

Analisi delle strategie riproduttive di una specie esotica invasiva, *Spiraea japonica* L., ai fini della pianificazione degli interventi di controllo

G. BRUSA, M. SARTORI e B. CERABOLINI

ABSTRACT - *Analysis of reproductive strategies in an invasive alien species, Spiraea japonica L., for planning control actions* - The aim of this work is to evaluate the reproductive strategies in a neophyte, *Spiraea japonica* L., as means to address efforts in controlling its invasiveness. Collected data and computed analysis showed that successful of *S. japonica* is mostly related to its high reproductive ability. Most favourable conditions in completing life cycle are largely related to disturbance promoted by reducing forest canopy. Suggested control actions mainly involve preservation of a stable soil cover and removal of potential flowering plants.

Key words: ecology, environmental management, germination, invasive plant, seed bank

Ricevuto il 14 Maggio 2008
Accettato il 10 Ottobre 2008

INTRODUZIONE

L'invasione da parte di piante esotiche è un particolare caso di introduzione e dispersione di specie che storicamente erano assenti in una determinata area (RICHARDSON *et al.*, 2000) e che sono state introdotte intenzionalmente o accidentalmente mediante l'intervento umano, che ha consentito loro di superare le barriere geografiche (PYŠEK *et al.*, 2004). L'invasione degli ambienti da parte delle specie esotiche è un fenomeno globale con importanti ripercussioni sulla biodiversità e conseguentemente dal punto di vista ecologico, economico e sociale (VITOUSEK *et al.*, 1996; DUKES, MOONEY, 1999; WILLIAMSON, 1999; PIMENTAL *et al.*, 2000).

In questo quadro si pone la presente ricerca che prende in esame una singola specie invasiva (*sensu* COLAUTTI, MACISAAC, 2004), *Spiraea japonica* L., con lo scopo di individuare le principali strategie riproduttive e pertanto pianificare interventi di controllo e/o eradicazione delle popolazioni mediante tecniche coerenti con la biologia della specie e quindi maggiormente efficaci. Nel dettaglio gli obiettivi che si è inteso perseguire sono:

- la valutazione del potenziale riproduttivo della specie ed in particolare il rapporto tra dimensioni della pianta e produzione di semi;
- la capacità di formare un'eventuale banca di semi sepolti;

- la ricerca delle condizioni che favoriscono la germinazione dei semi;
- la definizione dei fattori ambientali che agevolano il ciclo riproduttivo della specie e quindi favoriscono lo sviluppo di piante adulte, nonché la produzione di semi e la presenza di semenzali.

MATERIALI E METODI

Spiraea japonica L.

Il genere *Spiraea* L., appartenente alla famiglia delle *Rosaceae*, comprende tra le 80 e le 100 specie, la maggior parte delle quali è localizzata in Cina (LU, CRINAN, 2003). Il genere *Spiraea* è suddiviso in tre sottogeneri (REHDER, 1940), attualmente non considerati monofiletici (POTTER *et al.*, 2007).

S. japonica, inserita nel sottogenere *Calospira*, è un arbusto perenne a foglie decidue in grado di elevarsi fino a 1.5-2 m di altezza (LU, CRINAN, 2003). La fioritura inizia nei mesi di giugno-luglio e può prolungarsi anche per tre mesi. I fiori sono ermafroditi e riuniti in corimbi terminali, che si sviluppano sui getti dell'anno corrente. Il frutto è un follicolo che si apre secondo un'unica linea di sutura adassiale, liberando a maturità (fine ottobre) piccoli semi. *S. japonica* si riproduce esclusivamente per via sessuale (seme).

Il complesso di *S. japonica* è originario dell'Asia orientale, precisamente di Giappone, Corea del Sud

e soprattutto Cina, dove si concentra la maggior parte della variabilità intraspecifica, otto delle nove varietà, che vengono discriminate soprattutto in base alla forma e alle dimensioni della foglia (ZHANG *et al.*, 2006). La concentrazione di un elevato polimorfismo nella parte sud occidentale della Cina è stata interpretata in base all'elevata diversificazione di habitat e condizioni climatiche presenti (ZHANG *et al.*, 2002).

S. japonica trova il suo principale interesse come pianta ornamentale, almeno nelle aree in cui è stata introdotta, tanto che ne sono state selezionate numerose cultivar e derivate numerose forme ibride con specie affini (KRÜSSMANN, 1978; MAXWELL, KNEES, 1995; MILLER, 2003).

Introdotta intorno al 1870 nel Nordest degli Stati Uniti d'America (REMALEY, 2005), *S. japonica* si è diffusa e naturalizzata attraverso gran parte di questo territorio, dove è in grado di colonizzare rapidamente vaste aree disturbate.

In Europa, *S. japonica* genera preoccupazioni soprattutto in Austria (ESSL, 2005), dove dal 1945 la specie ha iniziato a diffondersi rapidamente all'interno di formazioni forestali sia di tipo pioniero sia climacico. In Italia *S. japonica* sembra essere stata introdotta per la prima volta nel 1842, mentre le principali cultivar sono state importate nei decenni immediatamente seguenti (MANIERO, 2000). Le prime comunicazioni di popolazioni spontaneizzate risalgono a GOLA (1928), che segnala la specie (sub. *S. callosa* Thunb.) come completamente inselvatichita per il Lago Maggiore (Rio dei Molini tra Arizzano e Premeno, provincia di Verbania). Inserita tra le specie esotiche coltivate e spontaneizzate in Italia da VIEGI *et al.* (1974) e considerata come pianta inselvatichita in Lombardia e Piemonte da PIGNATTI (1982), è attualmente segnalata come naturalizzata anche in Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia-Giulia e Toscana (CONTI *et al.*, 2005).

