

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA  
FACOLTÀ DI AGRARIA  
Dipartimento Territorio e sistemi agro-forestali



TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE FORESTALI ED AMBIENTALI  
Curr. Progettazione e gestione delle aree verdi

Ricerca e sperimentazione sull'utilizzo e l'accrescimento di briofite come  
tappezzanti

Relatore:  
Ch.mo Prof. Paolo Semenzato  
Correlatore:  
Dott. Giampaolo Zanin

Laureanda:  
Serena Preto  
Matricola n.604676

ANNO ACCADEMICO 2010-2011

## INDICE

1. RIASSUNTO.....	4
2. ABSTRACT .....	6
3. RINGRAZIAMENTO.....	8
4. INTRODUZIONE .....	10
5. BIOLOGIA ED ECOLOGIA DELLE BRIOFITE .....	12
5.1. Sistematica delle Bryophyta (muschi).....	12
5.1.1. La generazione gametofitica.....	13
5.1.2. La generazione sporofitica .....	17
5.1.3. Metabolismo ed ecologia.....	18
5.1.4. Sistematica delle <i>Bryophyta</i> .....	19
5.1.5. Origine ed evoluzione.....	19
5.2. Diffusione e strategie di vita delle specie.....	20
5.2.1. Growth form - Forma di crescita.....	21
5.2.2. Life form - Forma biologica .....	23
5.2.3. Strategie biologiche .....	25
5.2.4. Riproduzione vegetativa.....	29
5.2.5. Fattori che favoriscono la rigenerazione .....	32
5.3. Il sistema protonemico dei muschi .....	33
5.3.1. Protonema da spore .....	33
5.3.2. Protonema secondario .....	34
5.3.3. Considerazioni ecologiche.....	34
5.4. Ecologia delle briofite .....	35
5.4.1. Relazioni Briofite-Ambiente .....	35
5.4.2. Luce .....	36
5.4.3. Temperatura.....	36
5.4.4. Acqua.....	37
5.4.5. Fattori edafici .....	38
5.4.6. Indici ecologici .....	39
5.5. Conservazione delle briofite.....	39
5.5.1. Valore economico e importanza della tutela delle briofite.....	39
5.5.2. Cause di estinzione: antropiche e naturali .....	40
5.5.3. Tutela e conservazione .....	41
5.6. Applicazioni: Briofite come <i>biomonitors</i> degli ecosistemi .....	42
6. MOSS GARDENS .....	44
6.1. Nei giardini giapponesi .....	45
6.2. In Occidente .....	55
6.2.1. Tetti di muschio.....	63
7. TAPPETI DI MUSCHIO .....	68
7.1. I principali metodi per creare un tappeto di muschio.....	70

7.2. La manutenzione.....	85
8. LA SPERIMENTAZIONE.....	92
8.1. Generalità sulle specie impiegate .....	92
8.2. Materiali e metodi.....	102
8.2.1. Tesi a confronto e allestimento della prova.....	102
8.2.2. Misurazioni e analisi statistica dei dati.....	109
8.3. Risultati.....	110
8.4. Discussione.....	126
8.5. Conclusioni.....	128
9. BIBLIOGRAFIA .....	130

## 1. RIASSUNTO

Nel presente lavoro di tesi, attraverso un lavoro di ricerca bibliografica, sono state analizzate le briofite dal punto di vista botanico e il loro impiego nel campo ornamentale. L'analisi botanica ha individuato: le capacità riproduttive, le richieste ambientali e l'ecologia delle briofite; per quanto riguarda il campo ornamentale si è soffermato l'attenzione sull'utilizzo del muschio come tappezzante. Impiegati per primi nei giardini giapponesi, i muschi più recentemente sono stati presi in considerazione anche dalle culture americane ed europee; Oggigiorno sono anche considerati nella costituzione di tetti di muschio.

Nella trattazione dei muschi vengono anche descritti i diversi metodi attraverso i quali è possibile ottenere un tappeto di muschio.

Nella seconda parte della tesi, attraverso una prova sperimentale, si è valutata la possibilità di utilizzare le briofite, per la realizzazione di prati ornamentali in contesti Italiani.

Essendo un primo approccio all'impiego dei muschi per questi fini nei nostri ambienti, l'obiettivo specifico della prova è stato quello di ottenere informazioni sulla coltivazione di diverse specie di muschio a scopi moltiplicativi.

Tra ottobre 2010 e maggio 2011, sono stati posti in coltura due specie di muschio, *Brachythecium* sp., *Polytrichum* sp. e una consociazione di *Brachythecium* sp. e *Pohlia* sp., prelevati all'interno dei loro habitat naturali, e sottoposti a tre densità di ombreggiamento diverse (40, 60 e 90%).

Nel corso della prova è stato rilevato il loro accrescimento mensile, e, con cadenza settimanale, il loro valore estetico.

I risultati hanno messo in evidenza che è possibile propagare queste specie anche se con qualche difficoltà.

*Brachythecium* sp., è parsa la specie più promettente in quanto ha dato le risposte migliori sia sotto l'aspetto dell'incremento percentuale della superficie coperta che per quello del valore estetico.

Apprezzabili sono anche stati i risultati ottenuti dall'associazione *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp. almeno per quanto riguarda l'accrescimenti ed il valore estetico delle ultime settimane di prova e al 90% di ombreggiamento.

Analizzando i diversi ombreggiamenti, l'ombreggiamento al 40 o al 60% hanno dato i migliori risultati durante il periodo invernale. In particolare, interessante è parso l'ombreggiamento al 60% in quanto, con questo livello di ombreggiamento, anche *Polytrichum* sp., specie che in generale ha mostrato le peggiori performance sia per accrescimento che per qualità del tappeto, ha avuto accrescimenti soddisfacenti. Nel periodo primaverile, l'ombreggiamento al 90% è stato l'unico in grado di mantenere l'accrescimento e il valore estetico entro valori soddisfacenti.



## 2. ABSTRACT

### **Research and experimentation on use and growth of bryophytes as groundcovers**

In this thesis, through a literature review, the bryophytes from botanical point of view, and their ornamental uses were considered.

The botanical analysis has identified: the reproductive capacity, the environmental demands and the ecology of bryophytes. Concerning ornamental uses, particular emphasis was given to mosses as groundcovers. The Japanese gardens, by tradition, are the firsts that have hosted moss specifically for this use, but more recently American and European cultures are considering mosses also. A further, particular, use is for moss roofs creation.

The different methods through which is possible to get a moss carpet are also reported.

In the second part of this thesis, an scientific trial evaluates the possibility of using bryophytes for construction of ornamental lawns in Italian contexts.

Being a first approach to the use of mosses for these purposes, the specific objective of this experiment was to obtain information on the cultivation of moss species to multiplication purposes.

On October 2010 two moss species, *Brachythecium* sp., *Polytrichum* sp., and a consociation of *Brachythecium* sp. and *Pohlia* sp., were gather in their natural habitats, and cultivated in protected condition until May 2011. Three shade levels (40, 60 and 90%), obtained by means of nets with different density, were tested.

Throughout the experiment, data on growth and aesthetic value were recorded on monthly and weekly basis, respectively.

The results showed that to propagate these species is possible, even if with some difficulty.

*Brachythecium* sp., seemed the more promising species, because it gave the best performance in terms of both percentage increase of the surface covered by the plants and their aesthetic value.

The result obtained by the association *Brachythecium* sp. and *Pohlia* sp. were also appreciable at least for their growth and aesthetic value in the last weeks when 90% of shade was applied.

Concerning different environmental conditions, shading levels of 40 or 60% gave the best results during winter. In particular, 60% of shade appeared interesting because, at this level of shade, *Polytrichum* sp., a species which generally showed the worst performance for both growth and quality of the carpet, had satisfactory growth also. In the spring period, shading to 90% was the only one able to maintain a satisfactory growth and aesthetic value.



### 3. RINGRAZIAMENTO

Il ringraziamento maggiore va alla mia famiglia, che mi è stata sempre vicina, regalandomi dei buoni consigli e sostenendomi nel cammino della vita, soprattutto in quest'ultimo anno.

Ringrazio Pablo, che accompagna e stimola la mia vita.

Un grazie a tutti i miei amici, con i quali riesco ad essere me stessa e a condividere delle belle emozioni, ed un grazie particolare va a Federica e Daniela, punti di riferimento dei quali non potrei più farne a meno.

Infine, dedico questo elaborato ai miei nonni Bruna e Luigi, Dirce e Orazio, con tutto lo sforzo e l'impegno che c'è voluto per portarlo a termine. Loro forse più di tutti mi hanno insegnato cos'è il sacrificio attraverso le loro vite e le loro esperienze. Vi porto sempre nel mio cuore.

*Credo a quel tale che dice in giro, che l'amore porta amore, credo.*

*Almeno credo - L. Ligabue -*



## 4. INTRODUZIONE

Le briofite hanno cominciato a registrare un aumento dell'interesse generale, soprattutto nell'ultimo decennio, in seguito ai numerosi progressi raggiunti in campo scientifico, sistematico e filogenetico nella definizione della loro importanza all'interno delle embriofite. Negli anni l'approfondimento della biologia e dell'ecologia di questi organismi, ha permesso il loro impiego in numerosi ambiti tra cui il campo florovivaistico, nel quale prima erano del tutto sconosciuti.

Nell'immaginario collettivo, quando si pensa ad una superficie ricoperta di verde, il tappeto erboso è ciò che compare nella mente di tutti. Un bel prato all'inglese, che si distenda come un manto a ricoprire gli spazi aperti all'interno del giardino, e soprattutto che dia un senso di pulizia e di ordine. Sicuramente il tappeto erboso è un ottimo tappezzante per diversi giardini, facile da far accrescere e da gestire grazie alle numerose soluzioni presenti oggi nel mercato; ma non è l'unica.

Vi sono una serie di tappezzanti alternative, che sostituiscono ampiamente il prato sotto il profilo estetico/decorativo, ma non garantiscono altrettanta resistenza come supporto per tutte le attività che si svolgono in giardino.

Una divisione del regno delle piante può soddisfare entrambe queste caratteristiche, quella ornamentale e quella del loro pratico sfruttamento, ponendosi come valida alternativa al tappeto erboso. Le briofite o muschi non sono ancora molto apprezzati come coprisuolo all'interno del panorama italiano, ma in molte realtà straniere si pongono come opzione complementare al tappeto erboso, soprattutto per quelle zone del giardino, in cui non ci sono le condizioni adatte al suo sviluppo.



## 5. BIOLOGIA ED ECOLOGIA DELLE BRIOFITE

Le briofite hanno una distribuzione cosmopolita, ad eccezione dell'ambiente marino, i muschi possono sopravvivere all'estrema aridità, mentre le epatiche e le antocerote apprezzano maggiormente ambienti particolarmente umidi.

Alla base del loro ciclo riproduttivo vi è una chiara alternanza di generazione, con prevalenza del gametofito sullo sporofito. Il gametofito delle briofite è, infatti, perenne e fotosintetico, assorbe i nutrienti minerali e diffonde rapidamente la specie, mediante propagazione asessuale. Lo sporofito è molto più piccolo, ha vita breve, non è autosufficiente e deve assorbire i minerali dal gametofito (Aleffi, 2008).

Assieme alle pteridofite e alle spermatofite (gimnosperme e angiosperme), le briofite appartengono alle embriofite: hanno sporangi e gamentangi pluricellulari e le cellule riproduttive sono sempre circondate da uno o più strati di cellule sterili. Dopo la fecondazione lo zigote si trasforma in un embrione pluricellulare, da cui si svilupperà lo sporofito, nutrito dalla pianta madre, che rappresenta la generazione gametofitica (Aleffi, 2008).

Le briofite vengono anche definite come crittogame non vascolari, per contrapporle alle crittogame vascolari, rappresentate dalle pteridofite (felci). Il sistema di conduzione delle briofite è, infatti, strutturalmente molto semplice.

Molte briofite mancano di cuticola ed anche quelle che la posseggono non sono da essa protette efficacemente contro un'eccessiva traspirazione, il che le obbliga a vivere in ambienti umidi. Ciononostante, alcune briofite riescono ad occupare anche ambienti in cui l'acqua è spesso un fattore limitante, grazie allo sviluppo di una strategia adattiva di tolleranza: in mancanza di acqua il loro metabolismo viene ridotto al minimo e l'individuo entra in una fase di quiescenza, che persiste fin quando le condizioni ambientali non divengono favorevoli (Venturelli e Virli, 1995).

Le piccole dimensioni e la semplicità morfologica costituiscono per le briofite un enorme vantaggio selettivo. I muschi e le epatiche sono meglio adattate delle piante superiori a numerosi microhabitat come le pareti rocciose e le fenditure delle rocce (Aleffi, 2008).

### 5.1. Sistematica delle Bryophyta (muschi)

Muschi, epatiche e antocerote, hanno molte caratteristiche in comune ma, per le loro differenze sono suddivise in tre distinte divisioni: *Bryophyta* (muschi), *Machrantiophyta* (epatiche) e *Anthocerotophyta* (antocerote). Questa classificazione è la più recente, si basa sulle differenze dei gruppi, li suddividendoli permettendo di studiarli separatamente.

Nelle classificazioni precedenti, i tre gruppi vengono considerati tre classi della stessa divisione *Bryophyta*: *Musci* (muschi), *Hepaticae* (epatiche) e *Anthocerotae* (antocerote). Questa classificazione, maggiormente usata in passato, può essere imprecisa perché tende a rilevare la stretta relazione tra le classi e a portare ad una generalizzazione impropria (Aleffi, 2008).

Quindi per scoraggiare tale generalizzazione, e, visti i recenti studi che tendono sempre più ad evidenziare le diversità presenti tra i tre gruppi, all'interno di quest'elaborato verranno trattati come tre distinte divisioni, incentrando la trattazione su quella delle *Bryophyta*.

La tesi prende in considerazione la divisione delle briofite, in quanto muschi.

### 5.1.1. La generazione gametofitica

Alcuni muschi hanno fusti fogliosi, che crescono strettamente addensati formando dei cuscinetti o pulvini, che costituiscono un gametofito ortotropo (Fig. 1), mentre altri, in particolare quelli adatti a zone fredde e umide, hanno gametofiti meno addensati e formano dei densi feltri plagiotropi (Fig.2) (Aleffi, 2008).

I muschi sono costituiti da fusti molto corti con foglioline grandi poco più di qualche millimetro. Le strutture di cui sono composti formano il gametofito e non lo sporofito, non possono, quindi, essere considerati alla stregua delle piante vascolari: non derivano dalle stesse strutture da cui hanno origine il fusto e le foglie delle piante superiori.



Fig.1- Portamento ortotropo del gametofito (Foto L.Miserere)



Fig.2- Portamento plagiotropo del gametofito (Foto L.Miserere)

Il gametofito si origina da un meristema apicale che contiene una grossa cellula apicale a forma di piramide a base triangolare rovesciata; le cellule che derivano dalla sua divisione si dividono a loro volta dando origine ai tessuti del fusto e della foglia con un'organizzazione piuttosto precisa. Le foglie sono allineate in tre file nel fusto giovane, ma tale distribuzione si modifica mediante l'accrescimento. Le foglie dei muschi presentano una lamina espansa, spesso provvista di nervatura mediana e sono costituite normalmente da un unico strato di cellule, eccetto lungo la nervatura e ai margini, che possono essere pluristratificati (Fig.3) (Aleffi, 2008).

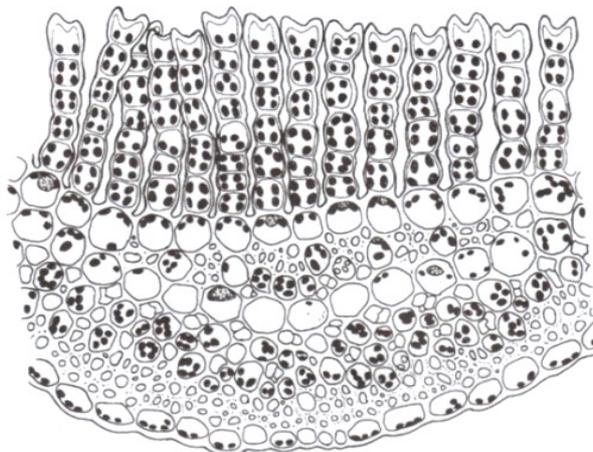


Fig.3- Sezione trasversale di una foglia (da Schofield, 1985)

Molto spesso una sottilissima cuticola è presente soltanto sulla pagina superiore delle foglie di molti muschi, mentre la pagina inferiore, non cutinizzata, assorbe l'acqua

direttamente dalla pioggia, dalla rugiada e dalla nebbia; per tale motivo le foglie sono sprovviste di stomi. L'acqua non viene trasportata fino alle foglie dal fusto, poiché i muschi non possiedono tessuti vascolari. La mancanza di una cuticola sulla pagina inferiore, o in qualche caso su entrambe le lamine, fa intuire che i muschi hanno una scarsa protezione contro il disseccamento: quando il loro microhabitat si secca, seccano anche le foglie(Aleffi, 2008).

Il fusto dei muschi, sempre sottile, ha una scarsa differenziazione dei tessuti; lo strato superficiale è solo leggermente differente, con cellule più piccole e inspessite, con funzioni di sostegno.

#### **5.1.1.1. Trasporto dell'acqua**

In alcune briofite è possibile osservare la presenza di cellule specializzate nella funzione di trasporto. Nel peduncolo o seta della maggior parte degli sporofiti si osservano infatti cellule particolari cui è stato attribuito il nome di *idroidi* e *leptoidi* (Venturelli e Virli,1995).

Gli *idroidi* sono cellule morte a maturità perché perdono il citoplasma, collocate nella parte interna del fusto di forma allungata. Le loro pareti terminali sono molto permeabili all'acqua e ai soluti in essa disciolti. Gli idroidi sono allineati tra loro quello sottostante con il sovrastante.

Gli idroidi sono attorniti da un secondo tipo di cellule conduttrici, i *leptoidi*, che assomigliano ai tubi cribrosi delle tracheofite. Queste ultime hanno forma allungata e sono strettamente interconnesse tra loro e le cellule adiacenti. I leptoidi sono provvisti di citoplasma ma perdono il nucleo a maturità. I leptoidi sono circondati da cellule parenchimatiche, simili alle cellule compagne del cribro (Fig.4).

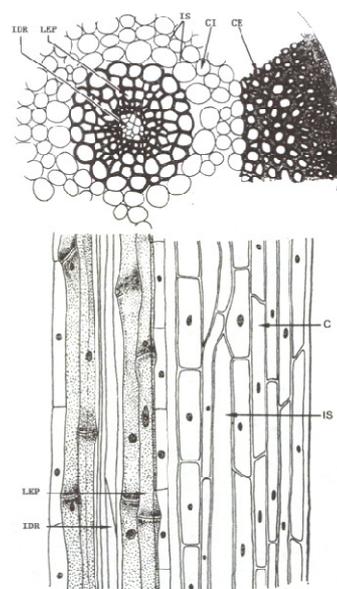


Fig.4- Sezione trasversale e longitudinale di una seta dove si possono osservare idroidi e leptoidi (da Hebant, 1977).

Per la restante parte di muschi che manca di idroidi e leptoidi, l'acqua si sposta nella pianta per capillarità. Le foglie e i fusti sono così piccoli e appressati che formano spazi abbastanza stretti, da agire come canali capillari adatti al trasporto dell'acqua. Alcune specie come, *Tortula* e *Grimmia*, per combattere la carenza idrica, le foglie si disidratano appressandosi così al fusto creando un sistema di capillari che aiuta a mantenere l'umidità(Aleffi, 2008).

Alla base del fusto si trovano i rizoidi, piccole strutture pluricellulari che hanno come unica funzione quella di ancorare il fusto al substrato, non sono coinvolti nell'assorbimento idrico.

#### **5.1.1.2. Sviluppo**

La crescita del gametofito è determinata dalla germinazione di una spora, la quale da origine ad una cellula fotosintetica, che dividendosi per mitosi, produce un sistema ramificato di cellule simili il *protonema*. I rizoidi si sviluppano nella parte inferiore e in quella superiore si formano gruppi di gemme, piccole cellule ricche di citoplasma che si organizzano in una cellula apicale. Questa si divide e cresce in altezza formando fusto e foglie, dando origine al gametofito. I protonemi essendo perenni e molto ramificati, producono molte gemme(Aleffi, 2008).

#### **5.1.1.3. Riproduzione**

Il gametofito produce gametangi pluricellulari, anteridi e archegoni. Tutti i muschi sono oogami: ogni specie presenta una piccola cellula spermatica biflagellata, lo *spermatozoide*, ed una grossa cellula uovo immobile. Gli spermatozoidi sono prodotti nel micro gametangio, chiamato *anteridio*, costituito da un corto peduncolo, e da uno strato esterno di cellule sterili e da una massa interna di cellule che si differenziano in cellule spermatiche. La cellula uovo viene prodotta nel megagametangio, detto *archegonio*, avente la forma di un fiasco, che a maturità contiene alla sua base un'unica cellula uovo (Venturelli e Virli,1995).

Vi sono specie monoiche (*Funaria*, *Pottia*) nelle quali anteridio e archegonio si trovano sullo stesso gametofito, altre dioiche (*Barbula*, *Polytrichum*) che presentano gametofiti maschili e femminili distinti. A seconda della specie, i gametangi possono trovarsi sulle ramificazioni laterali del fusto del gametofito (specie pleurocarpe) o essere raggruppati all'apice (specie acrocarpe). Il raggruppamento apicale dei gametangi, sembra essere più vantaggioso in quanto la pioggia, cadendo sulla coppa, fa schizzare via gli spozoidi, portandoli anche a 50 cm di distanza, permettendo loro di raggiungere l'archegonio e di fecondare la cellula uovo.

Quando gli spermatozoidi sono maturi, l'anteridio si apre liberandoli, così sono sospinti verso l'esterno ed espulsi. La deiscenza degli anteridi avviene se i gametofiti presentano

un certo grado di umidità e se è presente un film d'acqua che facilita lo spostamento degli anterozoidi verso gli archegoni, questi producono saccarosio che guida gli spermatozoidi verso di essi e, attraverso il collo della cellula uovo, che viene fecondata da una sola cellula spermatica (Fig.5).

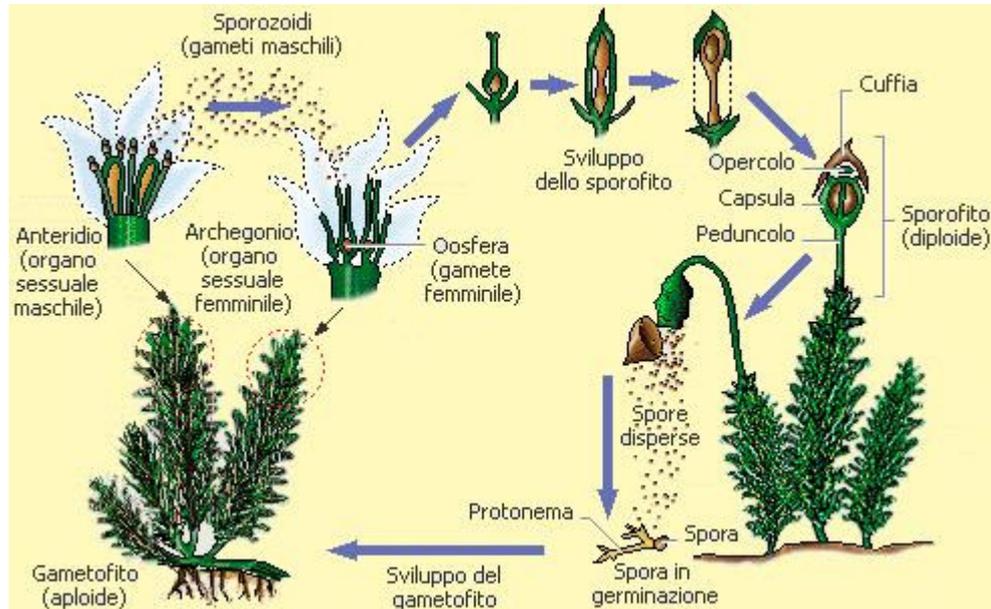


Fig.5- Ciclo vitale dei muschi.

