

Articoli

Osservazione di *Lycogala terrestre* Fr. e *Stemonitis axifera* (Bull.) T. Macbr. su suoli ricostituiti sabbiosi

P. Manfredi, R. Salvi, F. Bersan, C. Cassinari, A. Marocco, M. Trevisan

Riassunto - Sono state realizzate parcelle sperimentali in un'area agricola del piacentino al fine di confrontare gli andamenti dei parametri chimico-fisici e lo sviluppo della vegetazione spontanea di suoli naturali degradati e ricostituiti. La ricostituzione è una tecnologia innovativa che migliora la fertilità dei suoli degradati. Si descrivono le osservazioni di fruttificazioni di *Lycogala terrestre* Fr. e *Stemonitis axifera* (Bull.) T. Macbr. osservate per la prima volta su suoli sabbiosi ricostituiti in pianura padana. Si indagano le proprietà chimico-fisiche dei suoli ricostituiti e i parametri climatici che ne hanno maggiormente influenzato la presenza. L'andamento e l'abbondanza delle precipitazioni, associate alla migliorata capacità di ritenzione idrica, alla maggior disponibilità di sostanza organica (lignina ed emicellulose) e azoto dei suoli ricostituiti, sono i parametri edafici e climatici che hanno favorito le condizioni ecologiche e trofiche per lo sviluppo delle specie di mixomiceti osservate.

Parole chiave: mixomiceti, parametri edafici, suoli ricostituiti

Ricevuto il 19.01.2016

Accettato il 25.11.2016

Pubblicato online il 31.12.2016

Introduzione

I mixomiceti sono organismi eucarioti eterotrofi saprotrofi; secondo le più recenti indagini filogenetiche sono classificati nel phylum degli *Amebozoa* e più specificatamente nel subphylum dei *Conosa*, classe dei *Mycetozoa*. (Cavalier-Smith 2003; Cavalier-smith et al. 2015).

Il loro ciclo vitale prevede un'alternanza di generazioni tra uno stadio aploide e uno diploide e i corpi fruttiferi ne rappresentano la fase riproduttiva; essi producono spore la cui dispersione è affidata al vento e al contributo di alcuni invertebrati (ING 1994, Clark, Haskins 2010, Keller, Everhart 2010). Lungo tutto il ciclo vitale è importante che si mantenga un costante apporto di umidità, unitamente a temperature elevate. Le condizioni più favorevoli si osservano, dunque, soprattutto nei periodi a maggiore piovosità, che nei climi temperati corrisponde con l'autunno e nei climi tropicali con l'arrivo dei monsoni (Ing 1994, Keller, Everhart 2010, Ko Ko et al. 2011). La maggior parte degli studi ecologici si è concentrata sugli ambienti forestali tropicali e temperati (Ing 1994, Aguilar et al. 2011, Ko Ko et al. 2011, Rojas, Doss 2013, Rojas, Calvo 2014 Rojas et al. 2014); minore è il numero delle trattazioni riguardanti i climi mediterranei (Aguilar et al. 2011) e gli agro-ecosistemi. Tra i principali studi sul territorio nazionale si ricorda l'indagine sinecologica descritta da Pirola e Credaro nel 1975. Furono esaminate diverse specie di mixomiceti associati alle comunità vegetali prative e forestali dell'Italia settentrionale (Ing 1994). Non esistono, infine, analisi ecologiche concentrate nelle aree agricole della Pianura Padana, né sui suoli ricostituiti.

Il presente lavoro rientra nell'ambito del progetto Life+ (LIFE10 ENV/IT/000400 NEW LIFE) cofinanziato dall'Unione Europea. Gli obiettivi del progetto sono lo studio e la sperimentazione della tecnologia della ricostituzione, finalizzati alla riqualificazione di un'ex discarica sita a Borgotrezza, alle porte di Piacenza. Mediante questa tecnologia vengono prodotti dei suoli che assumono un forte interesse come strumento per la lotta al degrado dei suoli e alla desertificazione.

La fase sperimentale del progetto prevede lo studio dei processi di colonizzazione da parte della vegetazione spontanea su suoli naturali degradati e i corrispettivi ricostituiti. Nel 2013 sono state realizzate 28 parcelle sperimentali di cui 10 di suoli naturali degradati e 18 di suoli ricostituiti. Nel 2014 sono state effettuate indagini fitosociologiche per ottenere informazioni utili alle analisi riguardanti la dinamica di vegetazione. Durante i rilevamenti fitosociologici su due parcelle a suolo ricostituito a tessitura sabbiosa sono state osservate fruttificazioni eclatanti di due specie di mixomiceti: *Stemonitis axifera* (Bull.) T. Macbr. e *Lycogala terrestre* Fr.

