



APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Atti Convegno

Colture a scopo energetico e ambiente.
Sostenibilità, diversità e conservazione
del territorio

Roma, 5 ottobre 2006

Informazioni legali

L'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici e le persone che agiscono per conto dell'Agenzia stessa non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici
Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma
www.apat.it

APAT - Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici
Dipartimento Difesa della Natura
Via Curtatone 3 – 00185 ROMA

Testo disponibile sul sito web www.apat.it

© APAT - 2007

ISBN 978-88-448-0304-9

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

APAT

Grafica di copertina: Franco Iozzoli
Foto di copertina: Paolo Orlandi

Coordinamento tipografico

Olimpia Girolamo - Michela Porcarelli - Simonetta Turco
APAT - Servizio Stampa ed editoria
Ufficio Pubblicazioni

Impaginazione e stampa

I.G.E.R. srl - Viale C. T. Odiscalchi, 67/A - 00147 Roma

Stampato su carta TCF

Finito di stampare Maggio 2007

TERRITORIO E SOSTENIBILITÀ

ESPANSIONE DELLE COLTURE DA BIOMASSA SUL TERRITORIO ITALIANO: INCOGNITE LEGATE ALL'INTRODUZIONE DI SPECIE ALIENE POTENZIALMENTE INVASIVE

ROBERTO CROSTI, VANNA FORCONI

APAT - Dipartimento Difesa Natura-Servizio Agricoltura

Sommario

La riduzione degli habitat e l'espansione delle specie aliene invasive sono considerate tra le maggiori responsabili per il rischio di estinzione delle specie spontanee di tutti i continenti. In Italia sono centinaia le specie di piante vascolari aliene considerate invasive e molti sono gli habitat dove queste specie si riproducono e si sono naturalizzate. L'impatto di queste specie sugli ecosistemi è negativo sia dal punto di vista naturalistico che economico. Con l'espansione, in diverse zone pedoclimatiche, delle colture da biomassa su tutto il territorio nazionale il rischio della proliferazione di specie aliene potrebbe aumentare. Le caratteristiche autoecologiche delle specie invasive coincidono con le caratteristiche delle specie colturali a maggior rendimento e tipiche di efficienti specie pioniere che competono efficacemente con la flora spontanea, soprattutto su suoli primitivi e degradati. Anche in Italia con l'avvento su tutto il territorio di colture da biomassa, le aree degradate (come coltivi abbandonati), i margini dei coltivi e le aree frammentate potrebbero essere a rischio di invasione da parte di specie aliene che in seguito potrebbero insidiarsi nei residui di vegetazione spontanea all'interno degli agroecosistemi. Una valutazione del rischio di invasività, autoecologia delle specie ed una visione globale della invasività nelle altre aree del globo sono informazioni necessarie al fine di ridurre eventuali espansioni in habitat naturali di specie aliene usate per produzione di biomasse.

Introduzione

Il crescente consumo di energia dei paesi industrializzati, le instabilità economiche e politiche dell'approvvigionamento di combustibili fossili da Paesi terzi e l'inquinamento atmosferico prodotto dall'utilizzo di questi combustibili hanno favorito il sempre maggiore ricorso all'utilizzo di energia proveniente da fonti rinnovabili come le "biomasse", cioè l'utilizzo di massa vegetale proveniente da colture agro-forestali per la produzione di energia. L'impiego, su scala industriale, di materiale vegetale per energia se da una parte, a parità di energia consumata, riduce le emissioni di gas serra in quanto utilizza CO₂ denominata "fresca", cioè non originata da combustibile fossile, dall'altra corre il rischio di creare un impatto negativo sull'ambiente; da qui la necessità di appurare attentamente i potenziali rischi per l'ambiente dell'espansione delle colture proposte per la produzione di energia e verificare accuratamente le condizioni affinché il loro utilizzo possa essere compatibile con gli ecosistemi naturali. In un recente report (EEA 2006), la stessa Agenzia Europea per l'Ambiente sottolinea la necessità di analizzare, sotto molteplici aspetti, la compatibilità ambientale della produzione di biomasse.

Un aspetto poco considerato e che solo ultimamente sta preoccupando naturalisti ed ecologi (Raghu et al. 2006), è il rischio che le specie aliene utilizzate per la produzione di biomassa possano espandersi negli habitat naturali e creare danni sia agli ecosistemi sia alla biodiversità. Le specie utilizzate per le biomasse, infatti, oltre ad essere scelte per la loro elevata produttività, sono anche coltivate in grande quantità su ampie estensioni in tutto il territorio nazionale e con introduzioni periodiche; tutte queste sono caratteristiche ecologiche e colturali che le rendono specie con elevate capacità invasive (Kovacic 2003 in Schrader 2005).