### 5.1.2. La generazione sporofitica

In tutte le embriofite la cellula uovo e successivamente lo zigote rimangono sul gametofito. Il gametofito dei muschi è di proporzioni notevoli, efficiente nella fotosintesi e supporta in senso spaziale e trofico lo sporofito per tutta la sua esistenza. Lo sporofito di un muschio non è indipendente né autosufficiente (Fig.5). Infatti è generalmente privo di clorofilla e vive da epifita, e in un modo più o meno parassitario sul gametofito femminile (archegonio), al quale si collega tramite una regione del suo corpo detta *piede* (Venturelli e Virli, 1995).

Il piede è la superficie di contatto con il gametofito, dal quale assorbe gli zuccheri, i minerali e l'acqua. Le cellule di cui è costituito sono cellule di trasfusione, mentre la cellula apicale si divide e si accresce sino a formare la *capsula*. Costituita da uno strato esterno di cellule sterili e da un cordone interno di cellule anch'esse sterili, detta *columella*. Attorno ad essa si forma un anello di tessuto sporigeno, si divide nelle cellule madri delle spore, ciascuna delle quali secondo un processo meiotico, darà origine a quattro spore aploidi. la columella ha la funzione di conduzione delle sostanze nutritive ed acqua per le spore. A congiunzione del piede alla capsula si trova un sottile peduncolo, detto *seta* o *peduncolo* (Aleffi, 2008).

All'apice della capsula si trova un coperchio, l'*opercolo*, che a deiscenza si lacera e si separa dal resto della capsula. Il distacco dell'opercolo evidenzia una o due file di cellule a struttura molto complessa, i denti del *peristoma*. Tali denti sono sensibili all'umidità: si piegano all'indietro quando l'aria è secca, provocando l'apertura della capsula e l'espulsione delle spore e imponendone la fuoriuscita. Le spore vengono rilasciate quando sono leggere, secche e non appiccicose, in modo da poter essere facilmente trasportate dall'aria.

I muschi sono isosporei: tutte le spore hanno le stesse dimensioni e appaiono pressoché identiche.

### **5.1.3. Metabolismo ed ecologia**

Le piccole dimensioni e la mancanza di veri e propri tessuti di conduzione rappresentano fattori critici per il metabolismo e l'ecologia dei muschi. Le piante vascolari tendono ad essere di più grandi dimensioni rispetto alle non vascolari; esse non si disidratano se esposte per parecchie ore all'aria secca, anche se non ricevono acqua dalle radici attraverso lo xilema. I muschi, invece, non hanno meccanismi per assorbire e conservare l'acqua, le loro foglie hanno soltanto un'incompleta sottile cuticola sulla pagina superiore, e sono senza su quella inferiore; per cui se esposti all'aria secca anche per pochi minuti si disidratano. Mancando di tessuto vascolare, anche se i rizoidi sono in contatto con il terreno umido, i fusti e le foglie cominciano a seccarsi (Aleffi, 2008).

Nonostante lo stretto legame con l'acqua, le briofite riescono a sopravvivere ad ambienti anche molto diversi tra loro (Venturelli e Virli, 1995).

Hanno compensato la loro incapacità di trattenere l'acqua con numerosi meccanismi. Molte specie si sono adattate a vivere in terreni perennemente umidi, lungo corsi d'acqua, foreste pluviali, oppure in microhabitat dove l'acqua, anche se non liquida è sempre presente sotto forma di vapore.

Altri muschi invece, che vivono in ambienti aridi, compensano la scarsa disponibilità idrica con degli adattamenti morfologici che favoriscono la resistenza alla disidratazione. I muschi possono perdere l'acqua molto rapidamente senza esserne danneggiati, né morire, pur rimanendo in uno stato di vita latente essi sopravvivono, finché il loro contenuto idrico non scende sotto il 30% del loro peso. Appena ritornano le condizioni favorevoli, cioè, cade la pioggia o si forma della rugiada, l'acqua viene assorbita in pochi minuti e le funzioni metaboliche, fotosintesi e respirazione, riprendono normalmente (Aleffi, 2008).

Le condizioni di turgidità o di disidratazione dipendono dalle condizioni climatiche; nelle regioni temperate i muschi possono restare costantemente umidi e metabolicamente attivi tutto l'anno, eccetto alcuni periodi nei mesi estivi. Nei deserti e nei territori aridi, invece, i muschi possono essere turgidi solo durante l'inverno: dalla primavera e all'autunno

sono secchi e inattivi; possono attivarsi solo per qualche ora di notte in caso di abbondante rugiada. I muschi disidratati si dimostrano estremamente resistenti alle alte o basse temperature ed alla luce ultravioletta, quest'ultima è utile per le specie che vivono in pieno sole ad una notevole altitudine.

Tutte le briofite riescono a fotosintetizzare ad intensità luminose così basse da essere proibitive per le piante vascolari e grazie a ciò alcuna specie occupano nicchie ecologiche estreme come le zone più buie del sottobosco o gli imbocchi delle caverne (Venturelli e Virli, 1995).

Molte specie di muschi prosperano alle basse temperature, prossime o sotto lo 0°C. Le piante vascolari reagiscono perdendo le foglie, mentre i muschi resistono traendo vantaggio dalla umidità delle piogge e della neve.

In quasi tutti gli ambienti, i muschi, hanno un importante ruolo pioniero e sono fondamentali per il successivo insediamento di altre specie, i gametofiti fungono da semenzaio umido per i semi delle piante vascolari (Aleffi, 2008).

#### **5.1.4. Sistematica delle *Bryophyta***

Nel 2005, su iniziativa della Commissione Europea per la Conservazione delle briofite (EECB), è stato avviato un progetto EuoMoss 2005, con lo scopo di coordinare la realizzazione di una nuova check-list dei muschi d'Europa. È stato costituito un gruppo di esperti europei per identificare i diversi gruppi sistematici. Sulla base di questa nuova check-list, la flora briologica italiana risulta costituita da 912 *taxa* suddivisi in 5 classi, comprendenti 19 ordini, 59 famiglie e 222 generi (Aleffi, 2008).

#### **5.1.5. Origine ed evoluzione**

Riguardo all'origine delle piante non vascolari, i resti fossili possono essere interpretati in diversi modi. Le ipotesi maggiormente considerate sul manuale di Aleffi (2008) sono:

- 1) che le piante non vascolari si siano evolute dalle piante vascolari primitive, le riniofite; esse sarebbero diventate più semplici, più piccole e avrebbero perso i tessuti vascolari.
- 2) che le piante non vascolari non siano relazionate in alcun modo alle vascolari, ma esse si sarebbero evolute dalle alghe verdi separatamente e in tempi diversi dalle riniofite.
- 3) che alcune piante non vascolari si sarebbero originate dallo stesso gruppo che poi dette origine alle riniofite.

## 5.2. Diffusione e strategie di vita delle specie

Il passaggio degli organismi vegetali dall'ambiente acquatico a quello terrestre è stato contrassegnato dalla comparsa di una serie di adattamenti morfologici e fisiologici che aumentano la possibilità di sopravvivenza e il successo riproduttivo, attraverso una maggiore produttività e resa della fotosintesi.

Struttura e funzione di un organismo vegetale sono il frutto dell'interazione tra il modello geneticamente determinato della pianta e l'adattamento dell'ambiente in cui vive (Aleffi, 2008).

Le briofite hanno delle caratteristiche, tra le quali l'accrescimento clonale, l'importanza della riproduzione vegetativa in molte specie, la dispersione mediante spore altamente variabili e la posizione subordinata negli ecosistemi, che non permettono una comparazione delle loro strategie biologiche e modelli di crescita con quelle degli altri organismi terrestri (During, 1979).

Numerosi sono stati in passato i tentativi realizzati per determinare una classificazione delle briofite, sia in base ai differenti modelli di crescita che alle diverse strategie riproduttive delle specie. Tali classificazioni, hanno di fatto, avuto l'effetto di generare in certi casi una confusione terminologica a seconda delle diverse scuole di pensiero.

Degli autori hanno introdotto nelle classificazioni dei modelli di crescita, le caratteristiche biologiche peculiari di tali organismi giungendo ad una versione eco-fisiologica del loro *habitus* (Horikawa e Ando, 1952; Proctor e Smith, 1995).

Mägdefrau (1982) chiarisce la confusione terminologica generatasi dall'uso equivalente di modello o forma di crescita (*growth form*) e forma biologica (*life form*).

Egli indica con il termine *growth form* la modalità di ramificazione della parte aerea di un muschio che, essendo geneticamente prestabilita, deriva direttamente dalla specie, genere o famiglia a cui appartiene.

Tale definizione si riferisce al singolo gametofito, generatosi dallo sviluppo di una delle tante gemme che si formano lungo il protonema ed ha un senso strettamente morfologico. Le briofite vivono in assemblaggi specie-specifici o genere-specifici, alla cui formazione concorrono le gemme che si sviluppano sul protonema, germogli che si accrescono da rizoidi sotterranei e un numero variabile di spore germinanti le une vicino alle altre.

Secondo Bates (1998) il concetto di *life form* viene utilizzato nell'ecologia delle briofite a causa "della dipendenza particolarmente elevata delle briofite dalla transitoria disponibilità idrica esterna". Precisa, inoltre, che per le briofite non è l'individuo che forma l'unità ecologica, ma piuttosto la forma di vita coloniale. La *life form* è così sostituita in modo da minimizzare gli effetti causati dall'evaporazione, mentre contemporaneamente facilita al massimo l'assorbimento della luce per l'attività fotosintetica.

La *growth form* viene definita come i caratteri generali di una pianta e spiega che essa può essere determinata soltanto da un'analisi morfologica dettagliata. Si tratta di un termine puramente morfologico, opposto a *life form*, che è più onnicomprensivo e rappresentativo dell'insieme delle condizioni di vita, compresa la forma di crescita, l'influenza dell'ambiente e l'assemblaggio degli individui. Se queste *life forms* persistono geneticamente, tendiamo a presupporre che esse assumono un significato più adattivo. La correlazione delle *life forms* con l'habitat può essere utilizzata a sostegno di tale ipotesi.

Infine, sembrerebbe più semplice definire la *growth form*, come la forma geneticamente programmata e la *life form*, come la forma modificata dalle condizioni ambientali. Ma la confusione creata in natura ha superato la linea di demarcazione esistente fra i due termini. Quindi, nonostante le definizioni qui riportate, esiste ancora molta confusione nell'uso dei due termini; per cui occorre porre molta attenzione nell'interpretazione del loro uso.

Riporto le rispettive definizioni come vengono approfonditamente trattate sul testo curato dal Prof. Aleffi (2008).

### 5.2.1. Growth form - Forma di crescita

Tradizionalmente, le *growth form* dei muschi sono sempre state distinte, secondo la classificazione di Mägdefrau (1982), in Acrocarpe (muschi ortotropi) (Fig.6) e pleurocarpe (muschi plagiotropi) (Fig.7).

I *muschi ortotropi* hanno fusti che si elevano perpendicolarmente dal substrato; la posizione dei gametangi e dello sporofito è acrocarpa. La pianta fertile continua il suo sviluppo mediante innovazioni laterali. In questa categoria si differenziano:

**Protonema mosses** o muschi protonemici, che si presentano come brevi getti ortotropi cresciuti da un protonema effimero, che appassiscono dopo lo sviluppo degli organi sessuali e dello sporofito. I muschi appartenenti a questa categoria sono quasi sempre annuali.

**Turf mosses** o muschi a tappeto, in cui getti portanti sporofiti formano nuove ramificazioni ortotrope laterali, che a loro volta portano archegoni e sporofiti, le innovazioni possono essere sia basitone che acrotone.

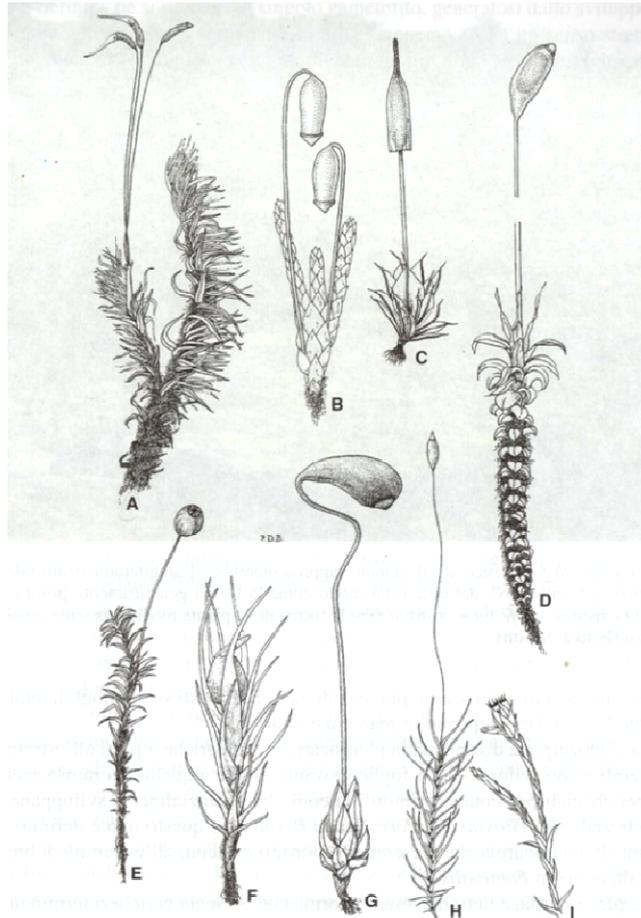


Fig.6- Habitus di alcuni muschi acrocarpi

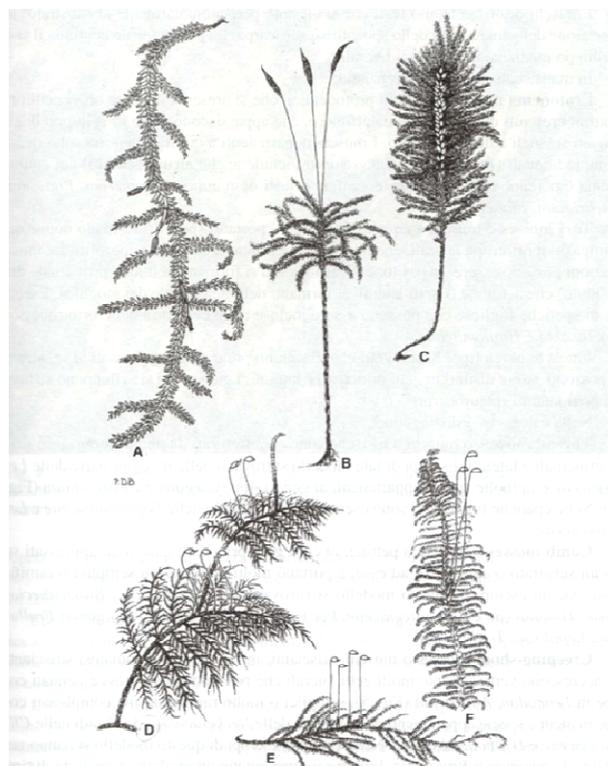


Fig.7- Habitus di alcuni muschi pleurocarpi

I *muschi plagiotropi* hanno getti che giacciono più o meno appressati al substrato e possono essere distinti in getti principali e laterali. I gametangi si sviluppano in brevi getti laterali (pleurocarpi).

Nella categoria si distinguono:

**Thread mosses** o muschi a filo, che sono caratterizzati da una differenza tra i getti principali e laterali.

**Comb mosses** o muschi a pattine, in cui i getti principali giacciono appressati al substrato o aggrappati ad esso, e portano numerosi getti laterali.

**Creeping-shoot mosses** o muschi striscianti, in cui da getti rizomatosi striscianti si accrescono verticalmente molti getti laterali che possono essere brevi e pennati, semplici o molto ramificati (Mägdefrau, 1982).

Secondo La Farge-England (1996), questa classificazione è fuorviante, perché accomuna il concetto di ortotropo e plagiotropo con quello delle specie acrocarpiche e pleurocarpiche, mentre dovrebbero essere trattati separatamente. La Farge-England intende come modello di crescita l'architettura di un solo gametofito, inclusa la direzione dello sviluppo, la frequenza, la lunghezza e l'orientamento dei rami laterali. La sua struttura può essere analizzata come gerarchia di moduli, in cui il modulo è il prodotto di un singolo meristema apicale.

Invece, in base alla posizione dei pericelizi, distingue i muschi in acrocarpi, cladocarpi e pleurocarpi, e mette in evidenza che non necessariamente specie pleurocarpiche hanno un modello di crescita prostrato o che specie acrocarpiche non hanno solo ramificazioni simpodiali (Aleffi, 2008).

Esperimenti prodotti in laboratorio dimostrano comunque che i modelli di crescita, pur essendo specie-specifici, sono altamente plastici al variare dei fattori ambientali come intensità della luce, umidità dell'aria e temperatura (During, 1990).

In tal modo viene avvalorata la tesi che sostiene che sia la componente genetica che quella ambientale abbiano un ruolo importante nel determinare sia la *growth form* che la *life form*.

### 5.2.2. Life form - Forma biologica

Con il termine *Life form* s'intende l'aspetto generale di una colonia di briofite, derivante dal modello di crescita, dal modello di ramificazione e dall'assemblaggio generale degli individui, il tutto sottoposto alle modificazioni prodotte dall'ambiente; quindi la sua definizione si basa su caratteri fenotipici (Aleffi, 2008).

Qui in seguito viene esposta la classificazione di Gimingham e Brise (1957), migliorata da Mägdefrau (1982) e rielaborata da During (1990). Implica solo che in condizioni

ecologiche favorevoli per la specie, essa mostrerà il modello del gruppo in cui è catalogata.

**Turfs:** piante con getti principali eretti, paralleli e perpendicolari al substrato.

**Chuscinons:** getti che si irradiano da un punto di origine centrale, e le ramificazioni assumono la stessa direzione dello sviluppo dei getti principali. Ramificazioni prevalentemente apicali e subapicali che contribuiscono all'aumento di dimensioni del cuscino.

**Mats:** fusti principali striscianti sul substrato, spesso con rizoidi; ramificazioni laterali spesso abbondanti con crescita limitata, brevemente eretti o orizzontali e strettamente intrecciati o paralleli.

**Tails:** la parte basale dei getti è corta e aderente al substrato (generalmente rami di alberi o rocce) e le parti distali si allontanano dal substrato in maniera non o sparsamente ramificata

**Pendants:** I getti pendono dai rami degli alberi. Tale modello di crescita è tipico nelle foreste tropicali.

**Wefts:** modello di crescita che deriva da un intreccio lasso di getti principali generalmente robusti e rami laterali sparsi e lussureggianti.

**Dendroids:** getti a ramificazione simpodiale, all'inizio striscianti o stoloniferi, poi eretti. La porzione eretta, in basso, non è ramificata, mentre superiormente la ramificazione abbondante forma un baldacchino.

**Streamer:** fusti lunghi e galleggianti nei torrenti e laghi.

Il significato ecologico di ciascun gruppo è stato normalmente interpretato in termini di economia idrica dell'organismo. Maggiore densità della colonia determina una minore perdita d'acqua per evaporazione poiché, a causa delle piccole dimensioni dei singoli individui e della densità nell'assemblaggio, l'Indice di Area Fogliare non corrisponde esattamente all'area della superficie traspirante. Con basse velocità del vento, la colonia di muschi si comporta come una foglia, con i getti tutti immersi dentro uno strato di altri getti che agisce da contorno della colonia (Aleffi, 2008).

Di conseguenza l'evaporazione sarà limitata al contorno invece che al totale della superficie traspirante (During, 1990).

Joenje e During (1977) indicano il modello di crescita è importante per descrivere la strategia delle briofite, in quanto determina la formazione di densi cespi che possono persistere per più di un anno, e l'habitus prostrato di alcune specie conferisce la capacità di muoversi orizzontalmente (dispersione) per brevi distanze, incrementandone anche la competitività.

La definizione *growth form*, in senso ecologico si riferisce alla modalità di occupazione di uno spazio; quando parliamo di colonia pensiamo anche al suo mantenimento e quindi alla propagazione, alla riproduzione e alla clonalità, fenomeni di fondamentale importanza nel concetto di strategia.

Stearns (1976) definisce la tattica è come un “set di caratteristiche coadattate, messe a punto dalla selezione per assolvere ai principali problemi ecologici”. Così ogni specie briofitica stabilisce una relazione con l’ambiente in cui vive, a tale relazione implica che alcune di queste caratteristiche potranno essere vantaggiose in determinate condizioni ecologiche ed altre no.

### 5.2.3. Strategie biologiche

L’ambiente gioca un ruolo importante nella selezione della specie, quindi il concetto di strategia sottintende l’adattamento alle fluttuazioni ambientali, le quali possono essere variabili in frequenza e prevedibilità. During (1979) ripropone la classificazione operata da Stearns (1976), della variabilità in rapporto alle condizioni fisiche e biologiche dell’ambiente. Ad ogni tipo di situazione ambientale è associata una delle strategie:

1. ambiente caratterizzato da fluttuazioni cicliche, con periodi più lunghi della lunghezza della generazione dell’organismo coinvolto;
2. ambiente caratterizzato da fluttuazioni cicliche, in cui il periodo è lungo tanto quanto il tempo della generazione è corto;
3. ambiente con fluttuazioni casuali nel tempo, mai cicliche né prevedibili.

During (1979) ha elaborato un sistema di classificazione delle strategie delle briofite tenendo conto degli aspetti salienti del loro ciclo biologico e delle reazioni indotte dalle fluttuazioni ambientali, in special modo la loro ampiezza e prevedibilità su tali aspetti.

Egli distingue sei categorie:

**1.Fuggitive:** Sono quelle specie che hanno un periodo vegetativo breve, quasi effimero; mostrano un alto sforzo riproduttivo sessuale producendo per la maggioranza sporofiti; la riproduzione asessuale è assente (Fig.8).

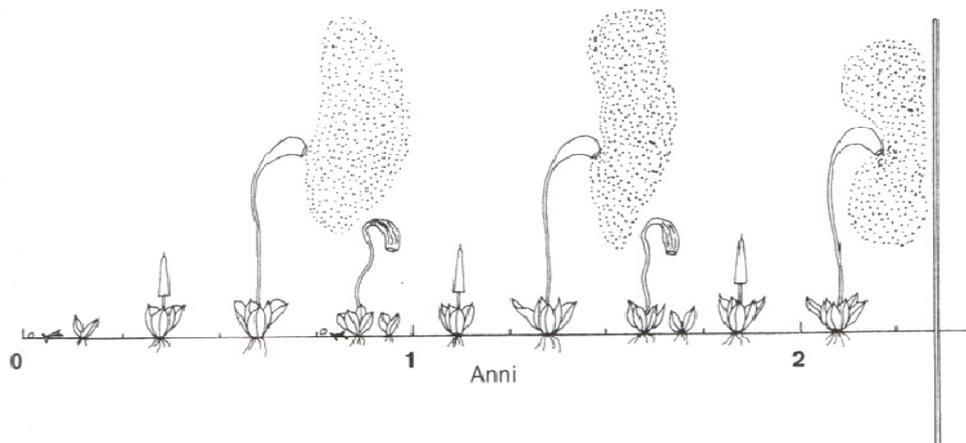


Fig.8- Strategia di vita delle specie fuggitive (da During, 1979).

La riproduzione si compie entro il primo anno di vita e non ha carattere stagionale. Le specie che attuano questa strategia hanno un modello di crescita di tipo *open turf* (tappeti lassi). La strategia delle fuggitive si accorda con condizioni ambientali altamente imprevedibili, del tipo 3 della classificazione di Stearns. Le specie dotate di questa strategia sono le prime a comparire nella successione secondaria.

