o tecniche alternativi, quali le alternative non chimiche ai pesticidi” (Art. 1). Il Piano di Azione Nazionale (PAN) per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, previsto dalla Direttiva, si prefigge di implementare questo obbligo sia in ambito agricolo che in aree extra agricole frequentate dalla popolazione.

L'attuale PAN in vigore prescrive che per le "aree frequentate dalla popolazione o da gruppi vulnerabili" le autorità locali individuino aree dove il diserbo è vietato o integrato con mezzi non chimici. Oltre a tali aree, il PAN fornisce un elenco non esaustivo di aree "frequentate dalla popolazione o da gruppi vulnerabili" nelle quali il diserbo è comunque vietato: parchi e giardini pubblici, campi sportivi, aree ricreative, cortili e aree verdi all'interno e confinanti con plessi scolastici, parchi gioco per bambini, superfici in prossimità di strutture sanitarie, piste ciclabili, zone di interesse storico-artistico e paesaggistico e loro pertinenze, aree monumentali e loro pertinenze, aree archeologiche e loro pertinenze, aree cimiteriali e loro aree di servizio (Art. A.5.6).

Nel caso specifico del glifosate, il Ministero della Salute ha emesso un decreto (9 agosto 2016) e una successiva nota di chiarimento (7 aprile 2017) con i quali viene revocato l'impiego di questo erbicida in parchi, giardini, campi sportivi e aree ricreative, cortili e aree verdi all'interno di plessi scolastici, aree gioco per bambini e aree adiacenti alle strutture sanitarie. Secondo tali norme, l'uso del glifosate sarebbe invece ammesso in altre aree non incluse in questo elenco, come ad esempio le aree cimiteriali. Tali provvedimenti, se da un lato hanno fornito indicazioni precise sulle possibilità di impiego del glifosate, dall'altro hanno creato una incongruenza con quanto previsto dal PAN, ovvero il divieto di uso di erbicidi in tutte le aree indicate nel già citato Art. A.5.6. Paradossalmente, il glifosate presenterebbe, stanti le attuali norme, campi di impiego più ampi, di altri erbicidi tecnicamente impiegabili in ambito urbano.

Oltre ai vincoli posti dal PAN, si richiamano le ulteriori restrizioni definite dal Decreto 15 febbraio 2017 relativo ai Criteri Ambientali (decreto CAM), già citato per la gestione della vegetazione lungo le ferrovie e che riguardano anche le gare d'appalto per l'esecuzione dei trattamenti fitosanitari sulle o lungo le strade e le autostrade.

Le restrizioni imposte dalla normativa, ma soprattutto l'incertezza con la quale la norma stessa può essere interpretata nella sua applicazione pratica, fanno sì che gli enti preposti alla gestione delle infestanti nelle aree pubbliche urbane (ovvero le Amministrazioni comunali) si trovino spesso in difficoltà ad adeguarsi a quanto previsto dal PAN. In questo clima di incertezza, la tendenza è quella di rinunciare integralmente agli erbicidi di sintesi, scelta che è comunque coerente con quanto indicato dal PAN e che riduce il rischio di eventuali contestazioni, soprattutto da parte di una opinione pubblica che è sempre meno favorevole all'utilizzo di questi mezzi di lotta.

Questo insieme di circostanze rendono particolarmente urgente la ricerca di mezzi alternativi al diserbo chimico e al glifosate in particolare.

2. Interventi preventivi

Analogamente a quanto visto per l'ambito ferroviario, anche per l'ambiente urbano è possibile ricorrere ad alcuni interventi preventivi per ridurre la comparsa delle infestanti. Tali interventi vanno tenuti in considerazione a prescindere dal mezzo di lotta diretta che si intende applicare, non solo nel caso in cui non si possano utilizzare mezzi chimici di lotta.

2.1 Scelte progettuali e costruttive

Questo campo di intervento è stato relativamente poco esplorato, ma offre interessanti spunti per la prevenzione dello sviluppo della vegetazione infestante. Nell'ambito delle molteplici strutture urbanistiche che compongono un nucleo abitato, è infatti possibile individuare vari esempi nei quali un diverso approccio alla progettazione potrebbe tradursi in una minore presenza di infestanti. Lo stesso esercizio potrebbe riguardare anche strutture pertinenti alle infrastrutture extra-urbane, come ad esempio la rete stradale e autostradale.

Un esempio comune di struttura sulla quale possono svilupparsi infestanti sono i marciapiedi. Le tipologie costruttive attualmente presenti sono molteplici, ma molte di esse condividono alcuni elementi particolarmente vulnerabili allo sviluppo di infestanti. Le parti più frequentemente infestate sono due: lo spigolo di raccordo fra il piano di calpestio e l'eventuale struttura verticale (ad esempio muro di edificio, recinzione, ecc.) a ridosso del marciapiede, e la linea di giunzione tra il piano di calpestio e il cordolo che divide il marciapiede dalla carreggiata destinata al transito dei veicoli (Figura 5).