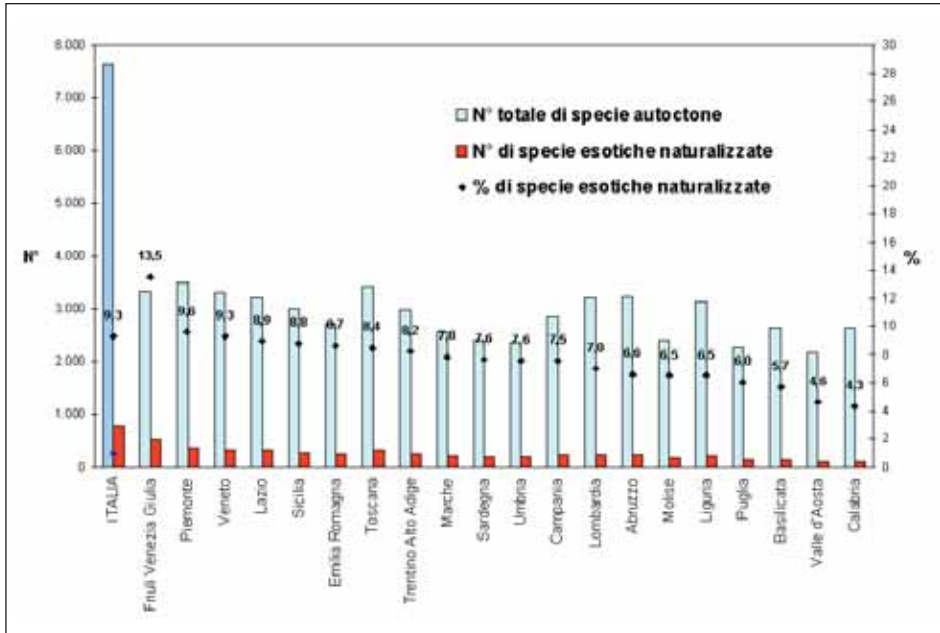
Le specie aliene, definizioni e distribuzione in Italia

Una specie aliena è una specie che si è dispersa al di fuori del suo areale naturale in maniera accidentale o deliberata; i suoi sinonimi possono essere termini come 'specie esotica' o 'specie alloctona'. A seconda della loro frequenza e delle loro capacità di propagazione le specie aliene possono differenziarsi in: occasionali, la cui capacità riproduttiva nel nuovo habitat è scarsa e quindi sopravvivono solo poche generazioni; naturalizzate, nel caso in cui si riproducono senza l'intervento umano e non creano danno agli habitat naturali; invasive, quando, grazie alle loro capacità riproduttiva, invadono gli habitat, mettendo a rischio la presenza di specie native e alterando l'ecosistema. Le invasive possono anche definirsi "nocive" quando la loro propagazione è tale da essere considerata un serio danno ecologico ed economico. Le aliene invasive possono essere anche descritte in funzione dell'ecologia dell'habitat dove crescono; abbiamo così le aliene: "*disturbance*", "*agricolture*" e "*environmental*" a seconda se l'habitat è degradato (anche all'interno di un habitat naturale), oppure se agricolo o naturale.

La distruzione degli habitat e l'espansione delle specie aliene invasive sono considerate le maggiori responsabili per il rischio di estinzione delle specie spontanee di tutti i continenti. Nell'articolo 8 (h) della Convenzione sulla Diversità Biologica del 1992, di cui l'Italia è Stato firmatario nel 1994, si sottolinea il rischio delle specie esotiche per gli ecosistemi naturali impegnando i Paesi contraenti a vietare l'introduzione e, se già presenti, ad eradicare esotiche invasive. Hurka (2002) cita infatti che: "*Le specie aliene sono fra le principali cause per la perdita della biodiversità, seconda solo alla distruzione degli habitat*".

In Italia sono presenti centinaia di specie di piante vascolari aliene considerate invasive (Viegi 2001) e sono diversi gli habitat dove queste specie si riproducono e si sono naturalizzate. Al momento sono censite 6711 spontanee e 782 specie aliene (Conti *et al.*, 2005). Nell'Annuario dei Dati Ambientali APAT 2005-2006 (2006) il numero e la distribuzione regionale delle specie esotiche naturalizzate è stato inserito come indicatore del *livello di minaccia di specie vegetali* (Fig.1 e Tabella 1).