In Lombardia questo arbusto è stato segnalato da GIACOMINI (1950) per il "Lago Maggiore: inselvatichito, talora abbondantemente nelle siepi, anche lontano dai giardini" e per la pianura milanese "fra Tradate ed Appiano Gentile, pinete, lungi dall'abitato". In provincia di Varese *S. japonica* è naturalizzata e diffusa estesamente nei boschi ombrosi collinari, spesso in imponenti colonie (MACCHI, 2005).

Area di studio

L'area di studio è situata nella parte occidentale della regione Lombardia e più precisamente nella provincia di Varese sulle pendici del monte Sangiano, nel comune omonimo (coordinate UTM/WGS84, fuso 32: N=5081128, E=471929). Il monte Sangiano è un modesto affioramento calcareo (altezza massima 530 m s.l.m.), localizzato a circa 2.5 km dalle sponde del lago Maggiore; il territorio è per la maggior parte ricoperto da boschi ed è stato recentemente proposto come Sito di Importanza Comunitaria ai sensi della direttiva 92/43/CEE. Per un inquadramento più dettagliato si rimanda a KLEIH (2007).

L'area di studio è più precisamente collocata in una ristretta fascia di circa 150 x 30 m, su un versante esposto a nord-ovest e ad un'altitudine di 450 m s.l.m. Questa fascia è occupata da boschi di *Castanea sativa* Mill., *Fraxinus excelsior* L., *Robinia pseudoacacia* L. e in minor misura *Prunus avium* L.; nello strato arbustivo si rinvenivano soprattutto *Corylus avellana* L. e *Sambucus nigra* L., mentre in quello erbaceo principalmente *Anemonoides nemorosa* (L.) Holub e subordinatamente *Aruncus dioicus* (Walter) Fernald, *Galeopsis pubescens* Besser, *Hedera helix* L., *Oxalis acetosella* L., *Paris quadrifolia* L., *Polygonatum multiflorum* (L.) All. e *Viola reichenbachiana* Jord. ex Boreau. Dal punto di vista della vegetazione potenziale, si tratta di formazioni boschive di sostituzione dei querceto-carpineti collinari a carattere mesofilo, riconducibili dal punto di vista fitosociologico all'alleanza dei *Carpinion betuli* Issler 1931 e più specificatamente all'*Arunco-Fraxinetum* Ellenberg et Klötzli 1972.

S. japonica è presente in modo eterogeneo in tutta l'area di studio. Sulla base di informazioni fornite da persone residenti in loco, *S. japonica* sembra essere presente sul monte Sangiano perlomeno dalla fine della Seconda Guerra Mondiale.

Raccolta dati

Nell'area di studio sono stati individuati quattro siti, confinanti con una strada sterrata a transito locale. I quattro siti, numerati da 1 a 4, differivano tra loro sulla base di un progressivo grado di disturbo riscontrato nella vegetazione, così esprimibile:

- 1 - bosco maturo e con strato alto arbustivo ben sviluppato;
- 2 - bosco maturo, con rimozione periodica della componente alto-arbustiva;
- 3 - bosco tagliato da più di 15 anni, con strato arboreo e arbustivo ancora in ripresa;
- 4 - bosco diradato da circa 4 anni, con strato arboreo scarso e forte sviluppo dello strato arbustivo.

In ognuno dei quattro siti selezionati sono stati tracciati, perpendicolarmente alla strada sterrata, tre transetti distanti tra loro 2 m. Ogni transetto comprendeva un breve tratto di scarpata di raccordo alla strada. Lungo ogni transetto sono stati posizionati 4 *plot* di 4 m² ciascuno e distanziati a loro volta di 4 m.

All'interno di ciascuno dei 48 *plot* e per ogni individuo di *S. japonica* presente sono state raccolte le seguenti informazioni:

- altezza massima, rappresentata dal punto superiore toccato dalle foglie. La misura è stata presa dalla base della pianta fino all'apice dell'ultima foglia funzionale (è stata dunque considerata l'effettiva lunghezza del fusto e non la sua proiezione);
- numero di fusti;
- numero di infiorescenze.

È stato stimato per ciascun individuo il numero medio di fiori per infiorescenza, esaminando infiorescenze scelte casualmente. Inoltre, è stato quantificato il numero di follicoli per fiore e il

numero di semi per follicolo, considerando un campione casuale di fiori.

Per ciascun *plot* è stato misurato il *Leaf Area Index* (LAI) della vegetazione arboreo-arbustiva. Le misurazioni sono state effettuate impiegando lo strumento "LAI 2000 - *Plant Canopy Analyzer*" (Li-cor Inc., Lincoln, USA). Si è inoltre provveduto anche alla valutazione della percentuale complessiva occupata da suolo nudo e briofite.

Test di germinazione

Per ogni pianta in fruttificazione presente nei *plot* è stata effettuata la raccolta di un consistente quantitativo di semi. La raccolta è avvenuta nello stadio di completa maturazione dei semi, cioè nel momento in cui si è osservato l'inizio del rilascio dai follicoli (fine ottobre). Dopo la raccolta, i semi sono stati depositi in sacchetti di carta e giunti in laboratorio sono stati conservati a temperatura ambiente (18- 20 °C) sino all'inizio dei test di germinazione (dopo 15 giorni dalla raccolta).

