

Piano di gestione nazionale dell'erba degli alligatori *Alternanthera philoxeroides*



Febbraio 2024

A cura di:

Chiara Montagnani, Rodolfo Gentili, Sandra Citterio (*Università di Milano Bicocca*)

Con il supporto di:

Francesco Bisi, Adriano Martinoli (*Università dell'Insubria*)

Revisione dei testi:

Duilio Iamónico (*Università di Roma La Sapienza*), Ernesto Filippi, Marco Valentini, Eugenio Dupré (*MASE – Direzione per il Patrimonio naturalistico e Mare*)

Coordinamento:

Lucilla Carnevali e Piero Genovesi (*ISPRA - Dipartimento per il Monitoraggio e la Tutela dell'Ambiente e per la Conservazione della Biodiversità. Servizio BIO CFS*)

Indice

Sommar io.....	4
1 Inquadramento del <i>taxon</i>	5
2 Distribuzione in Italia	7
3 Vie d'introduzione e possibilità di espansione	8
4 Impatti	9
5 Aspetti normativi	10
6 Obiettivi del Piano	11
6.1 Obiettivo nazionale	11
6.2 Obiettivi regionali	11
7 Modalità d'intervento	13
7.1 Prevenzione	13
7.1.1 Prevenzione di introduzioni accidentali	13
7.1.2 Prevenzione d'espansione secondaria	14
7.2 Gestione	15
7.2.1 Eradicazione rapida per nuove introduzioni	15
7.2.2 Controllo in caso di presenza diffusa	16
7.2.3 Metodi d'intervento	17
7.2.3.1 Rimozione manuale	17
7.2.3.2 Rimozione meccanica	18
7.2.3.3 Controllo integrato (rimozione manuale e controllo ambientale)	18
7.2.3.4 Utilizzo di agenti di controllo biologico	18
7.2.3.5 Utilizzo di prodotti chimici	19
7.3 Trattamento scarti vegetali	20
8 Personale coinvolto	21
9 Tecniche di monitoraggio	22
9.1 Misure di sorveglianza e rilevamento precoce	22
9.2 Monitoraggio di presenza	23
9.3 Monitoraggio dell'efficacia degli interventi	24
10 Bibliografia	25

Sommario

La *Alternanthera philoxeroides* è specie inclusa nelle liste di specie esotiche invasive di rilevanza unionale del Regolamento (UE) 1143/2014, recepito in Italia con D. lvo 230/2017, in quanto sono stati ritenuti soddisfatti i criteri concordati a livello Unionale per l'inserimento nella lista. Tale normativa impone l'eradicazione rapida o il controllo delle specie esotiche invasive inserite nell'elenco.

Alternanthera philoxeroides (Mart.) Griseb. (Amaranthaceae Juss.) è una specie erbacea perenne di origine sudamericana che colonizza generalmente gli alvei e le sponde di corpi idrici (dove si comporta da elofita) e, secondariamente aree agricole e urbanizzate, aree boschive e costiere (dove si comporta da emicriptofita o camefita). Fuori dall'areale nativo, tende a naturalizzarsi e a diventare specie invasiva, con impatti negativi soprattutto sul piano ecologico.

Alternanthera philoxeroides predilige climi tropicali (sia umidi sia secchi), pur tollerando anche climi temperati. È altresì in grado di sopportare condizioni di ombreggiamento, un ampio *range* di pH dell'acqua e un certo grado di salinità (che le consente di crescere anche in ambienti estuarini o costieri); tollera inoltre condizioni d'inquinamento da metalli pesanti e nutrienti.

Fuori dall'areale nativo, *Alternanthera philoxeroides* si riproduce esclusivamente per via vegetativa, tramite frammenti del fusto (anche molto piccoli) e/o dell'apparato ipogeo, i quali emettono nuove radici dando origine rapidamente a nuovi individui. Il successo di questa specie è legato in larga parte alla sua grande plasticità fenotipica che le assicura un'elevata tolleranza e flessibilità nel rispondere alla variazione delle condizioni ambientali.

L'introduzione in Europa di *Alternanthera philoxeroides* è stata, con buona probabilità, accidentale essendo i suoi semi rinvenuti come contaminanti in partite di mangime per uccelli provenienti da Paesi extra-europei e come piccole piantine cresciute nei vasi di alcuni bonsai provenienti dalla Cina. In altri casi, la specie è stata introdotta volontariamente per errore, a seguito d'identificazioni errate dovute a confusioni con specie congeneri.

In Italia, *Alternanthera philoxeroides* è presente in due regioni, Toscana e Lazio, dove è considerata invasiva.

Gli impatti negativi che le popolazioni di *Alternanthera philoxeroides* determinano sono di carattere sia ecologico (perdita di biodiversità, squilibri ecosistemici), sia economico (riduzione della qualità delle colture e dei pascoli, limiti agli sport acquatici), sia sociale (possibile aumento della presenza di insetti nocivi).

Dal punto di vista gestionale, la prima misura da considerare è la prevenzione. Qualora fosse necessario intervenire, occorre tener presente la resistenza che *Alternanthera philoxeroides* ha nei confronti di trattamenti, soprattutto nel caso di infestazioni estese, data la sua elevata capacità di adattamento e di diffusione. *Alternanthera philoxeroides* può essere eradicata attraverso la rimozione fisica; anche il

controllo ambientale (solarizzazione) è una tecnica promettente, che tuttavia necessita ulteriori verifiche sperimentali. È possibile ambire all'eradicazione di *Alternanthera philoxeroides* nelle regioni italiane dove è presente sebbene potrebbe richiedere tempi lunghi e un impegno considerevole. È prioritario, comunque, che gli Enti competenti agiscano immediatamente al fine di prevenire l'ulteriore espansione della specie in attesa di futuri interventi d'eradicazione. Tutte le Regioni italiane, con particolare riferimento quelle (Toscana e Lazio) in cui la specie è segnalata e quelle ad esse adiacenti, devono adottare misure di sorveglianza e rilevamento precoce.

1 Inquadramento del *taxon*

Alternanthera philoxeroides (Mart.) Griseb. (Amaranthaceae Juss.) è una specie erbacea perenne rizomatosa e stolonifera di origine sudamericana (Argentina, Paraguay, Uruguay e Brasile) con fusto prostrato-ascendente (talora reptante), radicante ai nodi, cilindrico, tubuloso, ramoso, glabro, portante foglie ovate o lanceolate subsessili (le superiori brevemente picciolate) e infiorescenze peduncolate in glomeruli ascellari subsferici (carattere che la distingue dalle altre congeneri alloctone presenti in Italia; Iamónico & Sánchez-Del Pino, 2016) con fiori formati da 5 tepali bianchi e glabri. Secondo l'ambiente di crescita, sono stati osservati due morfotipi differenti: le piante che vegetano in acqua sono caratterizzate da fusti allungati e prostrato-ascendenti e foglie verdi, lanceolate e ad apice acuto [formalmente nominate f. *acutifolia* (Moq.) Pedersen], mentre le piante terrestri hanno portamento reptante, con fusti più brevi e foglie spesso arrossate, ovate e con apice ottuso (formalmente nominate f. *philoxeroides*) (Iamónico et al., 2010).

Alternanthera philoxeroides colonizza generalmente gli alvei e le sponde di corpi idrici (dove si comporta da elofita) e, secondariamente, le aree agricole e urbanizzate, le aree boschive e quelle costiere (ove si comporta da emicriptofita o camefita) (e.g., EPPO, 2016; Iamónico & Sánchez-Del Pino, 2016). Le popolazioni tendono a creare masse dense, sia sulle sponde fluviali sia in acqua (Iamónico et al., 2010), dove possono crescere fino anche a 70 m dalla riva (Schooler, 2012).

Fuori dall'areale nativo, questa specie può naturalizzarsi e diventare invasiva (e.g., Bojian et al., 2003; Iamónico, 2015) causando gravi danni in particolare sul piano ecologico. Per esempio, negli ambienti acquatici e ripariali è particolarmente aggressiva e competitiva nei confronti delle specie autoctone per l'approvvigionamento di spazio e nutrienti.

Dal punto di vista climatico, *Alternanthera philoxeroides* predilige climi tropicali [con *optimum* di crescita a una temperatura di 30°C e *optimum* per la fotosintesi è tra 30°C e 37°C; EPPO, 2016], pur tollerando anche climi temperati con stagione calda [*optimum* di crescita tra 15°C e 30°C; Tanveer et al., 2018]. Al di fuori di questi range ideali, *A. philoxeroides* è in grado di vegetare anche in condizioni più fresche con temperature medie annuali tra 10°C e 20°C, mentre la crescita si arresta sotto i 7°C pur

sopravvivendo (le parti ipogee) anche al gelo (EPPO, 2016). Tollera altresì condizioni d'inquinamento legate a concentrazioni medio-alte di metalli pesanti; alte concentrazioni di nutrienti (in particolare azoto) sono favorevoli all'aumento della velocità di crescita e alla propagazione vegetativa (Schooler, 2012; EPPO, 2016; Tanveer et al., 2018).

Inoltre può tollerare condizioni di ombreggiamento ($\geq 12\%$ di luce piena; EPPO, 2016), un ampio *range* di pH dell'acqua (4,8–7,7), oltre che un certo grado di salinità che le consente di vivere anche in ambienti estuarini o di spiaggia (Clements, 2017; EPPO, 2016).