Figura 1 - Piante vascolari autoctone e specie esotiche naturalizzate



Fonte: Anuario Apat 2005-2006

Tabella 1 - Numero totale di specie autoctone e di specie esotiche naturalizzate per regione

Regione	Totale specie autoctone	Specie esotiche naturalizzate	Numero totale di specie (autoctone+esotiche)	Specie esotiche naturalizzate
	n.	n.	n.	%
Piemonte	3.510	372	3882	9,6
Valle d'Aosta	2.174	105	2279	4,6
Lombardia	3.220	244	3464	7,0
Trentino Alto Adige	2.984	268	3252	8,2
Veneto	3.295	336	3631	9,3
Friuli Venezia Giulia	3.335	521	3856	13,5
Liguria	3.131	217	3348	6,5
Emilia Romagna	2.726	259	2985	8,7
Toscana	3.435	317	3752	8,4
Umbria	2.360	193	2553	7,6
Marche	2.571	219	2790	7,8
Lazio	3.228	317	3545	8,9
Abruzzo	3.232	230	3462	6,6
Molise	2.412	169	2581	6,5
Campania	2.844	232	3076	7,5
Puglia	2.286	146	2432	6,0
Basilicata	2.636	159	2795	5,7
Calabria	2.629	119	2748	4,3
Sicilia	3.010	290	3300	8,8
Sardegna	2.407	199	2606	7,6
ITALIA	7.634	782	8.416	9,3

Fonte: Elaborazione APAT su dati tratti da Conti, Abbate, Alessandrini, Blasi, 2005 - *An annotated checklist of the Italian vascular flora*.
Min. Amb. D.P.N.; Dip. Biol. Veg., Univ. di Roma La Sapienza.

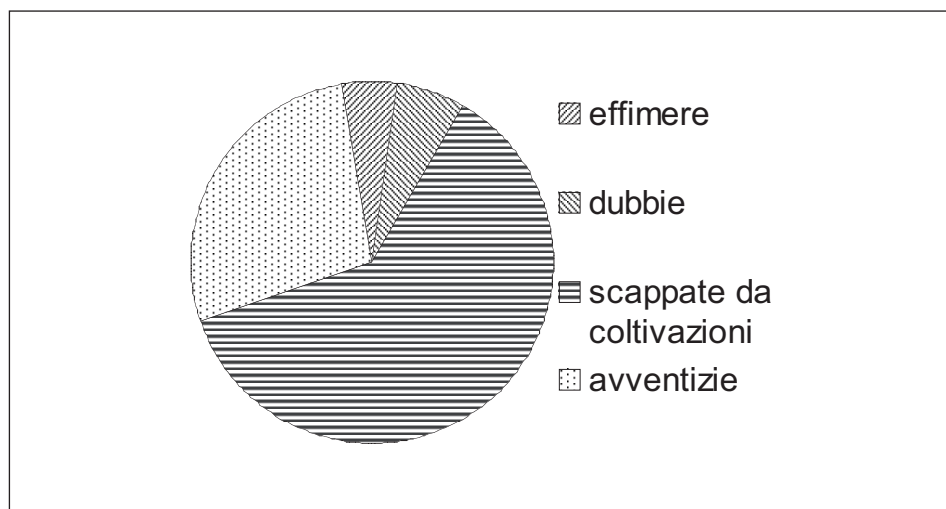
Fonte: Anuario Apat 2005-2006

Impatti sugli ecosistemi

L'impatto delle specie esotiche sugli ecosistemi naturali può essere dannoso sia dal punto di vista naturalistico sia da quello economico; ad esempio, *Sorghum halepense* (specie geneticamente affine al sorgo coltivato), è invasiva in tutta l'Italia e negli Stati Uniti; in quest'ultima Nazione, dove è considerata invasiva in 1/3 degli Stati, crea un danno stimato intorno ai 30 milioni di dollari all'anno (McWhorter 1993). Le specie aliene invasive sono infatti responsabili del cambiamento sia della frequenza delle specie autoctone sia della struttura della vegetazione spontanea (Mooney et al. 2000; Crosti et al. 2007). Il ripristino degli ecosistemi impattati comporta elevati costi economici. Oltre ad essere ecologico, il danno può essere anche di tipo agronomico (Pimentel et al. 2005) per l'invasione nelle coltivazioni destinate ad uso alimentare, ed archeologico per la crescita delle piante su manufatti storici (Celesti-Grappo et al. 2004), quest'ultimo risulta particolarmente importante in un Paese ad elevata valenza di turismo storico-culturale come l'Italia.

Echinochloa colona e *Sorghum halepense* sono specie esotiche il cui ingresso è legato alle colture del riso. La prima introdotta come coltura alternativa, la seconda attraverso sementi non pure. Queste specie sono diventate invasive in diversi habitat di molte regioni italiane; entrambe le specie sono considerate infestanti in agricoltura e sono causa di danno economico sia per i costi di eradicazione sia per la minor resa nel raccolto. La specie affine *Sorghum bicolor*, con le sue diverse varietà, è una specie proposta per coltura da biomassa in Italia nonostante venga considerata in diversi Paesi una aliena invasiva. Con l'espansione nelle diverse zone pedoclimatiche del territorio nazionale di "nuove" colture per biomassa, potrebbe aumentare il rischio della proliferazione di specie aliene e di genotipi non locali. Dati recenti (Viegi 2001) dimostrano che più del 60% delle specie aliene invasive sono introdotte da coltivazioni agricole o sono in qualche modo collegate alle colture ornamentali (Fig. 2).