Tutte le raccolte di semi sono state riunite a formare un unico lotto, all'interno del quale sono stati scelti casualmente i semi da sottoporre ai test di germinazione.

Ogni singolo test è stato composto da 3 repliche di 25 semi ciascuna. I semi sono stati collocati su strati di carta da filtro bagnata con acqua distillata e posizionati in capsule Petri. Le capsule con i semi sono state quindi poste in incubatori. Sono stati impiegati due regimi di fotoperiodo/temperatura: notte di 9 ore a 12 °C e giorno di 15 ore a 20 °C; notte di 14 ore a 5 °C e giorno di 10 ore a 10 °C. Il primo test è stato formulato in modo da simulare una giornata primaverile durante il mese di maggio nell'area di studio (periodo in cui si è osservata l'emergenza delle plantule in natura), mentre il secondo simula una giornata di novembre (periodo immediatamente susseguente a quello in cui si è riscontrato l'inizio della dispersione dei semi).

Si sono inoltre eseguiti altri due test, in cui è stato cambiato il fotoperiodo ma non le temperature di incubazione. Le capsule Petri sono state, infatti, completamente avvolte in un foglio di alluminio. Questi due ultimi test simulano l'alternanza di temperatura giornaliera in assenza di luce, come se i semi si trovassero sepolti nel suolo. Lo schema dei quattro test eseguiti è riportato in Tab. 1.

L'emergenza della radichetta e/o dei cotiledoni è stata usata come criterio per definire il seme germinato (BASKIN, BASKIN, 1998). Ciascun test ha avuto una durata di 45 giorni, durante i quali sono stati eseguiti periodici controlli di alcuni secondi a condizioni ambientali leggermente differenti da quelle in cui il test era stato incubato (18- 20 °C e luce ambiente diffusa dall'incubatore). Il controllo della vitalità è stato effettuato sui semi non germinati, verificando alla fine dei test la presenza di tessuti all'interno dei tegumenti.

TABELLA 1

Regimi di fotoperiodo e temperatura applicati nei test di germinazione.

Photoperiods and temperature conditions applied in germination tests.

Test (sigla)	Fotoperiodo	Regime Temperatura (°C)	Durata (h)
1 mag/l	buio	12	9
	luce	20	15
2 mag/b	buio	12	9
	buio	20	15
3 nov/l	buio	5	14
	luce	10	10
4 nov/b	buio	5	14
	buio	10	10

Analisi dei dati

Nelle analisi statistiche sono state considerate le seguenti variabili dipendenti riferite a ciascun *plot*:
 - numero di piante in fioritura (*range* da 0 a 10);
 - quantità di semi prodotti (*range* da 225 a 1618975, riferito ai soli *plot* con esemplari fruttificanti);
 - numero di semenzali (*range* da 0 a 265), inteso come le piante di *S. japonica* che non raggiungevano i 4 cm di altezza.

Come fattori ambientali di interpretazione sono state invece impiegate le seguenti variabili:

- sito: variabile di tipo ordinale che indica il crescente grado di disturbo nella vegetazione e corrisponde al numero progressivo assegnato a ciascun sito (da 1 a 4);
- scarpata: variabile binaria che indica se il *plot* è ubicato sulla scarpata (1) oppure no (0);
- LAI: variabile di tipo continuo che esprime il valore dell'indice misurato in ciascun *plot* (*range* da 1.32 a 5.60);
- suolo: variabile di tipo continuo che esprime la percentuale occupata dal terreno nudo e dalle briofite (*range* da 0.5% a 95%).

Le relazioni statistiche tra le variabili analizzate sono state calcolate impiegando alternativamente modelli di regressione lineare e *Generalized Linear Models* (GLM; funzione *link*: logaritmo naturale; distribuzione dell'errore: Poisson) con scelta delle variabili dipendenti statisticamente significative (*stepwise* di tipo *forward*). Ai fini di queste analisi le variabili ambientali sono state standardizzate su una scala da 0 a 1. La variabile quantità di semi prodotti, trasformata logaritmicamente, è stata considerata soltanto per i *plot* in cui si è riscontrata la fruttificazione.

La tecnica *unbiased recursive binary partitioning* (HOTHORN *et al.*, 2006) è stata invece impiegata per individuare l'altezza critica delle piante oltre la quale esse sono in prevalenza fruttificanti. Tutte le analisi statistiche sono state effettuate impiegando diverse *library* nella piattaforma *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2006).

Si è infine seguito il metodo proposto da THOMPSON *et al.* (1993), ovvero un'analisi indiretta per determinare se una specie può produrre semi persistenti nel suolo e

quindi una banca di semi sepolti. Lo schema proposto è basato sul peso e la forma dei semi, quest'ultima caratteristica stimata tramite la varianza del rapporto tra le tre dimensioni del seme e la sua lunghezza. Secondo THOMPSON *et al.* (2001) le specie sono in grado di formare una banca persistente se il seme presenta una varianza minore di 0.14 e un peso minore di 3 mg.

RISULTATI

Valutazione del potenziale riproduttivo

In Tab. 2 sono riportati i dati relativi alle capacità riproduttive di *S. japonica*.