**2.Colonizzatrici:** sono specie che hanno una vita breve; lo sforzo riproduttivo sessuale e asessuale è alto (Fig.9).

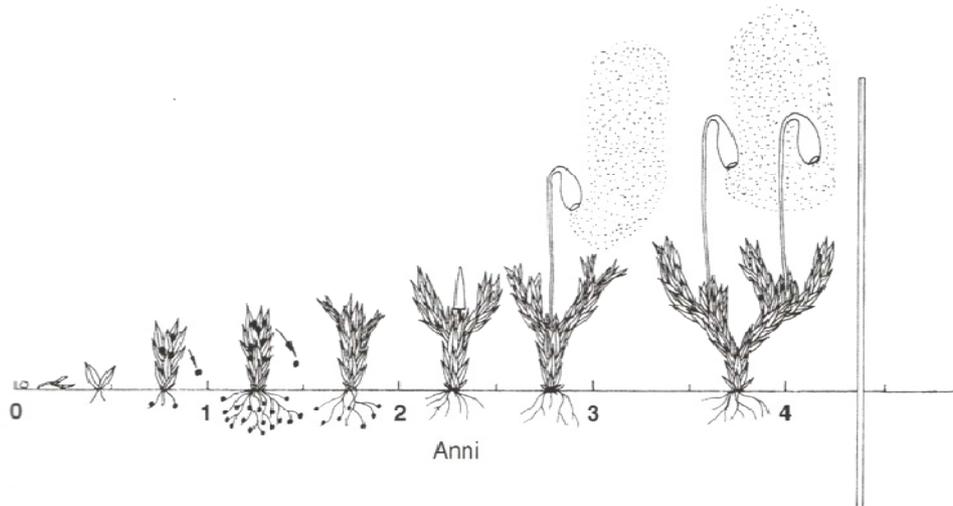


Fig.9- Strategia di vita delle specie colonizzatrici (da During, 1979).

La riproduzione asessuale è concentrata nei primi anni di vita, mentre la produzione degli sporofiti diventa frequente solo dopo 2-3 anni di vita. I modelli di crescita prevalenti sono: tappeti bassi (*short turf*), in alcune specie tappeti lassi (*open turf*) o di tipo talloide. Le specie dotate di questa strategia hanno la capacità di realizzare vaste popolazioni in brevi periodi di sviluppo vegetativo: per questo motivo tale tattica è spesso associata ad ambienti di prima colonizzazione (rocce).

**3.Annuali:** specie con vita breve (effimere); alto sforzo riproduttivo sessuale con sporofito frequente, mentre la riproduzione asessuale è assente(Fig.10).

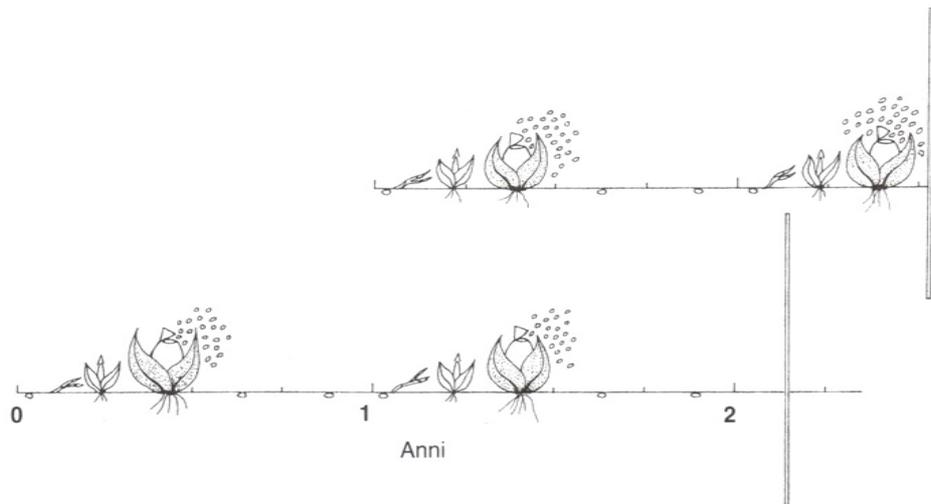


Fig.10- Strategia di vita delle specie annuali (da During, 1979).

I modelli di crescita sono: tappeti lassi e raramente bassi. Gli organismi dotati di tale strategia non sono dotati di stadi successionali stabiliti, ma possono presentarsi in ogni fase. Tale strategia si accorda con habitat di breve durata (1-2 anni). Nella classificazione di Stearns tale habitat appartiene al tipo 2, ambiente ciclico, periodi corti, inizio prevedibile e condizioni parzialmente note.

**4.A vita breve:** si tratta di specie pluriennali; lo sforzo riproduttivo sessuale è alto e gli sporofiti sono più o meno frequenti (Fig.11).

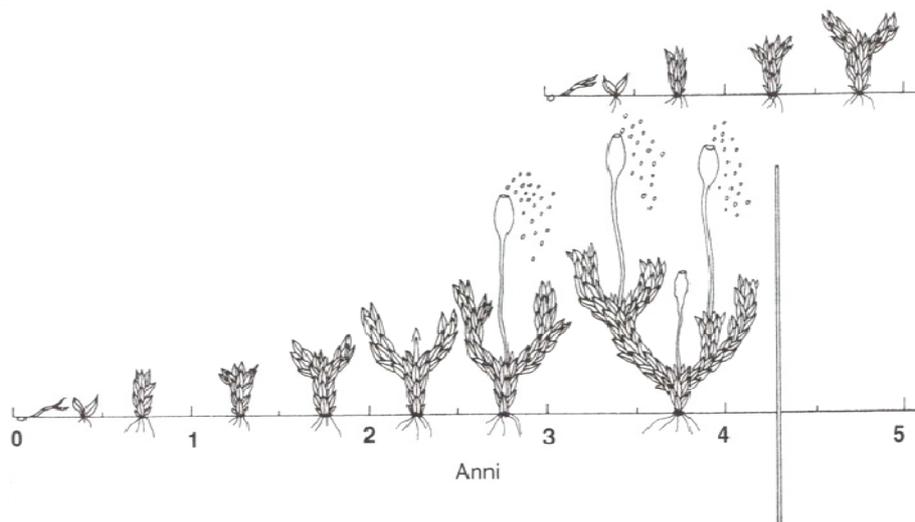


Fig.11- Strategia di vita delle specie a vita breve (da During, 1979).

La prima riproduzione si verifica entro 2-3 anni. I modelli di crescita sono del tipo bassi tappeti, l'ambiente in cui si possono trovare organismi dotati di tale strategia è lo stesso delle specie annuali, ma mancano i periodi di stress stagionali e l'habitat rimane costante per periodi di tempo lunghi.

**5.A vita lunga:** specie a lunga vita pluriennali e perenni; sforzo riproduttivo sessuale e asexuale moderato(Fig.12).

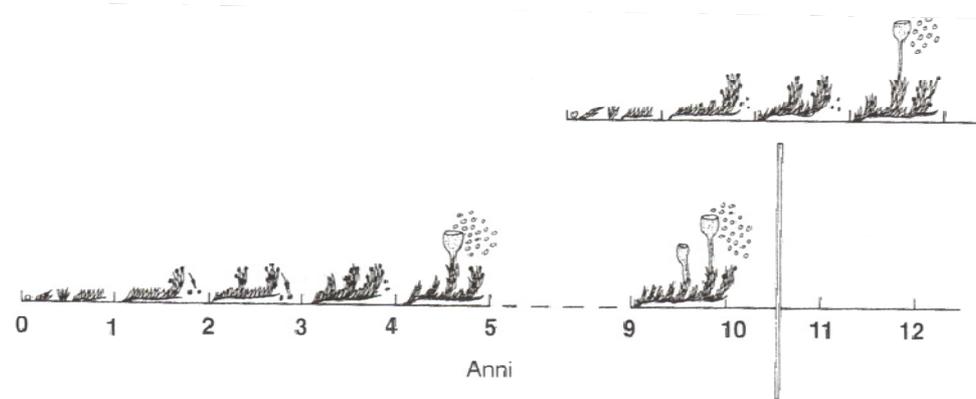


Fig.12- Strategia di vita delle specie a vita lunga (da During, 1979).

L'età della prima riproduzione asexuale è variabile e normalmente supera 1-2 anni e l'età della prima riproduzione sessuale è piuttosto alta (più di 5 anni). Forme di crescita prevalenti: a cuscino con getti che si irradiano da un punto di origine, a tappeto con fusti principali striscianti sul substrato, spesso con rizoidi. L'ambiente adatto a questa strategia è stabile per un periodo di tempo conosciuto.

**6.Perenni:** specie a vita lunga, perenni. Lo sforzo riproduttivo sessuale e asexuale è basso o assente e a volte localizzato in piccole aree (Fig.13).

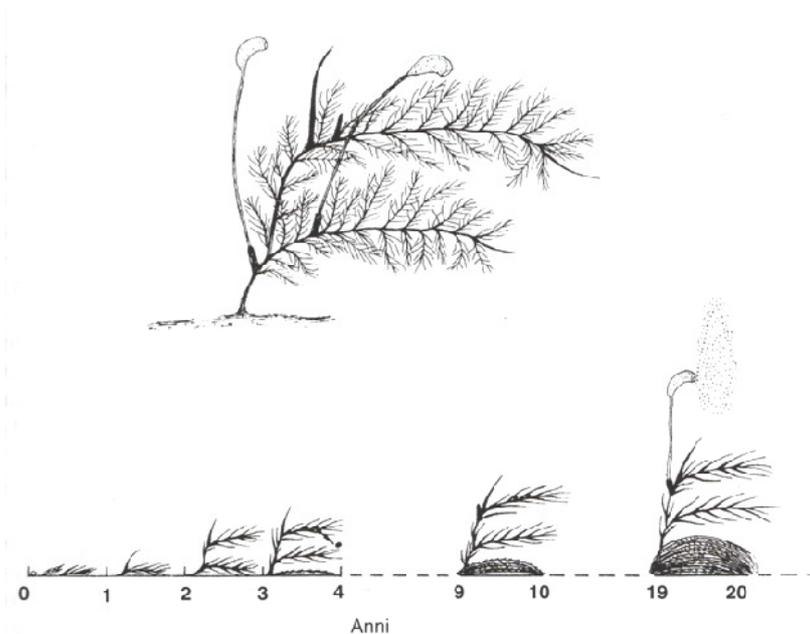


Fig.13- Strategia di vita delle specie perenni (da During, 1979).

La propagazione è meno importante rispetto alla persistenza vegetativa, l'organismo occupa nuovo spazio mediante la disgregazione e dispersione di parti della pianta,

combinata con la morte di porzioni vecchie del gametofito, seguite dalla produzione di nuove ramificazioni (During, 1990). L'età della prima riproduzione è variabile, almeno diversi anni. Forme di crescita: a cuscino, a tappeto. Tale strategia è frequente negli stadi successionali avanzati con condizioni ambientali più o meno costanti o che permangono per periodi di tempo piuttosto lunghi.

Se usate cautelativamente, tali classificazioni, possono essere utilizzate per fornire informazioni sulla struttura della comunità e nella guida di ulteriori ricerche dei fattori chiave in specifici ambienti o regioni.

#### **5.2.4. Riproduzione vegetativa**

La riproduzione vegetativa o agamica negli organismi vegetali consiste nel semplice distacco di una parte più o meno grande della pianta e nella diretta ricrescita di questa porzione fino a ricostituire l'individuo adulto (Fig.14). Tutti i discendenti formati per via vegetativa sono esattamente identici fra loro e nel loro insieme costituiscono un clone.

La produzione di individui tutti geneticamente identici viene favorita in natura ogni qual volta ha molta importanza la diffusione di un numero elevato di individui, allo scopo di assicurare il rapido sviluppo di tutta la discendenza. Pertanto molto spesso le piante ricorrono alla riproduzione vegetativa, quando vi sia la possibilità di colonizzare un territorio privo di vegetazione, e quindi, privo anche di specie concorrenti (Aleffi, 2008).

La pianta si avvale spesso di tale tipo di riproduzione anche quando appare utile produrre individui capaci di resistere senza danni a periodi in cui l'ambiente esterno è caratterizzato da condizioni avverse o quando le piante maschili o femminili si trovano a notevole distanza.

La riproduzione vegetativa può servire perciò tanto per la diffusione di una specie, quanto per la sua conservazione.

Giles (1971), definisce notevoli sono le capacità rigenerative dei muschi, nei quali i filloidi, il cuscino, i rizoidi, la caliptra e persino la seta e la capsula dello sporofito possono produrre nuove piante, direttamente o attraverso una fase protonemica.

Tale capacità di rigenerazione delle briofite, può essere vista come un carattere primitivo. La formazione di gemme, propaguli deputati alla riproduzione diminuisce infatti man mano che si procede nella scala evolutiva.

Questi processi rigenerativi sono di grande importanza per l'espansione e il mantenimento delle singole colonie, ma risultano poco efficienti per la diffusione. Assai più efficace la riproduzione mediante diaspore, unità biologico funzionali di dispersione. Accanto alle diaspore prodotte per via sessuale (meiospore), le briofite presentano una

grande varietà di meccanismi di riproduzione per mezzo di diaspore asexuali (Aleffi, 2008).

Generalmente pluricellulari e ricche di materiali di riserva, soprattutto amido e lipidi, le diaspore asexuali sono prodotte esclusivamente dal gametofito, spesso in maniera continuativa.

Al contrario, la produzione delle meiospore è legata allo sporofito, che appare solo in un breve periodo dell'anno. Si ritiene che la riproduzione mediante diaspore asexuali possa consentire di stabilire, mantenere e diffondere le popolazioni (Aleffi, 2008). Questi meccanismi di riproduzione vegetativa sono così efficienti da sostituire, in parte o completamente, la via sessuale.

Longton e Schuster (1983) hanno identificato sei tipologie di riproduzione asexuali delle briofite:

1. sviluppo di gametofiti dal protonema originato da una sola spora;
2. deperimento del vecchio gametofito con il distacco delle parti più giovani;
3. sviluppo da germogli multipli da rizomi e stoloni;
4. sviluppo di gametofiti da rizoidi;
5. rigenerazione da frammenti;
6. produzione di propaguli specializzati

L'utilizzo di tali strategie da parte delle briofite è dovuto in parte dalla difficoltà di portare a termine la riproduzione sessuale. Poiché quasi il 60% delle briofite sono dioiche e la condizione di specie monoica offre solitamente più opportunità per la riproduzione sessuale, è facile comprendere l'importanza che assume la riproduzione vegetativa in tale contesto (Schofield, 1985).

#### **5.2.4.1. Frammentazione**

La frammentazione è, di fatto, la forma più semplice di riproduzione asexuali, un metodo impiegato dai giapponesi per la crescita dei muschi nei giardini (Ando, 1971, 1987). Le cellule, distaccate virtualmente da qualsiasi parte di un muschio, sono capaci di rigenerare una nuova pianta.



Fig.14- Rigenerazione tramite frammenti.

#### **5.2.4.2. Diaspore vegetative**

Magill (1990) nel suo glossario ha tentato di standardizzare la terminologia, ha diviso le diaspore in due gruppi basati sul loro sviluppo a partire dalla germinazione.

Ha applicato il termine **propagulo** a quelle diaspore che hanno una cellula apicale e che possono svilupparsi direttamente sul fusto. A questo gruppo appartengono: apici decidui del fusto, rametti caduchi, flagelli, bulbilli e tuberi rizoidali.

Il concetto di **gemma** per definire una diaspora vegetativa priva di cellula apicale e che inizia sempre lo sviluppo con una fase protonemica. In base alla loro origine sulla piante possono essere identificate come: foglie caduche o gemme endogene.

Le prime sono foglie specializzate di formato ridotto che si distaccano facilmente dalla pianta, le seconde derivano da una cellula iniziale che deposta inizia a dividersi e raggiunta la maturità verrà rilasciata.

#### **5.2.4.3. Dispersione attraverso animali**

La dispersione di parti vegetative attraverso animali può costituire una parte importante di trasporto.

La dispersione può realizzarsi attraverso lombrichi ed altri invertebrati che digeriscono parti di briofite e ne depositano i frammenti fino ad alcune centinaia di metri di distanza. Anche le talpe e le formiche hanno attività sotterranee che facilitano il trasporto di diaspore dal loro stato di dormienza sotterranea ad uno stato di vitalità in superficie (During, 1987).

#### **5.2.4.4. Dispersione mediata dall'uomo**

Vi sono specie che facilmente vengono trasportate dall'uomo grazie ai fusti decidui che si fissano alle scarpe o ai vestiti, così come sui piccoli animali.

I campi da golf o le aree da picnic sembrano luoghi privilegiati per le specie invasive a causa del notevole calpestio cui queste aree sono sottoposte (Aleffi, 2008).

#### **5.2.4.5. Le "splash cups"**

Il metodo più noto di dispersione delle gemme è quello rappresentato dalla coppette propagulifere o *splash cups*. Molte briofite hanno coppe specializzate in cui sono prodotte le gemme e dalle quali successivamente sono disperse mediante le gocce di pioggia. Il modello delle *splash cups* sembra essere costituito per aumentare al massimo la distanza di dispersione delle gemme (Aleffi, 2008).

### **5.2.5. Fattori che favoriscono la rigenerazione**

Fra i *fattori esterni* che influenzano la rigenerazione possono essere menzionati la luce, le radiazioni, il pH, la stagione, l'umidità, la temperatura e le lesioni esterne della pianta. I più importanti *fattori interni* sono la posizione dei frammenti, la riserva dei nutrienti, la localizzazione nella pianta, l'età, la polarità e la dominanza apicale.

Numerose ricerche hanno innanzitutto dimostrato che lo sviluppo del protonema e delle gemme è fortemente facilitato in presenza di luce. La luce in diversi modi stimola e influenza la rigenerazione delle cellule.

Anche l'esposizione alle radiazioni è in grado di stimolare la rigenerazione. La stimolazione alla crescita in piante irradiate sarebbe essenzialmente dovuta agli effetti delle radiazioni sul bilancio ormonale della pianta.

Per quanto riguarda il pH, alcune ricerche hanno messo in evidenza che la rigenerazione delle foglie in alcuni muschi si può osservare per valori di pH compresi fra 3 e 8, ma che raggiunge il massimo in ambiente acido (pH 3-4) (Aleffi, 2008).

Abbastanza ovvia sembra essere l'importanza che hanno sulla rigenerazione la stagione favorevole (primavera-estate), l'umidità e la temperatura.

Fra i fattori interni, interessanti sono gli esperimenti condotti su alcuni muschi per mostrare come l'attività embrionale in un punto della piantina inibisca la presenza nelle vicinanze di altri centri di rigenerazione.

Meno chiari appaiono i meccanismi fisiologici che stanno alla base della dominanza apicale/riattivazione/rigenerazione. Si è potuto stabilire con una certa sicurezza che la presenza in piante intatte di cellule meristematiche, perviene la formazione di cellule rigenerative. La presenza di dominanza apicale nelle briofite può essere determinata dall'attivazione di primordi dormienti con un ritorno di cellule allo stato embrionale e la produzione di nuove piante. In piante con incompleta dominanza apicale la rigenerazione

è presente anche con meristemi apicali intatti. Il grado di dominanza apicale varia da specie a specie ed è influenzata dall'età della pianta. La spiegazione finale può essere nella interazione fra auxina e altri fattori endogeni come i carboidrati e/o chinine (Aleffi, 2008).

### **5.3. Il sistema protonemico dei muschi**

Il protonema viene generalmente definito come lo stadio di sviluppo giovanile, filamentoso che precede la formazione del gametofito foglioso. Il protonema si sviluppa sia dalla germinazione delle meiospore, sia durante la riproduzione vegetativa, da gemme e da propaguli vegetativi o dalla rigenerazione di parti di escisse e non del gametofito (Knoop, 1984).

#### **5.3.1. Protonema da spore**

Le spore delle briofite sono in genere cellule isolate, derivanti da una divisione meiotica, parzialmente dissecate durante la maturazione e disperse singolarmente dalla capsula deisciente in uno stato relativamente secco (Knoop, 1984).

Il processo di germinazione si può dividere in due fasi: 1) in presenza di acqua liquida, la spora si rigonfia fino a che l'esosporio si lacera; 2) dall'esosporio rotto fuoriesce un tubo germinativo, il protonema che raggiunta una certa lunghezza si separa dalla spora per divisione cellulare sia nel filamento, sia ancora internamente alla spora.

La prima fase di germinazione è caratterizzata dalla sintesi di clorofilla e carotenoidi, dallo sviluppo di cloroplasti e dal sensibile aumento della fotosintesi. La seconda fase della germinazione e cioè la produzione del tubo protonemico, è la più sensibile alle condizioni fisiche esterne, come l'intensità e la lunghezza d'onda della luce, il pH, l'età e la conservazione delle spore (Knoop, 1984).

La germinazione della spora porta alla formazione di un filamento uniseriato che si accresce per successive divisioni di una cellula apicale (Fig.15). Generalmente il primo filamento prodotto dalla germinazione della spora, è ricco di cloroplasti e denominato cloronema. Il cloronema è formato da cellule cilindriche, con setti trasversali ortogonali, ricche di cloroplasti rotondo/ovoidali, e rappresenta il sito principale di fotosintesi del sistema protonemico (Aleffi, 2008).

Dopo un certo periodo di coltura le cellule, in risposta all'aumento di luce e auxina si dividono, cambiando forma trasformandosi in caulonema. Composto da cellule più piccole, fusiformi con meno cloroplasti.

Raggiunta una certa ramificazione dalla cellula apicale, ogni cellula sviluppa verso il polo distale una protuberanza che successivamente si separa dalla cellula madre, formando una ramificazione laterale, un nuovo gametofito.



Fig.15- Protonema da spore (Fonte da: [www.lucieberger.org](http://www.lucieberger.org)).

### 5.3.2. Protonema secondario

Il protonema secondario si produce anche per rigenerazione di parti escisse del gametofito come per esempio porzioni di fusto che contengono almeno un nodo, foglioline, propaguli o anche porzioni di sporofito (Duckett *et al.*, 1998). Anche il protonema secondario è caratterizzato da pareti sottili, numerosi cloroplasti, la cui funzione principale è l'assimilazione. Dalle divisioni coordinate di questo meristema si origina il gametofito (Aleffi, 2008).

### 5.3.3. Considerazioni ecologiche

Il protonema viene considerato in letteratura un sistema plastico e modulare in risposta a stimoli endogeni ed esogeni, legati tra loro e all'ecologia della specie (Duckett *et al.*, 1998). Il protonema infatti svolge molte funzioni: è un organo di biosintesi, esplorazione del substrato, assorbimento e trasporto di soluti e produzione di nuovo gametofiti; esso è un clone e serve ad incrementare il numero dei nuovi gametofiti (During, 1979).

Nelle briofite, il protonema mostra quindi peculiarità strutturali e funzionali correlabili sia ad aspetti sistematici che ecologici; esso è fortemente sensibile ai fattori esterni (luce, temperatura, nutrienti) ed interni (percezione e risposta a stimoli chimici) ed, in quanto fase di sviluppo per un nuovo gametofito, va considerato parte integrante della biologia riproduttiva ed ecologia della specie (Aleffi, 2008).

## **5.4. Ecologia delle briofite**

Le briofite, per la semplicità strutturale, le scarse esigenze nutrizionali, le ridotte dimensioni, la capacità di rallentare le attività metaboliche, mostrano un'ampia valenza ecologica che si manifesta nella colonizzazione dei più svariati ambienti. Nonostante questo antico gruppo di vegetali annoveri complessivamente un limitato numero di specie, circa 15.000, è largamente diffuso nell'intero pianeta, dalle regioni artiche e subartiche, alle regioni temperate, alle tropicali, alle zone desertiche, in situazioni ambientali diverse.

L'ampio ventaglio di capacità colonizzatrici non offre tuttavia alle briofite la possibilità di scegliere l'ambiente, essendo questo subordinato alla collocazione degli organismi vegetali superiori più evoluti. A riguardo è opportuno ricordare come la distribuzione di una specie in natura sia condizionata, oltre che dai fattori climatici ed edafici, dalla competizione con le altre specie, il che comporta una selezione attraverso cui si affermano in un determinato ambiente solo le specie più adatte. Per quanto riguarda il substrato, ad esempio, nel terreno le briofite entrano in competizione con le piante superiori con conseguente relegazione nelle aree più impervie e inospitali per la componente fanerogama. Sulle rocce nude e sulle cortecce, le briofite si dividono lo spazio con i licheni, con i quali hanno in comune le medesime strategie di vita. La colonizzazione di substrati come rocce o cortecce, rimane quindi per i muschi una scelta obbligata (Aleffi *et al.*, 2008).