Dal punto di vista della biologia riproduttiva, *Alternanthera philoxeroides* si riproduce esclusivamente per via vegetativa al di fuori dell'areale nativo. Finora, infatti, pur essendo stata osservata la produzione di frutti, nessun seme è risultato vitale; sono state persino osservate regressioni o anomalie di alcuni caratteri sessuali (es. a livello degli stami), verosimilmente legate a una riduzione della loro importanza nella fitness della pianta a seguito del passaggio esclusivo alla riproduzione vegetativa (Zhu et al., 2015). La propagazione vegetativa è comunque molto efficiente ed è alla base dell'elevata per la diffusione della specie: avviene attraverso la dispersione di frammenti del fusto (anche relativamente ridotti, la lunghezza degli internodi e la presenza di foglie aumentano la loro possibilità di sopravvivenza e di crescita; Dong et al., 2010; Tanveer et al., 2018) o dell'apparato ipogeo che sono in grado di emettere nuove radici dai nodi dando origine a nuovi individui rapidamente. Talora intere masse galleggianti si separano dalla popolazione madre per la rottura dei fusti e flottano fino a colonizzare nuovi siti. La frammentazione dei fusti dipende da eventi perturbativi naturali (es. piene) o antropici e la loro diffusione è facilitata dall'anatomia dei fusti, che sono cavi (soprattutto nella forma acquatica, nella forma terrestre tendono a essere pieni o parzialmente cavi) quindi adatti per il galleggiamento e per il trasporto su lunghe distanze grazie alla corrente. I propaguli vitali possono resistere sommersi per un certo periodo anche in condizioni di ipossia (situazione che si può verificare in natura, per esempio, dopo una piena) e riavviare la riproduzione vegetativa a seguito di un incremento della luce e dell'ossigeno. In questo modo, sebbene la pianta non produca semi nell'areale d'invasione, può creare una banca di propaguli nel suolo (Schooler, 2012; Schreiber et al., 2012). Inoltre *Alternanthera philoxeroides* può contare sull'integrazione clonale ovvero l'integrazione fisiologica che ha luogo tra i diversi *ramet* di *Alternanthera philoxeroides* (singoli individui generati dalla pianta clone, il *genet*) interconnessi lungo il rizoma e che include un trasferimento di risorse e informazioni; grazie a questa strategia i *ramet* che vivono in situazioni non ottimali (es. all'ombra, in situazioni di disturbo) riescono a persistere grazie all'apporto che forniscono loro i *ramet* che vivono in condizioni migliori (Schooler, 2012; Dong et al., 2015; Liu et al., 2016). L'integrazione clonale ha un ruolo chiave nella colonizzazione di ambienti aperti e consente il successo della specie anche a fronte di una limitata introduzione di propaguli vitali (bassa *propagule pressure*); diversamente un'elevata *propagule pressure* è determinante per la specie in ambienti con una maggiore copertura vegetazionale, dove l'integrazione clonale è meno importante (You et al., 2016). La pianta ha una crescita vigorosa: su un arco temporale di 5 anni, in Australia, è stato stimato un aumento dell'infestazione del 200% già nel primo anno d'osservazione (da

290 m² a 880 m²), una media d'espansione laterale di 4,3 m all'anno e un incremento dell'area occupata dall' 1,3% al 32,7% dell'invaso (2,2 ha) (Clements et al., 2011).

Il successo di *Alternanthera philoxeroides* è legato in larga parte alla sua grande plasticità fenotipica che le assicura un'elevata tolleranza e flessibilità nel rispondere ai fattori di disturbo e al variare delle condizioni ambientali (Schooler, 2012). Oltre ai morfotipi sopra citati e alla capacità di emettere fusti più o meno cavi in ambiente acquatico e terrestre, questa specie è infatti capace di adeguare il suo sviluppo in risposta alla variazione di diversi fattori ambientali (es. se subisce danni alla parte aerea, cresce più vicino al suolo; in risposta alle variazioni di fosforo ne assorbe più o meno ed emette radici fini che possano assorbire nutrienti nella colonna d'acqua, all'aumento di salinità emette radici spesse e ricche in carboidrati per superare le condizioni non ottimali) e spesso tale adattamento è più efficace rispetto alle specie autoctone (Schooler, 2012). Inoltre è stato osservato come tali adattamenti possano essere trasmessi di generazione in generazione pur senza variazioni del genotipo (ereditarietà epigenetica transgenerazionale). Pertanto le condizioni di crescita delle piante madre possono influenzare il fenotipo dei cloni delle generazioni successive consentendo un adattamento della specie più rapido (plasticità transgenerazionale) rispetto a quanto possa accadere con i meccanismi di selezione naturale e dando quindi un vantaggio alla specie nel processo d'invasione (Dong et al., 2019; Portela et al., 2020).

2 Distribuzione in Italia

Alternanthera philoxeroides è presente attualmente in due regioni italiane, Toscana e Lazio (Galasso et al., 2024).

In Italia, la prima segnalazione della specie risale al 2001 quando fu rinvenuta in Toscana da Garbari e Pedullà (2001) al Fosso Oncinetto (località Madonna dell'Acqua, Provincia di Pisa), dove era stata osservata giù due anni prima (attualmente considerata casuale nel sito pisano; Iamónico & Sánchez-Del Pino, 2016). Sempre in Toscana, successivamente, Iamónico et al. (2010) l'hanno indicata lungo le sponde del fiume Arno in Provincia di Firenze, dove è stata valutata come specie invasiva. Ulteriori segnalazioni sono state pubblicate da Gestri & Peruzzi (2013) per il Comune di Empoli (vedi anche Peruzzi 2020 e 2023) e da Roma-Marzio & D'Antraccoli (in Peruzzi et al., 2015: 69) che l'hanno rinvenuta (valutandola come naturalizzata) lungo il fosso dell'Anguillara nel Parco Naturale Regionale di Migliarino, San Rossore, Massaciuccoli. Ci sono stati ulteriori rinvenimenti lungo il Fosso della Viciania lungo il fiume Morto Nuovo (San Giuliano Terme, Pisa) e nel Comune di Montelupo Fiorentino (Peruzzi & Bedini, 2015).

Nel Lazio, *Alternanthera philoxeroides* è stata segnalata per la prima volta da Ceschin et al. (2006) lungo il fiume Tevere (Roma città) e il canale Rio Martino (Provincia di Latina). Successivamente Ceschin e Salerno (2008) hanno rinvenuto la specie in Provincia di Viterbo (località Ponte Felice, comune di Civita

Castellana), ancora lungo il fiume Tevere. Indagini successive di Iamónico & Iberite (2014) hanno evidenziato la naturalizzazione della specie nei siti laziali suddetti delle Province di Roma e Latina. Più recentemente, Lucchese (2017) la segnala lungo il fiume Ufente (località Mesa, Provincia di Latina, Parco Nazionale del Circeo).

In Figura 1 è riportata la mappa di distribuzione (su celle 10 × 10 kmq) aggiornata a giugno del 2019 per la rendicontazione ai sensi dell'art.24 del Reg. UE 1143/14 e trasmessa ufficialmente alla CE (Carnevali et al., 2021).



Figura 1 – Distribuzione di *Alternanthera philoxeroides* su celle 10 × 10 kmq (giugno 2019)

Sebbene la sua presenza sia localizzata, *Alternanthera philoxeroides* appare in espansione negli ultimi anni in cui è stata osservata (Iamónico et al., 2010; Iamónico & Iberite, 2014; Iamónico & Sánchez-Del Pino, 2016).

3 Vie d'introduzione e possibilità di espansione

I vettori d'introduzione in Europa di *Alternanthera philoxeroides* non sono del tutto chiari, ma con buona probabilità la pianta è stata introdotta accidentalmente come contaminante o a seguito d'identificazioni errate (Newman & Duenas, 2017). I suoi semi sono stati rinvenuti come contaminanti in partite di mangime per uccelli provenienti da Paesi extra-europei e piccole piantine cresciute nei vasi di alcuni bonsai provenienti dalla Cina sono state identificate come *Alternanthera philoxeroides* (EPPO, 2016). Per

quanto riguarda eventuali vettori volontari d'introduzione, *Alternanthera philoxeroides* non è una specie comunemente venduta come pianta ornamentale o per acquari, tuttavia sono stati riscontrati casi in cui è stata introdotta volontariamente perché confusa con altre congeneri d'interesse alimentare (es. è stata introdotta in Australia perché scambiata per *A. sessilis*).

Una volta introdotta, frammenti di *Alternanthera philoxeroides* sono naturalmente dispersi dalla corrente dell'acqua (idrocoria) e, nel corso di piene fluviali la quantità di materiale portata in sospensione con l'acqua e il fango può essere elevata e masse di *Alternanthera philoxeroides* possono essere depositate anche in aree normalmente non sommerse, ovvero nell'alveo di piena (come descritto nel paragrafo 1, i frammenti della pianta possono sopravvivere in condizioni d'ipossia). Oltre alla dispersione idrocora, i frammenti della pianta possono essere dispersi accidentalmente dall'uomo attraverso la movimentazione di terra, macchinari, natanti e attrezzature contaminati dai propaguli vitali della pianta (Schooler, 2012; Newman & Duenas, 2017). La dispersione di frammenti di *Alternanthera philoxeroides* può avvenire su lunghe distanze, anche in relazione alla loro elevata resistenza al disseccamento (Heidbüchel, 2020).

4 Impatti

Gli impatti negativi di *Alternanthera philoxeroides* determinano sull'ambiente sono di carattere sia ecologico sia economico.