Questo lavoro ha il duplice obiettivo di: i) descrivere le osservazioni effettuate per queste due specie sui suoli ricostituiti; ii) indagare le proprietà chimico-fisiche dei suoli ricostituiti e i parametri climatici che ne hanno maggiormente influenzato la presenza e lo sviluppo.

Materiali e Metodi*Localizzazione dell'area*

L'area di studio ricade in un territorio agricolo in Località Cà Matta di Gossolengo (Piacenza, Italia), le cui coordinate sono +45° 1' 17.2662", +9° 36' 15.3684" (Fig. 1)

Clima

La regione Emilia-Romagna si trova tra le regioni Medio-Europea e Mediterranea e l'area di studio giace nel



Fig. 1
Area di studio. Nel cerchio bianco sono evidenziate le 28 parcelle sperimentali (www.googlemaps.it).

limite meridionale della regione Medio-Europea (Giupponi et al. 2015).

Il clima Piacentino rientra nel bioclimate temperato con temperatura media annua di 13,3 °C, escursione di 22,4 °C e precipitazioni annuali di circa 778,7 mm, concentrate soprattutto in autunno. Nel diagramma ombrotermico della città di Piacenza si denota un breve periodo di aridità estiva, coincidente con luglio (Giupponi et al. 2014), fatto che lo accomuna con i climi sub mediterranei.

Oltre ai dati climatologici di archivio, presso l'area di studio è stata collocata una stazione meteo (Davis Vantage Vue), per registrare giornalmente i valori di temperatura (°C) e precipitazioni (mm). Il programma WeatherLink versione 6.0.3 è stato utilizzato per le elaborazioni dei dati raccolti.

Suoli ricostituiti

I suoli ricostituiti sono prodotti da un metodo e un sistema impiantistico di trattamento di terreni degradati per il ripristino della loro fertilità (Manfredi et al. 2012, 2015). Tale trattamento, ideato e sviluppato dal laboratorio di ricerca m.c.m. Ecosistemi s.r.l., coperto da due brevetti, si basa sulla produzione di neoaggregati di suolo mediante lavorazioni meccaniche e chimiche che agiscono sulla struttura del terreno, sulla disposizione della sostanza organica all'interno degli aggregati e sulla policondensazione del carbonio organico. Le matrici utilizzate nella ricostituzione sono residui provenienti dalla lavorazione di matrici cellulosiche, emicellulosiche e ligniniche sottoposti a due tipologie di trattamento:

Depurazione chimico-fisica (mediante processi di sedimentazione, centrifugazione e filtro-pressatura) nella quale si trovano le strutture fibrose a un basso stato di degradazione;

Depurazione biologica (con un trattamento aerobio a fanghi attivi delle acque contenenti i residui sospesi).

Parcelle sperimentali

Al fine di valutare gli effetti della ricostituzione su diverse tipologie di suolo e con l'utilizzo di differenti matrici, sono state prodotte, nel 2013, 28 parcelle sperimentali di cui 10 di suoli naturali degradati e 18 di suoli ricostituiti. Tali parcelle sono costantemente monitorate attraverso analisi chimico-fisiche.

Le 10 parcelle di suolo naturale sono state prodotte a partire da tipologie di suolo differenti: 4 parcelle rappresentano estreme classi tessiturali - suolo sabbioso, limoso, argilloso medio e argilloso forte -, 5 parcelle sono di suoli degradati provenienti dalla ex discarica su cui opera il progetto New Life, e 1 parcella è un suolo agrario degradato proveniente dalla località Cà Matta.

Questi 10 suoli naturali sono stati ricostituiti utilizzando diverse tipologie di matrici e in alcuni casi il trattamento ha previsto anche l'aggiunta di acidi umici e fulvici, per arrivare ad un totale di 18 parcelle ricostituite.

Le parcelle su cui si concentra lo studio presentato sono le 3 parcelle sabbiose. Tali parcelle sono una naturale e due ricostituite che si differenziano tra loro per l'aggiunta di acidi umici e fulvici in una e non nell'altra.