Figura 2 - Categorie di specie aliene invasive in Italia

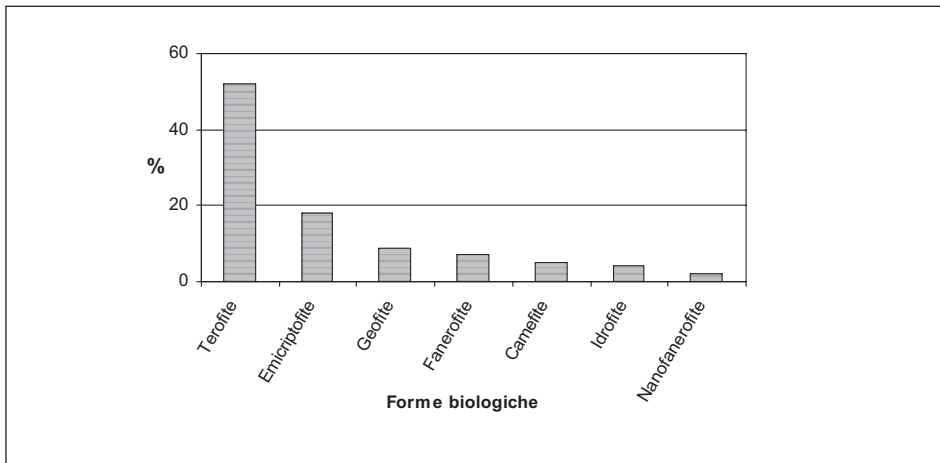


Fonte: Viegi 2001.

Le specie aliene nei diversi habitat e le nuove specie proposte per biomassa

Molte delle caratteristiche autoecologiche delle specie invasive coincidono con le caratteristiche di quelle colturali usate per produzione di biomassa, come ad esempio: elevato grado di riproduzione e corto periodo rigenerativo (più del 50% delle aliene invasive in Italia sono terofite - Fig.3); elevato grado di dispersione e diffusione; plasticità fenotipica; grande "range" di distribuzione; precoce germinazione; efficienza della plantula nell'assorbimento idrico; banca semi persistente e dormienza eterogenea. Tutte queste sono caratteristiche tipiche anche di specie pioniere che competono efficacemente con la flora spontanea soprattutto su suoli primitivi e degradati.

Figura 3 - Forme biologiche di specie aliene invasive in Italia

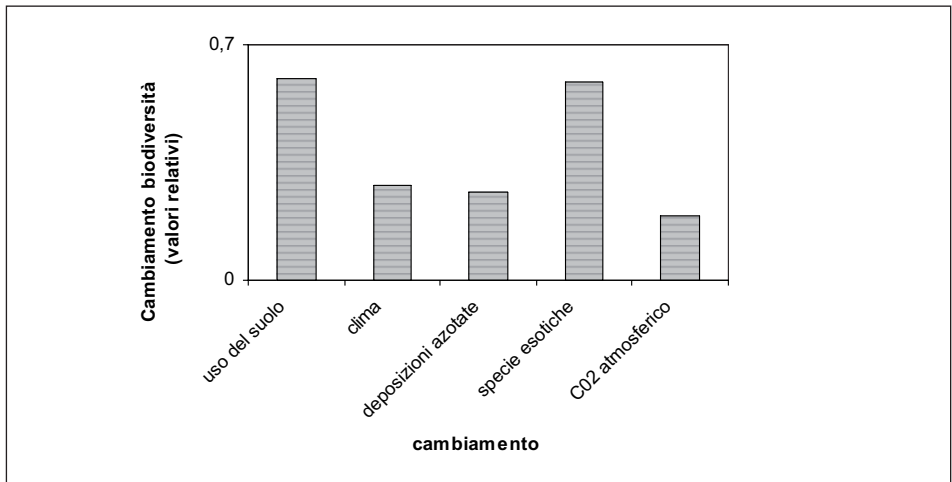


Fonte: Viegi 2001

L'habitat mediterraneo, caratterizzato da inverni piovosi ed estati calde, favorisce le produzioni agricole, ma anche la presenza di specie invasive di piante provenienti da regimi climatici simili. Non a caso in Sud Africa e nell'Australia Occidentale, il numero di specie esotiche è elevato e gran parte degli ecosistemi sono stati invasi da specie provenienti proprio da altre regioni a clima mediterraneo. Secondo i risultati di un modello di previsione che analizza la biodiversità globale nel 2100 (Sala et al. 2000), nel bioma mediterraneo la presenza di specie esotiche, insieme al cambiamento di uso del suolo, è considerata la maggiore "driving force" per il cambiamento di biodiversità (Fig.4).