Dal punto di vista chimico-fisico, nella colonna d'acqua sottostante le estese masse che questa specie può formare, può verificarsi una riduzione della quantità di luce e dei livelli di ossigeno, inoltre si ha un aumento dei derivati della decomposizione della biomassa vegetale (la specie ha un'elevata velocità di decomposizione) con conseguente eutrofizzazione delle acque; si assiste alla riduzione della velocità del flusso idrico con un conseguente aumento della sedimentazione (soprattutto lungo i corsi d'acqua minori) (Schooler, 2012; Tanveer et al., 2018). Inoltre, è stato osservato che il tasso di evapotraspirazione di *Alternanthera philoxeroides* è talora più elevato di quello di specie acquatiche, riducendo così la ritenzione delle acque dei corpi idrici più piccoli (Schooler, 2012).

Dal punto di vista biologico, *Alternanthera philoxeroides* può avere un impatto negativo su specie e comunità vegetali autoctone, essendo più competitiva per l'approvvigionamento di spazio e nutrienti (sia in ambiente acquatico sia in ambiente terrestre). Ciò determina uno squilibrio dell'ecosistema che può indurre alla sostituzione graduale delle specie autoctone e, di conseguenza, all'impoverimento della ricchezza di specie dei siti colonizzati. Impatti negativi sono stati registrati non solo per le specie vegetali, ma anche a carico dell'entomofauna (Schooler, 2012). A causa degli squilibri causati dalla sua crescita massiva, la presenza dell'esotica potrebbe facilitare l'ingresso di altre specie aliene (Xiong et al., 2019).

Le popolazioni di *Alternanthera philoxeroides* che si naturalizzano e invadono i campi coltivati, possono arrecare gravi danni all'agricoltura, sia andando a ridurre il raccolto (in relazione alla competizione delle piante per spazio e risorse), sia interferendo col regolare funzionamento dei sistemi d'irrigazione (ad esempio, per riduzione della capacità di drenaggio canali). Le conseguenze sono, dunque, di carattere economico, talora ingenti (EPPO, 2016). Analogo impatto negativo, può essere arrecato nei casi d'infestazione di aree destinate al pascolo, con un calo del valore delle aree dove la specie può sostituire le specie pabulari (es. trifoglio), ma anche con danni diretti al bestiame, essendo nociva per bovini, ovini e cavalli (fotosensibilizzazione e lesioni alla pelle, cecità, danni epatici) (EPPO, 2016; Tanveer et al., 2018).

Dal punto di vista sociale, infine, la crescita incontrollata di *Alternanthera philoxeroides* può limitare gli accessi e gli spostamenti lungo le vie d'acqua (es. navigazione natanti, sport acquatici) o di favorire la presenza di organismi nocivi o diversamente dannosi (es. zanzare, lumache), talora potenziali vettori di malattie sia per la popolazione sia per il bestiame (EPPO, 2016).

5 Aspetti normativi

Alternanthera philoxeroides è una specie esotica invasiva inserita nell'elenco di specie di rilevanza unionale istituito ai sensi del Regolamento (UE) n. 1143/2014 del Parlamento Europeo e del Consiglio, recante disposizioni volte a prevenire e gestire l'introduzione e la diffusione delle specie esotiche invasive, a cui ha fatto seguito il Decreto Legislativo n. 230/2017 di adeguamento della normativa nazionale, "Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 1143/2014 del Parlamento europeo e del Consiglio del 22 ottobre 2014". Per queste specie il Regolamento UE ha introdotto un generale divieto di commercio, possesso, trasporto e introduzione in natura, e impone un obbligo d'immediata segnalazione, di controllo o eradicazione di queste specie. Deroghe ai divieti sono concesse, previa autorizzazione del Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica (MASE), a orti botanici, giardini zoologici, istituti di ricerca e altri soggetti che effettuano attività di ricerca o conservazione *ex situ*. In casi eccezionali, è concessa la possibilità di un'autorizzazione in deroga per motivi di interesse generale imperativo, compresi quelli di natura economica o sociale.

A livello regionale, la specie è inserita preventivamente nella "lista nera" di Piemonte (DGR 46-5100 del 18 dicembre 2012, aggiornata con la D.G.R. 27 maggio 2019, n. 24-9076), Lombardia (D.G.R. n. XI/2658 del 16 dicembre 2019) e Friuli-Venezia Giulia (Delibera 1257 del 7 agosto 2020 "Strategia regionale per il contrasto alle specie esotiche invasive (2021-2026)"). In queste regioni, la specie è assente, tuttavia, è prevista la necessità di attuare misure preventive, monitoraggi e di allerta precoce per limitare il rischio di un suo ingresso.

6 Obiettivi del Piano

6.1 Obiettivo nazionale

Tenendo conto delle attuali conoscenze distributive, delle caratteristiche della specie e, sebbene sia nota la sua resistenza alle misure di contenimento, le difficoltà d'intervento e monitoraggio negli ambienti acquatici, in Italia l'eradicazione di *Alternanthera philoxeroides* potrebbe essere un obiettivo ancora raggiungibile se perseguito con adeguate risorse economiche e di personale con interventi corretti ripetuti e tempestivi potenzialmente più volte in un arco di tempo adeguato (potenzialmente non meno di 10 anni). Nelle Regioni dove la specie non è presente deve essere impedita la possibilità di nuove introduzioni

6.2 Obiettivi regionali

Alternanthera philoxeroides si trova in Toscana e nel Lazio e sebbene in entrambe le regioni sia presente in più siti, per il momento, le popolazioni sono localizzate in aree circoscritte. In entrambe le regioni, è prioritario avviare rapidamente gli interventi per l'eradicazione e attuare misure che limitino fortemente la diffusione della specie in attesa dell'attuazione delle misure d'eradicazione. Massima attenzione e tempestività deve essere applicata nelle aree protette dove la specie è presente (Parco Naturale Regionale di Migliarino, San Rossore, Massaciuccoli in Toscana e Parco Nazionale del Circeo nel Lazio)].

L'elaborazione di piani d'emergenza regionali (*contingency plan*) per le aste fluviali che sono o possono essere interessate dall'esotica può essere utile per assicurare una risposta rapida ed efficace nel caso di una nuova segnalazione della specie o del peggioramento dell'invasione (EPP0, 2014). A tal fine, è necessario individuare gli enti responsabili, effettuare una mappatura dei potenziali stakeholder da coinvolgere e definire le modalità d'intervento più idonee. La gestione dell'emergenza legata alla presenza di *Alternanthera philoxeroides* in Francia (presso Sorgues, Région PACA) offre un esempio utile da cui attingere informazioni. Una volta trovata la pianta sono stati fatti i seguenti passi:

- 1) Accertamento della presenza della specie da parte di personale qualificato del *Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles - CBNMed*;
- 2) Individuazione, coinvolgimento e allerta di tutti gli attori territoriali interessati (enti comunali, tutti gli enti di gestione del territorio a diversi livelli, associazioni di pesca);
- 3) avvio urgente di un tavolo di concertazione per l'individuazione e la condivisione del metodo ottimale per l'eradicazione della specie; date le difficoltà operative determinate dal sito, gli enti hanno optato per un intervento pilota così da scegliere la metodologia più efficace da estendere a tutte le aree interessate. Al contempo, è stata costituita una rete di sorveglianza, avviata con la formazione del personale degli enti coinvolti su tutti gli elementi utili per individuare *Alternanthera philoxeroides* (per maggiori dettagli vedasi Cottaz et al., 2018).

La distribuzione di *Alternanthera philoxeroides* in Italia ha un buon livello di definizione (segnalazioni puntuali recenti in Toscana e Lazio). Tuttavia è di primaria importanza che soprattutto le regioni dove è presente avviino un'indagine in campo e/o una ricognizione dei dati disponibili (es. da Università, Agenzie Regionali per la protezione dell'ambiente, Aree Protette, ecc.) per avere un quadro distributivo puntuale e dati sul grado d'infestazione dell'esotica. I dati raccolti serviranno per la definizione delle priorità d'intervento.

In tutte le Regioni deve essere predisposto un sistema di sorveglianza che permetta l'eventuale rapido rilevamento di nuove introduzioni a cui dovrà seguire una tempestiva comunicazione al MASE (ai sensi dell'art.19 del D.L.gs. 230/17) e altrettanta tempestiva attuazione delle misure di eradicazione rapida di cui al presente Piano.

Di seguito è riportata la tabella di sintesi con le azioni gestionali previste suddivise per Regioni e Province autonome. Si ricorda che il monitoraggio è obbligatorio in tutte le regioni e province autonome ai sensi dell'art.18 del D.Lgs.230/17; la risposta rapida consiste nell'eradicazione rapida disposta ai sensi dell'art.19 del D.lgs. 230/17 a seguito della prima segnalazione sul territorio regionale o della provincia autonoma della specie; l'eradicazione è un'attività attuata ai sensi dell'art.22 del D.Lgs.230/17 nel caso di una specie da presente sul territorio regionale o provinciale.

Tabella 6.1. Azioni gestionali previste suddivise per Regione e Province autonome.