Le osservazioni dei mixomiceti sono avvenute solo sulle parcelle ricostituite a tessitura sabbiosa. Tali parcelle sono, nel presente studio, indicate come segue: NS parcella naturale, RS1 parcella ricostituita e RS2 parcella ricostituita con aggiunta di acidi umici e fulvici.

Analisi chimico-fisiche

Per la valutazione delle proprietà chimico-fisiche dei suoli delle parcelle, sono stati effettuati 4 campionamenti tra settembre 2013 e giugno 2014.

I dati riportati in Tab. 1 ne rappresentano i valori medi; sono riportati solo i parametri chimico-fisici delle parcelle considerate.

Le analisi sono state tutte effettuate secondo i Metodi Ufficiali di Analisi Chimica e Fisica del Suolo e sono di seguito riportati. Tessitura: metodo II.5 Suppl. Ord. G.U. n° 248 del 21.10.1999; ISO 11277; Densità apparente: metodo II.1, Suppl. Ord. G.U. n° 173 del 02.09.1997; ISO/DIS 11272; Densità reale: metodo II.2, ISO/DIS 11508; pH: metodo III.1, Suppl. Ord. G.U. n. 248 del 21.10.1999, ISO/DIS 10390; Salinità: metodo IV.1 Suppl. Ord. G.U. n. 248 del 21.10.1999; ISO 11265.; Contenuto in carbonio organico: metodo VII.3, Suppl. Ord. G.U. n° 248 del 21.10.1999, Walkley-Black e Azoto totale: metodo XIV.2 + XIV.3, Suppl. Ord. G.U. n. 248 del 21.10.1999, ISO/DIS 11261.

Tab. 1

Confronto fra le 3 parcelle a tessitura sabbiosa considerate: valori medi dei parametri chimico-fisici.

U.d.m	Tessitura			Densità	
	S	L	A	Apparente	Reale
		%			kg/m ³
NS	86,80	13,20	0,00	1484,00	2689,00
RS1	86,30	8,50	5,20	707,00	2039,00
RS2	56,80	31,40	11,80	742,00	1997,00
U.d.m	Porosità	pH	Salinità	C org.	N tot.
	%	[-]	dS/m	%	
NS	45,00	8,28	0,17	0,09	0,03
RS1	65,00	7,86	0,85	6,28	0,28
RS2	63,00	7,30	0,60	6,46	0,22

Rilievi fitosociologici

Per ciascuna parcella sono stati compiuti rilievi fitosociologici a cadenza mensile da giugno 2014 a ottobre 2014, secondo il metodo sigmatista della scuola di Zurigo-Montpellier (Braun-Blanquet 1964).

Per l'identificazione delle specie sono state utilizzate le chiavi di Pignatti (1982), mentre la nomenclatura specifica segue Conti et al. (2005).

Riconoscimento mixomiceti

Alcuni campioni di corpi fruttiferi osservati in giugno sono stati raccolti e portati in laboratorio presso il Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali Sostenibili dell'Università Cattolica del Sacro Cuore, ove sono stati essiccati in piastre Petri e in seguito spediti al laboratorio del Dipartimento di Scienze della Vita dell'Università di Trieste per la loro determinazione.

Per il riconoscimento della specie *L. terrestre*, sono state rilevate le masse sporali unitamente alle loro caratteristiche macroscopiche mediante l'osservazione a 40x con un microscopio ottico a riflessione; è stato realizzato un preparato in acqua distillata per l'osservazione del capillizio a 400x. L'habitat e la crescita affastellata ne hanno ribadito la determinazione.

Per l'individuazione della specie *S. axifera* è stata richiesta una minuziosa osservazione a 40x con microscopio ottico a riflessione a cui è seguita la preparazione di alcuni vetrini da sottoporre ad esame mediante microscopia ottica a trasmissione: i preparati sono stati allestiti in acqua, in lattofenolo ed in miele di Hoyer, per un'osservazione a 2000x in immersione. È stato utilizzato un microscopio ottico da routine B5PT-ICS Exacta-Optek con ottiche planari. Quest'ultima procedura è stata necessaria per verificare le ornamentazioni delle spore che caratterizzano in modo univoco questa specie: una debole punteggiatura invisibile in acqua e appena visibile in lattofenolo.