Ogni specie briofita, dimostra per ciascun fattore ecologico un intervallo di tollerabilità che può essere più o meno ampio, all'interno del quale è in grado di svolgere le proprie funzioni vitali. La tolleranza o ampiezza ecologica è molto diversa a seconda delle specie o del fattore considerato; vengono dette "euritopiche" le specie ad alta tolleranza, "stenotopiche" quelle a limitata tolleranza.

### **5.4.1. Relazioni Briofite-Ambiente**

Come si evince nei testi riguardanti l'ecologia vegetale, le briofite, sono intimamente legate all'ambiente, potendone modificare uno o più fattori che lo caratterizzano

(Pignatti, 1995). I parametri ecologici, interferiscono quindi sulle briofite condizionandone le relative manifestazioni di vita; essi infatti influenzano forma e dimensioni della specie, inducono la produzione di diaspore sessuali o asessuali, regolano il tasso di crescita, selezionano le *life forms* e stimolano l'adozione di strategie adattive di vita. Per contro, le briofite rispondono alle sollecitazioni dell'ambiente provocandone i cambiamenti. Esse sono in grado di trattenere grandi quantità d'acqua, con un potere di ritenzione quattro volte superiore ad un tappeto di foglie morte; tale peculiarità è particolarmente sviluppata in *Sphagnum*. Gli sfagni inoltre hanno la capacità di modificare l'assetto chimico del substrato, acidificandolo mediante il rilascio di ioni idrogeno. Significativo è il ruolo di questi ultimi nella formazione della torba; questi muschi sono diffusi negli acquitrini dei paesi nordici. Le torbiere sono ambienti altamente conservativi, infatti per le peculiari condizioni di acidità che in esse si vengono a creare, scarso ossigeno e produzione di sostanze antisettiche, i resti degli organismi si conservano per millenni (Aleffi, 2008).

#### **5.4.2. Luce**

In relazione al fattore luce esistono specie che sopportano elevate intensità luminose, altre che le preferiscono (fotofile), così come vi sono specie che tollerano basse intensità (sciafile), ed un ulteriore gruppo che si adatta a condizioni di luce intermedie (fotosciafile). Infatti in una foresta di caducifoglie le briofite saranno sottoposte a fasi alterne durante l'anno di luce e di ombra, in una foresta tropicale di sempreverdi non esiste la fase di luce, e lo strato muscinale è costituito principalmente da specie sciafile (Aleffi, 2008).

Energiche sono le reazioni delle briofite alle deboli luminosità, come ad esempio nelle stazioni cavernicole. Tale gruppo di vegetali sono tra quelli che sopporta meglio le deboli luminosità: il bisogno di luce cresce lungo la scala evolutiva. Questa tolleranza si spiega con un basso "punto di compensazione per la luce", grazie al quale la fotosintesi va in attivo con poca luce. Inoltre sono presenti per queste specie numerose forme di fotomorfosi come l'allungamento dei caulidi, la formazione di stoloni, nel tentativo di portare alla luce gli organi assimilatori.

#### **5.4.3. Temperatura**

Il fattore temperatura è responsabile della distribuzione altitudinale e latitudinale delle piante. Le condizioni termiche a cui sono sottoposte le briofite sono altamente variabili;

per ogni specie varia l'ampiezza ecologica e l'*optimum*. È interessante notare come la distribuzione di alcune specie è correlata a determinate isoterme.

In generale i limiti si svolgono le attività vitali di una pianta, si configurano tra 0°C e 50°C; al di sotto di tale limite minimo la fotosintesi è molto scarsa o nulla al di sopra di tale limite massimo cominciano i fenomeni di collasso delle proteine.

In relazione al fattore temperatura le specie si possono distinguere in tre categorie: termofite, caratteristiche delle zone calde, mesoterme, delle stazioni con valori di temperatura media e microterme, colonizzanti stazioni molto fredde. Studi effettuati sui limiti di temperatura hanno evidenziato come il limite massimo di tolleranza si abbassa è coincidente con il limite massimo per il quale si possono svolgere le attività metaboliche (Aleffi, 2008).

Le specie poste a zone con temperature estreme presentano degli adattamenti che non sono solo riconducibili alla temperatura, ma sono in risposta a una combinazione di numerosi fattori ecologici, come la luce e l'umidità.

#### **5.4.4. Acqua**

In rapporto con l'acqua le briofite si dividono tra acquatiche e terrestri, con un'ampia fascia di categorie intermedie.

Esse sono influenzate dalla limpidezza delle acque in base alla quale si insediano ad una determinata profondità e dal dinamismo delle correnti, sia per effetto della spinta meccanica esercitata su di esse sia per le richieste di ossigenazione.

Le briofite terrestri, pur adattandosi all'intermittente risorsa idrica terrestre, restano legate ad un certo grado di umidità ambientale; esse, non disponendo di un apparato di assorbimento, assorbono l'acqua sottoforma liquida o di vapore direttamente dall'atmosfera. Significativo è il ruolo delle briofite epifite sensibili ai deficit creati dal vento, non a caso la maggiore copertura di briofite si ritrova nella foreste tropicali ed equatoriali caratterizzate da un alto grado di umidità relativa dell'aria.

La richiesta di acqua dipende dalle esigenze dei diversi *taxa*, vi sono specie da ambienti umidi (igrofite), specie di ambienti mesici (mesofite), specie di ambienti secchi (xerofite) fino a casi estremi in ambienti desertici (iperxerofite).

La maggior parte delle briofite, sono organismi peciloidrici, che in condizioni di carenza di acqua entrano in uno stato di vita latente in cui l'attività metabolica è ridotta al minimo indispensabile; al ripristino di condizioni ambientali favorevoli, esse recuperano rapidamente le loro funzionalità. Tale capacità non è in grado di far sopravvivere gli organismi in condizioni estreme per cui si rendono indispensabili degli adattamenti morfo-strutturali o dei meccanismi di resistenza al secco. Esistono due tipi di risposta agli stress idrici: l'evitamento e la tolleranza (Gerola, 1995). L'evitamento consiste nell'adozione di un ciclo biologico compreso coincidente, in genere, con la stagione

delle piogge; la tolleranza consiste, invece, nella resistenza attiva delle piante attraverso adattamenti morfologici, strutturali e fisiologici.

#### **5.4.5. Fattori edafici**

Si indicano con fattori edafici i fattori ecologici riferibili al substrato su cui s'impiana un organismo vegetale. Le briofite hanno un'ampia possibilità di colonizzazione potendosi sviluppare sia sul terreno (specie terricole), che su rocce e pietre (specie epilittiche), altre sulla corteccia (specie cortecicole) più raramente su foglie (specie epifille). Le briofite vengono annoverate fra gli organismi pionieri aventi un ruolo di rilievo nella colonizzazione dei substrati rocciosi o delle lave dove si succedono nel tempo vegetali diversi, ognuno dei quali genera le condizioni adatte per l'attecchimento del gruppo successivo. È così che nella roccia nuda si assiste alla progressiva comparsa di unità tassonomiche sempre più esigenti evolute secondo la sequenza obbligata: cianobatteri, licheni, muschi e cromofite (Aleffi, 2008).

Anche la corteccia rappresenta un substrato colonizzabile per muschi e licheni. Le specie epifite sono molto esigenti in richieste di umidità atmosferica, considerato il tipo di substrato fisiologicamente secco; si giustifica così l'elevata presenza di epifite nelle foreste tropicali e la loro scarsità nei boschi dell'area mediterranea.

Oltre all'umidità dell'aria, vi sono altri fattori che condizionano la distribuzione della briofite specialmente le cortecicole nella posizione rispetto alla luce e alla direzione dei venti, il tipo di essenza arborea, l'età, la ruvidezza della corteccia

I fattori edafici possono essere chimici o fisici. I primi riguardano la consistenza e la struttura del substrato (granulometria, acqua, aria e temperatura del suolo), i secondi il pH, la presenza di ioni, Sali e nutrienti. Quanto alla stabilità del terreno le briofite prediligono substrati consolidati, anche se vi sono alcuni muschi capaci di consolidare substrati instabili e incoerenti come le dune di sabbia. Questi substrati costituiscono un vero e proprio problema per le briofite, perché oltre che alla aridità dovuta alla tessitura del terreno, si verificano condizioni climatiche sfavorevoli. È quanto si riscontra nelle formazioni dunali litoranee dell'area mediterranea dove la componente briofitica, rispetto alla linea di costa, si trova in posizione più arretrata in confronto alle fanerogame e in stazioni molto protette (Brullo et al., 1991).

Tra i fattori edafici puramente chimici hanno importanza i nutrimenti, in particolare le sostanze azotate. Alcuni muschi sono in grado di tollerare elevate concentrazioni come quelle che si sviluppano sugli escrementi o sono pioniere su zone incendiate. Si possono considerare nitrofile alcune specie ampiamente diffuse lungo i bordi delle strade o in generale nelle aree urbane come *Bryum argenteum*, *Tortula muralis* e *Lunularia cruciata*.

Un importante fattore chimico di selezione è il calcio; è noto come esistano specie che crescono solo su substrati ricchi di ioni  $\text{Ca}^{++}$ , perciò definite calcifile, distinte da altre, dette calcifughe, che vivono solo su substrati non calcarei e altre ancora indifferenti cioè non legate alla presenza di calcio. Alla presenza di calcio è correlata la disponibilità di ioni idrogeno, e quindi questo determina il pH del substrato, infatti i substrati calcarei si definiscono alcalini per cui vi sono specie basifile e in quelli non calcarei troviamo specie acidofile (Aleffi, 2008).

#### **5.4.6. Indici ecologici**

Considerate le strette relazioni tra piante e ambiente, sono stati proposti, per i più significativi fattori abiotici, degli indici ecologici allo scopo di quantificare l'affinità ecologica delle specie per ogni fattore considerato. I valori di ciascun indice sono compresi in un intervallo da 1 a 9 secondo un gradiente di crescente intensità del fattore abiotico.

Essendo quest'iniziativa già impiegata per le piante superiori, Düll (1991) ha elaborato per le briofite europee gli indici ecologici relativi ai fattori di luce, temperatura, umidità e pH.

### **5.5. Conservazione delle briofite**

L'allarmante riduzione della diversità biologica sta alla base della recente biologia della conservazione. Tra i vegetali che in passato hanno richiamato una scarsa attenzione di tutta la collettività si annoverano le briofite: organismi poco appariscenti, dalla limitata utilizzazione pratica sono stati considerati a lungo di scarso interesse e pertanto trascurati anche dalle politiche di tutela ambientale. Con il progredire delle conoscenze è significativamente cresciuta l'esigenza di una loro tutela, sia grazie ad una migliore comprensione della loro importanza ecologica ed economica, sia per la constatazione che anche in questo gruppo di vegetali si verifica un preoccupante aumento del fenomeno dell'estinzione delle specie (Aleffi, 2008).

#### **5.5.1. Valore economico e importanza della tutela delle briofite**

Negli ultimi decenni si è affermato lo sviluppo di un'economia ecologica che ha come obiettivo quello di attribuire un valore alla biodiversità, non solo tramite la

pianificazione territoriale e l'analisi costi-benefici, ma anche attraverso la conservazione ambientale, e questo ha fatto nascere l'esigenza di una valutazione della componente briofitica.

Per assegnare un valore economico alla diversità sono state adottate da Barbier *et al.* (1994) a tre tipologie di valori: valore d'uso diretto, valore d'uso indiretto e il valore d'opzione.

Il primo è attribuito a quelle risorse che, rimosse dal sito naturale, vengono inserite nel mercato come ad esempio l'uso della torba in floricoltura, del muschio in campo erboristico-farmaceutico e molto altro; il secondo è relativo alle risorse che non vengono consumate, ma danno un beneficio all'uomo. Le briofite influiscono sull'ambiente e di conseguenza sull'uomo, garantendo il funzionamento degli ecosistemi, regolando il clima e proteggendo il suolo. Il loro ruolo ecologico è notevole nelle foreste temperate sui sistemi forestali: Cortini Pedrotti (1992) ha evidenziato che le briofite costituiscono un elemento strutturale e funzionale importante delle fitocenosi forestali partecipando alla biosintesi e alla decomposizione della materia organica, regolarizzando e ottimizzando il deflusso d'acqua consentendo la costituzione di riserve. Un altro aspetto importante delle briofite all'interno degli ecosistemi riguarda la protezione dei suoli, grazie alla loro capacità d'insediarsi sui più diversi substrati, sia compatti che incoerenti, stabilizzando la matrice inorganica del suolo e arricchendo quella organica.

Sempre all'interno del valore economico indiretto delle briofite è il loro utilizzo come bioindicatori delle sostanze inquinanti nell'aria, nel suolo e nell'acqua valutandone il grado di antropizzazione.

Altri benefici dati dal valore ornamentale delle briofite si riscontrano sul eco-turismo e su quello naturalistico, arricchendo il paesaggio ed inoltre non è da sottovalutare l'attrazione che possono avere queste piccole piante per i bambini, che grazie alle ridotte dimensioni e alla semplicità dei tessuti, possono essere facilmente maneggiate e studiate.

Il valore d'opzione descrive la potenzialità delle specie di offrire benefici in futuro. Si stanno analizzando delle specie di muschi che presentano al loro interno composti aromatici utili per l'industria farmaceutica e biochimica del futuro (Aleffi, 2008).

### **5.5.2. Cause di estinzione: antropiche e naturali**

Sin dall'inizio dell'evoluzione dei viventi sulla terra è stato un susseguirsi di processi di estinzione di specificazione che hanno definito la biodiversità del pianeta. Anche le briofite risentono del crescente impatto antropico sul territorio e in vari contesti geografici si sente sempre più la necessità di adottare misure per la loro salvaguardia. A tal fine è fondamentale individuare le cause che determinano il declino e la rarità delle

specie, le quali oggi sono riconducibili principalmente alle attività antropiche e a fattori naturali.

Le alterazioni ambientali di origine antropica che costituiscono una minaccia per molte specie di briofite, sono dovute ai seguenti fattori: deforestazione, pratiche selvicolturali, attività turistico-ricreative, incendi, pascolo, attività agronomiche, desertificazione, inquinamento, diffusione di specie esotiche, interventi di sistemazione idraulica e prelievo per scopi commerciali (Aleffi, 2008).

Anche se sicuramente maggiormente incisive sull'estinzione delle briofite sono le cause naturali, può avvenire anche in seguito delle perturbazioni ambientali: cambiamenti climatici, biologia riproduttiva, ecologia, durata delle generazioni e dinamica di popolazione.

### **5.5.3. Tutela e conservazione**

Il successo di ogni obiettivo di tutela ambientale dipende dall'acquisizione e corretta valutazione di dati scientifici, infatti perché una specie venga tutelata deve essere analizzata per la sua rarità, vulnerabilità e il suo valore economico. Questo deve essere seguito dall'emanazione e applicazione di adeguati strumenti legislativi di protezione delle specie e dei siti in cui crescono. In generale, molti sono gli accordi internazionali che prevedono la conservazione della specie, habitat ed ecosistemi di particolare interesse. Tra questi strumenti legislativi quelli che ad oggi in ambito europeo, contemplano specificatamente la tutela delle briofite sono la Convenzione di Berna e la Direttiva Habitat.

La Convenzione di Berna è stato il primo trattato internazionale che nel 1990 ha ufficialmente incluso tra le specie vegetali da proteggere un elenco di 26 briofite comprendente *taxa* rari, endemici o di habitat minacciati.

La Direttiva Habitat è invece uno strumento di protezione non rivolto solamente alle specie minacciate ma anche agli habitat che li ospitano, mediante alla creazione di una rete di siti d'interesse, la cosiddetta rete "Natura 2000", individuati da ciascuno degli Stati aderenti. Trentaquattro sono a oggi le briofite elencate in questa direttiva che impone inoltre agli stati membri di monitorare lo status delle specie oggetto di attività commerciale (Hallingbäck, 2003).

L'aspetto legislativo viene completato dalle misure di conservazione che prevedono per prima cosa il divieto di raccolta delle specie rare e la realizzazione di progetti di conservazione. Tali misure si possono realizzare *in situ* o *ex situ*. Nel primo caso si prevede di adottare delle misure di tutela sulle popolazioni direttamente nel loro ambiente naturale e questo richiede delle conoscenze relative alle cause di minaccia, allo stato di conservazione e sicuramente rappresenta la strategia migliore lasciare le specie al loro

cammino evolutivo. Tuttavia non sempre è possibile conservare popolazioni troppo piccole o in aree con elevato impatto antropico, per questo si ricorre alla conservazione *ex situ*. Questa si può realizzare con la creazione di nuovi impianti su suolo o su altri substrati, creando delle popolazioni autonome in condizioni ambientali adatte.

Un esempio alquanto recente e innovativo è l'inserimento di collezioni di briofite anche negli orti botanici come a Berlino, o la passione dei collezionisti come Michael Fletcher, che ha allestito un giardino muscinale con centinaia di specie briofitiche (Fletcher, 1991).

## **5.6. Applicazioni: Briofite come *biomonitors* degli ecosistemi**

Le briofite, come tutte le piante possono essere utilizzate come “sentinelle” di parametri ecologici e in particolare esse, possono essere impiegate come bioindicatori della qualità dell'aria. Infatti presentano una dipendenza dall'atmosfera, che le permette di svolgere tale compito evitando, quasi, le interazioni con il substrato. A questa caratteristica si aggiungono la sensibilità agli inquinanti e un'ampia distribuzione che permettono il controllo di un ambiente su un'ampia scala e costante nel tempo (Giordano *et al.*, 2004).

Le briofite sono diffuse in una vasta gamma di ambienti in tutte le regioni bioclimatiche, grazie soprattutto alla capacità di tollerare lunghi periodi di disseccamento entrando in uno stato di criptobiosi dal quale possono uscire in tempi brevi. Queste caratteristiche metaboliche e in particolare la pecilodria, le rendono adatte a colonizzare aree con condizioni ambientali estreme (Aleffi, 2008).

Le briofite di ambienti terrestri hanno tre fonti possibili per i nutrimenti e l'acqua: il substrato, le deposizioni umide e le deposizioni secche (Bates, 2000). Proprio per la loro dipendenza dall'ambiente atmosferico, questi organismi sono stati utilizzati in studi sui cambiamenti ambientali ed in particolare sulla diffusione di gas fito-tossici e sulla deposizione di tracce di elementi.

L'inquinamento atmosferico può essere definito quantitativamente in termini di concentrazione dei diversi elementi inquinanti misurati dalle stazioni di rilevamento automatiche, ma queste rilevano solo dati puntiformi e le concentrazioni risultano alquanto variabili nel tempo.

Gli effetti dell'inquinamento atmosferico possono essere valutati a diverse scale, da quella del singolo organismo a quella di comunità. Il biomonitoraggio rende possibile la valutazione degli effetti additivi e sinergici di diversi inquinanti, su organismi sensibili e reattivi all'inquinamento. Questi organismi possono essere usati come integratori di dati ambientali e analizzano due principali effetti dell'inquinamento:

1. Modificazione morfologiche o genetiche di un organismo, la bioindicazione, stime gli effetti dell'inquinamento (Shaw *et al.*, 1989).

2. Accumulo degli elementi in traccia sui tessuti vegetali, il bioaccumulo, utilizzando tecniche di analisi chimica per misurarne la concentrazione nei tessuti (Bargagli, 1998).

Sono ormai quarant'anni che le briofite vengono usate per valutazioni di impatto ambientale dovute ad attività umane o industriali.

La maggior parte degli studi sulle briofite come bioindicatori sono stati rivolti alla stima dei cambiamenti qualitativi e quantitativi della vitalità, presenza, copertura e distribuzione di specie correlabili alla presenza nell'atmosfera di gas fitotossici, elementi in traccia e altri contaminanti immessi nell'atmosfera (Bargagli, 1998; Bates, 2000).

## 6. MOSS GARDENS

L'idea di coltivare i muschi nel giardino, viene al giardiniere che osserva queste piante negli spazi naturali, in foresta o in un prato. In genere le persone che hanno del muschio in giardino tendono a disfarsene, invece che farselo amico e coltivarlo. Spesso i muschi aspettano che vengano riconosciute le loro potenzialità, grazie alle loro capacità infestanti del tappeto erboso. Tutti quegli spazi dove il prato cede il posto alle briofite sono perfetti per far crescere un tappeto di muschio (Fig.16).



Fig.16- I muschi all'interno del giardino(foto da: [www.mossacres.com](http://www.mossacres.com)).

Il muschio si accresce in questi spazi spontaneo, probabilmente perché risulta il migliore per sviluppo e accrescimento. Logicamente, questo tipo di muschio spontaneo, richiederà un'inferiore manutenzione rispetto alle cure che necessita un giardino di muschio appositamente piantato.

Il muschio può essere coltivato in un'infinità di contenitori, dai tupperware alle vaschette del gelato, ma in genere in questo modo le briofite non sopravvivono per più di qualche mese (Fletcher,1991). Fletcher (1991) ha provato diversi substrati ma tutte le prove dimostravano che la migliore strada da percorrere per creare un tappeto di muschio era analizzare come le briofite si accrescevano normalmente.

Occupandosi di giardini di muschio ci sono poi delle piante simili al muschio come habitat e accrescimento, le piccole crittogame, che crescono negli stessi spazi come: licheni, antocerote, epatiche e felci (selaginella).

I muschi e le altre tappezzanti, ricoprono le superfici del giardino (pietre, statue, suolo, tetti) e le ammorbidiscono. Specialmente muschi e licheni, formano uno strato del giardino che si mantiene nel tempo.

C'è un termine preciso, usato dai giapponesi, per descrivere l'eleganza che queste piante conferiscono al giardino, *shibusa*. Infatti sono proprio i giapponesi che concepiscono l'originale giardino di muschio, durante l'era feudale (XII-XIX sec.; Schenk, 1997). I giardinieri inserirono i muschi nelle loro composizioni, diventando così parte delle loro tradizioni. Certamente il loro giardini, sono ricordati ai tempi nostri, anche per il loro memorabili tappeti di muschio.

Fuori dal Giappone, l'uso del muschio come tappezzante al posto del tappeto erboso, è presente in pochi esempi a partire dal XX sec.. Più comunemente i muschi vengono allevati in contenitori assieme a licheni, e consentono di fare piccole composizioni nei vasi (Schenk, 1997).

Essendo il giardino di muschi, ancora sconosciuto per la maggior parte dei giardinieri o personale nel settore, tutti quelli che si avvicinano al tema sono principalmente botanici o ricercatori che studiano e fanno delle prove. Per questo, molto spesso, la denominazione del muschio rimane ancora soggetta a nomi comuni come: muschio-piuma, muschio a felce per le specie appartenenti al genere *Thuidium*, perché hanno foglie pinnate; cuscino di muschio per il genere *Leucobryum* che effettivamente produce delle conformazioni che ricordano un cuscino; e cappuccio/coperchio peloso di muschio per le specie appartenenti al *Polytrichum*. Essendo un gruppo molto vasto e con delle differenze microscopiche, chi viene impiegato all'interno dei giardini, lo classifica principalmente in base all'effetto che produce, visto che spesso non si risale al nome scientifico, in quanto servirebbe una classificazione microscopica. Quindi l'impiego del muschio in giardino rimane tuttora a livello amatoriale/hobbistico.

## 6.1. Nei giardini giapponesi

Spesso i giardini giapponesi appaiono come delle piccole porzioni di terreno che si esimono dall'entrare nel caos cittadino. Infatti nascono protetti da recinti nel bel mezzo delle città, ed offrono dei momenti di relax al riparo dai rumori (Glime, 2007).

In scritti, di monaci Buddisti risalenti a mille anni fa, compare la presenza di muschi che crescono nei giardini dei loro templi. All'inizio prima dei deliberati usi dei muschi nel *garden design*, ci deve essere stato un modo di comunicazione tra i monaci e il muschio durante i rituali di fede Zen. I monaci dovevano aver percepito che loro e i muschi ricercavano la serenità, ed entrambi si trovavano in una condizione di vita semplice. Presto, i monaci cominciarono a coltivare i muschi, anche nei templi; iniziando a piantare il muschio o a incoraggiarne l'attecchimento naturale in molti dei loro giardini (Fig.17).



Fig.17- Giardino di muschio al tempio del muschio (Kokedera), Saihoji di Kyoto(foto di Janice Glime).