Regione	Prevenzione	Eradicazione	Controllo/ contenimento	Risposta rapida	Monitoraggio
Abruzzo	X			X	X
Basilicata	X			X	X
Bolzano	X			X	X
Calabria	X			X	X
Campania	X			X	X
Emilia Romagna	X			X	X
Friuli Venezia Giulia	X			X	X
Lazio	X	X			X
Liguria	X			X	X
Lombardia	X			X	X
Marche	X			X	X
Molise	X			X	X
Piemonte	X			X	X
Puglia	X			X	X
Sardegna	X			X	X
Sicilia	X			X	X
Toscana	X	X			X
Trento	X			X	X

Umbria	X			X	X
Valle d'Aosta	X			X	X
Veneto	X			X	X

7 Modalità d'intervento

7.1 Prevenzione

7.1.1 Prevenzione di introduzioni accidentali

L'applicazione del Regolamento UE 1143/2014 intende prevenire l'introduzione di *Alternanthera philoxeroides* attraverso la regolamentazione del commercio delle piante. Tuttavia, come già espresso nel paragrafo 3, non è da escludere che la specie possa essere ancora acquistata o scambiata con nomi differenti a seguito d'identificazioni errate, o che sia introdotta come contaminante di merci o di materiale vegetale. Pertanto per scongiurare questi rischi è necessario che 1) i controlli delle autorità competenti, ai sensi dell'art 15 del D. Lgs 230/2017, presso i posti di controllo frontalieri siano eseguiti da personale formato e aggiornato sulle caratteristiche della specie e i suoi tratti identificativi e 2) importatori e venditori siano coinvolti in momenti di aggiornamento e formazione sull'identificazione della specie (attività che può riguardare anche le altre specie di rilevanza unionale). Considerate le criticità nel riconoscimento della specie da parte di soggetti non esperti e in particolare nell'identificare la presenza di propaguli della specie come contaminanti, ISPRA renderà disponibili chiavi di riconoscimento semplici e immediate che mostrino i tratti caratteristici di *Alternanthera philoxeroides* e la mettano a confronto con le specie congeneriche con cui può confondersi più facilmente (Iamónico & Sánchez-Del Pino, 2016) o specie appartenenti ad altri generi (soprattutto in presenza di soli frammenti di pianta) quali ad es. *Ludwigia* sp., *Veronica anagallis-aquatica*, *Persicaria* sp., *Gymnocoronis spilanthoides* (van Oosterhout, 2007; EPPO, 2016). Qualora le criticità permanessero, è possibile ricorrere al *DNA barcoding*, uno dei metodi più affidabili per il riconoscimento delle macrofite di difficile identificazione, efficace anche per *Alternanthera philoxeroides* (così come avvenuto in Sud Africa, ove la specie è stata identificata grazie al DNA barcoding tra le piante acquistate nei negozi d'acquari; Hoveka et al., 2016). Infine, tenendo conto che *Alternanthera philoxeroides* è stata confusa con *A. sessilis*, quest'ultima utilizzata come pianta alimentare nello Sri Lanka, attenzione deve essere posta altresì alle spedizioni provenienti da questa nazione e dal sud-est Asiatico (Newman & Duenas, 2017).

Per evitare l'introduzione accidentale di *Alternanthera philoxeroides* da Paesi europei o extra-europei dove la specie è presente, come "autostoppista" su imbarcazioni (spostamento e commercio imbarcazioni, incluse quelle usate, motori, e altre parti) e attrezzature ed equipaggiamenti sportivi è necessario sottoporre i materiali ad adeguate misure di controllo ed eliminazione della specie prima dell'ingresso nel Paese, o sul confine, o comunque prima dell'utilizzo nei corpi idrici italiani. I frammenti

della specie resistono al disseccamento pertanto potrebbe non essere sufficiente asciugare natanti ed equipaggiamento, ma diventa necessario immergere i materiali in acqua calda oppure esporli direttamente al vapore o utilizzare dei disinfettanti acquatici; indicazioni più precise sono fornite nel seguente paragrafo.

7.1.2 Prevenzione d'espansione secondaria

È necessario prestare massima attenzione ai fattori che consentono l'espansione secondaria di *Alternanthera philoxeroides*. La specie è in grado di diffondersi rapidamente e con successo (anche su elevate distanze) sfruttando vettori sia antropici sia naturali.

Le prime misure da attuare devono essere indirizzate a impedire o ridurre drasticamente la dispersione di propaguli vitali di *Alternanthera philoxeroides*. Ove possibile, dovrebbe essere vietato o regolato l'accesso ai siti infestati (sia in ambiente acquatico sia in ambiente terrestre) per evitare che frammenti della pianta siano accidentalmente dispersi dall'uomo durante attività sportive, ludiche o legate ad interventi in alveo (es. sfalcio della vegetazione acquatica e ripariale, scavi). L'utilizzo di barriere galleggianti o reti sommerse impiegate per circoscrivere le masse galleggianti della pianta potrebbe impedire o limitare la dispersione dei frammenti in ambiente acquatico, così come reti a maglia fine potrebbero prevenire la dispersione della pianta in ambiente terrestre. Contestualmente Regioni e Province autonome dovrebbero avviare campagne di sensibilizzazione per tutte le categorie di fruitori dei corpi idrici dove la pianta è presente (es. pescatori, sportivi, proprietari di natanti, bagnanti, amministrazioni cittadine, personale impegnato in attività lavorative) affinché conoscano la pericolosità della pianta, le sue caratteristiche distintive e quali buone pratiche è necessario adottare per evitare che frammenti della specie restino accidentalmente impigliati su natanti, attrezzature ed equipaggiamenti e quindi vengano portati in altri corpi idrici. È necessario comunicare chiaramente e con fermezza l'importanza di applicare una serie di adeguate misure di controllo ed eliminazione della specie al fine di non diffondere la specie e, dove possibile, rendere obbligatoria la loro applicazione.

Sono diversi i progetti che promuovono queste pratiche come per esempio "Check, Clean and Dry" in Gran Bretagna (sul sito www.nonnativespecies.org) e in Nuova Zelanda o "Clean, Drain, Dry" in Canada, fornendo indicazioni puntuali alle diverse categorie di fruitori dei corpi idrici. Nell'ambito del progetto Life ASAP sono stati tradotti e sintetizzati in una brochure i codici di condotta dedicati a pesca sportiva e nautica da diporto e specie aliene invasive (scaricabili da <https://www.lifeasap.eu/index.php/it/progetto/documenti> o dal sito www.specieinvasive.isprambiente.it) con i principi fondamentali per prevenire la diffusione accidentale delle specie aliene tramite queste attività.

Non sono noti studi specifici sulla resistenza dei propaguli di *Alternanthera philoxeroides* all'applicazione dei più comuni protocolli per l'eliminazione di propaguli vitali di macrofite dalle superfici. Tuttavia, è consigliabile applicare i metodi ritenuti efficaci per il trattamento di specie

resistenti (es. elodeidi). In genere si ricorre all'acqua calda (è consigliata l'immersione dei materiali a 45°C per un'ora; Anderson et al., 2015) o al vapore (esposizione diretta per 10 secondi a distanza di 2 – 3 cm; Crane et al., 2019). È possibile che siano efficaci anche alcuni disinfettanti acquatici (disinfettanti a base di perossimonosolfato di potassio per immersione o vaporizzazione; Cutberth et al., 2019). Di base è sempre necessario effettuare il lavaggio/trattamento di macchinari, natanti (compresi eventuali rimorchi per il trasporto), delle attrezzature ed equipaggiamenti sportivi con una successiva asciugatura, assicurando la rimozione di residui vegetali o di altro tipo (es. fango dove possono essere presenti propaguli vitali) in ogni parte. È necessario assicurarsi che macchinari, natanti, equipaggiamenti e attrezzature siano puliti ad ogni nuovo ingresso in un corpo idrico o riutilizzo in altri siti. Queste operazioni devono riguardare la pulizia dei materiali sia nel caso di attività in ambito acquatico sia terrestre. Nelle fasi di pulizia è necessario fare attenzione a scaricare le acque di lavaggio correttamente, al fine di non diffondere propaguli vitali della specie. Per questo è importante avere a disposizione strumenti e siti idonei. Queste misure devono essere eseguite dai singoli soggetti. È tuttavia necessario che anche gestori, responsabili delle attività nautiche sportive e ludiche e associazioni di categoria si adoperino per l'attuazione di tali misure attraverso opere di sensibilizzazione (es. campagne informative, condivisione codici di comportamento nell'accesso ai corpi idrici) e l'allestimento di siti per la pulizia e decontaminazione idonei a questi scopi. È possibile prevedere anche dei rapidi controlli delle imbarcazioni con personale dedicato a individuare la presenza di propaguli nei punti di accesso/uscita dei corpi idrici (Gettys et al., 2014). In alcuni Paesi (es. Irlanda) è stato promosso l'utilizzo di un *biosecurity kit* per pescatori al fine di incentivare la disinfezione delle attrezzature da pesca..

7.2 Gestione

7.2.1 Risposta rapida ed eradicazione

In caso di nuove introduzioni si procede all'eradicazione rapida secondo le modalità di cui ai commi 3 e 4 art. 19 del D.Lgs. n. 230/2017, tramite i metodi di intervento sotto descritti.

Piccoli nuclei di *Alternanthera philoxeroides* di recente costituzione, permettono un'eradicazione più o meno rapida, poiché l'apparato radicale è poco esteso e non troppo profondo. Dal punto di vista tecnico, l'esperienza australiana di van Oosterhout (2007) mostra come un'eradicazione immediata attraverso la rimozione fisica è possibile quando a) le piante sono in numero ridotto, b) l'area occupata non supera i 25 m², c) l'area occupata non supera i 100 m² ma l'apparato radicale è superficiale (non oltre i 30 cm di profondità). In tali condizioni si può ricorrere alla rimozione manuale (casi a e b), che deve sempre prevedere uno scavo profondo per la rimozione dell'apparato ipogeo, o alla rimozione meccanica attraverso mezzi meccanici idonei a uno scavo superficiale (caso c). La rimozione fisica (manuale e meccanica) può avere un'efficacia immediata o richiedere un numero ridotto d'interventi successivi, se l'azione è stata eseguita correttamente (van Oosterhout, 2007). Nel caso la pianta compaia nuovamente,

è necessario agire con tempismo per la rimozione, prima che ricostituisca tutte le sue risorse a livello ipogeo (Clements et al., 2014; Newman & Duenas, 2017).