Risultati

Nell'area di studio, i mesi con le temperature medie più elevate sono stati quelli estivi con un'escursione termica annuale di 17,4 °C. Il mese più piovoso è stato novembre (298,4 mm) e interessante è l'anomalia di luglio in cui sono stati registrati 149,6 mm. Il mese più siccitoso invece è stato settembre (41,7 mm).

Le due specie rinvenute presentano le caratteristiche di seguito riportate.

L. terrestre è una specie normalmente lignicola dotata di ipotallo inconsistente che sorregge un certo numero di etali subsferici, leggermente schiacciati in alto, sparsi, aggregati o affastellati tra loro, prima rosa intenso oppure arancione, poi di un colore viola grigiastro ed infine grigio piombo con tonalità brunastre (Fig. 2). Alla desiccazione, le spore rosate che rimangono tali per mesi, colorano il peridio dandogli un colore rosato. Il peridio

presenta forature regolari circondate o coperte da cristallizzazioni più colorate. In corrispondenza di queste si sviluppano, verso l'interno, rami del capillizio a linea spezzata con i vertici clavati e pieghettati. Le spore sono rosate per qualche mese se conservate asciutte, poi si ingrigiscono ed infine ingialliscono. Questo processo richiede qualche mese e generalmente lo si può osservare soltanto nelle collezioni presenti negli erbari.



Fig. 2
Corpi fruttiferi di *Lycogala terrestre* sulla parcella sabbiosa ricostituita, codice RS2.

S. axifera è una specie normalmente lignicola, dotata di ipotallo spesso che sorregge un certo numero di sporocarpî fusiformi e stipitati, alti da 10 a fino a 40 mm e spessi da 0,4 a 1 mm circa nella parte più grossa (Fig. 3). Il gambo, che prosegue come columella nera e opaca fin quasi alla sommità, sorregge un certo numero di rami del capillizio, schiacciati e ramificati, espansi alle biforcazioni e di colore bruno. I terminali del capillizio sorreggono una rete cilindrica e poligonale con pochi rami liberi che è la parte del peridio che rimane dopo la sua deiscenza.



Fig. 3
Corpi fruttiferi di *Stemonitis axifera* sulla parcella sabbiosa ricostituita, codice RS2.

Le spore rotonde, rugginose in massa, appaiono giallastre, pallide e apparentemente senza decorazioni al microscopio ottico; in verità le decorazioni, inconfondibili, si vedono al SEM e sono formate da un reticolo ultrastrutturale tipico da cui si ergono verruche basse e disposte irregolarmente (Rammeloo 1983, Moreno et al. 2004).

Fruttificazioni di *L. terrestre* e *S. axifera* sono state osservate su 2 parcelle di suoli ricostituiti a tessitura sabbiosa (codici RS1 e RS2), ma non sono mai state osservate sulla corrispondente parcella a suolo sabbioso naturale degradato (codice NS). In Tab. 2 sono riassunte le 4 osservazioni dei corpi fruttiferi, avvenute nei mesi di giugno, luglio e ottobre 2014. I mixomiceti sono stati osservati lungo i fianchi delle parcelle RS1 e RS2.

L. terrestre è stata osservata sia su RS1 sia su RS2; al contrario, fruttificazioni di *S. axifera* si sono sviluppate solo su RS2 (Tab. 2), che si differenzia da RS1 per l'aggiunta di acidi umici e fulvici durante il processo di ricostituzione, per una percentuale maggiore di limo e argilla (Tab. 1) e per valori di porosità di poco inferiori. La copertura vegetale delle parcelle in esame (RS1 e RS2) presenta un valore percentuale molto basso, (0,5%-20%) e anche la numerosità specifica è abbastanza scarsa. Infine, è da sottolineare l'assenza di uno strato di vegetazione erbacea e di lettiera.

Tab. 2

Osservazioni compiute nei mesi di giugno, luglio e ottobre di *Lycogala terrestre* e *Stemonitis axifera*, sui suoli sabbiosi ricostituiti delle parcelle RS1 e RS2.