Il numero di infiorescenze per pianta è piuttosto variabile, essendo compreso tra 1 e 23; infatti, la distribuzione di questo carattere nella popolazione esaminata è decisamente asimmetrica, come si evidenzia dal basso valore mediano (1.0) rispetto a quello medio (3.3). Considerazioni analoghe possono essere espresse anche per il numero di fiori per infiorescenza. Una minor variabilità è invece riscontrabile nel numero di follicoli totali per fiore che, pur compreso tra 2 e 6, presenta un valore medio e mediano pari a 5.0. Il numero di semi per follicolo mostra anch'esso una variabilità contenuta, compresa tra 6 e 11; inoltre, i valori mediano e medio sono coincidenti.

Sulla base dei dati raccolti, è stato quindi possibile stimare il numero di semi prodotti per pianta. La variabilità di questo carattere è essenzialmente dovuta a quella riscontrata nel numero di infiorescenze per pianta e al numero di fiori per infiorescenza. Il numero di semi prodotti è compreso tra 225 e poco oltre un milione; il valore mediano (6376) è di un ordine di grandezza più basso rispetto a quello medio (86321). Occorre evidenziare come tutte le infiorescenze abbiano prodotto semi.

I semi di *S. japonica* sono fusiformi, decisamente leggeri e nel complesso le loro dimensioni appaiono poco variabili, senza variazioni consistenti tra media e mediana e con errore standard relativamente contenuto.

La relazione esistente tra altezza della pianta e numero di semi prodotti è rappresentata in Fig. 1.

Il modello interpreta la distribuzione dei dati in

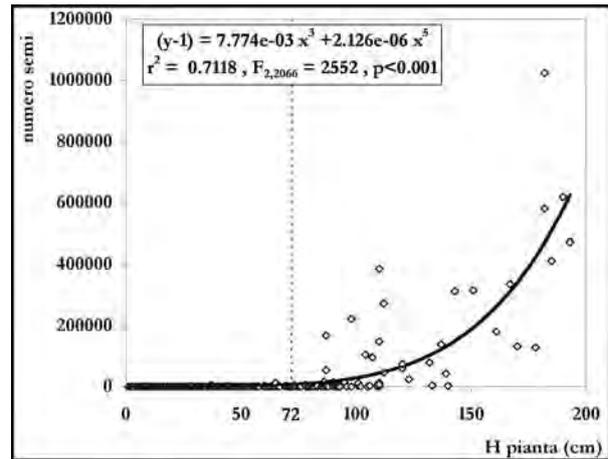


Fig. 1

Modello di regressione lineare tra altezza e numero di semi prodotti da ciascuna pianta.

Linear regression model between plant height and seed production.

modo altamente significativo. La curva evidenzia un primo gruppo di piante senza o quasi produzione di semi; superata una soglia critica, le piante di *S. japonica* iniziano a fruttificare e conseguentemente a produrre semi in misura crescente e quasi esponenziale intorno a 2 m di altezza.

La *unbiased recursive binary partitioning* ha consentito di determinare che ad un'altezza maggiore di 72 cm corrisponde statisticamente una maggior frequenza di piante che fruttificano ($p < 0.001$).

Banca di semi

Il tipo di banca di semi che *S. japonica* potrebbe costituire è deducibile dal grafico in Fig. 2.

La banca di semi che una specie può formare corrisponde a tre tipi fondamentali (BAKKER, 1989; THOMPSON *et al.*, 1997): transiente con semi persistenti meno di 1 anno (TRANS 1); transiente con semi persistenti tra 1 e 5 anni (TRANS 2); e persistente con

TABELLA 2

Valori di alcuni caratteri riproduttivi di *Spiraea japonica* (N: numero di campioni).

Selected reproductive characters in *Spiraea japonica* (N: sample number).

Caratteri	N	mediana	media	err.st.	min.	max.
pianta						
infiorescenze x pianta (num.)	77	1.0	3.3	0.4	1	23
fiori x infiorescenze (num.)	121	142	465	44	6	1340
follicoli x fiore (num.)	4537	5.0	5.0	0.0	2	6
semi x follicolo (num.)	306	8.0	8.0	0.7	6	11
semi x pianta (num.)	77	6376	86321	20046	225	1023874
seme						
lunghezza (mm)	10	1.374	1.397	0.003	1.260	1.542
larghezza (mm)	10	0.393	0.395	0.008	0.351	0.428
spessore (mm)	10	0.290	0.280	0.010	0.221	0.313
peso x 10 semi (mg)	75	0.603	0.607	0.006	0.500	0.755