Nel Sud Africa mediterraneo, per esempio, specie come *Cytisus scoparius*, *Nerium oleander*, *Lythrum salicaria*, *Ulex europaeus*, *Opuntia ficus-indica*, *Cirsium vulgare*, *Datura stramonium*, *Xanthium spinosus* sono considerate specie alloctone invasive e quindi dannose per gli ecosistemi. Allo stesso modo *Phalaris arundinacea*, una graminacea di ambiente umido temperato, spontanea in Italia, viene proposta negli Stati Uniti come specie per la coltivazione per biomassa, nonostante sia considerata invasiva di ambienti umidi e dannosa per gli habitat naturali nel Nord America (Morrison et al. 1999). Situazioni simili, anche se con specie non legate all'agricoltura, sono il caso di *Euphorbia terracina* negli habitat mediterranei australiani e di *Cirsium arvense* in gran parte del Nord America. Questi ultimi esempi dimostrano come delle specie, anche poco comuni nell'habitat originario, possano trasformarsi in invasive in altre regioni se

Figura 4 - Effetto dei principali cambiamenti nel bioma Mediterraneo e previsione del cambiamento della biodiversità in una previsione nel 2100



Fonte: Sala et al. 2000.

trovano diverse condizioni ambientali in particolare minore competizione da parte delle specie "residenti" e l'assenza di predatori e/o patogeni (Blumenthal 2006).

Miscanthus sinensis e il suo ibrido *Miscanthus x giganteus* sono tra le specie proposte per coltivazioni da biomasse in Italia. La prima viene considerata invasiva in diversi Paesi mentre la seconda, un allopoliploide che non produce semi vitali, ha una elevata riproduzione vegetativa dai rizomi tale da renderla potenzialmente invasiva. Per quest'ultima, al rischio di proliferazione vegetativa, si unisce anche il rischio che l'allopoliploidia non sempre può garantire la permanenza di sterilità (Gray et al. 1991).

Panicum virgatum, che ha molte caratteristiche riproduttive in comune con il miscanto possiede in aggiunta la capacità di elevata produzione di semi, fatto che rende il panico ancora più invasivo. Il *P. virgatum* è infatti considerato una specie invasiva in molte parti del mondo (Randal et al. 1996), l'assenza di competitori e di nemici naturali sono tra le motivazioni che favoriscono l'invasività di questa specie (Forman 2003).

Crambe abyssinica è un'altra delle specie proposte e sperimentate per la produzione di biomassa e la sua coltivazione risulta economicamente conveniente anche per la produzione di semi da olio. I semi, che la pianta produce in grandi quantità, hanno una dormienza anche "post raccolto" tipica dei *taxa* "non domesticati" (mantengono cioè caratteristiche tipiche delle spontanee). Questa particolarità fa sì che plantule di *C. abyssinica* possano emergere anche ad anni di distanza dal raccolto rendendola così potenziale invasiva.

Kochia scoparia è una specie eurasiatica particolarmente tollerante all'aridità e per questa sua caratteristica è tra quelle proposte per la produzione di biomassa in aree mediterraneo-aride. Negli Stati Uniti, dove la specie è già utilizzata per la produzione di energia, è diventata un'invasiva in parecchie regioni tanto che sono stati elaborati dei protocolli specifici per la sua prevenzione ed eradicazione.

Helianthus tuberosus, topinambur, è una specie originaria del Nord America conosciuta per la sua elevata produttività. Produce grosse quantità di tuberi ricchi di carboidrati e per questo viene già utilizzata per la produzione di etanolo. La specie risulta invasiva in molti agroecosistemi dell'Europa a clima temperato (Hartmann et al. 1995; Weber et al. 2005). Diverso è il caso del carciofo *s.l.* alla cui specie, *Cynara cardunculus*, appartengono il car-

ciofo coltivato (var. *scolymus*), il "cardo" coltivato (var. *altilis*) ed il carciofo selvatico spontaneo (var. *sylvestris*). Il carciofo selvatico spontaneo ha caratteristiche tali da renderlo resistente allo stress idrico, pertanto diviene coltura vocata per territori particolarmente siccitosi (Raccuia et al. 2004a). Il genotipo della specie spontanea al momento è ben separato, sia geneticamente sia spazialmente, dalle varietà coltivate (Raccuia et al. 2004b), ma l'espansione e l'incremento delle colture di "cardo" per biomassa sono un potenziale pericolo per il rischio di inquinamento genetico del *taxon* spontaneo. L'espansione delle colture, infatti, favorisce il superamento delle barriere naturali di carattere morfologico, ecologico e geografico permettendo eventi di ibridazione in *taxa* filogeneticamente affini (Scalera 2001). Maggior danno si avrebbe dall'introduzione di genotipi di provenienza spagnola la cui capacità produttiva e di crescita è di gran lunga maggiore (da qui l'utilizzo per biomasse) dei genotipi presenti in Italia. L'espansione di questo nuovo genotipo potrebbe favorirne l'invasività a danno di molte altre specie spontanee con le quali riuscirebbe a competere più facilmente per risorse quali luce, acqua e spazio; questi genotipi hanno infatti elevata capacità riproduttiva, formazione di fitomassa e germinazione precoce.