	RS1	RS2
16/06/14	<i>L. terrestre</i>	<i>L. terrestre, S. axifera</i>
16/07/14	[-]	<i>S. axifera</i>
17/10/14	<i>L. terrestre</i>	[-]

Nel mese di giugno le sole specie osservate su entrambe le parcelle sono proprio *L. terrestre* e *S. axifera*. In luglio le due specie sono affiancate da *Cynodon dactylon* (L.) Pers. e *Lactuca serriola* L. su RS1 e da *L. serriola*, *Helminthotheca echioides* (L.) Holub e *Populus nigra* L. su RS2. In ottobre la parcella RS1 presenta una preponderanza delle geofite *C. dactylon* e *Sorghum halepense* (L.) Pers., accompagnate da *Convolvulus arvensis* L., *Geranium molle* L., *H. echioides* e plantule di graminacee. Sono inoltre stati identificati due giovani esemplari di *P. nigra* e *Salix* spp. Nello stesso mese su RS2 sono stati osservati *S. halepense* e con coperture trascurabili anche *H. echioides*. Il processo di ricostituzione dei suoli determina un aumento della percentuale di argilla (NS = 0%, RS1 = 5,20%, RS2 = 11,80%), un dimezzamento della densità apparente (NS = 1484,00 kg/m³, RS1 = 707,00 kg/m³, RS2 = 742 kg/m³), una diminuzione della densità reale e un aumento della porosità (NS=45%; RS1=65%; RS2=63%). Al contempo si assiste a una diminuzione dei valori di reazione (NS=8,28; RS1=7,86; RS2=7,30) e a un aumento della salinità (NS= 0,17 dS/m; RS1= 0,85 dS/m; RS2= 0,60 dS/m) (Tab.1).

Infine si osserva un notevole incremento di carbonio organico (NS = 0,09%, RS1 = 6,28%, RS2 = 6,46%) e un aumento di azoto totale (NS=0,03%; RS1=0,28%; RS2=0,22%) (Tab.1).

Considerazioni

Le conoscenze ecologiche riguardanti i mixomiceti sono state notevolmente incrementate negli ultimi decenni (Rojas, Doss 2013, Rojas et al. 2014), sebbene si tratti in prevalenza di informazioni riferite per lo più alla fase riproduttiva (Rojas, Doss 2013). Mancano però ancora molte informazioni sulla biogeografia e sulle interazioni ecologiche dei mixomiceti (Rojas, Doss 2013).

Lycogala e *Stemonitis* afferiscono al gruppo dei mixomiceti lignicoli che sono facilmente distinguibili per la foggia e le dimensioni delle loro fruttificazioni (Rojas et al. 2014). Sono due gruppi tassonomici ampiamente diffusi e sono citati sia in lavori condotti in foreste tropicali, sia in quelle temperate (Rojas et al. 2014).

Il genere *Lycogala* è, tuttavia, poco studiato; probabilmente, l'aggregato di specie che fa capo a *L. epidendrum* (L.) Fr. è composto da numerose ecospecie e fenospecie, sia batteriofage, che micofage, difficili da separare e di cui la maggior parte non è ancora descritta. *L. terrestre* è una specie ipernitrofila, ad ampia valenza ecologica, che si riproduce in modo eclatante quando un disturbo negli equilibri dei suoli favorisce la crescita esponenziale di colonie batteriche. La sua identificazione è abbastanza agevole se si ha l'opportunità di vedere la fase immatura di colore arancio vivo oppure rosa intenso e magari anche il faneroplasmidio robusto con vene di vari ordini di grandezza, di color giallo aranciato.

S. axifera al contrario presenta maggior chiarezza tassonomica. L'epispurio particolare delle spore di questa specie presenta ultrastrutture complesse (Moreno et al. 2004) che non consentono una facile formazione di decorazioni a punti o verruche come tuttavia avviene ugualmente in qualche caso particolare, per cui le spore sono apparentemente lisce e traslucide al microscopio ottico a trasmissione. A volte, condizioni ambientali molto favorevoli consentono all'epispurio di svilupparsi completamente, producendo una punteggiatura simile a *Stemonitis webberi* (*S. splendens* v. *webberi* (Rex) Lister), specie molto comune nei boschi di conifera del Nord Est Italia, Slovenia e Austria. Inoltre, lo sporocarpo singolo non è cilindrico come nelle altre specie di *Stemonitis*, ma

irregolarmente fusiforme, attenuato quindi, sia all'apice, sia alla base. *S. axifera* è una specie con una varietà di habitat molto vasto che si estende dal fusto di conifere (*Juniper*) a detriti di legno in avanzato stato di decomposizione, raramente è invece stata trovata su lettiera (Schnittler, Novozhilov 1996).