Figura 5. Marciapiede con vegetazione sviluppatasi nello spigolo fra marciapiede e muro adiacente (striscia inerbita a sinistra) e lungo la linea di giunzione fra piano di calpestio e cordolo (Torino. 45.0517° N, 7.5825° E. Foto F. Vidotto).

In queste due parti, le modalità di costruzione e i materiali impiegati favoriscono il depositarsi di polvere e sedimento e la conseguente formazione di un substrato che consente lo sviluppo delle infestanti. Il rivestimento della superficie di calpestio poggia in genere su un sottofondo realizzato in modi diversi rispetto alla base (in genere in calcestruzzo gettato in opera) sulla quale poggia il cordolo. Nel tempo, le due strutture possono assestarsi in modo differenziato, anche in conseguenza del diverso modulo di dilatazione termica, formando o aumentando la larghezza della giunzione fra le due parti o alterando l'allineamento iniziale, formando così delle asperità sulla superficie che favoriscono la formazione di substrato.

Sulle nuove realizzazioni sarebbe auspicabile prevedere una progettazione che tenga conto anche della necessità di sfavorire l'insediamento delle infestanti. Sono ipotizzabili soluzioni che prevedano piccole variazioni rispetto alle modalità attuali di realizzazione. Ad esempio, la riduzione della sopraelevazione del marciapiede rispetto alla carreggiata e l'utilizzo di cordoli di raccordo senza spigoli vivi potrebbe consentire una più agevole pulizia meccanica attraverso l'uso di spazzatrici (Figura 6).



Figura 6. Marciapiede a limitata sopraelevazione con cordolo di raccordo e cunetta di scolo integrata. Oltre ad agevolare la pulizia, questo tipo di marciapiede può essere eccezionalmente utilizzato per la manovra di veicoli (ad esempio per aggirare un ostacolo presente sulla carreggiata) (Trofarello, TO, 44.9831° N, 7.7432° E; Immagine a sinistra tratta da Google StreetView, Google, Inc. 2018; Foto a destra F. Vidotto).

In ambito urbano è molto diffuso l'impiego di masselli autobloccanti in calcestruzzo, giustificato da numerosi vantaggi sia di tipo estetico che funzionale, come ad esempio la possibilità di realizzare pavimentazioni drenanti che consentono di ridurre i coefficienti di afflusso durante gli eventi meteorici e i fenomeni di allagamento dovuti a sovraccarico della rete fognaria. Le superfici realizzate con questi materiali possono, tuttavia, favorire lo sviluppo delle infestanti, soprattutto nel caso di transiti (pedonali e/o veicolari) a ridotta frequenza. Tra le possibili misure preventive, è stato dimostrato come scegliendo opportunamente i materiali di riempimento delle fughe e le dimensioni delle fughe stesse, sia possibile sfavorire lo sviluppo delle infestanti (Figura 7). Tra i materiali

utilizzabili, buoni risultati sono stati ottenuti con sabbie derivate da rocce calcaree, ma sono anche disponibili prodotti commerciali contenenti miscele di sabbie di diversa natura in grado di limitare l'insediamento delle malerbe (Cauwer et al., 2014b, 2014a).