Sia per la rimozione manuale sia per quella meccanica, è necessario verificare a quale profondità di scavo occorre spingersi. Ciò è determinante perché nel caso in cui la pianta non sia rimossa interamente, l'efficacia dell'intervento potrebbe risultare fortemente ridotta o annullata da una nuova e vigorosa ripresa. Inoltre potrebbero crearsi condizioni ancor più difficili per il successivo controllo della pianta. Infatti, a seguito del taglio, *Alternanthera philoxeroides* potrebbe rispondere con una nuova crescita adattata per far fronte al fattore di disturbo, ovvero con una forma molto prostrata avente foglie più vicine al suolo e con una maggiore produzione di biomassa ipogea rispetto a quella epigea (Clements et al., 2014).

Una strategia di controllo integrato per l'eradicazione di *Alternanthera philoxeroides* può prevedere il ricorso alla rimozione manuale e meccanica, o alla rimozione manuale e alla solarizzazione (controllo ambientale). Quest'ultimo approccio è stato utilizzato in Francia ed è una tecnica promettente, sebbene necessiti di ulteriori prove sperimentali.

Durante gli interventi massima attenzione deve essere posta affinché non siano dispersi frammenti di *Alternanthera philoxeroides* nell'ambiente acquatico (barriere galleggianti, reti sommerse, pulizia macchinari, attrezzi ed equipaggiamento) così come in quello terrestre (pulizia macchinari, attrezzi ed equipaggiamento). Ogni tipo d'intervento deve essere pianificato a seguito di un'attenta valutazione in loco dell'infestazione, delle caratteristiche dell'ambiente e del biota. Una volta che la strategia d'azione è stata individuata, è consigliato (quando possibile) testare preventivamente le tecniche di eradicazione della specie in un'area ridotta, così da poter avere un quadro più preciso sulla loro efficacia e le possibili problematiche.

7.2.2 Controllo in caso di presenza diffusa

Nel caso in cui *Alternanthera philoxeroides* sia ampiamente diffusa e il suo apparato ipogeo troppo profondo, difficilmente può essere eradicata. Si deve pertanto optare per il suo controllo. Nella panoramica internazionale di esperienze sul controllo di *A. philoxeroides*, la pianta è stata controllata attraverso metodi fisici, chimici, biologici o attraverso un approccio integrato fra alcune di queste tecniche (es. controllo fisico e chimico). Tuttavia, alla luce dei divieti e delle stringenti limitazioni all'utilizzo di fitofarmaci negli ambienti acquatici e in loro prossimità in Italia e in Europa, così come della resistenza di *Alternanthera philoxeroides* ai trattamenti chimici (Schooler, 2012; Tanveer et al., 2018), il controllo con erbicidi non è un metodo d'intervento possibile e consigliato. Anche il controllo biologico non è un metodo applicabile in Italia per la mancanza di esperienze sugli agenti biologici più efficaci da utilizzare in climi temperati e in ambiente terrestre (Newman & Duenas, 2017).

Pertanto, per il controllo di *Alternanthera philoxeroides* è necessario intervenire attraverso metodi di rimozione fisica: la rimozione manuale e meccanica assicurano un controllo immediato della pianta con un impatto limitato sull'ambiente (rimozione manuale). Tuttavia sono misure molto impegnative da applicare su aree estese soprattutto in ambiente terrestre (in una popolazione stabile da 20 anni la biomassa ipogea può raggiungere i 7,3 kg/m²) e in queste condizioni possano dare risultati solo a breve-medio termine (Newman & Duenas, 2017). Pertanto, gli interventi devono essere ripetuti più volte con frequenza e costanza durante gli anni.

Ogni tipo d'intervento deve essere pianificato a seguito di un'attenta valutazione in loco dell'infestazione, delle caratteristiche dell'ambiente e del biota. Una volta che la strategia d'azione è stata individuata, è consigliato (quando possibile) testare preventivamente le tecniche di eradicazione della specie in un'area ridotta, così da poter avere un quadro più preciso sulla loro efficacia e le possibili problematiche.

7.2.3 Metodi d'intervento

7.2.3.1 Rimozione manuale

La rimozione manuale di *Alternanthera philoxeroides* può essere effettuata rapidamente quando le radici non superano 1 m di profondità secondo van Oosterhout (2007); alcune fonti indicano la fattibilità di tale operazione anche per radici profonde fino a 1,8 m (Newman & Duenas, 2017). Naturalmente, le differenze nella lunghezza delle radici e relativa possibilità di effettuare eradicazioni manuali in tempi brevi, dipendono anche dalle condizioni locali ad es. del suolo, più o meno compatto e difficile da lavorare. La pianta deve essere rimossa il più possibile integra ed eventualmente con ancora il pane di terra intorno alle radici; il pane di terra sarà successivamente rimosso manualmente e setacciato sopra un telo, facendo attenzione a non rilasciare inavvertitamente frammenti della pianta nel suolo. È consigliabile utilizzare attrezzi che consentano di svellere la pianta (es. forchettoni da giardino, palanchini) senza però reciderne l'apparato ipogeo poiché le radici residue sarebbero poi più difficili da individuare (utilizzare pale e vanghe solo come attrezzi di supporto) (van Oosterhout, 2007). Al raggiungimento della fine delle radici, è consigliabile scavare per ulteriori 20 cm almeno, in modo da esser certi che l'apparato radicale non sia più sviluppato. L'esperienza dell'operatore nel manovrare gli attrezzi e nel riconoscere le radici della pianta gioca un ruolo importante in questa tecnica.

Se la rimozione manuale è finalizzata all'eradicazione rapida di nuclei ridotti, è bene agire il prima possibile da quando si è rinvenuta la pianta. Nel caso di nuclei più estesi, sebbene non vi siano precise indicazioni in merito, è consigliabile agire prima del periodo di maggiore crescita vegetativa della pianta che in genere si ha quando le temperature sono più elevate, quindi prima dell'estate; in tal modo si previene una nuova crescita (che parte dalle gemme ascellari e terminali dei fusti cresciuti la stagione precedente; van Oosterhout, 2007) e si ha a disposizione la stagione di maggiore rigoglio vegetativo per

poter individuare eventuali ricacci e intervenire tempestivamente in maniera puntuale. Al fine di individuare tempestivamente il ricaccio della specie, può essere utile non riempire subito le buche lasciate dalla rimozione del pane di terra, così che eventuali frammenti vitali della pianta non rimossi possano crescere ed emettere le foglie così da rendersi visibili per un ulteriore intervento di rimozione (van Oosterhout, 2007).

7.2.3.2 Rimozione meccanica

Riguardo lo scavo superficiale con mezzi meccanici, è una tecnica che si può adottare sia in ambiente terrestre sia in acque non profonde. La rimozione meccanica ha un maggiore impatto negativo sull'ambiente rispetto alla rimozione manuale. È consigliabile effettuare un'escavazione graduale iniziando con la rimozione dei primi 10 cm di terra e verificando lo stato dell'apparato ipogeo così da decidere come e se proseguire. Si consiglia di non effettuare scavi troppo profondi anche in ragione dell'elevato quantitativo di terra che viene rimossa (eventuali problematiche di movimentazione e smaltimento). In merito alle tempistiche d'intervento, valgono le stesse considerazioni espresse nel precedente paragrafo per la rimozione manuale.

7.2.3.3 Controllo integrato (rimozione manuale e controllo ambientale)

Nel sud della Francia (lungo il fiume Ouvèze a Sorgues, Région PACA), recenti studi pilota effettuati in campo dal Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles (CBNMed) hanno mostrato come la rimozione manuale seguita dalla messa in posa di teli ombreggianti (controllo ambientale tramite solarizzazione) sia efficace nell'arrestare la crescita di *Alternanthera philoxeroides*. I test si sono svolti tra il 2016-2018 e in tre anni la copertura della pianta si è ridotta o, in alcuni casi, la specie è scomparsa (Cottaz et al., 2018). Questa tecnica integrata richiede ulteriori prove sperimentali per una piena validazione e non assicura un'eliminazione immediata, ma può essere un'alternativa promettente qualora la semplice rimozione manuale non fosse sufficiente.

7.2.3.4 Utilizzo di agenti di controllo biologico

Il controllo biologico di *Alternanthera philoxeroides* è stato applicato con successo in ambiente acquatico grazie all'utilizzo del coleottero crisomelide sudamericano *Agasicles hygrophila*. Queste esperienze di controllo sono state portate avanti al di fuori dell'Italia e dell'Europa (Australia, Nuova Zelanda, Thailandia e nel sud degli USA; Newman & Duenas, 2017). Infatti, questo agente di controllo biologico è efficace in climi caldi subtropicali, mentre non sono noti agenti di controllo biologico efficaci in climi temperati né utili alla riduzione di *Alternanthera philoxeroides* in ambiente terrestre. (Schooner, 2012; Newman & Duenas, 2017). Pertanto, l'utilizzo di agenti biologici alieni per il controllo di *Alternanthera*

philoxeroides necessita di ulteriori prove e approfondimenti finalizzati a comprenderne la reale efficacia nel contesto italiano ed europeo e si sconsiglia al momento la sua applicazione

Inoltre l'introduzione di specie aliene in natura come agenti di controllo biologico (fino a poco tempo fa vietata) è regolamentata dall'art 12, D.P.R. 357/1997, concernente attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche) per cui qualsiasi nuova immissione (ovvero introduzione di organismi non autoctoni) sul territorio italiano, su istanza delle regioni e delle province autonome di Trento e di Bolzano o degli enti di gestione delle aree protette nazionali, può essere autorizzata alla luce di motivate ragioni di rilevante interesse pubblico, connesse a esigenze ambientali, economiche, sociali e culturali, e non deve arrecare danno agli habitat naturali né alla fauna e alla flora selvatiche locali. L'autorizzazione è rilasciata con provvedimento del MASE ed è subordinata alla valutazione di uno specifico studio del rischio che l'immissione comporta per la conservazione delle specie e degli habitat naturali.