Per quanto riguarda le specie arboree ed arbustive, utilizzate per le coltivazioni di "Short Forestry Rotation", oltre alla *Robinia pseudoacacia*, leguminosa la cui invasività nei terreni degradati è ben nota, potrebbe essere potenzialmente pericoloso l'uso di acacie come per esempio *Acacia saligna*. Tale leguminosa dotata di fillocladi si è dimostrata invasiva nell'habitat arbustivo del mediterraneo Sud Africano (Holmes et al. 1997) e introdotta in Italia negli anni '60, per scopi ornamentali e di consolidamento del terreno, è diventata abile competitora nei mantelli di bosco dell'Italia meridionale. Questa acacia ha una grande produzione di fitomassa e genera un elevato numero di semi vitali che probabilmente non hanno predatori.

In Italia le specie aliene invasive tendono a diffondersi in habitat degradati e/o disturbati mentre la loro frequenza è bassa negli habitat naturali. Gran parte delle specie introdotte, infatti, rimangono confinate ad habitat antropizzati ed alle coltivazioni (Celesti-Grapo 2004). Va però considerato che, se da una parte le specie esotiche riducono la loro presenza al progredire della serie della vegetazione, dall'altra ostacolano l'avanzare della serie stessa rallentando così il processo naturale di ripristino dell'habitat. Da qui la necessità di prevenzione, eradicazione e controllo delle specie alloctone invasive per il ripristino degli ecosistemi per la salvaguardia e il recupero delle funzioni e della biodiversità naturale (Hulme 2006). Tale necessità è evidenziata tra le azioni chiave del Piano Strategico Nazionale per le Politiche Agricole Comunitarie 2007-2013.

Nelle comunità vegetali naturali degli agroecosistemi mediterranei tipici della "wheat-belt" dell'Australia mediterranea, il disturbo del suolo e l'incremento di nutrienti sono tra le cause principali della frequenza di invasive annuali tipo *Avena fatua* (Hobbes et al. 1988). La disponibilità di risorse, in coincidenza con la disponibilità del germoplasma alloctono (Davis et al. 2000) è, infatti, uno dei fattori principali per l'invasione di specie aliene.

Per questo motivo le specie spontanee sono in grado di limitare l'espansione di quelle esotiche, che utilizzano le loro stesse risorse, con l'aumentare della loro diversità (Fargione et al. 2003). Con la coltivazione sul territorio italiano di vaste estensioni di colture da biomassa, gli agroecosistemi potrebbero essere più soggetti a rischio di invasione da parte di specie aliene alimentando così anche il sistema *source-sink* delle invasive. L'elevato numero di aree degradate/disturbate, infatti, può favorire l'espansione delle specie aliene che in questo tipo di habitat riescono ad avere una "performance" migliore. Solitamente il "disturbo" è un processo rilevante per il rinnovamento delle specie vegetali e viene considerato importante per la conservazione della biodiversità. In natura sono molte le cause di disturbo per la vegetazione come ad esempio incendi, frane, eventi atmosferici devastanti, ter-

remoti, vulcani. Se il disturbo si verifica in aree naturali la ricolonizzazione dell'area perturbata avviene grazie al germoplasma di specie spontanee proveniente dalle zone limitrofe. Nel caso di aree già di per sé degradate dal punto di vista naturalistico, quali quelle coltivate, che presentano anche una bassa diversità di germoplasma di specie spontanee, la presenza di grosse produzioni di specie esotiche per biomassa potrebbe essere un ulteriore danno alla biodiversità qualora le nuove specie coltivate si rivelassero anche invasive. La radicazione di specie invasive, infatti, oltre a rallentare la ripresa della vegetazione spontanea può anche favorire la perdita di biodiversità dei residui di vegetazione all'interno degli agroecosistemi. Le invasive, infatti, tendono ad invadere prati e boschi i quali, per frammentazione e per prossimità con aree sottoposte ad uso di fertilizzanti, sono già di per sé habitat sensibili all'insediamento di specie generaliste. Lo stesso Comitato delle Regioni dell'Unione Europea, in un recente documento (UE 2006), sottolinea la necessità, per arrestare la perdita di biodiversità, di valutare l'impatto ambientale di progetti che prevedono l'introduzione o gestione di specie aliene potenzialmente invasive.