Le briofite sono sempre state considerate un contributo prezioso nel giardino giapponese. Alcuni giardini sono conosciuti, già da prima del VII sec. (Seike *et al.*, 1980), i primi di erano basati sullo stile cinese, ma ben presto cambiarono il loro carattere per trasformarsi nello stile giapponese. Essi principalmente riflettono la religione scintoista, in cui il mondo è visto come un insieme di forze della creazione (Seike *et al.*, 1980).

Tra il XV e il XVI sec. le superfici dei giardini erano ridotte, aprendo così la strada all'uso delle piccole piante tra cui le briofite, e da qui cominciarono ad essere impiegate e riprodotte (Glime, 2007).

Il giardino giapponese è riconosciuto per la sua semplicità, persegue il tema della tranquillità, dove il giardino non deve apparire curatissimo, ma deve mantenere un aspetto naturale (Seike *et al.*, 1980). In generale questi cortili per il tè possono essere piccoli, allora ospitano principalmente ghiaia, rocce e muschio in modo da fornire una superficie verde; in questo caso il muschio simula delle isole su un letto di ghiaia. In altri casi il giardino è più grande per poter ospitare un vero laghetto, allora il muschio viene disposto in ampie aree curve irregolari a spezzare la ghiaia (Saito, 1980). Percorsi di pietre serpeggiano su letti di ghiaia o muschi, non essendo mai dritti (Seike *et al.*, 1980), all'interno i giardini possiedono sempre un punto focale come una lanterna. Nei giardini più grandi i muschi ricoprono le pietre imitando le montagne, e gli arbusti vengono topiati a creare delle forme fitte e arrotondate (Glime, 2007).

I giardini di muschio più importanti, si possono trovare a Kyoto, nella vecchia capitale crescono lussureggianti circondati dalle montagne che mantengono l'umidità e li proteggono dalla calura estiva (Glime, 2007).

Generalmente ci sono tre tipi di giardino di muschio in Giappone: il cortile, o giardino chiuso; il giardino per la meditazione (giardino Zen); e il giardino per la Cerimonia dal tè, con colline e specchi d'acqua.

Per quanto riguarda il cortile, è un piccolo giardino in uno spazio chiuso, dove vengono posizionati pochi ma fondamentali elementi. Il giardiniere aggiunge qualche oggetto creato dall'uomo come lanterne e contenitori d'acqua per decorarlo e consentirgli di funzionare praticamente nella vita di ogni giorno. Egli mira al bilanciamento e alle proporzioni senza geometrie artificiali (Seike *et al.*, 2008).

Il muschio è fondamentale per ricreare con qualche roccia un giardino in miniatura, una scena anche in un piccolo spazio che dia l'illusione delle montagne lontane, cascate e verdi foreste (Fig.18). Il giardinaggio giapponese non è una mera imitazione della natura, Avery (1966) lo descrive appropriatamente come uno "scenario preso in prestito", per alleviare il grigiore della vita cittadina.



Fig.18- Piccolo giardino in uno spazio chiuso di una abitazione (foto di Sadao Hibi).

Il giardino di pietre è la seconda tipologia in cui si possono riassumere i giardini giapponesi. All'interno di una pietra si accumulano i secoli, il movimento, e la direzione. Il compito del giardiniere è quello di rendere queste qualità visibili all'occhio umano. Egli seleziona pietre naturali, e con loro segna il terreno, attraverso percorsi e confini o ritrae una cascata, un ruscello o una montagna. Può aggiungere del verde per bilanciare o alleggerire la pietre, e se le pietre sono pesanti ed esercitano un senso radicato di forza e potere nel giardino, allora lui dirà che sono "vive" (Seike *et al.*, 2008).



Fig.19- Giardino di Ryoanji, a Kyoto(foto di Sadao Hibi).

Il giardino di Ryoanji, a Kyoto è il primo esempio d'illusione delle misure, dell'estensione degli spazi (Fig.19) e della forza che possono acquisire i singoli elementi. Il giardino roccioso è creato secondo lo stile *kare-sansui* (giardino all'asciutto) e viene impiegato nella meditazione del buddhismo zen (Schenk,1997).

Il giardino si presenta come un rettangolo piatto ed allungato circondato da un muro in stucco, costruito nella seconda metà del XV sec. In soli 25 m per 10 m (le dimensioni assomigliano a quelle di un campo da tennis), e da l'impressione al visitatore di essere più largo. Si riassume in un totale di quindici rocce disposte in cinque gruppi, adagiate su un piano di ghiaia (Seike *et al.*, 2008). La ghiaia è tenuta meticolosamente rastrellata in forme nel riquadro, grazie ai denti del rastrello: formano degli anelli intorno alle pietre e solcano linee rette che sembrano senza fine come quelle di un campo di grano. L'unica parte verde del giardino sono le piccole macchie del *Polytrichum*, che forma chiudendosi intorno ai gruppi di rocce. In questo caso sicuramente il muschio non è stato piantato ma si è accresciuto negli anni, come un'infestante, e gli è stato permesso di restare dai monaci, compromettendo il loro astratto e austero concetto di giardino, dandogli una qualità aggiuntiva (Schenk,1997).

Diversi sono i significati che sono stati dati al giardino, venendo usato per la meditazione, doveva rappresentare la mente umana; i gruppi di pietra raffiguravano le idee al suo interno, con l'avvento del muschio, i gruppi di pietre sono stati trasfigurati in montagne circondate da isole verdi nel mare, rappresentato dalla ghiaia; ma il significato vero e proprio ognuno dovrebbe raggiungerlo attraverso la meditazione (Schenk,1997).

*Polytrichum commune* è la specie più comunemente piantata nei giardini giapponesi. I giardinieri contemporanei lo utilizzano assieme al *Pogonatum contortum*. Alcuni muschi possono essere impiegati soli o in combinazioni in forme libere o geometriche, forse con *Stereodon plumaeformis*, che ha una crescita lenta e i fusti sembrano delle piume e contrastano fortemente con i fusti robusti e piccoli di *Polytrichum* o *Pogonatum*.

Altre piante inferiori diverse dai muschi, classificate all'interno di una divisione delle felci, possono essere usate come tappezzanti di piccole aree: la *Selaginella japonica* e il *Lycopodium clavatum* (Schenk,1997).

Diversi giardini giapponesi dei primi anni del ventesimo secolo o più recenti, contengono il *Polytrichum* disposto in forme organiche o geometriche, partendo dal terreno circostante fanno da contenimento alla ghiaia. A Sanpo-in, un tempio a Kyoto, il muschio viene separato dalla ghiaia da efficaci muretti. Qui il muschio viene disposto in forme volutamente irregolari segnate dai muretti contenitivi (Fig.20). Aree transitorie di luce e ombra, sono proiettate dagli arbusti circostanti, cambiando il giardino durante il giorno (Schenk,1997).

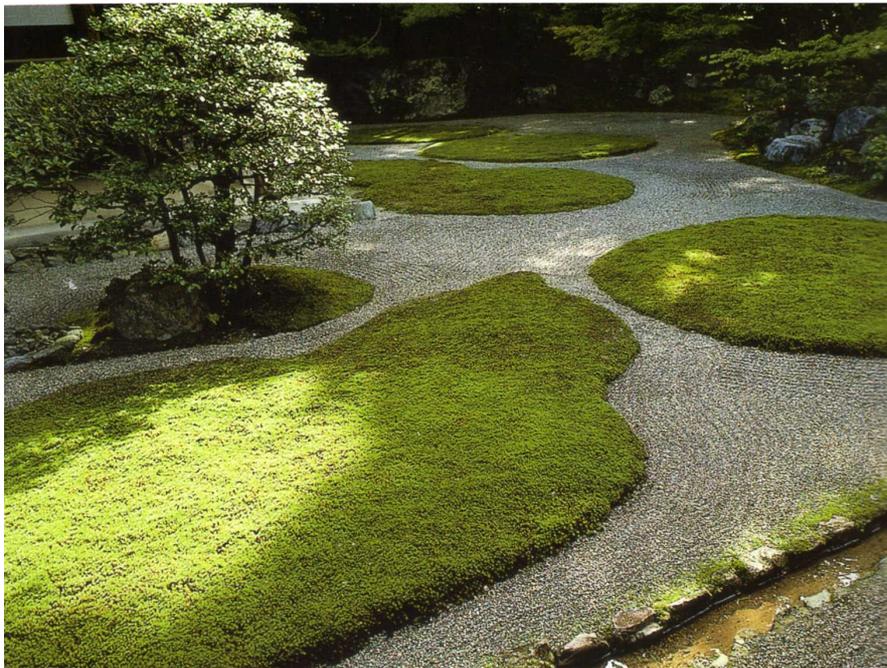


Fig.20- Isole di *Polytrichum* al Sanpo-in, a Kyoto (foto di G. Schenk).

Il *Polytrichum* è stato trovato nei maggiori giardini Zen giapponesi, e sicuramente si trova anche in centinaia di piccoli giardini privati come tappezzante o alla base di arbusti o semplicemente si trova lì senza avere grandi pretese. Il valore di questi muschi, prima osservati e poi impiegati dalla creatività dei monaci un millennio fa, sono stati tramandati, dalle famiglie dell'intera nazione (Schenk,1997).

La terza tipologia di giardino giapponese è il giardino per la Cerimonia del tè. Se i larghi giardini di pietre creano solidi e sicuri spazi, gli alberi e l'acqua lasciano il giardino aprirsi, sviluppandosi e attivandosi, verticalmente e orizzontalmente. Il giardiniere lascia

predominare le specie sempreverdi, perché suggerisce la costanza e la durata della natura a mantenere verde il giardino tutto l'anno; ma aggiungerà anche un albero da fiore e una caducifolia, con colori brillanti in autunno, per evidenziare i cambiamenti stagionali e il ciclico processo della vita. Quando il giardiniere forma, attraverso la potatura, alberi e arbusti, gli fa esporre i loro caratteri e abitudini, non li piega alla sua volontà. L'acqua è un elemento libero, sempre in movimento catturato dalle forme che vengono adottate. Viene usata per il suono che produce lasciandola cadere, correre o raccolta in un laghetto (Seike *et al.*, 2008).

Quest'ultimo assomiglia ai paesaggi naturali giapponesi in forma ridotta e semplificata (Avery, 1966). L'impiego di pietre per ritrarre le montagne (Fig. 21), stagni al posto di laghi e oceani (Fig. 22) e le briofite che simboleggiano ogni tipo di pianta, sono i tre elementi essenziali nel giardino Giapponese. I fiori di per sé hanno minore importanza in quanto effimeri, il verde è il simbolo di una lunga vita e offre un luogo per rilassarsi e per la contemplazione. In netto contrasto con i colorati giardini europei. Ciò che seduce in Giappone sono le diverse sfumature di verde, le foreste di bambù, qualche pietra qua e là e pochi arbusti da fiore (Glime, 2007).

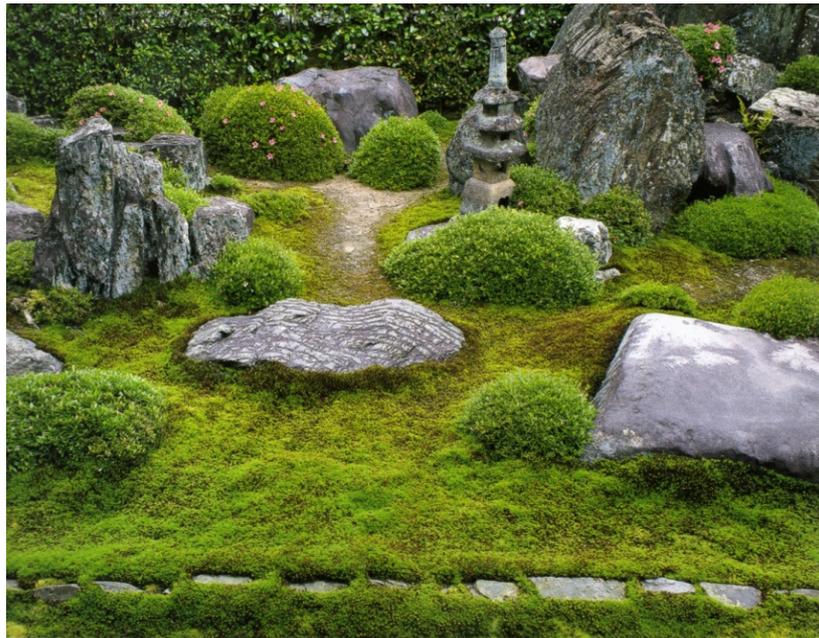


Fig.21- L'uso delle pietre nel giardino giapponese(foto di Sadao Hibi).



Fig.22- Laghetto nel Hyozu Shrine Garden(foto di Sadao Hibi).

Il giardino di muschio maggiormente conosciuto è il *Kokedera*, o tempio di muschio, il Tempio di Koinzan Saihoji di Kyoto (Fig.23). Saihoji, oggi è il più famoso giardino di muschi, originariamente nato da un antico raggruppamento di pietre sepolcrali nel tipico stile Zen del XIV sec..



Fig.23- Giardino del Tempio di Koinzan Saihoji di Kyoto (foto di Kenzo Yokoyama).

Con i suoi 1,8 ettari, Saihoji in Giappone e nel mondo, è l'esempio più esteso di muschio naturalistico in giardino.

Se in foresta, il muschio arriva a coprire metri e metri di suolo, nel giardino il muschio si riproduce da solo e gli alberi e gli arbusti non vengono potati apposta in modo da produrre l'ombra utile per il suo accrescimento. Probabilmente Saihoji non si classifica nei giardini moderni, caratterizzati dalla bassa manutenzione, perché al suo interno i giardinieri sono sempre a lavoro, eliminando i detriti, diserbandando e trapiantando zolle dove c'è bisogno. Come tutti i giardini naturalistici, richiede un certo sforzo per impedire il dominio della natura e bloccarne l'evoluzione (Schenk,1997).

Questo, come altri giardini antichi soffre i nuovi pericoli della società moderna. Oltre al calpestamento di un numero sempre crescente di visitatori, con l'avvento del turismo di massa l'incremento dell'arrivo di pullman carichi di turisti ha causato notevoli sofferenze ai muschi, dovute alle esalazioni dei gas tossici, tanto da costringere gli organizzatori a limitare il numero di accessi giornalieri ai giardini (Schenk,1997). Questo problema ha costretto alla chiusura del Saihoji di Kyoto per il visitatore occasionale, richiedendo di prenotare in anticipo e ponendo un percorso obbligato di visita nel giardino per limitare i danni (Glime, 2007).

Ancora oggi il giardino di muschio unito al giardino Zen, dà una sensazione di calma e risveglio dell'immaginazione, che richiama le antiche motivazioni per il quale era stato creato dai monaci. I muschi e le piante che coprono il terreno del giardino, sono tuttora una meraviglia per la vista e la meditazione. Saihoji, approssimativamente contiene cento specie tra muschi, epatiche e licheni, che ricoprono il suolo e le pietre formando un tappeto di verdi che passano dal grigio all'oro fino al bronzo (Fig. 24). Ogni specie di muschio ricopre il suo spazio sul suolo o pietra e, col tempo, prende posto e lo cede. Diversi gradi di ombra o sole, umidità costante o siccità periodica, ricchezza o carenza di humus descrivono al meglio la localizzazione di un muschio rispetto ad un altro. Ancora, le condizioni del suolo, la luminosità che lentamente cambia nel giardino, decade dopo decade trasforma l'arazzo delle piante (Schenk,1997).

Due tra i principali muschi ospiti del tempio sono *Leucobryum* e *Polytrichum*, entrambi questi muschi sono presenti abbondantemente nelle loro zone d'origine, Europa Nord America e nella parte occidentale del pianeta; questi generi sono tra i più usati per i giardini di muschio. Si può vedere come nell'esempio di Saihoji, il bisogno di richieste particolari dell'habitat di questi o di altre specie di muschi che vengono piantati. Oltre al trapianto di zolle, ci sono anche altri metodi per creare un tappeto di muschi, quello usato dai monaci un tempo era di sedersi a contemplare mentre i muschi identificavano loro stessi per un particolare sito del giardino (Schenk,1997).

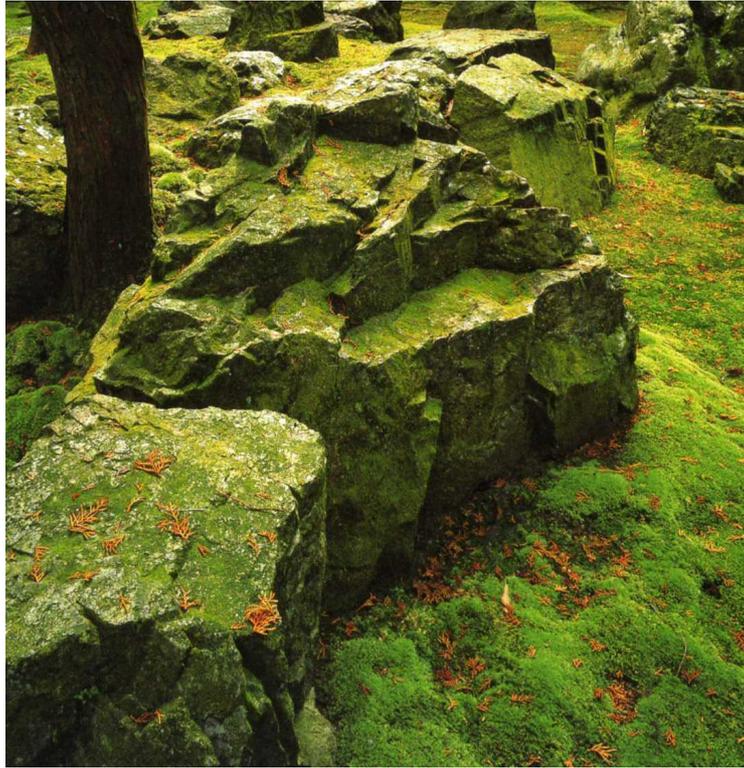


Fig.24- I muschi del Tempio di Koinzan Saihoji di Kyoto (foto di Kenzo Yokoyama).

In altri giardini giapponesi, si può notare come il muschio è limitato solo in determinate aree, con effetti ancora differenti. In questo caso il muschio, non ha niente a che vedere con il soffice tappeto del Saihoji, ma descrive il gusto sublime di come il genere umano domina il nostro pianeta (Fig.25). Usando l'immaginazione si possono vedere, le innumerevoli piante che separano le colonie di muschio, solo pochi centimetri più alte, come una foresta vista da lontano.

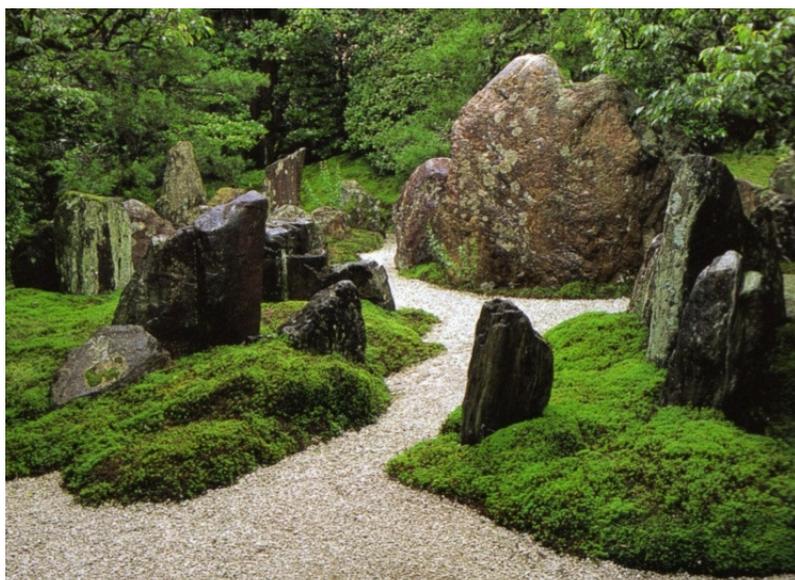


Fig.25- Area di *Polytrichum* spp. curvilinea, con i bordi tenuti meticolosamente (foto di Sadao Hibi).

Un esempio da sottolineare è il giardino del Tempio di Ginkakuji (Tempio d'Argento) a Kyoto, che cerca d'insegnare al pubblico i muschi che vengono maggiormente usati nei giardini del Giappone e quelli che ospita il giardino. Le figure di seguito riportate, ritraggono gli espositori dove vengono mostrati i muschi con i loro nomi giapponesi e una spiegazione della loro utilità per i giardini, (Fig. 26 e Fig. 27) (Glime, 2007).



Fig.26- Esposizione didattica dei muschi maggiormente impiegati nei giardini giapponesi, al Tempio di Ginkakuji, Kyoto (foto di Gavin Anderson).



Fig.27- Esposizione didattica dei muschi che si trovano nel Tempio di Ginkakuji, Kyoto (foto di Onno Muller).

In Giappone, ogni specie di muschio oltre al nome scientifico possiede anche un nome giapponese, i briologi li conoscono entrambi.

Sempre all'interno del giardino vi sono poi un gruppo di muschi definiti “indesiderati”, considerati infestanti, che devono essere eliminati, per permettere la sopravvivenza degli altri (Fig.28) (Glime, 2007).



Fig.28- Esposizione didattica dei muschi considerati infestanti, in Giappone (foto di Gavin Anderson).

Negli ultimi secoli però, l'aumento della densità della popolazione comporta la diminuzione della aree disponibili per il verde, i giardini sono sempre meno e con estensione limitata anche in Giappone.

## 6.2. In Occidente

Oltre al Giappone anche nel resto del mondo, anche se in misura minore, viene impiegato il muschio nei giardini, ma pochi sono accessibili al pubblico.

Gli Stati Uniti sono il paese, dopo il Giappone, che ha maggiormente impiegato le briofite all'interno dei suoi parchi e giardini. In Nord America ci sono numerosi parchi pubblici, all'interno dei quali, muschi e alte piante inferiori, come licheni ed epatiche, si accrescono spontaneamente nel terreno, nelle pavimentazioni, sui camminamenti e persino sui tetti. Le aree ricoperte dalle piante possono non essere grandi ma garantiscono al giardino una tocco estremamente piacevole (Schenk,1997).

Un effettivo giardino di muschio, aperto al pubblico, è il Bayard Cutting Arboretum di Long Island, New York. Costruito sul suolo paludoso, il giardino di muschi dell'arboreto risale al 1920.

Sempre negli Stati Uniti sulla West Coast, intorno al 1950, sono stati piantati muschi come tappezzanti o presero piede in diversi parchi: nel parco pubblico in stile giapponese di Portland, l'Oregon Washington Park (Fig. 29); a Seattle, il Washington Park Arboretum (Fig.30); e all'Università della British Columbia a Vancouver. Lo spirito che alberga nei giardini giapponesi è attualmente stato catturato all'interno di questi giardini. Quest'atmosfera viene creata nei giardini della West Coast da: *Pohlia cuspidata* e *Rhytidiadelphus loreus* nel Washington Park Arboretum, *Pseudotaxiphyllum elegans* alla British Columbia University, e dal *Polytrichum* presente in tutti e tre i parchi(Schenk,1997).

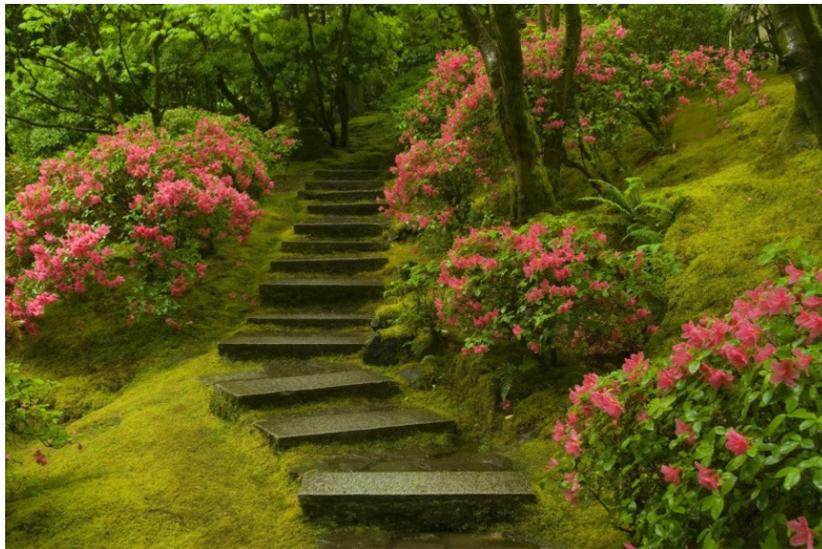


Fig.29- Giardino giapponese dell'Oregon Washington Park, a Portland (foto da [www.imagenesygraficos.com](http://www.imagenesygraficos.com)).