Considerando le condizioni ecologiche dell'area di studio si ritenevano probabili specie più nitrofile rispetto a *S. axifera*, come *S. fusca* Roth o *S. splendens* Rostaf. nelle forme tipiche, propagate dalle macchine forestali in Europa centro meridionale e ormai presenti nei giardini dovunque sia impiegata scorza di pino commerciale, impiegata per le pacciamature.

Rispetto a *Lycogala*, il genere *Stemonitis* sembra maggiormente suscettibile alla siccità e ciò a causa della conformazione del plasmodio (Ing 1994). Tra i mixomiceti, infatti, la diversa capacità di resistenza all'aridità sembra essere correlata proprio alla differente tipologia del plasmodio. Le *Stemonitidales* sono caratterizzate da un afanoplasmodio delicato e poco resistente ai periodi secchi che ne motiva la predilezione per gli ambienti ad elevato tenore di umidità (Ing 1994).

Una minore resistenza delle *Stemonitidales* alla siccità sembra trovare riscontro nelle osservazioni effettuate nel presente studio. Fruttificazioni di *S. axifera* non sono state osservate in autunno. La scarsa piovosità settembrina (41 mm) potrebbe aver rappresentato un fattore limitante, tale da impedirne la ricomparsa nel mese di ottobre, nonostante si siano verificate maggiori precipitazioni rispetto al mese precedente (96,5 mm). Un secondo fattore è stato la diminuzione delle temperature rispetto ai precedenti mesi estivi, che unitamente alla scarsità di precipitazioni potrebbe aver contribuito alla sua assenza nei mesi di settembre e ottobre.

Invece, fruttificazioni di *L. terrestre* sono state osservate in entrambe le stagioni. Ciò potrebbe essere imputato ad una minor suscettibilità di *L. terrestre* alle variazioni di umidità e temperatura.

La maggiore diversità specifica è stata raggiunta nei mesi estivi di giugno e luglio. Questo risultato sembra discostarsi dalle conoscenze bibliografiche e, inoltre, nel climogramma è osservabile un breve periodo di aridità estiva che non sembrerebbe favorevole ad un loro sviluppo in questa stagione. Si ritiene plausibile che le abbondanti e inconsuete piogge estive, unitamente alle elevate temperature del periodo, abbiano rappresentato un'ottima condizione per lo sviluppo dei mixomiceti.

Nel considerare l'umidità però non basta osservare la quantità e la frequenza delle precipitazioni, poiché questo fattore è fortemente condizionato anche dalla capacità di ritenzione idrica dei substrati.

Le proprietà idrologiche del suolo sono un fenomeno complesso e controllato da diversi fattori quali ad esempio la sostanza organica (Khaleel et al. 1981, Hudson 1994, Ing 1994), che è in grado di influenzare la struttura, la conducibilità idraulica e la stabilizzazione degli aggregati del suolo. Infatti, suoli con alti tenori di sostanza organica presentano una struttura migliore (Ohu et al. 2008) e maggiori porosità e capacità di ritenzione idrica (Khaleel et al. 1981, Hudson 1994, Holland 2004). Ing (1994) riporta che in ambienti aridi lo sviluppo dei corpi fruttiferi dei mixomiceti è positivamente influenzato dalla capacità di ritenzione idrica dei substrati. Nel clima piacentino lo sviluppo di mixomiceti nel breve periodo di aridità è da attendersi pertanto su substrati in grado di mantenere buone condizioni di umidità edafica.

Queste osservazioni trovano riscontro nei risultati di presenza-assenza ottenuti. Infatti, i mixomiceti sono stati ritrovati solo su suoli sabbiosi ricostituiti (RS1 E RS2) e non sul suolo sabbioso della parcella naturale. Questo risultato può essere interpretato in virtù delle migliori proprietà agronomiche ottenute dal processo di ricostituzione, traducibili in migliori proprietà idrologiche del suolo e quindi in maggiore disponibilità idrica dei suoli ricostituiti, così come descritto da Manfredi et al. (2012) in prove agronomiche.

A parità di condizioni ecologiche, la maggiore capacità di ritenzione idrica dei due suoli ricostituiti unitamente alle eccezionali precipitazioni estive, sembra aver contribuito alla creazione di un micro-habitat favorevole allo sviluppo dei mixomiceti su questi due substrati.