7.2.3.5 Utilizzo di prodotti chimici

Sebbene il controllo chimico sia una tecnica ampiamente utilizzata all'estero (Australia, USA), i risultati non sono generalmente risolutivi sul lungo periodo e richiedono più applicazioni con un utilizzo di quantità considerevoli di fitofarmaci (Newman & Duenas, 2017). *Alternanthera philoxeroides* è resistente al controllo chimico e, in genere, gli erbicidi riducono la biomassa aerea della pianta, ma non riescono a essere efficaci a livello radicale (Schooler, 2012; Tanveer et al., 2018). La resistenza di *Alternanthera philoxeroides* è legata probabilmente a un'inefficiente traslocazione delle sostanze ai tessuti (in particolare quelli radicali) e alla capacità di immagazzinare alti quantitativi di carboidrati nelle radici, che le permettono di rinnovarsi rapidamente a seguito del disturbo (anche frequente). Di conseguenza, per poter avere una maggiore efficacia, gli erbicidi più frequentemente impiegati devono essere utilizzati a concentrazioni molto più elevate di quanto sia consigliato dai produttori (Clements et al., 2014).

Oltre a queste problematiche, l'utilizzo di diverse sostanze utilizzate per controllare *Alternanthera philoxeroides* non è permesso in Italia. Inoltre vi sono innumerevoli restrizioni e/o divieti d'uso assoluti in merito all'uso di fitofarmaci negli ambienti acquatici, o in prossimità degli stessi, in ragione dei danni che potrebbero essere arrecati alla biodiversità, alla qualità delle acque e alla salute dell'uomo. Si ricorda che l'utilizzo di prodotti fitosanitari è disciplinato dalla normativa nazionale e comunitaria (Regolamento (CE) n. 1107/2009 e successivi aggiornamenti, Direttiva CE n. 128/2009, recepita in Italia da D. Lgs. n.150/2012 e dal Piano d'Azione Nazionale sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari - PAN), oltre che da norme locali a livello regionale e provinciale.

Alla luce di quanto detto, il controllo chimico non è una tecnica permessa né consigliabile per la gestione di *Alternanthera philoxeroides*.

7.3 Trattamento scarti vegetali

La rimozione di *Alternanthera philoxeroides* può richiedere il trattamento non solo della biomassa vegetale di scarto, ma anche del suolo che con essa viene rimosso. È necessario applicare la massima attenzione affinché il materiale di scarto (biomassa e suolo) sia trattato adeguatamente al fine di non disperdere e introdurre propaguli vitali della specie in nuovi siti. *In primis*, massima attenzione va applicata durante le azioni di rimozione quando il materiale di scarto deve essere sempre raccolto accuratamente dentro sacchi di plastica o contenitori che possano essere agevolmente trasportati nel sito di trattamento. Ulteriore attenzione deve essere posta affinché non sfuggano propaguli vegetali dalle benne per quanto concerne la rimozione meccanica. La biomassa vegetale di scarto non deve mai essere lasciata a terra nel sito d'intervento, ma va rimossa immediatamente e trasportata nel sito di stoccaggio per il trattamento. Il suolo contaminato può essere lasciato in loco, ma solo nel caso in cui sia stato accuratamente ispezionato e setacciato e sia risultato privo di propaguli vegetali di *A. philoxeroides*. La rimozione e la pulizia del pane di terra dalle radici di *Alternanthera philoxeroides* sono state illustrate nel paragrafo 7.1.1.

Per quanto riguarda il trattamento della biomassa vegetale derivata dalla rimozione fisica, sono possibili le due seguenti alternative:

- 1) essiccazione ed incenerimento, per cui la biomassa vegetale deve essere essiccata in essiccatori o forni industriali oppure disposta su una superficie dura e regolare non a contatto diretto con il terreno, lontana da corpi idrici e protetta da ogni possibile agente di dispersione (es. dilavamento, esposizione al vento, contatto con animali). La biomassa può anche essere distribuita tra due teli neri di plastica posti in posizione lievemente inclinata per far percolare l'acqua di condensa. La biomassa viene regolarmente girata fino all'essiccamento completo; questo permette di ridurre il volume di biomassa da bruciare ed evita che siano presenti propaguli vitali che potrebbero sfuggire all'incenerimento. Successivamente, la biomassa viene bruciata o incenerita in appositi siti. Questa tecnica è ideale per quantità limitate di materiale vegetale di *Alternanthera philoxeroides*. Anche la bollitura e le microonde possono essere trattamenti efficaci per eliminare i propaguli vitali della pianta;
- 2) compostaggio: la biomassa vegetale deve essere esposta a temperature maggiori di 55°C per almeno tre giorni consecutivi per far sì che tutti i propaguli perdano la vitalità e il compost possa essere utilizzato; se non è possibile raggiungere queste condizioni, il compost deve essere stoccato in qualche sito sicuro affinché non siano dispersi eventuali propaguli vitali della pianta. Durante il processo di compostaggio è necessario assicurarsi che la pianta non riparta da frammenti vitali.

Per quanto riguarda il suolo, il trattamento più efficace prevede l'essiccazione (terreno steso e periodicamente girato su una superficie dura o in forni industriali) o il trattamento termico ad alte temperature (autoclave, pastorizzazione) con un successivo stoccaggio in siti sicuri (siti lontani dai corsi

d'acqua e al di sopra della linea di falda, interdetti all'accesso e ad altre attività come l'escavazione, da poter monitorare) dove il suolo deve essere inserito in buche profonde almeno 3 m.

Tutti i mezzi, attrezzature, equipaggiamenti utilizzati per il trattamento degli scarti vegetali e del suolo, vanno attentamente puliti dopo gli interventi.

Le indicazioni riportate sono fornite dalle linee guida per il controllo fisico di *Alternanthera philoxeroides* del NSW Department Of Primary Industries australiano (van Oosterhout, 2007) e rendono evidente quanto possa essere delicato e problematico il trattamento del materiale di scarto derivato dalla rimozione (per lo più fisica) di *A. philoxeroides*. Qualora non sia possibile replicare le stesse condizioni, è necessario elaborare dei protocolli alternativi, ponendo massima attenzione alla resistenza dei propaguli vitali della pianta, alla loro facilità di dispersione durante le operazioni di rimozione, alla necessità di pianificare il cantiere in maniera sicura (es. posizionamento strategico siti di sanificazione di mezzi, attrezzature, equipaggiamenti utilizzati così da consentire solo lo spostamento di mezzi e materiali puliti, prossimità tra sito rimozione e sito per il conferimento) e di trovare siti idonei per lo stoccaggio del materiale vegetale e del terreno.

8 Personale coinvolto

L'esperienza del personale coinvolto è molto importante per una corretta gestione delle popolazioni di *Alternanthera philoxeroides*. È necessario impiegare personale formato adeguatamente per la gestione delle piante aliene e delle macrofite acquatiche in generale, al fine di rendere efficaci le operazioni di controllo/eradicazione (es. identificazione della specie, riconoscimento delle radici, ecc.) e limitare al massimo la dispersione accidentale dei frammenti della pianta, che rappresenta uno dei rischi maggiori nella gestione della specie. È auspicabile, almeno in alcuni casi, coinvolgere anche operatori subacquei e prevedere un accesso diretto al corpo idrico con natanti (es. barche a motore, canoe) o dotati di dispositivi adeguati al lavoro nell'acqua alta (es. scafandro da pesca). Il personale coinvolto nella gestione della pianta deve prevedere professionisti che conoscono la specie e siano in grado di stabilire i momenti migliori per intervenire, formare adeguatamente il personale e operatori affinché possano agire con perizia in campo al fine di ottenere i migliori risultati.

Rispetto alla prevista formazione del personale che dovrà operare nello svolgimento delle misure di gestione, al fine di garantire omogeneità a livello nazionale e ridurre i costi complessivi, non essendo peraltro disponibili risorse finanziarie in maniera stabile, si ritiene opportuno che il MASE, per tramite di ISPRA, renda disponibili i materiali formativi anche attraverso l'erogazione di corsi online; le Regioni e le Province autonome, laddove necessario, potranno completare e/o integrare i percorsi formativi in funzione delle particolari realtà locali o nel caso siano necessarie sessioni tecniche in presenza.

9 Tecniche di monitoraggio

È necessario che le informazioni sulla distribuzione e le caratteristiche dei nuclei di *Alternanthera philoxeroides*, oltre che gli interventi in corso per la gestione della specie, siano costantemente aggiornati e verificati in campo dagli Enti competenti e che i dati di distribuzione raccolti siano trasmessi, ogni dodici mesi, al MASE e ad ISPRA, ai sensi dell'art.5 del decreto del Ministero della transizione ecologica (oggi MASE) n.12 del 16/03/2022..