Conclusioni

Al fine di ridurre eventuali espansioni in habitat naturali di specie aliene usate su larga scala per la produzione di biomassa, sarebbe necessario: una più approfondita analisi della problematica attraverso una visione globale della invasività nelle altre aree del globo; ricerche sperimentali sulla capacità invasiva e la competizione con le spontanee in diverse condizioni pedoclimatiche e la predisposizione, come già avviene in altri Paesi, di una Analisi del Rischio di Invasività (WRA). L'analisi del rischio ha lo scopo di identificare quelle che sono le specie aliene con elevato potenziale di invasività. Una buona analisi può individuare quali sono le specie "rischiose" e quindi non autorizzarne l'utilizzo in massa. Solitamente, l'Analisi del Rischio si basa su una valutazione degli aspetti biogeografici, dei dati storici, della biologia ed ecologia delle specie aliene (Krivanek et al. 2006). Dall'analisi scaturisce un "punteggio", a valori alti solitamente corrisponde un elevato rischio di invasività. Al momento nel Dipartimento Difesa della Natura dell'APAT (Servizi: Agricoltura e Risorse Naturali) è in corso uno studio sull'Analisi del Rischio delle specie aliene nel Lazio (Tabella 2).

Tabella 2 - Analisi del rischio di specie aliene nel Lazio a clima mediterraneo

Specie	WRA	Invasività da letteratura /conoscenza	Specie biomassa
<i>Aesculus hippocastanum</i>	-3	No	No
<i>Ailanthus altissima</i>	16	Sì	Sì
<i>Carpobrotus edulis</i>	11	Sì localmente	No
<i>Robinia pseudoacacia</i>	15	Sì	Sì
<i>Sorghum halepense</i>	19	Sì	Affine (S. Bicolor)
<i>Yucca gloriosa</i>	-1	No	No
<i>Zea mais</i>	3	No	Sì
<i>Helianthus tuberosus</i>	12	Sì clima in clima temperati	Sì

Fonte: Risultati preliminari da tesi di Stage Apat del dott. Walter Testa

Nel caso del rischio di invasività di specie aliene si deve agire sia dal punto di vista agronomico sia biologico (Raghu et al. 2006) con criteri e severità simili a quelli già adottati per “biological control agents” (Sheppard *et al.* 2003) e per le piante geneticamente modificate (Giovannelli et al. 2004; Sorlini *et al.* 2005).

Tra i compiti degli esperti e delle autorità preposte alla conservazione e salvaguardia dell’ambiente, prima di promuovere coltivazioni di specie dedicate alla produzione di biomassa su estese superfici di territorio, dovrebbe esserci anche quello di valutare il rischio ecologico e prevedere l’utilizzo di tecniche colturali che, pur favorendo la crescita della pianta, ne riducano la possibilità di riproduzione. L’impiego di analisi di rischio e tecniche colturali ridurranno la presenza di specie aliene invasive ed il conseguente danno alla diversità delle specie vegetali spontanee ed alla biodiversità in generale.

Si ringraziano:

i colleghi dell’APAT Salvatore Cipollaro, Carmela Cascone, Stefania Ercole e Pietro Bianco per il loro valido contributo a questo lavoro.

Bibliografia

- APAT 2006. Annuario dei dati ambientali 2005-2006.
- Blumenthal, Dana M. (2006) Interactions between resource availability and enemy release in plant invasion. *Ecology Letters* 9 (7), 887-895.
- Celesti-Grapow L., 2005. Specie esotiche –La flora. In Blasi C. (ed. in chief), - Stato della biodiversità in Italia. Contributo alla strategia nazionale per la biodiversità. Palombi Editori. Roma: 193-201.
- Celesti-Grapow L., Blasi C., 2004. The role of alien and native weeds in the deterioration of archaeological remains in Italy. *Weed Technology* 18.
- Connell, J.H., 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199: 1302-1310.
- Conti F., Abbate G., Alessandrini A., Blasi C., 2005 Annotated checklist of the Italian vascular flora. Palombi Editore.
- Crosti R., Dixon K.W., P.G. Ladd and Yates C.J (2007). Changes in the structure and species dominance in vegetation over 60 years in an urban bushland remnant. *Pacific Conservation Biology* In press.
- Davis, M. A.; Grime, J. P.; Thompson, K. 2000. Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invasibility. *Journal of Ecology* 88:528-534.
- EEA 2006 How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? EEA n 7/2006.
- Fargione J., Brown C. S. and D. Tilman 2003. Community assembly and invasion: An experimental test of neutral versus niche processes. *PNAS* 100.
- Forman, J. 2003. The introduction of American species into Europe: issues and consequences. In *Plant Invasions—Ecological Threats and Management Solutions*. Leiden, The Netherlands.
- Giovannelli V., Lener M., Mobili L., Selva E., 2004. Piante geneticamente modificate e ambiente. Rapporti APAT 44.
- Gray, A.J., D.F. Marshall, and A.F. Raybould. 1991. A century of evolution in *Spartina anglica*. *Advances in Ecological Research* 21:1-62.
- Hartmann, E., Schuldes, H., Kübler, R., and Konold, W. (1995) Neophyten. Biologie, Verbreitung und Kontrolle ausgewählter Arten. Ecomed, Landsberg.
- Hobbs R.J., Atkins L., 1988. Effect of disturbance and nutrient addition on native and introduced annuals in plant communities in the Western Australian wheatbelt Austral