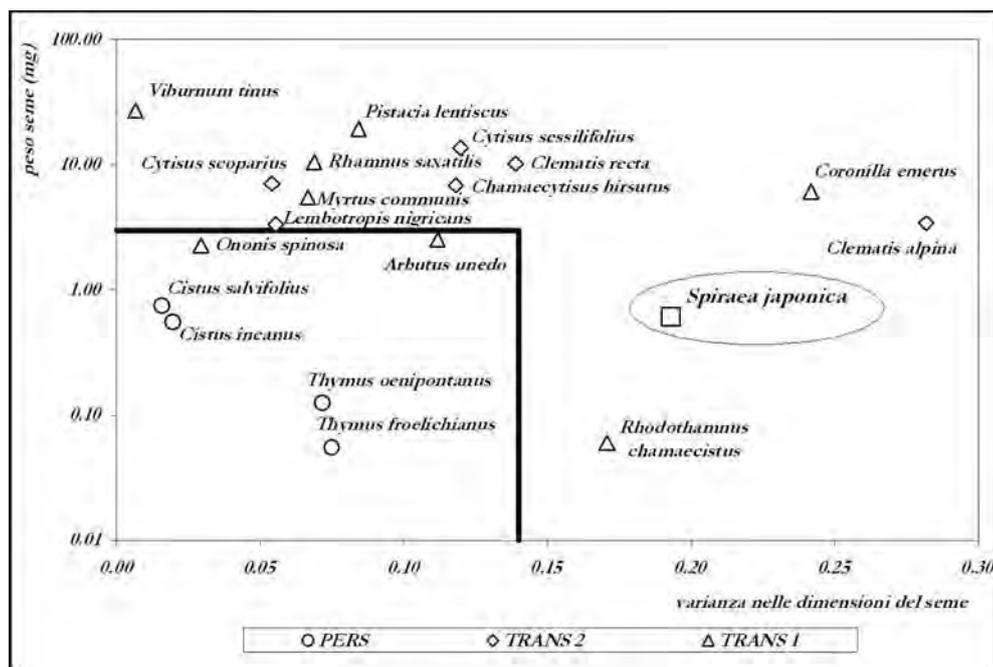


Fig. 2

Relazione tra peso e varianza nelle dimensioni del seme. Le linee individuano le soglie indicate da THOMPSON *et al.* (2001) per suddividere le specie con banche di semi persistenti (PERS) da quelle transienti (TRANS 1 e TRANS 2). Sono riportate, oltre a *S. japonica*, altre specie con forma biologica simile (da CERABOLINI *et al.*, 2003).

Relationship between weight and variance of seeds. Lines reveal thresholds defining species with persistent (PERS) or transient (TRANS 1 and TRANS 2) seed bank after THOMPSON *et al.* (2001). In addition to *S. japonica*, several species with the same life form are plotted (from CERABOLINI *et al.*, 2003).

semi che sopravvivono per almeno 5 anni (PERS).

Si desume pertanto che i semi leggeri e fusiformi di *S. japonica* non dovrebbero formare una banca di semi persistenti, essendo collocati al di fuori delle soglie stabilite da THOMPSON *et al.* (2001). In particolare, è la varianza nelle dimensioni, quindi la forma del seme, a determinarne lo status di banca transiente, date le difficoltà di seppellimento.

Germinazione dei semi

Unicamente per il test mag/l si sono osservati tassi di germinazione maggiori del 92%; inoltre i semi non germinati alla fine del test sono risultati non vitali.

Nei restanti tre test (mag/b, nov/l e nov/b) non si sono osservati semi germinati, tranne 1 seme in due repliche di mag/b. Nelle Petri di questi tre test, portati nelle condizioni di incubazione del test mag/l, i semi sono tuttavia prontamente germinati con frequenze tra 88% e 100%, equiparabili a quella osservata in mag/l. Anche alla fine di questi test, i semi non germinati sono risultati non vitali.

Fattori ambientali che influiscono sul ciclo riproduttivo

Nella Tab. 3 è riportato il modello per la stima del numero di esemplari di *S. japonica* in fioritura in ciascun *plot*. Il modello, stimato tramite GLM, è statisticamente significativo (McFadden's $\rho^2 = 0.701$; $\chi^2_{df=2} = 101.5$; $p < 0.001$).

TABELLA 3

Valori dei coefficienti stimati tramite GLM nel modello che interpreta il numero di esemplari fiorenti di *S. japonica* in ciascun *plot*.

Coefficient values calculated via GLM in the model that estimates *S. japonica* specimens flowering in each *plot*.

	coefficiente	err. st.	z	p
intercetta	-2.0927	0.3962	5.282	<0.001
sito	+2.9418	0.4304	6.834	<0.001
scarpata	+1.3863	0.2303	6.020	<0.001

Dei quattro fattori ambientali considerati (sito, scarpata, LAI e suolo), il modello ne mantiene soltanto due: il grado di disturbo (sito) e l'ubicazione del *plot* (scarpata). La variabile sito mostra un coefficiente maggiore rispetto a quello di scarpata, per cui influisce maggiormente sul numero di esemplari fiorenti. Poiché i coefficienti per entrambe le variabili sono positivi, si può dedurre che all'aumentare del grado di disturbo, sia nel bosco che sulla scarpata, aumenta la possibilità di rinvenire piante di *S. japonica* in fioritura.

Nella Tab. 4 è riportato il modello per la stima della produzione di semi in relazione ai fattori ambientali analizzati. Il modello, stimato tramite regressione lineare, è risultato altamente significativo ($r^2 = 0.439$; $F_{df=1,22} = 17.24$; $p < 0.001$).

TABELLA 4

Valori dei coefficienti stimati tramite regressione lineare nel modello che interpreta il numero semi prodotti in ciascun plot.

Coefficient values calculated via linear regression in the model that estimates seed production in each plot.

	coefficiente	err. st.	t	p
intercetta	+5.7762	0.3331	17.338	<0.001
LAI	-3.0805	0.7419	4.152	<0.001

Dei quattro fattori considerati, il modello ne mantiene soltanto uno, il *Leaf Area Index* (LAI). Il coefficiente stimato è negativo e pertanto il LAI influisce negativamente sulla produzione di semi.

Nella Tab. 5 è riportato il modello per la stima della consistenza del numero di semenzali in ciascun plot. Il modello, stimato tramite GLM, è statisticamente significativo (McFadden's $\rho^2 = 0.519$; $\chi^2_{df=4} = 1788.4$; $p < 0.001$).

TABELLA 5

Valori dei coefficienti stimati tramite GLM nel modello che interpreta il numero di semenzali di *S. japonica* in ciascun plot.