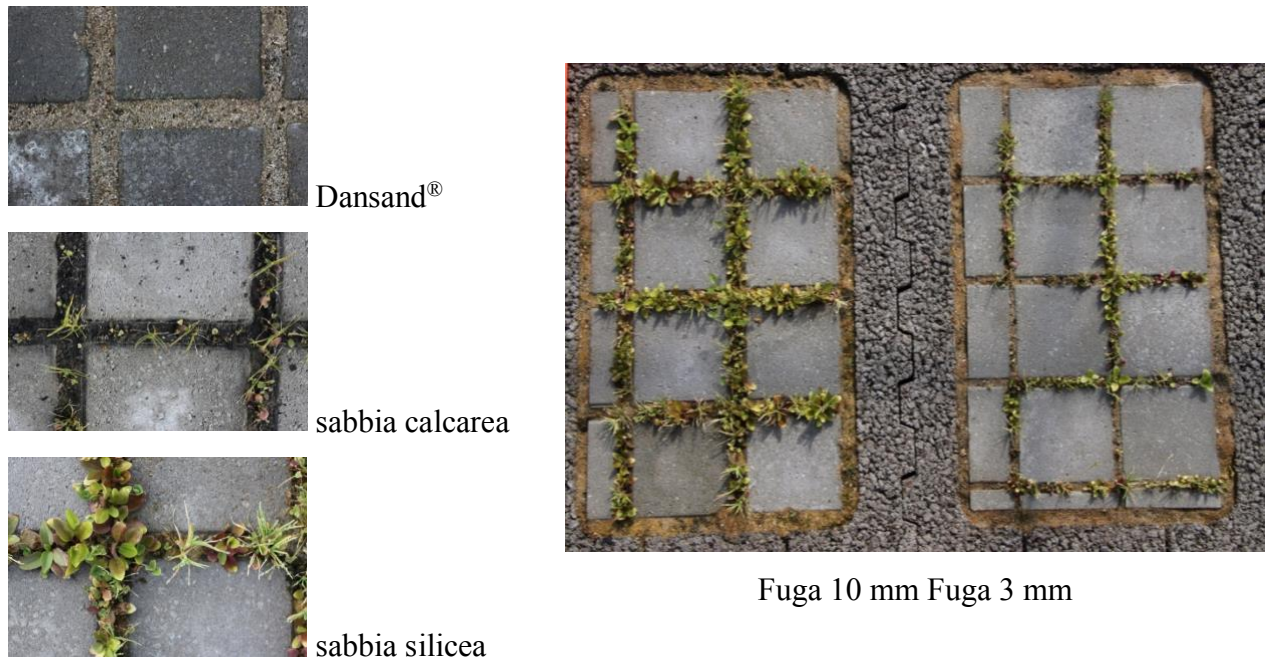


Figura 7. Effetto del materiale di riempimento delle fughe (a sinistra) e dello spessore delle fughe (a destra) in pavimentazioni masselli prefabbricati (Cauwer et al., 2011).

La progettazione in funzione della prevenzione dello sviluppo delle infestanti dovrebbe riguardare anche una parte dell'arredo urbano. Le transenne parapedonali stradali di sicurezza collocate sui marciapiedi in prossimità di incroci o punti ritenuti potenzialmente pericolosi creano zone nelle quali si possono facilmente sviluppare infestanti poiché è difficile garantire una regolare pulizia (Figura 8).



Figura 8. Le transenne di sicurezza possono interferire con le operazioni di pulizia, favorendo l'insediamento della vegetazione infestante (a sinistra: Grugliasco, TO, 45.0687° N, 7.5889° E; a destra: Torino, 45.0744° N, 7.6897° E. Foto F. Vidotto).

2.2 Manutenzione

Tutte le operazioni di manutenzione che hanno come principale scopo quello di prevenire il dissesto (ammaloramento) delle strutture urbane o il ripristino delle loro funzionalità possono contribuire a prevenire lo sviluppo delle infestanti. Tralasciando gli interventi di manutenzione straordinaria, tra le operazioni più facilmente attuabili si segnalano gli interventi di pulizia delle superfici orizzontali (strade, marciapiedi, ecc.). La **spazzatura meccanica**, ad esempio, se attuata con regolarità può svolgere la duplice funzione di eliminare le giovani plantule e rimuovere il sedimento sul quale la vegetazione può attecchire.

3. Interventi di controllo

3.1 Erbicidi

Il numero di erbicidi impiegabili in ambito urbano è, come si è visto, piuttosto limitato e strettamente condizionato dai vincoli indicati dalla normativa attuale. Oltre a dover soddisfare i requisiti di tossicità indicati nel PAN, i formulati impiegabili devono necessariamente essere registrati per l'impiego in tali aree e tale informazione deve essere riportata in etichetta. Il Consiglio tecnico-scientifico sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, istituito con decreto del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali e del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha effettuato una verifica dei formulati che risultano conformi ad ambedue le disposizioni, raccogliendoli in una "Lista dei prodotti fitosanitari utilizzabili nelle aree frequentate dalla popolazione e da gruppi vulnerabili in conformità alle disposizioni del PAN di cui ai punti A.5.6.1 e A.5.6.2" (anche nota come "lista verde").

Al momento in cui questo contributo è stato scritto, la lista comprende, per quanto riguarda gli erbicidi, formulati contenenti **acido pelargonico, flazasulfuron e glifosate**. I formulati contenenti le prime due sostanze attive sono impiegabili in tutte le aree frequentate dalla popolazione o da gruppi vulnerabili, mentre nel caso del glifosate se ne esclude l'impiego in parchi, giardini pubblici, campi sportivi e aree ricreative, cortili e aree verdi all'interno di plessi scolastici, aree gioco per bambini e aree adiacenti alle strutture sanitarie.

Nel caso di revoca del glifosate, le sostanze impiegabili (ancorché in formulati registrati per l'impiego in aree ed opere civili) si ridurrebbero all'acido pelargonico e al flazasulfuron. Le considerazioni circa l'efficacia e le possibilità di impiego di tali erbicidi sono le stesse di quelle già indicate per le ferrovie. Nel caso specifico dell'acido pelargonico, si evidenzia che attualmente il costo di una gestione basata su questo erbicida in sostituzione completa del glifosate comporta un costo notevolmente superiore. Ipotizzando di effettuare quattro interventi con acido pelargonico, in luogo di due soli interventi con

glifosate, è stato stimato un costo complessivo annuo per chilometro di oltre 6 volte superiore (Lugaresi, 2017).