Infine, un altro parametro ecologico da considerare è la disponibilità di sostanza organica su cui proliferano funghi e lieviti di cui si ciba la fase ameboide dei mixomiceti (Feest, Madeline 1988). La ricchezza specifica e la diversità tendono ad aumentare in conseguenza dell'aumento della diversità della biomassa vegetale e della ricchezza del substrato (Ko Ko et al. 2011, Rojas et al. 2014).

Le osservazioni di *L. terrestre* e *S. axifera* sono avvenute sulla superficie di suoli sabbiosi ricostituiti, privi di lettiera, di detriti vegetali grossolani e con una copertura vegetale inferiore al 20%; questo sembra essere in contraddizione con la natura lignicola delle due specie (Cedeno et al. 2014, Rojas et al. 2014), tuttavia i suoli ricostituiti presentano un tenore superiore in sostanza organica, in azoto totale e in carbonio organico ed è importante considerare che le matrici utilizzate nella ricostituzione sono residui provenienti dalla lavorazione di matrici cellulosiche, emicellulosiche e ligniniche. Si tratta dunque di condizioni che, verosimilmente, inducono processi di decomposizione della sostanza organica presente per mezzo di funghi saprotrofi e batteri. I suoli ricostituiti potrebbero avere, dunque, sopperito all'assenza di materiale vegetale grossolano, garantendo tuttavia le condizioni trofiche ed ecologiche idonee alla presenza dei mixomiceti lignicoli quali *L. terrestre* e *S. axifera*. Particolare attenzione deve essere, inoltre, posta ai valori di C/N, che nei suoli ricostituiti esaminati risultano decisamente elevati (RS1 C/N = 30; RS2 C/N = 36), riconducibili a quelli riscontrabili nei suoli forestali.

Conclusioni

Nei climi temperati le maggiori osservazioni di mixomiceti coincidono con il periodo autunnale e primaverile (Ing 1994, KO KO et al. 2011). Nel presente lavoro, tuttavia, la maggior diversità specifica è stata osservata in estate. Si ritiene che questo fenomeno sia da interpretare alla luce dell'eccezionale piovosità estiva della stagione 2014 e delle migliori proprietà idrologiche dei suoli ricostituiti, rispetto al suolo sabbioso naturale, sul quale (a parità di condizioni meteorologiche) non sono stati osservati mixomiceti.

I suoli sabbiosi ricostituiti non presentavano una lettiera sviluppata né residui grossolani di natura vegetale, sebbene le due specie osservate siano lignicole. Il processo di ricostituzione dei suoli tuttavia utilizza matrici di natura ligninica e cellulosa e questo potrebbe aver favorito la proliferazione di funghi e batteri in grado di degradare le matrici ricreando condizioni favorevoli alla fruttificazione dei mixomiceti.

Si ritiene però necessario un ulteriore monitoraggio per ottenere informazioni più dettagliate riguardo alle diverse necessità ecologiche e al contributo fornito dai mixomiceti nel miglioramento della qualità ecologica e ambientale dei suoli ricostituiti.

Ringraziamenti - La ricerca è stata realizzata con il finanziamento LIFE plus 2010 Environment Policy Governance.