Coefficient values calculated via GLM in the model that estimates *S. japonica* seedlings in each plot.

	coefficiente	err. st.	z	p
intercetta	-2.2365	0.3479	6.429	<0.001
sito	+4.7601	0.2939	16.198	<0.001
scarpata	+1.4913	0.1162	12.835	<0.001
LAI	-0.9021	0.3190	2.828	=0.005
suolo	+3.1125	0.1489	20.905	<0.001

Il modello mantiene tutte le variabili considerate. Il coefficiente stimato assume un valore negativo solamente per la variabile LAI; ovvero, aumentando il grado di copertura fogliare, diminuisce la probabilità di osservare semenzali di *S. japonica*. In antitesi, il grado di disturbo nel sito è la variabile con il coefficiente più elevato e quindi rappresenta il fattore che più incide sul numero di semenzali. Un'influenza positiva è esercitata anche dalla presenza di suolo nudo, mentre minore appare quella della posizione del plot lungo il transetto (scarpata/bosco).

DISCUSSIONE

Data l'estrema variabilità di *S. japonica* in natura ed anche in coltivazione, si è innanzitutto constatato come il *taxon* rappresentato dalla popolazione presente nell'area di studio corrisponda alla var. *fortunei* Rehd., sulla base delle caratteristiche morfologiche ed in particolare per le foglie glabre su entrambe le pagine, il margine doppiamente seghettato e l'infiorescenza pubescente (LU, CRINAN, 2003). Particolarità della var. *fortunei* è quella di essere l'unica varietà tetraploide presente nel complesso di *S. japonica*

(ZHANG *et al.*, 2002). Inoltre, la var. *fortunei* è il *taxon* che risulta naturalizzato e invasivo in molti Stati della costa atlantica nord americana (USDA NATURAL RESOURCE CONSERVATION SERVICE, 2008). I dati raccolti e le analisi effettuate nel presente studio hanno confermato la notevole capacità riproduttiva di *S. japonica* e il ruolo fondamentale del disturbo antropico come fattore che indirettamente favorisce la sua già elevata abilità dispersiva.

Nell'area di studio *S. japonica* presenta piante che divengono mature, cioè fiorenti e fruttificanti, quando raggiungono i 72 cm circa. I siti in cui la presenza diviene piuttosto consistente sono quelli sottoposti a prelievo forestale (siti 3 e 4) ed in particolare l'area di scarpata, dove la vicinanza ad una strada impone il ricorrente contenimento della vegetazione. Il disturbo indebolisce la componente stabile della vegetazione e in particolare quella autoctona, creando le condizioni idonee per la fioritura e la diffusione di *S. japonica*.

La produzione di semi è esclusivamente condizionata dalla copertura boschiva, ovvero influenzata dalla quantità di luce che filtra dalla *canopy*. Occorre ricordare che *S. japonica* preferisce posizioni in sole pieno, pur tollerando un ombreggiamento parziale (GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE, 2005). La specie è per di più adattata ad un ampio *range* di condizioni edafiche, sebbene il suo sviluppo sia limitato da un'eccessiva aridità del suolo, in quanto molto sensibile alla siccità (PERCIVAL, SHERIFFS, 2002).

Il dato sicuramente più sbalorditivo è l'elevatissimo numero di semi che una singola pianta può produrre nell'arco di una sola stagione vegetativa. Bisogna considerare tuttavia che i semi prodotti da *S. japonica* presentano dimensioni nell'ordine di 1 mm e il peso totale dei semi prodotti da un individuo è al massimo di poco superiore a 60 g. È stato constatato che nell'area di studio la specie si riproduce esclusivamente tramite semi e mai per via vegetativa, nonostante la capacità di rivegetare prontamente dopo il taglio.

I risultati dei test di germinazione indicano che i semi di *S. japonica* al momento del rilascio non esibiscono alcun tipo di dormienza, ma la germinazione è essenzialmente controllata dal regime di temperatura/fotoperiodo. Sono infatti necessari valori di temperatura simili a quelli riscontrabili nel mese di maggio, periodo in cui è stata anche osservata la maggior germinazione nell'area di studio. L'assenza di germinazione a bassa temperatura può essere interpretata sulla base della maggiore capacità di resistenza del seme rispetto alle plantule durante la stagione invernale. La presenza di semenzali è statisticamente correlata con la presenza di suolo nudo e di basse coperture della *canopy*, situazioni che abbinate al disturbo della vegetazione garantiscono un buon irraggiamento sulla superficie del terreno.

Secondo PYŠEK *et al.* (2004) le specie esotiche invasive sono spesso caratterizzate da un elevato tasso riproduttivo. Anche per *S. japonica* si riscontra questo carattere, con un elevato tasso di vitalità dei semi e la cospicua produzione di semenzali in condizioni ecologiche idonee.

Secondo REMALEY (2005) i semi possono persistere per molti anni nel suolo, ed in effetti la mancanza di luce inibisce la germinazione dei semi, anche in presenza di adeguate temperature. È quindi plausibile che *S. japonica* formi una banca transiente con semi persistenti tra 1 e 5 anni (TRANS 2). Tuttavia, appare necessario predisporre una valutazione diretta del tipo di banca sepolta di semi, ai fini di confermare questo adattamento anche per la popolazione di *S. japonica* presente nell'area di studio.