Oltre all'acido pelargonico, da alcuni considerato erroneamente come il sostituto "naturale" del glifosate, vi è un crescente interesse per l'impiego in ambito urbano dell'acido acetico (Massone, 2018). L'acido acetico derivante da fermentazione di vino e frutta è attualmente inserito nella lista dei "corroboranti" utilizzabili in agricoltura convenzionale, biologica e biodinamica ai sensi del Decreto del Presidente della Repubblica n.55 del 28 febbraio 2012. L'acido acetico a concentrazioni superiori al 12% presenta un'azione erbicida di contatto nei confronti di numerose malerbe. La sua modalità di azione è simile a quella vista per l'acido pelargonico e, in particolare, l'assenza di azione sistemica lo rende poco efficace su piante pluriennali e vivaci e anche nel caso delle annuali la sua efficacia è condizionata dallo stadio di sviluppo. In alcune prove preliminari di confronto, l'acido acetico ha mostrato un'efficacia generalmente inferiore all'acido pelargonico (Fogliatto et al., 2018). L'acido acetico è attualmente inserito nell'Allegato 1 del Regolamento (EC) N. 1107/2009 e la sua autorizzazione a livello nazionale è in corso per l'Italia. Tra gli usi per i quali è attualmente incluso nell'Allegato 1 è previsto l'impiego lungo le strade, con formulati contenenti 102 g/L o 240 g/L di acido acetico e dosi di impiego variabili da 250 L/ha a 1000 L/ha di formulato (European Food Safety Authority, 2013).

3.2 Interventi meccanici

Lo **sfalcio** costituisce la tecnica di elezione per la gestione degli inerbimenti di varia estensione presenti nelle aree pubbliche e non rappresenta pertanto di per sé una alternativa all'impiego degli erbicidi. Nel caso di revoca di glifosate, occorrerà comunque tenere conto del fatto che sarà più difficile realizzare eventuali trattamenti spot per il controllo di specie perennanti indesiderate presenti all'interno delle aree inerbite (come ad esempio *S. halepense*). Dovrà pertanto essere ottimizzata la gestione agronomica degli inerbimenti, anche attraverso una accurata pianificazione del numero e dell'epoca di esecuzione degli sfalci.

È prevedibile che con la riduzione della possibilità di impiego di erbicidi in ambito urbano vi sia un decisivo aumento degli interventi con decespugliatori. Con l'impiego di queste macchine si possono ottenere in genere buoni risultati, soprattutto se si interviene con una certa frequenza su vegetazione non particolarmente sviluppata. Come tutti i mezzi meccanici, presentano una efficacia minore su specie vivaci o perennanti, a meno di non effettuare numerosi interventi consecutivi nella stagione. Con le macchine e gli accessori attualmente disponibili non si prevede che ci possano essere significativi miglioramenti in termini di livello di efficacia e di tempi operativi degli interventi. Sono tuttavia già disponibili alcune soluzioni che possono ridurre l'impatto dell'intervento in termini

ambientali, di disturbo arrecato alla popolazione e di costi. Una forte spinta in questo senso viene data dalla disponibilità di macchine alimentate a batteria, le cui caratteristiche di potenza e autonomia sono in continuo miglioramento. Per alcune operazioni di gestione del verde le macchine a batteria stanno già sostituendo gradualmente quelle con motore a combustione, anche in ambito professionale. L'uso di queste macchine è di minore disturbo alla popolazione, grazie alle minori emissioni rumorose. L'operatore è sottoposto a minori vibrazioni e non è esposto ai fumi di combustione. I maggiori costi di acquisto attualmente richiesti sono ampiamente compensati da minori costi di gestione. Per migliorare ulteriormente la compatibilità ambientale di questi interventi, sono già disponibili sul mercato fili biodegradabili per decespugliatori. Tra i numerosi accessori disponibili per queste macchine si segnala la recente comparsa di dischi di taglio cosiddetti "reciprocatori" (Figura 9) costituiti da due dischi dentati accoppiati. A seconda del costruttore, i due dischi possono essere controrotanti, oppure uno rotante e l'altro oscillante o uno rotante e l'altro fisso. Il vantaggio principale di questo accessorio è che non provoca la proiezione di pietre, detriti o altro materiale che possa colpire l'operatore, gli astanti o danneggiare beni posti nelle vicinanze (es. auto parcheggiate o in transito). Rispetto ad altri organi di taglio, lo stesso accessorio può essere impiegato su vari tipi di vegetazione. Per contro, presenta una capacità di lavoro al momento inferiore alle tradizionali testine a filo.