9.1 Misure di sorveglianza e rilevamento precoce

Per rilevare precocemente nuovi siti di presenza di *Alternanthera philoxeroides*, è necessario indagare settori nuovi attraverso campagne periodiche di rilievo in campo, partendo dalle aree in connessione ecologica con i siti di presenza della specie e/o eventualmente dalle zone più a rischio nel caso d'invasione biologica come per aree protette o siti d'importanza naturalistica (EPPO, 2014). È necessario indagare l'ambiente acquatico e sulle sponde, a valle dei siti di presenza noti, ma anche a monte nei corsi d'acqua percorsi da natanti. Massima attenzione va posta a seguito di eventi alluvionali che possono disperdere rapidamente frammenti vitali della pianta in nuove aree; in questi casi, l'area d'indagine deve essere allargata alle zone interessate dalla piena e il monitoraggio deve essere tempestivo tenendo conto però del tempo d'emergenza della pianta da eventuali propaguli. Il rilevamento da foto aerea/satellitare o di prossimità (uso di droni) può essere utile nell'identificare la presenza di *Alternanthera philoxeroides* all'inizio invasione. L'utilizzo di foto aeree o satellitari ad alta risoluzione è utile nell'individuare infestazioni > 5 m², mentre attraverso i droni è possibile raggiungere dettagli maggiori: le immagini da drone, processate con un apposito algoritmo di riconoscimento dei nuclei di *A. philoxeroides*, permettono di individuare nuclei di grandezza maggiori di 4 m², mentre l'analisi visiva delle stesse permette di individuare nuclei a partire da 0,06 m² (Clements et al., 2011). Sebbene il dettaglio di questi metodi sia inferiore rispetto a quanto possa fare un operatore in campo durante una campagna di campionamento intensivo (riconoscimento di nuclei con area maggiore di 0,002 m²), l'utilizzo di droni è comunque utile nell'individuare i nuclei di *Alternanthera philoxeroides* quando sono ancora abbastanza ridotti per poter essere eradicati con relativa facilità. Queste tecniche permettono di individuare la biomassa vegetale emersa o a terra. Tuttavia l'accuratezza e la sensibilità del metodo ovviamente dipendono dall'ambiente di crescita di *Alternanthera philoxeroides* e, nel caso in cui si trovi in ambienti chiusi o nel folto della vegetazione ripariale, la specie sarà individuata più difficilmente o non sarà affatto visibile. Pertanto eventuali campagne di *early detection* effettuate con droni o da foto aeree/immagini satellitari non possono prescindere l'impiego di operatori in campo che sarà più o meno prevalente rispetto al rilievo in remoto a seconda dell'ambiente indagato. Inoltre, l'impiego di operatori formati può consentire anche un rapido intervento di rimozione delle piante in nuovi siti, qualora lo stadio di crescita di *Alternanthera philoxeroides* e le condizioni ambientali lo consentano.

Un'altra tecnica promettente, è l'utilizzo del DNA ambientale che prevede la raccolta di campioni d'acqua nel sito indagato e la successiva analisi finalizzata alla determinazione del DNA della specie (Scriver et al., 2015): questa tecnica non è stata ancora testata per *Alternanthera philoxeroides*, ma potrebbe essere un metodo applicabile considerato anche che la metagenomica è stata già utile nell'identificare la specie in campioni di acqua provenienti da vasche con altre specie acquatiche (Hoveka et al., 2016).

Parallelamente a queste attività più specialistiche, il rilievo tempestivo della pianta può essere segnalato grazie al coinvolgimento dei cittadini attraverso campagne di *citizen science*. *Alternanthera philoxeroides* è più facilmente individuabile quando è in fiore, ma possono esservi problemi identificativi e confusioni con le specie soprattutto congeneri. Pertanto, i cittadini devono essere adeguatamente istruiti sul riconoscimento della pianta e su quali parti fotografare (es. istruzioni tramite app), così da sottoporre poi le foto a esperti (botanici sistematici, floristi). Le segnalazioni devono pervenire agli Enti competenti per la verifica delle segnalazioni e l'avvio delle procedure di rapido intervento. È utile, pertanto, poter prevedere l'utilizzo di app o portali dedicati alla ricezione tempestiva delle informazioni dal territorio e di un gruppo di lavoro strutturato che possa verificare e agire sul territorio prontamente (es. App *Biodiversità* dell'Osservatorio per la Biodiversità di Regione Lombardia). Sarebbe altresì auspicabile (vedi anche paragrafo 6.2) un coordinamento a livello regionale tra tutti gli Enti e le Associazioni che operano nell'ambito degli ambienti acquatici al fine di poter avviare una rete di collaborazioni più capillare (vedasi Cottaz et al., 2018).

9.2 Monitoraggio di presenza

Il primo dato necessario per la gestione (controllo/eradicazione/monitoraggio) di *Alternanthera philoxeroides*, è la presenza/assenza della specie. Devono pertanto essere raccolte le informazioni necessarie per individuare al meglio i siti e procedere con i rilievi in campo negli habitat vocati della specie (vedasi paragrafo 1). Questa operazione richiede l'impiego di personale esperto nel riconoscimento della pianta e che conosca la sua ecologia. A livello nazionale e regionale il numero di siti di presenza di *Alternanthera philoxeroides* rappresenta un indicatore del grado d'invasione e il primo dato da monitorare con cadenza annuale.

Per ogni nucleo di *Alternanthera philoxeroides* individuato, è importante raccogliere dati quantitativi quali area occupata (perimetrazione del nucleo, anche attraverso segnali fissi per evidenziare eventuali aumenti di superficie), copertura e abbondanza. Inoltre vanno raccolte informazioni sulla fenologia della specie, flora e fauna presenti e loro rapporti di dominanza, caratteristiche del sito (invasione in ambiente acquatico/terrestre, accessibilità, connessione/isolamento con altri corpi idrici, grado e tipo di antropizzazione ecc.) utili anche per organizzare eventuali azioni di controllo e valutare le priorità d'intervento. Si consiglia di effettuare i monitoraggi tra la primavera e l'autunno al fine di definire al meglio la fenologia; durante la fioritura (giugno-ottobre), la specie è più facilmente identificabile.

I dati di presenza e quantitativi devono essere raccolti con metodologie ripetibili e flessibili basate su un appropriato disegno di campionamento, che permetta una stima attendibile e robusta dal punto di vista statistico. I rilievi possono essere eseguiti percorrendo le sponde dei corpi idrici, ma può essere necessario anche il rilievo da barca o tramite l'accesso diretto in alveo degli operatori. Come per il rilevamento precoce, il monitoraggio delle aree in cui è presente *Alternanthera philoxeroides* può essere effettuato integrando i rilievi in campo a tecniche di *remote sensing* e/o tramite droni, soprattutto nel caso di nuclei monofitici più consistenti (si consiglia comunque sempre almeno un rilievo in campo a supporto). Poiché le situazioni da monitorare possono essere varie e differenti, si consiglia di considerare la letteratura sulle tecniche di monitoraggio delle specie vegetali (es. Elzinga et al., 1998) e, se necessario, delle macrofite in generale (es. ISPRA, 2014; Madsen & Wersal, 2017). Dato l'elevato rischio di dispersione di frammenti di *A. philoxeroides*, è consigliabile utilizzare metodologie di campionamento non distruttive (es. evitare rastrellamento per la stima della biomassa/abbondanza soprattutto in siti non isolati da barriere galleggianti e dove non sono previsti interventi di controllo). Gli operatori devono sanificare mezzi, equipaggiamento e attrezzature utilizzati per i rilievi.

9.3 Monitoraggio dell'efficacia degli interventi

Al fine di facilitare e rendere più efficaci le operazioni di monitoraggio, è necessario segnalare in campo, con riferimenti ben visibili (paletti, spray, ecc.), l'area d'intervento e, ove necessario, le singole piante rimosse (nel caso d'infestazioni al primo stadio o ridotte). Monitorare il sito d'intervento ogni 3-4 settimane almeno per il primo anno tra la primavera e l'autunno e successivamente stabilire un calendario di monitoraggio compatibile con il comportamento della specie. Dopo gli interventi, è necessario allargare il monitoraggio anche ad aree in connessione con il sito d'intervento, dove frammenti di *Alternanthera philoxeroides* potrebbero essere arrivati ed aver attecchito a seguito delle azioni di controllo. Gli elementi da monitorare sono la presenza di ripresa vegetativa, il grado di copertura/infestazione della pianta; inoltre, è consigliabile raccogliere dati sulla comunità biologica che ricolonizza l'area dopo l'intervento. Durante i monitoraggi gli operatori possono rimuovere manualmente gli esemplari che attecchiscono nuovamente dopo l'intervento, tenendo conto di tutte le misure di prevenzione già illustrate. Il monitoraggio deve essere portato avanti almeno per almeno 5 anni successivi alla comparsa/ricomparsa di *Alternanthera philoxeroides*, sebbene nei siti dove l'infestazione è più grave sia possibile un'estensione del monitoraggio a 10 anni (van Oosterhout, 2007).

Con cadenza annuale sono valutati e rendicontati al MASE i risultati degli interventi effettuati secondo quanto previsto dall'art.18, comma 5 del D.lgs. 230/2017.

10 Bibliografia

Anderson, L. G., Dunn, A. M., Rosewarne, P. J., & Stebbing, P. D. (2015). Invaders in hot water: a simple decontamination method to prevent the accidental spread of aquatic invasive non-native species. *Biological Invasions*, 17(8), 2287-2297.

Bojian, B., Clemants, S.E. & Borsch, T. (2003). *Alternanthera* Forssk. in: *Flora of China* vol. 5, eds. Wu, Z.Y., Raven, P.H. & Hong, D.Y. Science Press & Missouri Botanical Garden Press (Beijing & St. Louis): 426–427.

Carnevali L., Monaco A., Alonzi A., Grignetti A., Aragno P., Genovesi P. (2021). Report regolamento specie esotiche invasive. In: Ercole S., Angelini P., Carnevali L., Casella L., Giacanelli V., Grignetti A., La Mesa G., Nardelli R., Serra L., Stoch F., Tunesi L., Genovesi P. (ed), 2021. Rapporti Direttive Natura (2013-2018). Sintesi dello stato di conservazione delle specie e degli habitat di interesse comunitario e delle azioni di contrasto alle specie esotiche di rilevanza unionale in Italia. ISPRA, *Serie Rapporti 349/2021*.