In definitiva *S. japonica* può essere dunque considerata una specie infestante in grado di inquinare la componente floristica di un ecosistema e possibilmente alterarne la composizione e le funzioni. Occorre comunque precisare che *S. japonica* non sembra avere effetti diretti sulla flora autoctona (ESSL, 2005), aspetto confermato anche da MORITA *et al.* (2005) per quanto concerne i composti terpenici contenuti nelle foglie e nell'apparato radicale di *S. japonica*, che non danno origine a effetti allelopatici.

CONCLUSIONI

Il presente studio ha consentito di delineare le strategie riproduttive della neofita invasiva *S. japonica*, allo scopo di pianificare interventi mirati al controllo e/o all'eradicazione delle popolazioni di questa specie esotica.

Il successo di *S. japonica* è legato primariamente al suo elevato potenziale riproduttivo. La produzione di semi da parte di ogni pianta può infatti risultare elevatissima; inoltre, i semi non presentano alcun tipo di dormienza, per cui al presentarsi delle condizioni ambientali ottimali, germinano abbondantemente (maggio). Durante la stagione vegetativa la crescita delle piante procede a ritmi sostenuti e queste superano agevolmente in competizione molte specie autoctone. Le condizionali ottimali sembrano riproporsi soprattutto in relazione al disturbo operato da interventi di sfoltimento della copertura boschiva e più in generale di riduzione del manto vegetale (es. manutenzione stradale).

Tenuto conto degli aspetti biologici della specie messi in luce nel presente studio, gli interventi di contenimento proposti possono essere dunque i seguenti:

- evitare la formazione di estese aperture nella *canopy*, garantendo quanto più possibile coperture stabili di alberi e/o arbusti;
- realizzare interventi di pacciamatura su suolo nudo (es. lettiera o corteccia) in modo tale da impedire la germinazione dei semi e la crescita delle plantule;
- gestire gli ambienti marginali caratterizzati da elevato disturbo (es. scarpate stradali), dai quali inizia la diffusione di *S. japonica*, consentendo la crescita di piante autoctone caratterizzate da una elevata capacità di copertura (es. *Poaceae*).

Qualora *S. japonica* si sia già stabilita all'interno di una fitocenosi, un primo intervento possibile è costituito dal taglio dei fusti. Tale operazione, in accordo con REMALEY (2005), deve essere necessariamente eseguita prima della maturazione dei frutti (fine otto-

bre) o almeno una volta per stagione vegetativa e il più vicino possibile al livello del terreno. Occorre comunque evitare che le piante arrivino ad un'altezza di circa 70 cm, dimensione per cui si riscontra l'inizio della fioritura e quindi della fruttificazione.

Tenendo conto dei meccanismi biologici che rendono *S. japonica* una specie particolarmente invasiva, il controllo della sua diffusione risulta problematico. Le difficoltà sembrano soprattutto legate al degrado e ai fenomeni di disturbo che affliggono i boschi della regione Lombardia, nonché alle attuali modalità di gestione della vegetazione spontanea che non considerano affatto le facilitazioni offerte alle specie esotiche invasive.

LETTERATURA CITATA

- BAKKER J.P., 1989 – *Nature management by grazing and cutting*. Kluwer, Dordrecht.
- BASKIN C.C., BASKIN J.M., 1998 – *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press, San Diego.
- CERABOLINI B., CERIANI R.M., CACCIANIGA M., DE ANDREIS R., RAIMONDI B., 2003 – *Seed size, shape and persistence in soil: a test on Italian flora from Alps to Mediterranean coasts*. Seed Sci. Res., 13: 75-85.
- COLAUTTI R.I., MACISAAC H.J., 2004 – *A neutral terminology to define 'invasive' species*. Diversity Distrib., 10: 135-141.
- CONTI F., ABBATE G., ALESSANDRINI A., BLASI C., 2005 – *An annotated checklist of the Italian vascular flora*. Palombi, Roma.
- DUKES J.S., MOONEY H.A., 1999 – *Does global change increase the success of biological invaders?* Trends Ecol. Evol., 14: 135-139.
- ESSL F., 2005 – *Ausbreitung und beginnende Einbürgerung von Spiraea japonica in Österreich*. Bot. Helv., 115: 1-14.
- GIACOMINI V., 1950 – *Contributo alla conoscenza della flora lombarda (con osservazioni sistematiche e fitogeografiche)*. Atti Ist. bot. Lab. crittogam. Univ. Pavia, serie 5, vol. 9: 129-188.
- GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE, 2005 – *Spiraea japonica (shrub)*. <http://www.invasivespecies.net/database/species/ecology.asp?si=622&fr=1&sts=sss> (accesso 04/04/2008).
- GOLA G., 1928 – *Spiraea salicifolia L. e Spiraea callosa Thunb. avventizie sul lago Maggiore*. Nuovo Giorn. Bot. Ital., 35: 161.
- KLEIH M., 2007 – *La flora del Monte Sangiano (Provincia di Varese, Italia settentrionale)*. Inform. Bot. Ital., 39: 99-112.
- KRÜSSMANN G., 1978 – *Manual of cultivated broad-leaved trees & shrubs. III*. Timber Press, Portland.
- HOTHORN T., HORNIK K., ZEILEIS A. 2006 – *Unbiased Recursive Partitioning: A Conditional Inference Framework*. J. Comput Graph. Stat., 15: 651-674.
- LU L., CRINAN A., 2003 – *Spiraea*. In: WU Z.Y., RAVEN P.H., HONG D.Y. (Eds.), *Flora of China*, 9: 47-73. (Pittosporaceae through Connaraceae). Science Press, Beijing, e Missouri Botanical Garden Press, St. Louis. pp.
- MACCHI P., 2005 – *La flora della provincia di Varese*. Provincia di Varese, Varese.
- MANIERO F., 2000 – *Fitocronologia d'Italia*. Leo S. Olshcki, Firenze.
- MAXWELL H.S., KNEES S.G., 1995 – *Spiraea Linnaeus*. In: CULLEN J., ALEXANDER J.C.M., BRADY A., BRICKELL C.D., GREEN P.S., HEYWOOD V.H., JORGENSEN P.M.,