Tra i possibili interventi meccanici si ricorda nuovamente l'uso delle **spazzatrici meccaniche** stradali, che possono avere una duplice azione preventiva di rimozione del substrato e di azione diretta nel confronto delle plantule. Oltre ai mezzi semoventi utilizzati per la pulizia dell'intera carreggiata, esistono spazzolatrici di più ridotte dimensioni utilizzabili per il controllo delle infestanti presenti alla base dei cordoli dei marciapiedi o su altre strutture a prevalente sviluppo lineare. Alcuni tipi di spazzole possono essere applicati direttamente al decespugliatore.



Figura 9. Decespugliatore dotato di testa di taglio reciprocante in azione su un bordo stradale. In questo modello i due dischi sono controrotanti (foto F. Vidotto).

3.3 Interventi fisici

3.3.1 Pirodiserbo

In ambito urbano il pirodiserbo è una tecnica interessante in quanto si presta all'applicazione su superfici dure, anche parzialmente sconnesse, sulle quali gli interventi di sfalcio con mezzi meccanici possono avere un'efficacia parziale (Peruzzi et al., 2009). Questa tecnica risulta efficace quando applicata su giovani plantule e permette un buon controllo della vegetazione urbana solo se viene effettuata una accurata pianificazione degli interventi. È stato infatti osservato che il passaggio da una gestione convenzionale (basata sullo sfalcio o sul diserbo chimico) al pirodiserbo richiede un elevato numero di interventi durante il primo anno di gestione (anche superiore a 15), mentre già nel secondo anno il numero si riduce drasticamente. Questo comportamento sembra caratterizzare non solo il pirodiserbo, ma anche altre tecniche di diserbo termico quali l'uso di vapore e acqua calda (Rask et al., 2013). Rispetto alle tecniche di gestione convenzionali, il numero di interventi e i tempi di lavoro restano comunque più elevati. In prove condotte nel 2006 per un biennio in aree urbane di Pisa e Livorno, sono stati rilevati tempi complessivi (somma dei due anni di prova) richiesti dal pirodiserbo variabili da 2,4 a 3,8 volte i tempi richiesti e dal diserbo chimico e da 0,8 a 1,4 volte in tempo richiesto dall'impiego del decespugliatore; i costi di esercizio (riferiti ai prezzi del periodo in cui si è svolta la prova) sono risultati compresi fra 0,9 e 1,2 volte il diserbo chimico e fra 0,3 e 0,5 volte l'impiego del decespugliatore (Frasconi et al., 2010). Questo mezzo di controllo può trovare applicazione in alcuni contesti urbani, quali ad esempio i centri storici, dove è più semplice prevedere un elevato numero di interventi e dove i vincoli normativi rendono più critico l'utilizzo di erbicidi. La tecnica mal si presta, viceversa, all'impiego in aree a ridotta frequenza degli interventi, dove il maggior sviluppo della vegetazione riduce fortemente l'efficacia del pirodiserbo, oltre a creare potenziali rischi di incendio nel caso di interventi su vegetazione secca. Per l'impiego del pirodiserbo in ambito urbano sono state sviluppate numerose macchine, anche spalleggiate, adatte all'utilizzo su superfici dure di dimensioni variabili (Figura 10) e la loro diffusione è in forte crescita, soprattutto in conseguenza delle recenti limitazioni all'uso di erbicidi.



Figura 10. Pirodiserbatrice carrellata per il diserbo di superfici piane pavimentate (sinistra) e modello spalleggiato per l'impiego su piccole superfici (foto F. Vidotto).

3.3.2 *Vapore e acqua calda*

L'impiego del vapore in agricoltura è una delle pratiche più antiche di lotta ai patogeni tellurici e alle piante infestanti. Gli elevati costi delle attrezzature, l'alta richiesta di manodopera e l'alto costo energetico ne limitano tuttavia l'impiego alle colture di alto pregio. Il vapore viene impiegato in ambito agricolo quasi esclusivamente in trattamenti al suolo di pre-semina, mentre sono rare le applicazioni di post-emergenza. L'uso del vapore in post-emergenza sta invece riscontrando, insieme all'uso dell'acqua calda, un recente interesse per l'uso in ambito urbano come alternativa all'impiego del diserbo chimico. Le macchine attualmente disponibili in commercio prevedono per lo più la applicazione di vapore o acqua calda tramite una lancia manovrata da un singolo operatore. L'effetto sulle infestanti è simile a quello ottenuto con il pirodiserbo, rispetto al quale non presentano rischi di innesco di incendio. Il fabbisogno energetico può variare a seconda delle caratteristiche costruttive: considerando uno stesso numero di interventi per stagione, il costo annuo per unità di superficie trattata è simile superiore a quello del pirodiserbo (Lugaresi, 2017; Rask et al., 2013). Alcune Amministrazioni si sono dimostrate interessate a questa tecnica e recenti sperimentazioni hanno confermato che si tratta di una tecnica dispendiosa.