Ceschin, S. & Salerno, G. (2008) La vegetazione del basso corso del Fiume Tevere e dei suoi affluenti (Lazio, Italia). *Fitosociologia*, 54(1), 39–74.

Ceschin, S., Lucchese, F. & Salerno, G. (2006). Notula 1263. *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. Notulae alla Checklist della flora vascolare italiana 2. *Informatore Botanico Italiano*, 38(1), 212–213.

Clements, D., Dugdale, T. M., & Hunt, T. D. (2011). Growth of aquatic alligator weed (*Alternanthera philoxeroides*) over 5 years in south-east Australia. *Aquatic Invasions*, 6(1), 77-82.

Clements, D., Dugdale, T. M., Butler, K. L., & Hunt, T. D. (2014). Management of aquatic alligator weed (*Alternanthera philoxeroides*) in an early stage of invasion. *Management of Biological Invasions*, 5(4), 327.

Clements, D., Dugdale, T. M., Butler, K. L., Florentine, S. K., & Sillitoe, J. (2017). Herbicide efficacy for aquatic *Alternanthera philoxeroides* management in an early stage of invasion: integrating above-ground biomass, below-ground biomass and viable stem fragmentation. *Weed Research*, 57(4), 257-266.

Cottaz, C., Paquier, T. & Diadema, K., 2018. L'herbe à alligator, *Alternanthera philoxeroides*. Expérimentation de gestion d'une espèce exotique envahissante émergente en région PACA, sur l'Ouvèze (Sorgues, 84). Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles. 26 pp + annexes.

Crane, K., Cuthbert, R. N., Dick, J. T. A., Kregting, L., MacIsaac, H. J., & Coughlan, N. E. (2019). Full steam ahead: direct steam exposure to inhibit spread of invasive aquatic macrophytes. *Biological Invasions*, 21, 1311-1321.

Cuthbert, R. N., Crane, K., Dick, J. T., Caffrey, J. M., MacIsaac, H. J., & Coughlan, N. E. (2019). Die Hard: impact of aquatic disinfectants on the survival and viability of invasive *Elodea nuttallii*. *Aquatic Botany*, 154, 11-17.

Dong, B. C., Yu, G. L., Guo, W., Zhang, M. X., Dong, M., & Yu, F. H. (2010). How internode length, position and presence of leaves affect survival and growth of *Alternanthera philoxeroides* after fragmentation? *Evolutionary Ecology*, 24(6), 1447-1461.

Dong, B. C., Alpert, P., Zhang, Q., & Yu, F. H. (2015). Clonal integration in homogeneous environments increases performance of *Alternanthera philoxeroides*. *Oecologia*, 179(2), 393-403.

Dong, B. C., Alpert, P., & Yu, F. H. (2019). Transgenerational effects of herbivory and soil nutrients transmitted via vegetative reproduction in the clonal plant *Alternanthera philoxeroides*. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 41, 125498.

Elzinga, C. L., Salzer, D. W. & Willoughby, J.W., "Measuring & Monitoring Plant Populations" (1998). *U.S. Bureau of Land Management Papers*. Paper 17. <http://digitalcommons.unl.edu/usblmpub/17>

EPPO (2014). National regulatory control systems PM 9/19 (1) Invasive alien aquatic plants. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 44 (3), 457–471

EPPO (2016). *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 46(1), 8-13.

Galasso, G., Conti, F., Peruzzi, L., Alessandrini, A., Ardenghi, N.M.G., Bacchetta, G., Banfi, E., Barberis, G., Bernardo, L., Bouvet, D., et al. (2024). A second update to the checklist of the vascular flora alien to Italy. *Plant Biosystems*, 158(2):297–340. <https://dx.doi.org/10.1080/11263504.2024.2320129>

Garbari, F., & Pedullà, M. L. (2001). *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.(Amaranthaceae), specie nuova per la flora esotica d'Italia. *Webbia*, 56(1), 139-143.

Gestri, G. & Peruzzi, L. (2013). I fiori di Leonardo - La flora vascolare del Montalbano in Toscana. Aracne editrice, Roma.

Gettys, L., Haller, W., & Petty, D. (Eds.) (2014). *Biology and Control of Aquatic Plants. A Best Management Practices Handbook: Third Edition*. Aquatic Ecosystem Restoration Foundation, USA, 252pp.

Heidbüchel, P. (2020). *Fragment dispersal and its role for the successful spread of native and invasive alien aquatic plants*. Doctoral dissertation, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. 214 pp.

Hoveka, L. N., Van der Bank, M., Boatwright, J. S., Bezeng, B. S., & Yessoufou, K. (2016). The noncoding trnH-psbA spacer, as an effective DNA barcode for aquatic freshwater plants, reveals prohibited invasive species in aquarium trade in South Africa. *South African Journal of Botany*, 102, 208-216.

Iamónico D., 2015 – *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. in: Euro+Med Plantbase - the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. URL: <http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/PTaxonDetail.asp?NameId=9000398&PTRefK=7300000>

Iamónico, D. & Iberite, M. (2014). Notula 227: *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. Notulae alla Flora esotica d'Italia 11. *Informatore Botanico Italiano*, 46(2), 277.

Iamónico, D., & Sánchez-Del Pino, I. (2016). Taxonomic revision of the genus *Alternanthera* (Amaranthaceae) in Italy. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 150(2), 333-342.

Iamónico, D., Lastrucci, L., & Cecchi, L. (2010). Invasività di *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. (Amaranthaceae) lungo il Fiume Arno in Provincia di Firenze (Toscana, Italia centrale). *Informatore Botanico Italiano*, 42, 103-108.

ISPRA (2014). Metodi biologici per le acque superficiali interne. Manuali e Linee Guida 111/2014.

Liu, F., Liu, J., & Dong, M. (2016). Ecological consequences of clonal integration in plants. *Frontiers in plant science*, 7, 770.

Lucchese, F. (2017). Atlante della Flora Vascolare del Lazio: Cartografia, Ecologia e Biogeografia. Appendice B: mappe di distribuzione delle specie alloctone del Lazio. Regione Lazio, Direzione Capitale Naturale, Parchi e Aree Protette, Roma, pp. 112.

Madsen, J. D., & Wersal, R. M. (2017). A review of aquatic plant monitoring and assessment methods. *Journal of Aquatic Plant Management*, 55(1), 1-12.

Newman, J. & Duenas, M. (2017). Information on measures and related costs in relation to species included on the Union list: *Alternanthera philoxeroides*. Technical note prepared by IUCN for the European Commission.

Peruzzi, L. (2020). La flora vascolare del Comune di Empoli (Firenze). in: *Mini lavori della Riunione scientifica del Gruppo per la Floristica, Sistematica ed Evoluzione*, eds. Domina, G., Peruzzi, L. *Notiziario della Società Botanica Italiana*, 4, 40.

Peruzzi, L. & Bedini G (eds) (2015). Wikipantbase #Toscana <https://bot.biologia.unipi.it> accesso 25 novembre 2024

Peruzzi, L. et al. (2015). Contributi per una flora vascolare di Toscana. VII (357-439). *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, Memorie, Serie B*, 122, 61-72.

Peruzzi, L. (2023). The vascular flora of Empoli (Tuscany, central Italy). *Italian Botanist* 15: 21–33.

Portela, R., Dong, B. C., Yu, F. H., Barreiro, R., Roiloa, S. R., & Silva Matos, D. M. (2020). Trans-generational effects in the clonal invader *Alternanthera philoxeroides*. *Journal of Plant Ecology*, 13(1), 122-129.

Schooler, S.S.(2012). *Alternanthera philoxeroides* (Martius) Grisebach, in: *A Handbook of Global Freshwater Invasive Species*, ed. R.A. Francis (London: Earthscan): 25–35.

Schreiber, C. M., Zeng, B., Blossfeld, S., Rascher, U., Kazda, M., Schurr, U., Höltkemeier, A. & Kuhn, A. J. (2012). Monitoring rhizospheric pH, oxygen, and organic acid dynamics in two short-time flooded plant species. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175(5), 761-768.

Scriver, M., Marinich, A., Wilson, C., & Freeland, J. (2015). Development of species-specific environmental DNA (eDNA) markers for invasive aquatic plants. *Aquatic Botany*, 122, 27-31.

Tanveer, A., Ali, H. H., Manalil, S., Raza, A., & Chauhan, B. S. (2018). Eco-biology and management of Alligator Weed [*Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.]: a review. *Wetlands*, 38(6), 1067-1079.

Xiong, W., Tao, J., Liu, C., Liang, Y., Sun, H., Chen, K., ... & Chen, Y. (2019). Invasive aquatic plant (*Alternanthera philoxeroides*) facilitates the invasion of western Mosquitofish (*Gambusia affinis*) in Yangtze River, China. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 22(4), 408-416.

You, W. H., Han, C. M., Fang, L. X., & Du, D. L. (2016). Propagule pressure, habitat conditions and clonal integration influence the establishment and growth of an invasive clonal plant, *Alternanthera philoxeroides*. *Frontiers in Plant Science*, 7, 568.

van Oosterhout, E. (2007). Alligator weed control manual: Eradication and suppression of alligator weed (*Alternanthera philoxeroides*) in Australia. New South Wales Department of Primary Industries, Orange, pp 7, 45–71

Zhu, Z., Zhou, C., & Yang, J. (2015). Molecular phenotypes associated with anomalous stamen development in *Alternanthera philoxeroides*. *Frontiers in Plant Science*, 6, 242.