- JURY S.L., KNEES S.G., LESLIE A.C., MATTHEWS V.A., ROBSON N.K.B., WALTERS S.M., WIJNANDS D.O., YEO P.F. (Eds.), *The European garden flora. IV*: 331-341. Cambridge University Press, Cambridge.
- MILLER D.M., 2003 – *Spiraea japonica with coloured leaves*. RHS Plant Trials and Awards, Bulletin Number 4 (November). Royal Horticultural Society, Woking.
- MORITA S., ITO M., HARADA J., 2005 – *Screening of an allelopathic potential in arbor species*. Weed Biol. Manag., 5: 26-30.
- PERCIVAL G.C., SHERIFFS N., 2002 – *Identification of drought-tolerant woody perennials using chlorophyll fluorescence*. J. Arboric., 28: 215-222.
- PIGNATTI S., 1982 – *Flora d'Italia*. Edagricole, Bologna.
- PIMENTAL D., LACH L., ZUNIGA R., MORRISON D., 2000 – *Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States*. Bioscience, 50: 53-65.
- POTTER D., STILL S.M., GREBENC T., BALLIAN D., BOŽIČ G., FRANJLJE J., KRAIGHER H., 2007 – *Phylogenetic relationships in tribe Spiraeae (Rosaceae) inferred from nucleotide sequence data*. Plant Syst. Evol., 266: 105-118.
- PYŠEK P., RICHARDSON D.M., REJMÁNEK M., WEBSTER G.L., WILLIAMSON M., KIRSCHNER J., 2004 – *Aliens plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists*. Taxon, 53: 131-143.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2006 – *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- REHDER A., 1940. *Manual of cultivated trees and shrubs*. Dioscorides Press, Portland.
- REMALEY T., 2005 – *Japanese Spiraea*. Plant Conservation Alliance's Alien Plant Working Group. <http://www.nps.gov/plants/alien/fact/pdf/spja1.pdf> (accesso 03/04/2008).
- RICHARDSON D.M., PYŠEK P., REJMÁNEK M., BARBOUR M.G., PANETTA F.D., WEST C.J., 2000 – *Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions*. Divers. Distrib., 6: 93-107.
- THOMPSON K., BAKKER J.P., BEKKER R.M., 1997 – *The soil seed banks of North West Europe: Methodology, density and longevity*. Cambridge University Press, Cambridge.
- THOMPSON K., BAND, S.R., HODGSON J.G., 1993 – *Seed size and shape predict persistence in soil*. Funct. Ecol., 7: 236-241.
- THOMPSON K., JALILI A., HODGSON J.G., HAMZEH'EE B., ASRI Y., SHAW S., SHIRVANY A., YAZDANI S., KHOSHNEVIS M., ZARRINKAMAR F., GHAHRAMANI M.-A., SAFAVI R., 2001 – *Seed size, shape and persistence in the soil in an Iranian flora*. Seed Sci. Res., 11: 345-355.
- USDA NATURAL RESOURCE CONSERVATION SERVICE, 2008 – *Plants Profile*. <http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=SPJAF> (accesso 03/04/2008).
- VIEGI L., CELA RENZONI G., GARBARI F., 1974 – *Flora esotica d'Italia*. Lav. Soc. Ital. Biogeogr., 4: 124-220.
- VITOUSEK P.M., D'ANTONIO C.M., LOOPE L.L., WESTBROOKS R., 1996 – *Biological invasions as global environmental change*. Am. Sci., 84: 468-478.
- WILLIAMSON M., 1999 – *Invasions*. Ecography, 22: 5-12.
- ZHANG Z.-Y., FAN L., YANG J., HAO X., GU Z.-J., 2006 – *Alkaloid polymorphism and ITS sequence variation in the Spiraea japonica complex (Rosaceae) in China: traces of biological effects of the Himalaya-Tibet Plateau uplift*. Am. J. Bot., 93: 762-769.
- ZHANG Z.-Y., SUN H., AND GU Z.-J., 2002. – *Karyomorphological study of the Spiraea japonica complex (Rosaceae)*. Brittonia, 54: 168-174.

RIASSUNTO - La presente ricerca ha come scopo la definizione delle strategie riproduttive di una neofita, *Spiraea japonica* L., ai fini di indirizzarne gli interventi di controllo sull'invasività. I dati raccolti e le analisi effettuate hanno dimostrato che il successo di *S. japonica* è legato primariamente al suo elevato potenziale riproduttivo. Le condizioni più favorevoli alla chiusura del ciclo vitale della specie sembrano riproporsi soprattutto in relazione al disturbo operato da interventi di sfoltimento della copertura boschiva. Gli interventi di contenimento proposti possono essere riconducibili in massima parte al mantenimento di una copertura stabile del suolo e alla rimozione degli esemplari in procinto di fioritura.

AUTORI

Guido Brusa, Matteo Sartori, Bruno Cerabolini, Dipartimento di Biologia Strutturale e Funzionale, Università dell'Insubria Via Dunant 3, 21100 Varese, e-mail: guido.brusa@uninsubria.it