3.3.3 *Schiuma calda*

In questa tecnica il calore viene applicato alle piante in forma di acqua calda addizionata di un agente schiumogeno biodegradabile. La schiuma che si forma al momento dell'erogazione e che viene depositata sulla vegetazione ha lo scopo di creare uno **strato coibente** che riduce gli scambi di calore con l'atmosfera (Figura 11). In questo modo, l'acqua calda applicata si raffredda più lentamente, trasferendo una maggiore quantità di calore alla vegetazione trattata. Un agente bagnante presente nella schiuma coadiuva l'azione termica. La tecnica è molto efficace e può consentire una azione più duratura della sola applicazione di acqua calda.

Uno degli svantaggi di questa tecnica, rispetto agli altri mezzi fisici, è rappresentato da un maggior costo di ammortamento e manutenzione dell'attrezzatura (Lugaresi, 2017). Come nel caso di uso di vapore e acqua calda, la tecnica è applicabile su superfici molto diversificate, inclusi asfalto, autobloccanti, ghiaia. Come nel caso dell'acqua calda e del vapore, l'uso di schiuma calda può determinare un parziale aumento di temperatura anche a livello del suolo. Nel caso di superfici con elevata presenza di residui vegetali di questo fenomeno può essere trascurabile a causa dell'azione coibente, ma nel caso di infestazioni di modesta entità con elevata presenza di substrato "nudo", è possibile che il calore abbia un parziale effetto anche sui semi presenti in superficie. È noto come la vitalità di questi ultimi possa ridursi in funzioni di relazione di tipo tempo/temperatura, ma si è visto

che per specie diverse esistono valori diversi di temperatura efficaci anche per esposizioni di brevissima durata (Vidotto et al., 2013).



Figura 11. Applicazione di schiuma calda (sinistra) ed effetto su un tappeto erboso (destra) trattato a scopo dimostrativo (foto F. De Palo).

4. Gestione integrata

L'applicazione della gestione integrata nell'ambiente urbano deve seguire necessariamente criteri specifici che la differenziano significativamente dalla gestione integrata applicata al contesto agricolo e in parte anche a quanto descritto per l'ambito ferroviario. Con la riduzione della disponibilità dei mezzi chimici, diventa imperativo considerare con seria attenzione le possibili misure preventive e in particolare le scelte progettuali e costruttive. Queste ultime impongono la conoscenza di aspetti malerbologici (relativi sia all'ecologia che alla biologia sia di conoscenza delle tecniche di gestione) nella progettazione delle strutture urbane e richiedono ai professionisti normalmente impegnati in questo ambito di coinvolgere specifiche competenze. In questo senso è auspicabile un maggior scambio di conoscenze fra progettisti dell'ambiente urbano e agronomi, e diventa indispensabile avviare una sperimentazione *ad hoc* per individuare le soluzioni costruttive che riescano a contemplare adeguatamente le molteplici esigenze (estetiche, funzionali, economiche, di gestione della flora infestante, ecc.) che le strutture urbane devono essere in grado di soddisfare.

L'integrazione fra i mezzi di lotta diretti (chimici, meccanici, fisici) è sicuramente possibile, ma al momento le informazioni derivanti da attività sperimentali e dimostrative sono ancora piuttosto limitate. Senza contare che in una gestione integrata gli unici mezzi chimici a disposizione attualmente sono l'**acido pelargonico** e l'**acido acetico**.

Se tuttavia si guarda all'ambiente urbano come ad un unico sistema complesso da gestire, un tipo di integrazione che si può ragionevolmente attuare consiste nell'applicare tecniche diverse nei diversi ambienti che lo costituiscono. Oltre a prevedere ovunque il ricorso a misure di tipo preventivo, si può pensare, ad esempio, di ricorrere al pirodiserbo in porzioni dei centri storici, su scalinate, alla base dei monumenti o per altri interventi eseguiti frequentemente e di limitata estensione. Dove sono

presenti strade con banchine non pavimentate e dove non è possibile intervenire con elevata frequenza si potrebbe invece intervenire con acqua calda o schiume, che garantiscono una efficacia maggiore in presenza di inerbimenti più abbondanti rispetto a quelli gestibili attraverso il pirodiserbo. In condizioni in cui diventa indispensabile utilizzare mezzi ad alta capacità operativa, o nei luoghi di difficile accesso si può infine ricorrere ai pochi erbicidi che sono ancora impiegabili.

In ogni caso occorre considerare che, riferendosi ai costi e ai mezzi attuali, qualsiasi tecnica alternativa al diserbo con glifosate comporta un sensibile incremento dei costi del controllo della flora infestante. In un recente confronto fra le tecniche basate sulla stima delle principali voci di costo per il diserbo di strutture a prevalente sviluppo lineare, è stato stimato che il costo annuo per chilometro riferito a tecniche alternative all'impiego del glifosate sarebbe compreso da un minimo di 4.8 a circa 7 volte il costo del trattamento con glifosate (Tabella 3).

Tabella 3. Stima dei costi al chilometro di singoli interventi effettuati con diverse tecniche e del costo annuo al chilometro, in relazione al diverso numero di interventi annui necessari (Lugaresi, 2017).