Fig.30- Giardino giapponese al Washington Park Arboretum, Seattle  
(foto da [www.tripadvisor.it](http://www.tripadvisor.it)).

La spiegazione dei prossimi due esempi di giardini di muschio presenti nel Nord America sono tratti dal manuale di Schenk (1997).

In America ci sono due giardini che impiegano il muschio per ricoprire ogni superficie, molto simili a quelli di Kyoto. Questi sono a Doe Run, un giardino privato che apre in estate a gruppi su appuntamento e la Bloedel Reserve (Fig.31), inizialmente privata, ma adesso aperta a visite individuali o di gruppo. Il primo si trova a Unionville, Pennsylvania e il secondo si trova nella isola di Bainbridge dello Stato di Washington.

I muschi di Bloedel sono spontanei, incoraggiati da abili metodi.

Il progetto iniziale prevedeva la preparazione del terreno, ripulendolo e rastrellandolo, rendendolo piano; al sole e all'ombra è stato previsto di piantare un tappeto *Irish moss* (*Arenaria verna*). Se questo "falso muschio" cresceva bene, poteva essere lasciato, ma se moriva, eventualità molto probabile, questo sarebbe stato corretto dal vero muschio. Confezioni di Irish moss da piantumare, furono acquistate, per una superficie totale di migliaia di metri quadri. Piantandoli, preparavano la strada al muschio vero, che nel giro di un anno sarebbe arrivato. Dopo diversi anni l'originale Irish moss è stato sostituito dalle briofite. Per primi arrivarono *Eurhynchium praelogum*, il quale prese piede sul suolo secco, e *Brachythecium frigidum*, nel terreno umido o leggermente umido. Successivamente, entrambi i muschi furono sostituiti in molte aree da un mischio più specifico come tappezzante, *Rhytidiadelphus loreus*. Nella successione, questo secondo muschio prese posto rapidamente. La prima piantumazione di Irish moss è stata fatta nel 1980, e una successiva a meta degli anni '80. Dal 1990 il *Rhytidiadelphus* è diventato predominante in tutta l'area. Questo muschio giallo-verde ricopre il terreno come una coperta.

Come per allontanare la monotonia creata dai primi arrivati, *Brachythecium* e *Eurhynchium*, s'inserisce un intruso tra loro *Atrichum undulatum*, il quale predilige gli spazi più ombrosi rispetto ai suoi compagni. Occasionalmente qualche pianta di Irish moss, rimane in mezzo alla marea di *Rhytidiadelphus*, e proprio su quest'ultimo si affacciano le prime pianta vascolari come le felci e la menta, che preferisce il terreno umido e soleggiato, ma tollera anche la siccità e l'ombra parziale, facendola diventare una perfetta compagna per i muschi.



Fig.31- Giardino di muschio della Bloedel Reserve  
(foto da [www.coldcalculation.blogspot.com](http://www.coldcalculation.blogspot.com)).

Doe Run, con al sua casa per muschi, si trova nel giardino di Sir John R. H. Thouron; a lui i muschi sono sempre piaciuti, così che nel 1961 costruì una struttura speciale per dargli un posto sicuro. Di 4,5 m per 4,5 m la struttura è un bella prova, con un solido tetto di ardesia e muri di pietra, aperto a nord e un grata come porta nel muro di pietra a sud. Le aperture permettono il libero flusso dell'aria attraverso la piccola casa e garantiscono di l'assorbimento della luce del giorno senza il calore solare. L'irrigazione è fornita da un sistema nebulizzante, due volte al giorno, per cinque minuti a sessione, eccetto nei mesi freddi ove l'irrigazione è spenta e l'acqua viene tolta dai tubi. Le comunità di muschi nella casa sono una collezione di trofei raccolti da Sir John nei viaggi in Inghilterra, Scozia e Belgio. I muschi terrestri crescono a terra al fianco di quelli che si accrescono sulle rocce. Questa struttura pioniera si potrebbe definire un specie di *orangery* non riscaldata per muschi, e molto probabilmente sarà migliorata e riproposta in altri giardini nei decenni a venire, visto che l'interesse per queste piante sta crescendo. Questo accadrà in un futuro ormai prossimo, con la diminuzione del terreno dedicato al giardino, accompagnato da un uso ridotto delle piante vascolari, e in aggiunta alle continue scoperte di nuovi muschi che si faranno in giro per il mondo.

La struttura per i muschi doveva risolvere i problemi di base, come l'insufficiente umidità, affinché diventasse un posto dove accrescere ogni tipo di muschio. Diversi sono stati i botanici, del Kew di Londra, che hanno lavorato su questo problema applicando l'ultima tecnologia nel campo dell'unificazione, ma non nell'interesse della coltivazione dei muschi ma per le felci. L'invenzione di questa speciale struttura per i muschi è stata una conseguenza di quelle impiegate durante il Regno della Regina Vittoria, in Inghilterra. A quel tempo si usava collezionare e coltivare felci e creare dei coloni da incrociare per ottenere delle diverse varietà. L'hobby e il commercio hanno prodotto una

febbre per le felci fino a creare la pteridomania. Un'altra passione dei collezionisti, nel periodo vittoriano fino alla seconda guerra mondiale, era pressare in erbari le specie di muschi. Stranamente la coltivazione di muschi vivi, al tempo, mai prese piede. Se così fosse stato, i vittoriani potevano avere la brillante idea di far accrescere i muschi con le felci all'interno delle stesse serre.

La casa delle felci del Kew, è la risposta per entrambe le piante, sia per le felci che per i muschi, con una parete a nord e con un muro alto a sud che blocca la maggior parte dei raggi solari; la luce entra solo dall'alto. Nelle estati soleggiate, veneziane blindate di alluminio chiudono fuori i penetranti raggi solari. Umidità da foresta pluviale è fornita da un sistema a nebulizzazione, guidato da aria compressa (è il sistema migliore rispetto all'irrigazione *spray* di solito usata a Kew, la quale tende ad ostruirsi). La casa è stata costruita a metà degli anni '60, come allargamento della precedente struttura per le felci. Questa collezione richiede temperature controllate e costante umidità dell'aria, le felci vengono collocate sopra il tufo. In un primo momento crescono lentamente sopra il grezzo substrato, ma dopo diversi anni compare uno strato naturale di muschio sul tufo, e le felci beneficiano dell'aiuto dato dal minerale maturo e fertile.

Mentre la struttura di muschio di Doe Run guadagna il primo posto per essere il precursore di nuove soluzioni, ora sono presenti anche altre realtà, dove il muschio arriva spontaneamente e cresce splendidamente. Come ad esempio all'interno della Fern House del Royal Botanic Garden di Edimburgo, sono presenti un'epatica nativa della Scozia, *Conocephalum conicum*, la più vigorosa tra tutte le epatiche presenti nella serra, e un muschio *Hypopterygium atrotheca*. Sostiene il briologo del parco, David G. Long, che il muschio è stato introdotto probabilmente con le piante che provengono dall'emisfero australe, esso ammantava le pietre e il suolo della serra. Il *Conocephalum* invece, ricopre come una seconda pelle i fusti degli alberi e le felci, rendendo tutto uniforme.

Il viaggio attraverso i giardini di muschio fa la spola tra presente e futuro, facendo un salto nel passato è possibile descrivere uno famoso giardino inglese, distrutto da una tempesta tra il 1987 e il 1990. Il vento abbatté una pianta di faggio di duecento anni, che aveva protetto e ombreggiato il muschio per tutto il ventesimo secolo. L'albero e il muschio non ci sono più, ma l'atmosfera rimane fresca, per questo chi sa dove si trovavano, percepisce il luogo. Questo posto si trovava all'interno dello Savill Garden al Windsor Great Park vicino Londra, qui il *Leucobryum glaucum* cresceva come un tappeto grigio verdastro (Fig.32) e si estendeva per metri e metri sotto i vecchi faggi. In una perfetta copia dell'habitus che ha in Giappone, le piante inglesi coprivano il terreno come una coperta ondulata con le altre specie di *L. altocumulus* e *undulatus*. Come accade di solito in Giappone, il muschio arrivò spontaneamente nel terreno e da lì si è espanso, generando un tipico senso di pace e quiete.



Fig.32- Dettaglio del tappeto di *Leucobryum* presente al Savill Garden al Windsor Great Park, Londra, ormai distrutto (foto di Pamela Harper).

Anche in altri giardini storici inglesi sono menzionabili muschi e i licheni, magari insieme a piante alpine come nel giardino a Branklyn (Fig.33), in Scozia; a Chatsworth, Gran Bretagna, vi è un giardino con 33 specie di muschio e 4 specie di epatiche, tra cui ad esempio *taxa* comuni come *Dicranella heteromalla*, *Dicranum scoparium*, *Hylocomium splendens*, *Neckera crispa*, *Plagiomnium undulatum*, *Polytrichum Comune*, *P. piliferum*, *Rhizomnium punctatum*, e *Thamnobryum alopecurum* (Ando 1972); un piccolo tappeto di *Mnium argenteum* cresce sotto gli arbusti di rododendro a Bodnant, Galles (Fig.34).



Fig.33- Muschi e i licheni, insieme a fiori alpini nel giardino a Branklyn  
(foto di George Schenk).



Fig.34- Tappeto di *Mnium hornum* sotto di un rododendro, a Bodnant, Galles  
(foto di George Schenk).

L'ultimo giardino dove il muschio ha un ruolo predominante, o comunque dove lascia un segno tangibile, è a Villa d'Este sulle colline romane (Fig. 35). Meglio conosciuta per le sue fontane e giochi d'acqua che per le briofite che ospita. L'acqua ovunque esplode dalle fontane, dagli archi, dalle statue, dalle cascate e finalmente arriva alle tranquille vasche nel fondo del giardino, il tutto accompagnato dai suoni, gorgoglii che produce mentre cade. Le briofite dominano le superfici di pietra delle fontane (*Brachythecium e Cratoneuron*). I giardinieri controllano la soffice coperta verde solo in poche piccole zone, come sui volti delle statue, e sugli ugelli, per evitare che si ostruiscano, queste piante sono periodicamente asportate.

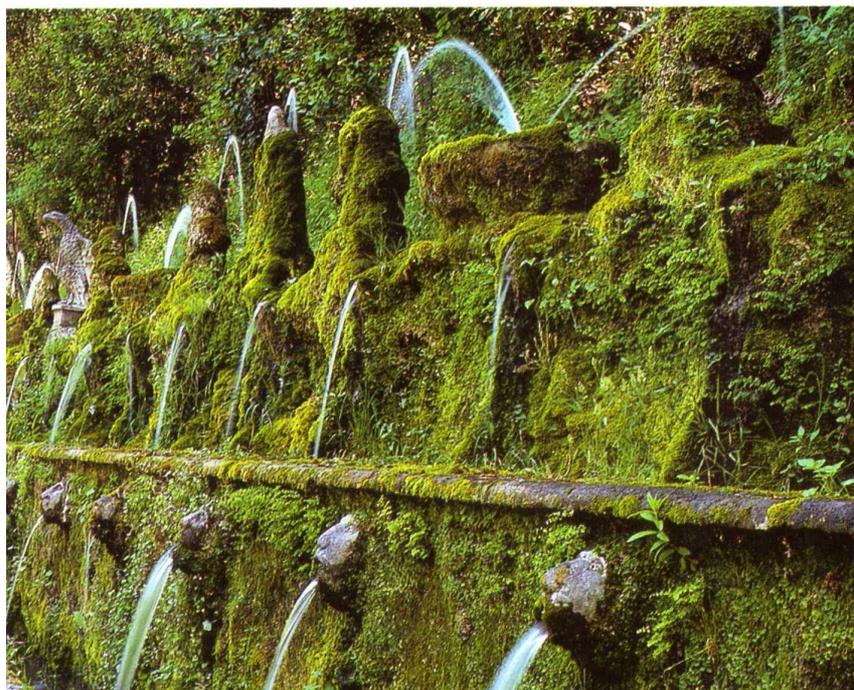


Fig.35- Le briofite che ricoprono le Cento fontane di Villa Este a Tivoli, Roma (foto di George Schenk).

### 6.2.1. Tetti di muschio

Un altro impiego che sta prendendo piede negli ultimi anni, è l'utilizzo del muschio per creare tetti verdi.

Dopo aver elencato e analizzato i diversi giardini di muschio, non bisogna dimenticare di guardare anche verso l'alto. Perché il muschio può attecchire, ricoprendo spontaneamente i tetti all'ombra e quindi può essere impiegato per costruire delle coperture verdi (Schenk 1997).

Il muschio europeo che si accresce comunemente sui tetti è *Tortula muralis*, attecchisce facilmente su cemento, mattoni e altri materiali (Fletcher,1991).

Senza che venga effettuato l'impianto, se si osserva un tetto si può notare che le prime piante che lo colonizzano sono effettivamente i muschi, grazie alle spore trasportate dal vento. I tetti costituiscono per le briofite delle grandi piste d'atterraggio, e luoghi meno contesi tra competitori. Certamente, i candidati che hanno certe caratteristiche, per vivere nelle condizioni di esposizione che offre un tetto, sono pochi; i muschi devono essere adatti per sopravvivere su un tetto e il tetto deve essere costituito di materiale altrettanto idoneo (Schenk 1997).

Appena attecchiscono i nuovi accrescimenti di muschio sono appena evidenti, dopo qualche anno, e se il tetto supporta la vitalità del muschio, le aree isolate si accrescono sempre più fino a diventare una copertura omogenea (Fig.36).



Fig.36- Tetto ricoperto da *Racomitrium* (foto di George Schenk).

Logicamente non tutti i paesi conoscono ed utilizzano questa possibilità del tetto di muschio. I Paesi Scandinavi, per esempio, il tetto d'erba è tradizionale, e il muschio è una componente principale della torba impiegata. In Gran Bretagna e nel resto del continente europeo, le piante sui tetti sono viste come un simbolo di tutti ciò che si mantiene dal passato dell'architettura nazionale. In Giappone la maestosità del tetto di muschio viene espressa tramite una poesia da Ikiru:

*Su una porta di scandole  
dove il muschio sotto la pioggia cresce color giada brillante  
terra e paradiso si uniscono.*

Ma in Nord America e in Australia, le piante che si accrescono sul tetto sono generalmente aborrite. La differenza ideologica risiede nella giovinezza di questi continenti, infatti mentre il Vecchio Continente ama tutto ciò che è nobile e antico, quindi anche le piante che lo ricoprono, nei continenti più giovani si conosce solo la bellezza del nuovo e del pulito. Addirittura, in questi luoghi esiste proprio la professione del pulitore di tetti (Schenk 1997).

Negli ultimi anni però, le idee degli americani stanno cambiando, l'avvento dei tetti e delle pareti verdi, aprono la strada a nuove possibilità di verde supportato da tecnologie sempre più all'avanguardia e il continuo combattimento contro l'invasione del muschio sui tetti favorito dalle piogge acide, si cominciano a prendere in considerazione anche nuove idee.

Moss Acres ([www.mossacres.com](http://www.mossacres.com)) è una azienda vivaistica americana che proprio in questi ultimi anni ha brevettato un metodo per installare dei tetti di muschio. Già leader

nel settore dei giardini di muschio, ultimamente ha esteso la sua ricerca anche sui tetti verdi. In America infatti, il muschio è già infestante sulla maggior parte dei tetti all'ombra, in quanto essendo rivestiti di scandole in legno vengono facilmente attaccati. Moss Acres, ha voluto dare un approccio professionale, per la costruzione del tetto verde, brevettando un pacchetto composto da: una membrana permeabile, uno strato filtro, uno strato per conservare l'umidità e il substrato colturale dove applicare il muschio.

Il muschio può dare numerosi vantaggi se applicato sul tetto:

- è leggero
- trattiene l'acqua per dieci volte il suo peso
- prospera all'ombra prodotta da un edificio
- tollera la siccità una volta attecchito
- cresce rapidamente - dai 3 ai 6 mesi per la copertura completa

Nel corso del 2008 Moss Acres ha condotto diversi esperimenti per riuscire a determinare la modalità più efficace per la realizzazione dei tetti di muschio. Le prove hanno messo in evidenza attraverso la macinazione e la diffusione, *Hyphum* e *Dicranum* sono accresciuti rapidamente formando una maglia densa, aggrappandosi al substrato, mantenendosi così in sede sul tetto.

Il segreto di questo successo è stato il mantenimento dell'umidità grazie all'impiego di polvere gel setacciata sul substrato prima dell'inserimento del muschio, la scelta di una posizione ombreggiata e un tasso di copertura elevato tra il 65 e l'85% per far crescere il muschio rapidamente.



Fig.37- Operaio mentre distribuisce il miscuglio di muschi sminuzzato sul tetto (foto da: [www.mossacres.com](http://www.mossacres.com)).



Fig.38- Il tetto completato (foto da: [www.mossacres.com](http://www.mossacres.com)).

Così, a partire dal 2010, l'azienda ha cominciato i primi lavori di verde pensile, il primo è stato per un Centro ricreativo a New York. Il paesaggista ha installato il miscuglio di muschi sulla porzione di tetto all'ombra e ha scelto il *Sedum* per la parte soleggiata. Il tetto verde è stato installato con il pacchetto di membrane permeabili e ritentive (Fig.37 e 38).

Il progetto successivo, è stato quello per il tetto del pioniere del muschio Dave Banner, (il padre è proprietario dell'azienda) la sua superficie di 50 mq è ombreggiata da un grande faggio. L'impianto è stato eseguito disponendo il pacchetto di membrane, il substrato ROOFLITE® sopra del quale è stato distribuito il gel in polvere per trattenere l'acqua ed in fine sono stati sparpagliati sempre *Hyphum* e *Dicranum* in polvere con un alto tasso di copertura del 75%. L'ultimo passaggio è stato quello di ricoprire il tutto con una agente adesivo che manterrà il muschio in sede (Fig.39).



Fig.39- Sul tetto del secondo progetto di nota la polvere bianca data dal gel per ritenere l'umidità (foto da: [www.mossacres.com](http://www.mossacres.com)).

Le uniche accortezze per la buona riuscita del lavoro viene raccomandato di garantire un sistema temporaneo d'irrigazione per nebulizzazione, almeno per i primi mesi finché il muschio non si è insediato definitivamente, logicamente bisognerà procedere con adacquamenti frequenti e brevi riducendoli man mano che il muschio attecchisce. Inoltre perché il metodo ottenga un buon risultato, è stata stabilita che la superficie massima da ricoprire, non deve essere superiore ai 100 mq.

## 7. TAPPETI DI MUSCHIO

Creare un prato di muschio è un'impresa rara e complessa. Pochi sono i giardinieri a conoscenza di questa possibilità e ancor meno si cimentano in questa impresa.

Il senso di benessere percettivo che da un tappeto di muschi è unico, camminare a piedi nudi su di un soffice tappeto, vedere una distesa verde che ricopre pietre e radici da un senso di ordine e pulizia che spesso viene richiesto per molti giardini.

Una superficie ricoperta di muschio, se insediata naturalmente, è abbastanza facile da mantenere. Bisogna controllare le malerbe e eliminare i detriti. Ma non vi è una reale necessità di manutenzione, in quanto il giardiniere, all'interno di un giardino di muschio non ha nessun obbligo verso di esso, perché la natura avrà già selezionato una specie o più per quell'ambiente specifico (Fletcher, 1991).

Un giardino di muschio, fatto crescere da un giardiniere, non è così autosufficiente, come quello naturale. Prima di decidere di farlo insediare, bisogna considerare se il clima locale è favorevole al suo insediamento. I muschi sono creature che amano il freddo, la pioggia, la rugiada e la nebbia. Molte specie di muschio abitano foreste ombrose con alta umidità e precipitazioni; gli altri generi di muschio che crescono in pieno sole, in genere lo fanno solo nelle regioni più umide (Glime, 2007).

In Giappone la coltivazione del muschio è una pratica antica che ne garantisce poi la sua presenza nei diversi giardini. Il muschio viene allevato all'interno dei vivai principalmente all'aperto protetto da una foresta di piccoli pini (Fig.40), che gli garantiscono un ombreggiamento leggero e diffuso (Glime, 2007). Un vivaista giapponese spiega il procedimento usato per la coltivazione del muschio; quando è secco viene sbriciolato con le mani e seminato, come fossero semi, all'interno di contenitori di legno, al coperto. Il muschio viene mantenuto ben irrigato e in piena ombra, finché non si stabilisce, ed allora viene trapiantato all'esterno sotto l'ombra dei pini, fino a formare un tappeto. Quando i muschi sono pronti per essere commercializzati, vengono tagliati in zolle di 20 per 20 cm (Fig.41), e impilati a secco. Il loro nuovo proprietario può piantarli a scacchiera nel giardino e calpestarli per romperli ancora una volta, frammentandoli. Affinché si abbia un buon affrancamento del tappeto la rottura in frammenti è fondamentale, sta poi nell'abilità del muschio rigenerarsi. Poi i frammenti e i nuovi accrescimenti andranno col tempo a riempire i buchi della scacchiera (Glime, 2007).



Fig.40- Allevamento di muschio in Giappone (Foto di Janice Glime).



Fig.41- prelievo delle zolle di muschio per la commercializzazione (Foto di Janice Glime).

Per ottenere un tappeto di muschio, è possibile indurre il suo accrescimento attraverso un adeguato sistema di ombreggiamento, di condizionamento dell'aria e un impianto di nebulizzazione per creare l'umidità richiesta; ma se ci si trova già in un clima forestale, il prato di muschio riceverà una naturale alimentazione data dalle precipitazioni autunnali e primaverili. Quando la pioggia non cadrà in estate, il giardiniere può scegliere di mantenere il tappeto verde con l'irrigazione o lasciarlo seccare per l'intera stagione. L'ombra è cruciale per la maggior parte dei tappeti in estate, può essere creata dagli alberi, o dal lato ombroso di una casa, da una recinzione o da un muro (fonte: [www.gardensoyvey.com](http://www.gardensoyvey.com)).

Ci sono cinque metodi, provati e consigliati da Schenk (1997), per far stabilire un tappeto di muschio in giardino. Si può preparare il terreno ed aspettare che le spore del muschio

arrivino e lo colonizzino; incoraggiare il muschio infestante già presente nel tappeto erboso diserbandolo l'erba; mediante il trapianto di muschio in zolle ricoprendo completamente il terreno o lasciando degli intervalli per il suo accrescimento; infine è possibile ottenere un tappeto di muschio attraverso la sua frammentazione e spargendo i pezzetti sul substrato.

La scelta di impiegare un tappeto di muschio, può essere dettata dalla resistenza, dalla ridotta manutenzione e dall'idoneità ambientale. Inoltre non sono ancora stati rilevati parassiti o malattie specifiche sul muschio da metterne in pericolo il suo sviluppo.

Nel suo impiego si riconoscono numerosi vantaggi, può tollerare temperature estreme, anche durante i periodi di freddo intenso, a differenza dell'erba, permane la sua bellezza. Grazie al suo sistema di disseccamento, permette di mantenersi inattivo nei periodi di maggiore siccità senza danneggiare la sua vitalità, e riprendere le sue funzioni vitali appena l'ambiente lo permette (Fonte: [www.mossacres.com](http://www.mossacres.com)).

Quindi possiamo riassumere i fattori fondamentali richiesti per l'accrescimento del muschio in:

- Ombra
- Umidità
- pH/tipo di suolo

Ovviamente il valore più difficile da controllare è l'umidità, dove, nel caso in cui sia insufficiente bisognerà ricorrere ad un impianto a nebulizzazione. Se le altre condizioni sono soddisfatte c'è una buona possibilità d'attecchimento del muschio.

Quindi sarà necessario selezionare la posizione corretta dove stabilire il tappeto. I muschi si possono trovare su un'ampia gamma di densità di ombreggiamenti, in linea di massima è consigliabile evitare il sole pomeridiano diretto.