Letteratura citata

- Aguilar M, Spiegel F W, Lado C (2011) Microhabitat and climatic preferences of protosteloid amoebae in a region with mediterranean climate. *Microbial Ecology* 62 (Suppl. 2): 361-373.
- Braun-Blanquet J (1964) *Pflanzensoziologie*. Springer-Verlag, Wien, 865 pp.
- Cedeno M, Clayton M, Stephenson S L (2014) Woody twigs as a microhabitat for myxomycetes in the upland forests of southwestern Virginia. *Mycosphere* 5 (Suppl.5): 673-680.
- Cavalier-Smith T (2003) Protist phylogeny and the high-level classification of Protozoa. *European Journal of Protistology* 39 (Suppl. 4): 338-348.
- Cavalier-Smith T, Fiore-Donno A M, Chao E, Kudryavtsev A, Berney C, Snell E A, Lewis R (2015) Multigene phylogeny resolves deep branching of Amoebozoa. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 83: 293-304.
- Clark J, Haskins E (2010) Reproductive systems in the myxomycetes: a review. *Mycosphere* 1(Suppl. 4): 337-353.
- Clark J, Landolt J, Stephenson S (2002) The effects of dictyostelids on the formation and maturation of myxomycete plasmodia. *Mycologia* 94(Suppl. 6): 933-938.
- Conti F, Abbate G, Alessandrini A, Blasi C (Eds.) (2005) *An annotated checklist of the Italian Vascular Flora*. Palombi Editori, Roma, 428 pp.
- Feest A, Madelin M (1988) Seasonal population changes of Myxomycetes and associated organisms in five nonwoodland. *FEMS Microbiol Ecology* 53: 141-152.
- Giupponi L, Corti C, Manfredi P (2015) The vegetation of the Borgotrebbe landfill (Piacenza, Italy): Phytosociological and ecological characteristics. *Plant Biosystems* 149(5): 865-874. DOI: 10.1080/11263504.2014.945507.
- Holland J M (2004) The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103: 1-25.
- Hudson B D (1994) Soil organic matter and available water capacity. *Journal of Soil and Water Conservation* 49 (Suppl. 2): 189-194.
- Ing B (1994) The phytosociology of myxomycetes. *New Phytology* 126: 175-201.
- Khaleel R, Reddy K R, Overcash M R (1981) Changes in soil physical properties due to organic waste applications: a review. *Journal of Environmental Quality* 10 (Suppl. 2): 133-141.
- Keller H, Everhart S (2010) Importance of Myxomycetes in Biological Research and Teaching. *Fungi* 3(Suppl.1): 13-27.
- Ko K T, Stephenson S, Hyde K, Lumyong S (2011) Influence of Seasonality on the Occurrence of Myxomycetes. *Chiang Mai Journal of Science* 38 (Suppl. 1): 71-84.
- Manfredi P, Tassi D, Cassinari C (2012) Confronto tra dati produttivi di mais coltivato su terre ricostituite e terre naturali. *EQAbook. L'uomo e il suolo una storia infinita* 1: 69-80.
- Manfredi P, Cassinari C, Trevisan M (2015) Soil temperature fluctuations in a degraded and in a reconstituted soil. *Italian Journal of Agrometeorology* 3: 63-72
- Moreno G, Singer H, Sanchez A, Illana C (2004) A critical study of some Stemonitales of North American herbaria and comparison with european nivicolous collections. *Boletín de la Sociedad Micologica de Madrid* 28: 21-41.
- Ohu J O, Mamman E, Crowther T (2008) Impact of organic material in incorporation with soil in relation to their shear strength and water properties. *International Agrophysics* 23: 155-162.
- Pignatti S (1982) *Flora d'Italia* voll. 1, 2, 3. Edagricole, Bologna.
- Rammeloo J (1983) Echinosteliales et Stemonitales (Myxomycetes). In: *Flore illustrée des champignons d'Afrique Centrale*. Ministère de l'Agriculture, Jardin Botanique National Belgique, Meise (vol. 11): 214-244.
- Rojas C, Calvo E (2014) Additions to the myxobiota of Central America. *Mycosphere* 5 (Suppl. 3): 488-495.
- Rojas C, Doss R (2013) Brief research history and status of myxomycete conservation in the Neotropics. *Brenesia* 79: 37-43.
- Rojas C, Rollins A W, Stephenson S (2014) Distribution of myxomycetes among the microhabitats available for these organisms in tropical forests. In: Misra J, Tewari J P, Deshmukh S K, Vågvolgyi C (Eds) *Fungi from different substrates*: 126-144. CRC Press, Boca Raton.
- Schnittler M, Novozhilov Y (1996) The myxomycetes of boreal woodlands in Russian. *Karstenia* 36: 19-40.

AUTORI

Paolo Manfredi (manfredi@mcmecosistemi.it), M.c.m. ecosistemi s.r.l., Loc. Faggiola s.n.c., 29027 Gariga Podenzano (Piacenza)

Roberta Salvi (roberta.salvi@unicatt.it), Adriano Marocco (adriano.marocco@unicatt.it), Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali Sostenibili, Università Cattolica del Sacro Cuore, via Emilia Parmense 84, 29122 Piacenza

Chiara Cassinari (chiara.cassinari@unicatt.it), Marco Trevisan (marco.trevisan@unicatt.it), Istituto di chimica agraria e ambientale, Università Cattolica del Sacro Cuore, via E. Parmense 84, 29122 Piacenza

Franco Bersan (bersan@units.it), Dipartimento di scienze della vita, Università di Trieste, piazzale Europa 1, 34127 Trieste
Autore di riferimento: Roberta Salvi