	Glifosate	Ac. pelar-gonico	Decespu-gliatore	Spazzo-latrice	Vapore	Schiuma	Piro-diserbo
Costo al km singolo intervento*	134,7	447,5	310,1	435,4	416,5	433,1	391,0
N° interventi/anno	2	4	6	3	4	4	4
Costo al km annuo	269	1790	1861	1306	1666	1732	1564
Costo indicizzato**	1	6,6	6,9	4,8	6,2	6,4	5,8

*: nel calcolo dei costi sono stati considerati manodopera, ammortamento e manutenzione, costo prodotto distribuito, carburante, spese generali; **indice 1 = costo al km annuo della gestione con glifosate.

Conclusioni

Nelle aree urbane le situazioni in cui si sviluppa la flora spontanea sono molto diverse come substrato, frequentazione, specie vegetali, accessibilità, così come numerose sono anche le possibili soluzioni. È evidente che non esiste una soluzione di validità generale. La sfida quindi è di ottimizzare gli interventi nelle diverse situazioni usando una combinazione di tecniche. L'ottimizzazione comporta necessariamente l'attivazione di un servizio tecnico con elevata professionalità e organizzazione, che dovrà prima mappare lo stato delle diverse aree della città e poi pianificare gli interventi. Tutto questo ha un costo che le Amministrazioni si devono accollare per mantenere decorosa la città, ma solo con organizzazione e adeguate conoscenze è possibile farlo senza usare erbicidi. Si può comunque puntare a un buon risultato, anche sfruttando il fatto che il controllo della vegetazione in città ha un effetto auto-catalitico, nel senso che con un controllo **efficace e ripetuto** la situazione migliora nettamente,

con la possibilità di ridurre nel futuro i tempi di intervento e i costi. È poi interessante considerare che quando si ottiene una situazione di pulizia è più facile che il cittadino la mantenga tale, addirittura l'Amministrazione può appellarsi al senso civico dei residenti.

Tralasciando gli effetti negativi sulla pulizia e lo stato dei manufatti e focalizzandosi solo sulle piante può essere importante che il cittadino aumenti il proprio livello di accettazione della flora spontanea in città, ma qual è il livello accettabile? Le azioni di diserbo in città oltre alla dimensione tecnica hanno infatti anche una dimensione sociale e culturale. Per esempio, in Francia i cittadini più sensibili alla pulizia della città sono le persone più anziane e meno acculturate mentre quelli più giovani e della classe media sono più favorevoli a una città con una certa presenza di malerbe e valutano una certa naturalità come positiva. Poi, nell'immaginario comune le malerbe sono piante da campagna, nella città come spazio antropizzato non devono esserci e quindi devono essere eliminate. Se poi le strade sono mantenute pulite nel centro storico ma non nelle periferie i cittadini di quelle si sentono di serie B, lasciati al degrado. La tecnica di gestione deve inevitabilmente fare i conti con questi **aspetti sociali**.

Bibliografia

Bajwa AA, Mahajan G, Chauhan BS (2015). Nonconventional Weed Management Strategies for Modern Agriculture. *Weed Science* 63: 723–747.

Cauwer BD, Fagot M, Beeldens A, Boonen E, Bulcke R, Reheul D (2014a). Effectiveness of water permeable joint filling materials for weed prevention in paved areas. *Weed Research* 54: 532–540. doi:10.1111/wre.12091

Cauwer BD, Fagot M, Beeldens A, Boonen E, Bulcke R, Reheul D (2014b). Reduced weed growth with different paving constructions. *Weed Research* 54: 151–161. doi:10.1111/wre.12059

Cauwer BD, Fagot M, Reheul D, Bulcke R, Boonen E, Beeldens A (2011, marzo 28). *Weed inhibitory effect of different paving constructions*. Presentato al 9th Workshop of the EWRS working group: physical and cultural weed control, Samsun, Turkey. Recuperato da http://www.ewrs.org/pwc/Samsun_presentations.asp

Celesti-Grapow L, Alessandrini A, Arrigoni PV, Assini S, Banfi E, Barni E, ... Blasi C (2010). Non-native flora of Italy: Species distribution and threats. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 144: 12–28. doi:10.1080/11263500903431870

Contemori R, Covarelli L (1998). Efficacia erbicida di un nuovo disseccante ad azione di contatto. *Giornate Fitopatologiche* 423-428.

EARTO (2014). European Association of Research and Technology Organizations. *The TRL Scale as a Research & Innovation Policy Tool, EARTO Recommendations*. Bruxelles.