L'irrigazione è fondamentale durante la fase di attecchimento, perché possa sopravvivere al trapianto almeno nelle prime tre settimane. Poi, in base alla posizione stabilita per il tappeto e alle esigenze del proprietario è possibile operare delle scelte. Se nella zona c'è un buon livello di precipitazioni annue e in estate si tollera un periodo di disseccamento del muschio l'impianto può anche essere evitato, se invece si vuole un tappeto sempreverde, allora si va incontro all'installazione di un impianto d'irrigazione fisso. Ma questo verrà approfondito poi nel paragrafo riguardante la manutenzione.

Il pH del terreno, è preferibile sub-acido tra 5.0 a 5.5, altrimenti bisogna acidificarlo con le soluzioni in commercio. L'acidificante maggiormente impiegato è una sospensione liquida di polvere di zolfo, lo zolfo viene miscelato con acqua e spruzzato sul terreno in fase di preparazione, altrimenti vi sono numerose soluzioni esposte nel metodo per far accrescere un tappeto di muschio (Fonte: [www.mossacres.com](http://www.mossacres.com)).

## **7.1. I principali metodi per creare un tappeto di muschio**

(questo sottocapitolo per la sua rilevanza nell'ambito della ricerca viene riportato, in larga parte, dal manuale di Schenk, 1997)

#### METODO 1: Tappeto di muschio da spore trasportate dall'aria

Chiunque voglia far crescere un tappeto di muschio deve possedere sicuramente due qualità: la fede e la pazienza.

Ovunque la natura con i suoi tempi, col passare degli anni, fornisce un tappeto di muschio da spore auto-disseminanti; i protagonisti, cioè il muschio o i muschi saranno le migliori specie selezionate dalla natura, per quel particolare terreno in cui si sono sviluppati. Le specie naturali evolvono grazie a, esattamente, quelle condizioni di terreno, umidità e luminosità (Fig.42). In questo caso, muschi che sopraggiungono al terreno di coltura, non sono la prima scelta del giardiniere, ma sono nominati dalla natura. Di solito il giardiniere combatte continuamente contro questi muschi infestanti, per impedirgli di prendere il sopravvento. Ma perché, invece, coloro che hanno il muschio in giardino non si danno pace e danno il benvenuto a questo regalo della natura? Il muschio, viene considerato un'erbaccia, ma quando viene analizzato con una percezione non sfalsata dal pregiudizio, può essere visto di buon occhio e probabilmente anche un vantaggio dove cresce.

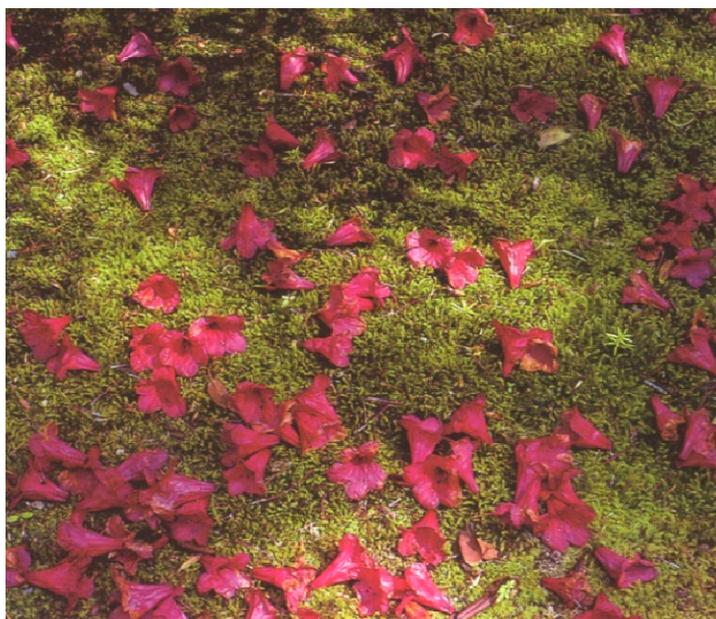


Fig.42– Tappeto di *Mnium hornum*, ottenuto tramite spore (Foto di George Schenk).

Affinché questo metodo riscuota successo, necessita di preparare il terreno anticipando il tappeto di muschio, eliminando le infestanti, rastrellando e rullando la terra facendola diventare liscia e soda. Ma prima di dare al terreno le rifiniture finali, se si è a favore di usare elementi scenografici, è possibile posizionare rocce ornamentali o ceppaie, cespugli o felci per completare il quadro del giardino. Come ulteriore opzione la distribuzione di zolfo sopra il suolo per aumentarne l'acidità, circa 1,1kg per 9 mq, incoraggerà l'arrivo

del muschio. Avere un pH di 5,5 è l'ideale. Oppure, sempre per aumentare l'acidità del terreno, ci sono numerose alternative: è possibile ricoprire il substrato con latte scremato in polvere (anche con il latticello sembra funzionare molto bene); oppure si può rifornirlo di solfato di alluminio; o cospargerlo con fertilizzante per rododendri, affinché diventi più attrattivo per il muschio.

Infine, se il tempo sembra essere secco e ventilato, è consigliabile apportare una leggera bagnatura su qualsiasi di questi materiali, in polvere o granulari sparsi a terra, in modo che non vengano alterati.

Parlando di polveri e pozioni, i diserbanti possono avere un effetto stabilizzante e fertilizzante per l'attecchimento del muschio. Come racconta, uno scrittore inglese di giardini, John Sales, in *A Gardener's Dozen*, che una volta visitò un giardino nel quale era stato fatto un intervento con il diserbante *paraquat*, per controllare le malerbe tra gli arbusti. Scrive Sales: "Questa, non era un pratica ricorrente, ma ebbe comunque degli interessanti risultati. Dopo due o tre anni dall'intervento il terreno era ricoperto di muschi e primule."

Ormai, il *paraquat*, è stato eliminato dal mercato, ma altri diserbanti (incluso il *Roundup*) promuovono la colonizzazione del terreno da parte dei muschi e gli ripuliscono la strada dalle altre piante competitive. Il muschio quando arriva su un terreno sterile velocemente e facilmente, supera piante con schemi di vita più complessi. Tappeti di muschio di *Polytrichum* e anche di *Pohlia* e *Atrichum* sono principalmente adatti, ad essere i primi colonizzatori, su terreni ripuliti da diserbanti.

Con il terreno preparato e il diserbo possibilmente incluso nel trattamento, rimane solo che stare a guardare mentre i muschi crescono rigogliosi, ma di tanto in tanto bisogna passare ad eliminare le erbacce e rimuovere i detriti prodotti dagli alberi. Entro 2 anni si potrà vedere l'area coperta dal muschio e in 5 anni si avrà una piena copertura. Se nei primi anni di attesa non si vede l'inizio della crescita del tappeto, tale assenza sarà la prova che la natura non ritiene, il determinato terreno, una casa ospitale per suo muschio. Se il terreno si trova in una posizione ombreggiata o soleggiata, i muschi con preferenza per una o l'altra condizione compaiono. Quasi tutte le specie sono esigenti nei loro fabbisogni di luce, di umidità dell'aria e del suolo.

Un suolo assolato, che si secca facilmente in estate attrarrà delle coprisuolo per distese omogenee o per zone di *Polytrichum*, *Racomitrium*, e *Homalothecium*. I suoli assolati e asfittici o semplicemente sempre bagnati, sono la casa naturale del magnifico tappezzante verde-dorato *Calliargonella*, che è per altre regioni la casa di *Aulacomnium*, un muschio verde chiaro in primavera, che produce un insieme di colori in estate. Un suolo ombreggiato e umido, può attirare un desideroso *Brachythecium*, o può portare molti altri tipi di muschio, questo è il posto più produttivo di tutti per la germinazione di molte varietà di muschi trasportati via aerea.

Ancora, i muschi non sono sempre le prime piante verdi che arrivano a coprire un terreno ombreggiato. Le pioniere di tutte le pioniere, possono essere considerate le alghe. Nei

giardini giapponesi si possono vedere aree all'ombra di terreno nudo, che vengono costantemente ripulite, e lì alghe spesso verdi ricoprono il terreno per un anno o più, prima dell'arrivo del muschio. Il tipo di alga che abita il suolo è molto differente da quella viscosa e filamentosa che vive sott'acqua. Le alghe terrestri, invece, si presentano come una sottile cuticola verde che ricopre il terreno più finemente del muschio; oppure possono essere confuse con il muschio nella sua prima fase di attecchimento, nella quale il protonema, appare molto simile ad un'alga.

#### METODO 2: Incoraggiare il muschio a scapito del tappeto erboso

Il secondo metodo prevede lo stabilimento di un prato di muschio, incoraggiando quello già presente e indebolendo il tappeto erboso, impiegando anche il diserbo per l'erba persistente. Può sembrare sovversivo, il muschio, dopotutto, viene convenzionalmente considerato il nemico del tappeto erboso, del quale ci si deve sbarazzare (Fig. 43 e 44). Ci sono diversi posti dove il tappeto erboso può essere considerato l'intruso e il muschio potrebbe essere quello da tutelare: in diverse zone il muschio fa un serio tentativo d'invasione, in aree in cui l'erba che non ce la fa ad affermarsi; il giardiniere con un po' di buon senso potrebbe eliminare i resti di prato, e salutare il muschio come amico.



Fig.43 e 44– Tappeto erboso assieme a *Mnium* sp.(sinistra); lo stesso tappeto dopo essere stato diserbato e ripulito dalle foglie(destra). (Foto di George Schenk).

Ci sono un certo numero di muschi in grado di strisciare all'interno tappeti erbosi, e soppiantare il prato. Vengono definiti “Muschi infestanti”, ma quando sono trattati con rispetto, possono diventare dei magnifici tappezzanti. Tra questi buoni-cattivi muschi

compaiono i generi: *Atrichum*, *Brachythecium*, *Calliergonella*, *Mnium*, *Plagiothecium*, *Polytrichum*, *Racomitrium* e *Rhytidiadelphus*.

L'acidificazione del terreno incoraggia il muschio e deteriora l'erba indesiderata. Per l'acidificazione del terreno e le istruzioni per la sua applicazione, fare riferimento al metodo 1. Oltre all'aumento dell'acidità del substrato, la tolettatura, è di aiuto al muschio. Eliminare le malerbe, ripulirlo dalle foglie che cadono dagli alberi e da altri detriti, è di fondamentale importanza, affinché il muschio si mantenga sempre in contatto con l'atmosfera dalla quale reperisce la maggior parte dei suoi nutrienti.

Una volta che il tappeto di muschio è cresciuto rigoglioso, coprendo completamente il terreno, può essere mantenuto con poche cure, per un tempo indefinito. Sarà possibile camminare sopra il tappeto, i bambini occasionalmente potranno giocare su di esso, avendo la consapevolezza che non possiede la resistenza di un prato normale.

L'ombra è di solito il luogo perfetto in cui il declino dell'erba e l'avanzamento del muschio possono avvenire a tal punto che sia possibile pensare di convertirlo in un tappeto di muschio. Senza dimenticare che, anche i prati solegggiati, possono essere conquistati dal muschio, come ad esempio il *Rhytidiadelphus squarrosus*.

Molto spesso, questi prati al sole che vengono colonizzati dal muschio fanno parte l'equilibrio naturale composto: dall'erba, dal muschio e dalle altre infestanti che possono essere ammesse.

### METODO 3: Tappeto di muschio patchwork

Il terzo metodo prevede la creazione istantanea di un tappeto di muschio, per mezzo del trapianto. Indicato per piccole porzioni di terreno, di circa una decina di mq, localizzate all'ombra di un muro o di una recinzione.

Il luogo migliore dove prelevare il muschio è all'interno di un bosco dove il prelievo è legale (Pullar, 1966/1967) mentre il periodo migliore sono i mesi a cavallo tra l'autunno e l'inverno (Iwatsuki, 1979).

Dopo averlo prelevato, ciò che si vuole ottenere è un tappeto di muschi a patchwork, come ad esempio (Fig.45) di: *Pohlia*, *Plagiothecium*, *Drepanocladus*, *Mnium*, *Brachythecium*, *Calliergonella*, *Dicranum*.



Fig.45 – Esempio di tappeto di muschi a patchwork (Foto di George Schenk).

Questi muschi sono stati piantati uno accanto all'altro con i bordi delle zolle uniti, sul lato ombroso di una casa, di fronte a degli arbusti e lungo una recinzione.

Bisogna stare molto attenti alle differenze climatiche tra il luogo di prelievo e quello del trapianto. La cosa migliore da fare è prelevare il muschio in aree con condizioni climatiche molto simili all'area dove si vuole creare il tappeto. I migliori risultati si otterranno impiegando specie native dell'area di piantumazione, dove il suolo, la luce e l'umidità sono condizioni il più possibile simili a quelle dell'habitat d'origine del muschio. Il terreno sabbioso e ricco di humus si adatta a tutti i tappeti di muschio prelevati in foresta. Se necessario l'acidità del suolo può essere alterata, seguendo sempre le metodologie esposte al metodo 1.

Bisogna prestare attenzione, all'adeguata stima della presenza di ombra e di sole, nel luogo designato ad ospitare i muschi, evitando sottostime dell'importo di sole. Al primo giorno di sole, che segue l'attecchimento del muschio, si avrebbe un rapido declino dell'impianto producendo sbiancamenti e bruciature delle fogliari.

Quindi una volta prelevate, le zolle di muschio occorre rapidamente trapiantarle e assicurarli la giusta irrigazione (Ando, 1971).

Durante il primo anno in giardino, il prato di muschio, avrà bisogno di bagnature ogniqualvolta le precipitazioni non saranno sufficienti e la superficie del suolo risulterà secca. Conviene impiegare l'irrigazione anche nei periodi di siccità invernale. Partendo dalla sua seconda estate, il tappeto, dovrebbe essersi stabilito in misura sufficiente per resistere alla siccità, e nel periodo delle piogge dovrebbe dimostrare il suo attecchimento attraverso una crescita significativa. Il tappeto non avrà più bisogno dell'irrigazione nel secondo anno, le precipitazioni sosterranno il suo l'attecchimento.

A distanza di anni, è possibile rimpolpare l'impianto iniziale, inserendo dell'altre zollette di muschio, in questa maniera si conferisce nuova turgidità all'impianto. Nell'esempio eseguito da Schenk (1997), su questo metodo, aveva previsto una maggiore estensione del giardino di muschio, ma altre piante hanno occupato più velocemente il suo spazio.

Nella messa a dimora delle zollette, l'autore avrebbe potuto lasciare degli spazi tra una e l'altra zolletta di muschio e se lo spazio sembrava troppo spoglio il terreno poteva facilmente essere ricoperto da sabbia, torba di sfagno, o da corteccia. In questo modo, oltre che a coprire il terreno e quindi dare un senso di finito al lavoro, sarebbe utile anche per evitare la comparsa delle infestanti.

L'unica preoccupazione che si potrebbe avere usando questo metodo, è nella competizione tra le specie, cioè che il muschio più aggressivo possa invadere le specie meno aggressive (Fig.46).



Fig.46–Consociazione tra muschi e tracheofite; il tappeto di muschi è composto da diverse specie (Foto da [www.gardensoyvey.com](http://www.gardensoyvey.com)).

Dopo cinque anni, Schenk (1997) conferma, che nella sua prova, ha iniziato ad osservare competizione, ma non tra tutti i generi. *Brachythecium* e *Calliergonella* rimangono dei buoni vicini con gli altri. Tuttavia, *Atrichum*, che non era stato piantato, ma è nativo dell'area, si è insediato tramite spore. Appena comparso ha iniziato a prevalere sulle altre

specie di muschio, ma essendo un bel muschio da tappeto le sue incursioni sono state accettate dal giardiniere. Praticamente, è avvenuta una selezione naturale, tra le specie. Non è stato così con *Polytrichum juniperinum*, che è stato tra i primi ad essere piantato; questo muschio invade i suoi vicini emettendo dei rizomi nel sottosuolo. Compare come singoli fusti e in piccoli gruppi in mezzo alle zolle dei muschi vicini, questi verranno presto ricoperti, se l'invasione non viene fermata. Nel caso del *Polytrichum*, bisogna prestare attenzione ad impiegarlo in insediamenti che presentano associazioni di diversi generi di muschi, perché tende negli anni a prendere il sopravvento. Infine, racconta Schenk (1997), quasi tutti gli altri muschi, quelli di primo impianto e quelli aggiunti successivamente, sono cresciuti in salute e bellezza.

#### METODO 4:Tappeto di muschio patchwork a spazi

Questo metodo prevede di piantare zolle di muschi distanziate ad intervalli, ed attendere che si accrescano assieme formando una solida tessitura (Fig.47).



Fig.47 –Piote di muschio piantate ad intervalli (Foto di George Schenk).

Come condizione primaria, bisogna che ci sia una certa somiglianza tra il substrato di prelievo e quello dove si farà l'impianto del tappeto. Come nei metodi spiegati precedentemente, durante la preparazione del terreno si può ricorrere all'acidificazione se ne necessita, all'irrigazione e all'analisi dei fabbisogni di luce.

Può essere usato per l'installazione del tappeto, ogni tipo di muschio, di solito viene usato per siti soleggiati il *Polytrichum*. Piante di questo genere crescono bene in diversi terreni sia torbosi che minerali; sono adatti a stare sotto il sole, in terreni che seccano fortemente, come anche all'ombra e in terreni costantemente umidi. La tolleranza per l'una o l'altra condizione (sole e secco o ombra e umido) può venire determinata durante la sporulazione, che fa stabilire, nel particolare sito, il muschio. In ogni caso, il *Polytrichum* trapiantato in un sito più esigente di quello nativo, difficilmente si adatta.

Per lo scavo del *Polytrichum* o di altri muschi terrestri, è consigliabile usare una paletta da giardiniere o un coltello con una lunga lama, rigida e robusta. Si consiglia di prelevare zolle aventi la grandezza di almeno una mano aperta. Se si prendono zolle più piccole è quasi certo che moriranno, ed in qualsiasi caso il bordo della zolla in parte dissecca.

Per i muschi che sono radicati come il *Polytrichum*, conviene prelevare 5-7,5cm in profondità di terreno dal sito d'origine. Con gli altri muschi più superficiali, sarà sufficiente prelevare 6 mm o più di terreno al fine di cogliere le radici della pianta, tecnicamente i rizoidi, (Fig.48) e per preservarla dal disseccamento. Mentre in natura, il muschio può resistere molto tempo alla siccità, i trapianti di zolle sono soggetti a un fatale disseccamento.



Fig.48 –Prelievo del materiale per il trapianto (Foto di George Schenk).

Il prelievo del muschio selvatico va contro natura. Per fare ammenda, Schenk (1997) consiglia, di raccogliere una manciata di detriti vegetali e usarli per riempire il buco lasciato dal muschio; nel giro di un paio d'anni si rigenererà.

Il terreno sul quale si vogliono posizionare le zolle di muschio deve essere pulito da qualsiasi residuo vegetale e dalle infestanti, meglio se la superficie si presenta leggermente scabra attraverso delle rastrellature.

Questo metodo prevede di piantare le zolle a 30 cm di distanza l'una dall'altra, misurando questa distanza dai centri delle zolle. Con questa distanza le zolle del muschio ad accrescimento più rapido, come il *Brachythecium*, si uniranno e ricopriranno il terreno completamente nel giro di un anno. Ma molti muschi tappezzanti con un lento accrescimento, il *Polytrichum* per primo, richiederanno 2 o 3 anni per diventare delle perfette coprisuolo.

Una volta eseguito il trapianto, l'apporto irriguo è fondamentale. Per i trapianti in zone particolarmente asciutte o che non saranno regolarmente irrigate è possibile impiegare del gel che serve a mantenere l'umidità al di sotto dei muschi. Il gel viene posto sul terreno in polvere, si posiziona il muschio, e si esegue la prima bagnatura, il gel si attiverà e manterrà il terreno umido più a lungo sotto il muschio trapiantato.

In un luogo inappropriato, il muschio può seccare di colpo. Un esempio, è stato, il più grande intervento di piantumazione di *Polytrichum*, fallito probabilmente perché trapiantato in condizioni difficili, senza tenere in considerazione il suo habitat d'origine, in pratica il muschio non si è adattato al suo nuovo sito.

Il giardino del te giapponese al Washington Park Arboretum di Seattle, ne è stato un caso emblematico. Nel 1984 due paesaggisti piantarono il *Polytrichum*, 6000 zolle di muschio per ricoprire 560mq di terreno. Gli uomini che piantarono il muschio, giustamente, lo misero al sole, senza considerare nemmeno un leggero ombreggiamento degli alberi, in fase di attecchimento. Il risultato fu che, anche dopo quattro anni le zolle non facevano progressi, e rimanevano separate. Nel 1990 altri generi di muschio finalmente avevano ricoperto il terreno (Fig.49), circondando il *Polytrichum*, creando delle zone; sicuramente questi altri muschi avrebbero completato il lavoro di tappezzanti se gli fosse stato permesso. Per anni le sarchiatrici li hanno considerati alla stregua di un'infestante, che spuntava tra il legittimo *Polytrichum* e quindi cercavano sempre di eliminarli.

Qualcuno, a quel punto, si deve essere fatto avanti, spiegando ai giardinieri che anche quei muschi potevano essere impiegati per lo stesso scopo, di creare un tappeto, dando istruzioni di lasciarli crescere. Nel 1994, gli altri muschi avevano superato e sostituito quasi tutto il *Polytrichum*. L'imprevisto tappeto di muschio, raggiunse un aspetto così gradevole, che a suo modo era pari a quello che poteva essere stato assunto dal *Polytrichum*.



Fig.49 – Esempio di come il *Polytrichum* spp., dopo essere stato trapiantato e non avere attecchito, fu accerchiato da altre specie di muschi più adatti per quell'ambiente, e visibilmente ridotto. Giardino giapponese del te del Washington Park Arboretum di Seattle (Foto di George Schenk).

Nel frattempo, in un'area più ombreggiata dello stesso giardino del tea, di all'incirca 15mq, la natura provvide a ricoprire il terreno con un bellissimo tappeto verde dorato di *Calliergonella cuspidata* (Fig.50). Nessuno aveva progettato o piantato questo muschio, egli crebbe tramite spore verso la fine degli'anni '80, al di sotto dei rododendri. Poco dopo comparve anche *Rhytidiadelphus loreus*, assieme ad esso ed essendo molto simili, formarono un meraviglioso tappeto.

L'esperienza del giardino del tea di Washington, fa capire l'importanza dell'analogia che ci deve essere tra il luogo di prelievo e quello di piantumazione del muschio; inoltre mette in evidenza il potenziale del muschio che comunemente viene definito "infestante", e che invece, in questo caso, ha salvato la situazione.

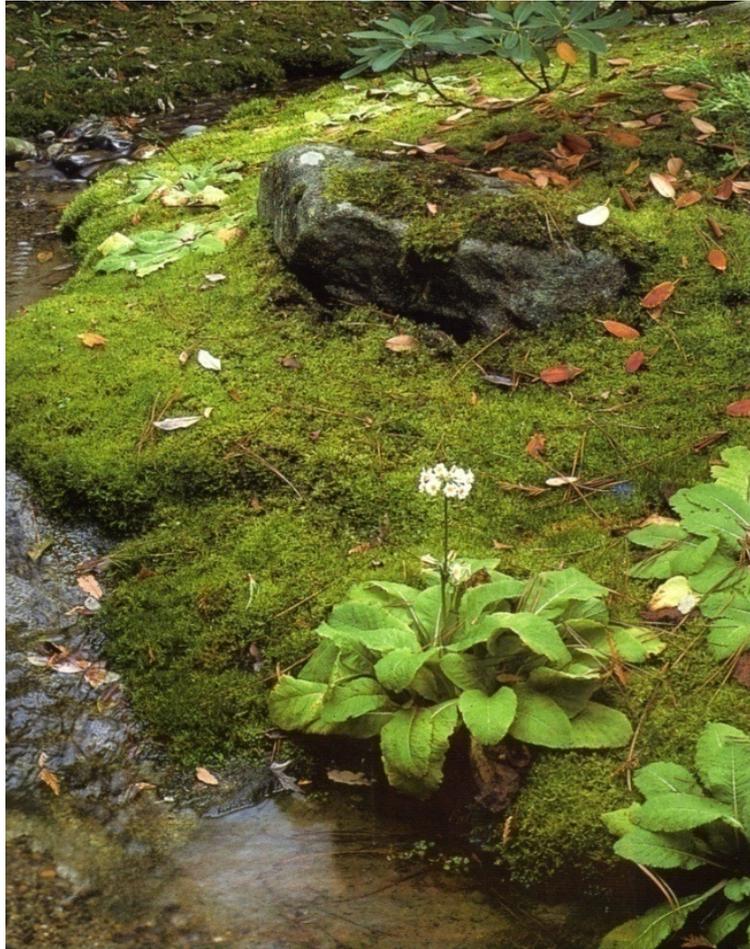


Fig.50 – Tappeto di *Calliergonella cuspidata* cresciuto tramite spore presso il giardino giapponese del te del Washington Park Arboretum di Seattle (Foto di George Schenk).