- Ecology 13 (2), 171–179.
- Holmes, P.M. and R.M. Cowling. 1997. The effects of invasion by *Acacia saligna* on the guild structure and regeneration capabilities of South African fynbos shrublands. *Journal of Applied Ecology* 34.
- Hulme, P. E., 2006. Beyond control: wider implications for the management of biological invasions. *Journal of Applied Ecology* 43 (5), 835-847.
- Hurka H., 2002. Evolutionary consequences of biological invasions. *Neobiota* 1:203-204.
- Kowarik I., 2003. Biologische Invasionen - Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa, Ulmer, Stuttgart, 380 p.
- Krivanek M. & Pysek P., 2006. Predicting invasion by woody species in a temperate zone: a test of three risk assessment schemes in the Czech Republic (Central Europe). *Diversity and Distribution* 12, 319-327.
- McWhorter C. G. 1993 , *Weed Science* 41, 669.
- Mooney H. A. and Hobbs R. J., 2000. *Invasive Species in a Changing World*. Island Press.
- Pimentel D., Zuniga R., Morrison D., 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics* 52 , 273– 288.
- Raccuia S.A., Cavallaro V. Melilli M.G., 2004a. Intraspecific variability in *Cynara cardunculus* L. var. *sylvestris* Lam. Sicilian populations: seed germination under salt and moisture stresses. *J. of Arid Environment* 56: 107-116.
- Raccuia S.A., Mainolfi A., Mandolino G., Melilli M.G., 2004b. Genetic diversity in *Cynara cardunculus* L. revealed by AFLP markers: wild and cultivated taxa comparisons. *Plant Breeding* 123: 280-284.
- Randall, J.M., Marinelli, J. (eds.). 1996. *Invasive plants: weeds of the global garden*. Brooklyn Botanic Garden Handbook 149.
- Raghu S, R. C. Anderson, C. C. Daehler, A. S. Davis, R. N. Wiedenmann, D. Simberloff, R. N. Mack. Adding Biofuels to the Invasive Species Fire? *Science* Vol. 313. no. 5794, p. 1742
- Sala O.E., e 18 altri 2000. Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science* 10: Vol. 287. no. 5459, pp. 1770 – 1774.
- Scalera R. 2001. *Invasioni biologiche. Le introduzioni di vertebrati in Italia: un problema tra conservazione e globalizzazione*. Collana Verde, 103. Corpo Forestale dello Stato. Ministero per le Politiche Agricole e Forestali. Roma.
- Scharader G., 2005. Invasive alien plants in Europe-how can they be regulated? *Proceedings Invasive plants in Mediterranean type regions of the world*. May 2005.
- Shannon L. Morrison S. L., Molofsky J. 1999. Environmental and genetic effects on the early survival and growth of the invasive grass *Phalaris arundinacea*. *Can. J. Bot.* 77(10): 1447–1453.
- Sheppard W., Hill R., DeClerck-Floate R.A., McClay A., Olckers T., Quimby Jr P.C., and H.G. Zimmermann 2003. A global review of risk-benefit-cost analysis for the introduction of classical biological control agents against weeds: a crisis in the making? *Biocontrol News and Information*.
- Sorlini C., 2005. *La valutazione del rischio ambientale dell'emissione deliberata dell'ambiente di organismi geneticamente modificati*. Ministero Ambiente e della Tutela Territorio.
- Unione Europea-Comitato delle Regioni (2006). *Comunicazione della Commissione. Arrestare la perdita di biodiversità entro il 2010-e oltre*. COM(2006) 216 def.
- Viegi, L. (2001) *Investigations on some reproductive features of invasive alien plants in Italy*. In Brundu, G. et al. *Plant invasion* Backhuys Publishers, Leiden.
- Weber E., Gut D., 2005. A survey of weeds that are increasingly spreading in Europe. *Agronomy. For Sustainable Development* 25 109-121.