EUROPATODAY (2017). Glifosato, le ferrovie europee lanciano l'allarme: "Con il divieto costi alle stelle". <http://europa.today.it/ambiente/glifosato-ferrovie-europee-lanciano-allarme.html>

European Food Safety Authority. (2013). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance acetic acid: Peer review of the pesticide risk assessment of the

active substance acetic acid. *EFSA Journal*, 11: 3060. doi:10.2903/j.efsa.2013.3060

Fogliatto S, Milan M, De Palo F, Ferrero A, Vidotto F (2018). Crop selectivity and weed control efficacy of vinegar and pelargonic acid. In A. Simončič (A c. Di), *18th European Weed Research Society Symposium - EWRS 2018* (pag. 276). Ljubljana, Slovenia: Kmetijski inštitut Slovenije.

Frasconi C, Fontanelli M, Sorelli F, Ginanni M, Martelloni L, Peruzzi A (2010). Strategie e macchine innovative per la gestione termica della flora infestante in area urbana su superfici dure e su tappeti erbosi. In Andrea Peruzzi (A c. Di), *Impiego di mezzi termici per la disinfezione del terreno e per il controllo della flora infestante* (pagg. 67–79). San Piero a Grado (PI): Accademia dei Georgofili.

Gorton AJ, Moeller DA, Tiffin P (2018). Little plant, big city: A test of adaptation to urban environments in common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285. doi:10.1098/rspb.2018.0968

Hansson D, Ascard J (2002). Influence of developmental stage and time of assessment on hot water weed control. *Weed Research* 42: 307-316.

ISPRA (2010). Mitigazioni a verde con tecniche di rivegetazione e ingegneria naturalistica nel settore delle strade. Manuali e linee di ricerca, 65.4/2010.

Lugaresi D (2017, marzo 21). *Analisi dei costi gestionali con diverse modalità di diserbo nel verde pubblico*. Presentato al Il Piano di azione nazionale e l'utilizzo dei prodotti fitosanitari nelle aree frequentate dalla popolazione, Verona.

Massone M (2018, agosto 22). Città infestata dalla sorghetta: “È la più resistente al mondo”. *La Stampa*. Recuperato da <http://www.lastampa.it/2018/08/22/cronaca/citt-infestata-dalla-sorghetta-la-piu-resistente-al-mondo-GjHeVa2axncEruiqf6eZ3K/pagina.html>

Nyberg RG, Gupta NK, Yella S, Dougherty M (2013). Detecting Plants. on Railway Embankments. *Journal of Software Engineering and Applications* 6: 8-12.

Nyberg RG (2015). Automating condition monitoring of vegetation on railway trackbeds and embankments. Tesi Edinburg Napier University, pp 1-300.

ÖBB (2014). Fallopia-Management at ÖBB-Infrastruktur AG. European Knotweed Workshop - Strickhof Lindau/Schweiz, 29.08.2014.

Peruzzi A, Lulli L, Raffaelli M, Del Sarto R, Frasconi C, Ginanni M, ... 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 dall'Università di Pisa*. (A. Peruzzi, A c. Di). Pisa: Felici Editore.

Rask AM, Kristoffersen P (2007). A review of non-chemical weed control on hard surfaces. *Weed Research* 47: 370-380.

Rask AM, Larsen SU, Andreassen C, Kristoffersen P (2013). Determining treatment frequency for controlling weeds on traffic islands using chemical and non-chemical weed control. *Weed Research*, 53: 249–258. doi:10.1111/wre.12019

Reboud X, Blanck M, Aubertot J-N, Jeuffroy M-H, Munier-Jolain N, Thiollot-Scholtus M (2017). Usages et alternatives au glyphosate dans l'agriculture française. Rapport INRA, Novembre 2017.

Vidotto F, De Palo F, Ferrero A (2013). Effect of short-duration high temperatures on weed seed germination: High temperatures affecting weed seeds. *Annals of Applied Biology* 163: 454–465. doi:10.1111/aab.12070

Watts M, Clausing P, Lyssimachou A, Schütte G, Guadagnini R, Marquez E, Arellano O (2016). Glyphosate. *Pesticide Action Network (PAN)*, November 2016, pp 96.

Wegener JK, Rautmann D, Pályi B, László A (2014) Testing of weed seeking systems for spray trains - development of a test procedure. *Fifth European Workshop on Standardized Procedure for the Inspection of Sprayers – SPISE 5 – Montpellier, France, October 15-17, 2014.*

Yella S, Nyberg RG, Payvar B, Dougherty M, Gupta NK (2013). Machine vision approach for automating vegetation detection on railway tracks. *Journal of Intelligent Systems* 22: 179-196.

Ziska LH, Bunce J, Goins E (2004). Characterization of an urban-rural CO₂/temperature gradient and associated changes in initial plant productivity during secondary succession. *Oecologia* 139: 454–458. doi:10.1007/s00442-004-1526-2

Ziska LH, Gebhard DE, Frenz DA, Faulkner S, Singer BD, Straka JG (2003). Cities as harbingers of climate change: Common ragweed, urbanization, and public health. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 111: 290–295. doi:10.1067/mai.2003.53