#### METODO 5:Tappeto di muschio per frammenti

Il quinto metodo consiste nel far crescere un prato di muschio da frammenti sbriciolati. Questo metodo viene raramente usato nel mondo occidentale, anche se è il più pubblicizzato. Infatti è il metodo più impiegato in Giappone, e numerosi studi sperimentali americani hanno testato la sua maggiore efficacia rispetto alla propagazione del muschio per spore (Glime, 2007).

Miles and Longton (1990), trovarono che la frammentazione portava a dei migliori risultati rispetto alla propagazione del muschio per spore, osservando lo sviluppo di nuovi gametofiti di *Atrichum undulatum* e *Bryum argenteum*. Infatti anche dai risultati ottenuti da Shaw (1986), è evidente che in laboratorio la coltura per spore è impraticabile; mentre egli trovò che con il metodo della frammentazione, dopo un mese era già evidente il gametofito e dopo tre mesi il muschio si era sviluppato coprendo ogni buco sulla superficie dei contenitori.

Svenson (2000), nel suo sito internet di giardinaggio di muschio, consiglia di chiudere i buchi, lasciati dal muschio trapiantato, con dei frammenti, ottenuti mettendo il muschio

in un frullatore con un po' d'acqua per due minuti, e poi spargere il composto ottenuto tra le zolle.

Quello che non viene precisato, è che solo pochi tipi di muschio possono crescere in questo modo: quelli che naturalmente si propagano rompendosi e disperdendosi. Di questa tipologia di muschi, fanno parte, quelli che di solito vengono usati per fare tappeti non troppo estesi, come quelli all'interno di vasi o per l'arte dei bonsai.

Tra i muschi che utilizzano naturalmente questo metodo per accrescersi, ne risultano diversi di importanti per formare un giardino, come *Leucobryum*, *Racomitrium*, *Brachythecium* e tra quelli che ricoprono le scandole in legno dei tetti e i tronchi in decomposizione, la *Dicranoweisia*. Oltre a questi muschi e pochi altri, la stragrande maggioranza dei muschi tappezzanti non porta gli stessi risultati con i frammenti.

La verità è che tutti i muschi sono in grado di generare nuove colonie con piccoli frammenti provenienti da ogni parte della pianta. Ma la maggioranza dei muschi usa come metodo riproduttivo la sporulazione. In natura, la rigenerazione per frammentazione si ha solo nel caso in cui si verifichi un evento che porti alla rottura della pianta. In questo caso la rigenerazione è un'enorme spreco, in quanto un frammento su cento o mille prospera, mentre il resto perisce. La stessa probabilità si avrebbe se un giardiniere cercasse di seminare in giardino frammenti di muschi per i quali questo tipo di propagazione difficilmente risulta naturale. Un briologo, lavorando in laboratorio, può ampiamente aumentare la percentuale di piante vive, fornendogli tutte le migliori condizioni perché attecchiscano. Inserendo il lotto di frammenti di muschio in vasi sterili, con del gel nutritivo dopo averli macinati e sterilizzati. La sterilità è necessaria per prevenire l'invasione di spore fatali di muffe. Niente di tutto questo è facilmente applicabile per creare un tappeto di muschio, in pieno campo, ma lavorando su piccola scala molti tipi di muschio possono crescere da talee (frammenti) di pianta coltivate su torba e sabbia, mantenuti col mist.

Il substrato ideale per Iwatsuki (1979) è costituito dal 50% di sabbia grossolana, il 30% di vermiculite e il 20% di torba.

Degli studenti americani, della Michigan Technological University, guidati dalla Prof.ssa Glime (2007), con successo fecero crescere il protonema di cinque specie generalmente diffuse nei giardini del Nord America: *Atrichum oerstedianum*, *Dicranum scoparium*, *Fissidens adianthoides*, *Leucobryum glaucum*, *Plagiomnium affine*. Usando questo metodo, con una versione leggermente modificata, impiegando una striscia di garza sopra i frammenti per mantenere l'umidità. Il protonema si sviluppò in 2-3 settimane.

In aggiunta ai frammenti, intere piante sono state poste in coltura, e almeno qualche piantina di *Atrichum oerstedianu*, *Fissidens adianthoides*, e *Plagiomnium affine* emisero nuovi accrescimenti, sebbene le piante originali si seccarono. Esposte ad un'illuminazione di 900lux per 8ore al giorno e temperature entro i 20°.

Per un anno, racconta Schenk (1997), ha provato questo metodo ottenendo dei buoni risultati, ricoprendo 3mq di *Racomitrium canescens*. Durante l'estate, quando il muschio

era secco e friabile, ha sfregato e sbriciolato le fragili piante, ed ha sparpagliato i pezzi in due contenitori precedentemente riempiti con un misto di sabbia e compost in uguali proporzioni (Fig.51). I contenitori sono stati esposti all'aperto e ricoperti da un nylon per tenere lontani gli uccelli. L'estate successiva, esattamente un anno dopo, il *Racomitrium*, uno dei muschi più rapidi a ricoprire il suolo e le rocce, aveva ricoperto completamente le superfici dei contenitori. I risultati, con questa tecnica, si hanno nel giro di qualche settimana o al più dei mesi.



Fig.51 – Esempio di accrescimento del muschio per frammenti, allevati in contenitore  
(Fonte: bryophytes.science.oregonstate.edu).

Diversa ancora è l'esperienza del giardiniere Garry Savage, il quale ha propagato una grande distesa di *Dicranoweisia*, che ha raschiato via da delle scandole di cedro di un tetto, poi l'ha frammentata e sparpagliata. Prima costruì delle strutture in legno in un luogo soleggiato, successivamente, all'interno dei contenitori, vi distribuì uno strato di sabbia e torba alto dai 2,5cm ai 4cm. Su questo substrato stese uniformemente una garza e poi vi sparse il muschio secco sbriciolandolo sopra di essa. La garza serviva come un sottile reticolato, che aiutava a tenere i pezzi di muschio a posto durante l'irrigazione e le piogge. In più di dodici mesi i frammenti crebbero a formare un lussureggiante tappeto. Alla fine di questo periodo sono stati trapiantati, il muschio veniva prelevato assieme alla garza sulla quale rimaneva attaccato, con l'aiuto di un coltello venivano tagliati dei pezzi più maneggevoli.

L'uso della garza è un elemento alquanto utile per il trapianto, consente di prelevare delle porzioni di muschio maggiori di una normale zolla e lo mantiene tutto unito.

Infatti, racconta Glime (2007), uno dei tappeti di muschio che ha visto crescere più lussureggiante è stato quello cresciuto su un pezzo di tappeto, di scarto, mantenuto fradicio d'acqua (Fig.52).



Fig.52 – Tappeto di muschio improvvisato su di un pezzo di stoffa (Foto di Michael Lüth).

Questo riporta alla tecnica che prevede l'utilizzo di garze, che possono poi essere applicate direttamente per ricoprire rocce o superfici irregolari. L'impiego della garza ottiene i migliori risultati usando il metodo della frammentazione, anche se possono essere usate anche le spore (McDowell, 1968).

Parzialmente secchi i frammenti di muschio devono essere sparsi sopra la garza che sovrasta un miscuglio di sabbia e torba di sfagno o di segatura. Il pH può essere abbassato immergendo la miscela in una soluzione di 1 parte di latte scremato o in polvere preparato con 7 parti di acqua (McDowell, 1972). I muschi poi vengono ricoperti da un secondo strato di garza, tenuto umido grazie al mist. Quando la piante si sono ben stabilite (circa 4 mesi e mezzo) è facile trapiantarle sollevando lo strato di suolo/garza che può essere tagliato a seconda delle esigenze.

Questo è stato un metodo di successo perché la garza permette di modellare il muschio a seconda delle esigenze sopra diverse superfici, infine i muschi crescono attraverso la garza che poi si decompone. Se il colore bianco della garza risultasse troppo evidente è possibile metterla in ammollo nel caffè (3 cucchiaini di caffè istantaneo per 10 min. in acqua bollente), colorandola (McDowell, 1972).

Crum (1973) ha trovato che *Brachythecium salebrosum* e *Plagiomnium cuspidatum* risultano relativamente facili da coltivare con questo metodo, e il risultato è migliore rispetto al trapianto.

Anche quando i muschi sono stati trapiantati è meglio installare una copertura di garza per proteggerli da eventuali danneggiamenti da uccelli che possono distruggere le tenere piante, non ancora affrancate. Una volta che il muschio è stato trapiantato la garza, ha un doppio scopo quello di proteggerlo da eventuali manipolazioni ed evitarne lo sbriciolamento.

L'installazione sulle rocce può diventare una sfida, il muschio può non allacciarsi al substrato secco o semplicemente essere spazzato via. Per questo motivo viene consigliata una colla epossidica per incollare direttamente la garza (Glime, 2007).

Un altro metodo, è quello di stendere la garza al di sotto di tutto il pacchetto substrato-muschio, distribuendo circa 2,5cm di substrato e spargendoci sopra il muschio. Il tutto viene coperto da un'altra garza. In questo modo al momento del trapianto, viene sollevato il pacchetto completo formato dai due strati di garza; inoltre il muschio dovrebbe essersi accresciuto oltre la garza ed essere spuntato dall'altra parte. La garza viene impiegata in quanto col tempo si decompone lasciando solo il muschio, questo metodo si presta per coltivare del muschio che dovrà ricoprire delle piccole superfici, come ad esempio i piedi dei bonsai (Schenk, 1997).

## 7.2. La manutenzione

Una domanda a questo punto sorge spontanea, per chi ha sempre visto il prato come unica possibilità e si vede di fronte a quest'altra alternativa come la creazione di un tappeto di muschio. Quale tipologia di prato è più costosa da mantenere in ordine di tempo, lavoro e denaro? Secondo sempre le esperienze di Schenk (1997) il muschio non è più oneroso del tappeto erboso. Certamente il muschio ha bisogno di cure ma per quest'autore i risultati e i benefici che ne ottiene sono più gratificanti che seguire un tappeto erboso.

Un altro giardiniere di muschi dell'Ohio, Gordon Emerson, racconta che nella sua proprietà coltiva da anni *Leucobryum*, *Polytrichum* e altri generi di muschi, con grandi soddisfazioni. Questi muschi sono ideali per le aree sotto gli alberi, racconta il giardiniere, come ad esempio gli aceri, e garantiscono un tappeto verde tutto l'anno con una scarsa manutenzione. Egli usa una ampia gamma di muschi con diverse tessiture assieme a camminamenti in pietra, rocce e recinzioni. Il muschio è un'ottima tappezzante per le fioriture primaverili di piccole bulbose, dal tappeto verde fuoriescono *Cyclamen*, *Chionodoxa* ed altri bulbi (Schenk, 1997).

Il famoso giardino Saihoji di Kyoto, come già spiegato nel paragrafo dedicato ai giardini del Giappone, richiede una continua manutenzione da parte dei suoi giardinieri, per eliminare ogni competitore. Sono utilizzati rastrelli di bambù o morbide scope per

svolgere la manutenzione, queste devono essere ferme ma non dure per evitare danni alle fragili foglie del muschio (Fig.53).



Fig.53 – Tipo di scopa che viene usata per tenere pulito il prato di muschio, da foglie e detriti (Foto di Janice Glime).

In Giappone esiste un detto: solo gli uomini anziani e i bambini piccoli possono seguire un giardino di muschio (Glime, 2007).

In autunno le foglie non sono un grosso problema basta asportarle, con attenzione, usando un rastrello. Fondamentalmente la pulizia del muschio dai detriti e dalle foglie è la cura più onerosa, in quanto il muschio al disotto ne soffre. Ci sono diversi modi per liberare il muschio dalle foglie:

- Soffiatore di foglie: Questi possono essere rumorosi e inquinanti, ma rimuovono velocemente le foglie che cadono sul muschio, possono essere molto utili per aree più ampie e anche prima di trapiantare il muschio, per ripulire la zona.
- Rastrello/scopa: Questo attrezzo prevede l'impiego manuale, sono molto comodi per piccole aree stando attenti a non intaccare il muschio.

I rastrelli possono essere di vario tipo, possono avere denti molto sottili di metallo, di gomma o bambù. Nel famoso giardino giapponese Saihoji, viene usata una scopa di saggina per pulire il muschio, e questa sicuramente causa minori traumi anche al muschio. In inverno aspettano il gelo per togliere più agevolmente le foglie cadute con il rastrello.

Comunque sia se si immagina il muschio nel suo habitat naturale, in foresta, facilmente viene ricoperto da foglie e solo grazie al vento e alle piogge vengono altrettanto facilmente spostate. In più, in bosco le foglie velocemente entrano a far parte della lettiera quindi, iniziano la decomposizione.

- Rete copri-muschi: Un altro modo per evitare che le foglie cadano sul muschio è

raccogliendole con una rete da posizionare sopra il tappeto di muschi. Oltre che per raccogliere le foglie si presta anche contro i roditori e uccelli che possono intaccare il tappeto. Ovviamente il tappeto in questo caso avrà un'importanza maggiormente decorativa che fruibile per il calpestamento, comunque è possibile impiegare una rete trasparente, in modo che non si percepisca agli occhi dell'osservatore (tratto da: [www.mossacres.com](http://www.mossacres.com)).

L'irrigazione è un altro punto indispensabile se si vuole ottenere un lussureggiante tappeto di muschio. Con un sistema mist, usato regolarmente il muschio si manterrà verde brillante anche nei mesi più caldi dell'anno. In alternativa è possibile anche non irrigarlo, se si accresce in una zona ricca di precipitazioni, basterà preventivare che l'estate si dissecherà ed riacquisterà la sua solita brillantezza alle prime piogge autunnali (Fletcher,1991).

Praticamente richiede una limitatissima manutenzione, se paragonato al tappeto erboso:

- Non ha bisogno di essere sfalciato.
- Non vengono impiegati pesticidi.
- In genere serve solo una concimazione durante le preparazione del terreno.
- Non ha bisogno d'irrigazione una volta stabilito.
- Non ha bisogno di sfeltrature.

(tratto da:[www.gardensoyvey.com](http://www.gardensoyvey.com))

Per quanto riguarda i fertilizzanti Svenson (2000), nel suo sito internet consiglia di depositare del letame maturo in una borsa di garza o tela dura, dentro un secchio, per tre settimane; prima di applicarlo. Un alternativa è quella di usare una parte di latte scremato e sette di acqua e bagnare due volte al giorno per due settimane in primavera per acidificare il terreno. Molti altri fertilizzanti, specialmente se applicati secchi, possono uccidere il muschio.

Sull'impiego o meno di fertilizzanti vi sono diverse scuole di pensiero. Iwatsuki e Kodama (1961) sostengono che il fertilizzante non dovrebbe mai essere impiegato sul muschio. Questo contrasta con Schenk (1997), quando raccomanda di usare la polvere di zolfo per acidificare il terreno e con Stubbs (1973) quando consiglia l'uso come fertilizzante del solfato di ferro, che potrebbe essere un mezzo di uccisione veloce per il muschio. Infatti numerosi fertilizzanti, vengono comunemente suggeriti per sbarazzarsi dei muschi indesiderati. Sulle foglie unicellulari, la polvere a secco entra velocemente in soluzione, e quando l'acqua arriva altera il potenziale osmotico tra l'esterno e l'interno, danneggiando le membrane. Inoltre, i fertilizzanti a secco tendono ad attingere l'acqua dalle delicate e non protette foglie del muschio, e l'effetto è simile al disseccamento. Tuttavia, se applicato liquido seguito da frequenti bagnature, può essere un beneficio per il muschio; prestando attenzione ad evitare fertilizzanti contenenti calcio che potrebbero alterare il pH del terreno.

Da notare sono come certi cibi umani funzionino come avviamento per un tappeto di muschio. Gillis (1991) descrive come sia possibile fare un tappeto muschio mescolando

un pugno di muschio, una lattina di birra, e un mezzo cucchiaino di zucchero in un frullatore, per poi spargere il miscuglio ottenuto in 5mm sul terreno. In questo modo i muschi si sviluppano in cinque settimane. Oltre alla birra funzionano anche l'albume d'uovo e il latticello; altri hanno usato con successo l'acqua ottenuta dalla bollitura del riso, dalla carota o dalla patata. Ellis (1992) sostiene che in tali miscele, perfino l'acqua, risulta particolarmente utile per far aderire i frammenti di muschio alle rocce.

Naturalmente, muschi sono a crescita lenta e velocemente soccombono alla invasione delle tracheofite, quindi non c'è da meravigliarsi se applicando degli erbicidi si ottengono tappeti di muschio di lusso. Schenk (1997) ha già osservato il successo di: *Polytrichum*, *Pohlia* e *Atrichum*. Erbicidi come il *paraquat*, *simazina* (Bond, 1976), *2, 4-D*, *atrazina* e *Roundup* (Schenk, 1997), favoriscono la crescita di muschio, eliminando l'invasione delle tracheofite (Bond, 1976). Diserbo è ovviamente un'opzione sicura, ma bisogna essere sicuri di lasciare i muschi e di eliminare ogni erba, evitando d'interrompere i rizoidi troppo malamente.

Le briofite non sono prive di nemici; i fringuelli le usano per costruirsi il nido. I protonema appena formati sono velocemente distrutti dagli uccelli. Anche nei terrarium, i porcellini di terra (*Porcellio scaber*), i muschi, li sradicano completamente dalla roccia in poche settimane, e il bel tappeto di muschio che era drappeggiato su una roccia si trasforma, in un notte, formaggio svizzero. Per mantenere un giardino di briofite sano e verde, Mizutani (1975, 1976) e Fukushima (1979a, b, 1980) consigliano di eliminare i potenziali distruttori come le talpe, lumache, grilli, e formiche.

In genere il muschio arriva bene all'inverno grazie all'apporto delle piogge autunnali. Anche quando la neve si scioglie il muschio rimane verde brillante, ed è la prima pianta verde che esce dall'inverno. Non c'è da disperare, se non si presenta bene dopo la fuoriuscita dalla neve, perché con i primi giorni caldi di primavera e molta acqua produrrà nuovi germogli.

Per quanto concerne la disposizione dei muschi all'interno del giardino, sarebbe giusto trovarli un luogo pacifico, dove le fioriture sono ridotte. Inoltre quest'ultime conviene collocarle dietro al muschio per evitare di svalutarlo, ed assicurarsi che l'impianto non impedisca acqua e luce al muschio. La maggior parte dei muschi avranno bisogno di un'ombra leggera, specialmente nel pomeriggio. Un piccolo albero, o un arbusto di grandi dimensioni, un edificio, o una recinzione dovrebbe essere in grado di fornire l'ombreggiamento sufficiente.

Il vantaggio del muschio in giardino può estendersi oltre al loro valore estetico, infatti possono migliorare la qualità delle altre piante del giardino. Schenk (1997) riferisce che il suo amico, Gordon Emerson dell'Ohio, ha notato che i bulbi, tuberi e rizomi aumentano più facilmente sotto la copertura del muschio, che quando sono piantati nella terra nuda. Presumibilmente l'umidità maggiore, trattenuta dal muschio, li permette di produrre e immagazzinare più energia.

Il muschio, sta diventando sempre più popolare come tappezzante soprattutto negli USA, grazie al suo effetto calmante e per la scarsa manutenzione.

Viene riportata l'esperienza di un ricercatore americano Smith R. R., tratta dal suo sito internet ([www.newmossgardening.com](http://www.newmossgardening.com)). Egli ha fatto crescere ben quindici specie di muschi, nel Centro per briofite del Illinois College. Smith ha costruito il giardino sotto delle giovani piante di quercia (Fig.54), senza aver installato impianti d'irrigazione e aver fatto diserbi. Quando le foglie secche delle querce cadono usa un soffiatore per allontanarle o le scopa via a mano.



Fig.54 - Foto del giardino di muschi di R. R. Smith, nel College dell' Illinois (Foto di R. R. Smith).

Dei quindici muschi, quattro sono i più classici da impiegare nei per giardini, e si trovano facilmente in commercio nei vivai americani: *Polytrichum commune*, *Leucobryum glaucum*, *Dicranum scoparium* e *Hypnum imponens*.

Le briofite possono essere un po' schizzinose riguardo le loro esigenze, come: pH del suolo, richieste d'acqua e la superficie di crescita e quest'esigenze variano da specie a specie. Le quattro specie più comunemente coltivate, per esempio, devono essere coltivate su un terreno acido. Tendenzialmente il muschio cresce bene sul suolo, ma se quest'ultimo deve essere acidificato, Smith, usa zolfo o alluminio fosfato, proprio come quelli richiesti per piante acidofile come azalee, mirtili e rododendri. Comunque i suoi

muschi non crescono sul suolo, ma su di un substrato artificiale studiato appositamente da lui.

Smith mette a confronto le tecniche tradizionali per ottenere un giardino di muschio, rispetto all'impiego della stuoia artificiale.

Tecnica tradizionale: richiede la fornitura continua di acqua per mantenere umidità adeguata per il muschio; necessita di diserbo; deve essere regolato il pH del suolo; il muschio ha un lento accrescimento; gli uccelli danneggiano e rubano il muschio; le foglie devono essere rimosse a mano; e questo suolo è adatto solo a determinati tipi di muschio.

La stuoia artificiale: trattiene l'umidità, se necessario; non necessita di alcun diserbo; non serve correggere il pH; il muschio ha un rapido accrescimento; non subisce alcun danneggiamento; le foglie vengono agevolmente rimosse con un ventilatore o una piccola scopa; e possono accrescersi tutti i tipi di muschio.

Anche per lo studioso americano è molto importante la localizzazione del giardino di muschio, soprattutto in base all'irraggiamento solare, in modo che non sia esposto al sole estivo diretto.

Raccomanda un adacquamento supplementare in estate se necessario, prestando attenzione sulle caratteristiche dell'acqua impiegata. L'acqua piovana è perfetta per irrigare il muschio perché è leggermente acida, intorno al pH 5.6, non ha sali disciolti e non è particolarmente dura. Risulta molto importante la questione dell'acqua d'irrigazione perché nelle diverse esperienze vissute da Smith, risulta l'errore più comune, che compromette poi l'intero prato di muschio. Le persone pensano che l'acqua che viene da fiumi e canali si possa tranquillamente usare per irrigare questo genere di piante. Purtroppo per colpa del ruscellamento, generalmente queste acque accumulano durezza e sali che fanno alzare il pH, facendolo diventare eccessivamente alcalino perché possa essere usata sui muschi. Smith sostiene che, il giardino di muschio una volta stabilito non ha bisogno di acqua.

In genere gli errori più comuni, e le cause del fallimento del giardino di muschio sono:

1. La piantumazione in pieno sole. In estate la luce solare può uccidere i muschi nel giro di settimane.
2. pH sbagliato del suolo, nel giro di un anno il muschio muore.
3. Tipologia di acqua usata per irrigare, diversa dall'acqua piovana.

Un ciuffo di muschio è come un piccolo serbatoio di acqua, proprio come una spugna, più è sviluppato più riuscirà a sopravvivere ai lunghi periodi di siccità, altrimenti si secca rapidamente. Il sistema artificiale, che il ricercatore americano, ha sviluppato prevede il mantenimento di una certa riserva di umidità per qualsiasi spessore del tappeto, sottile o grossolano; inoltre, impedisce al tappeto di muschio dal diventare troppo bagnato o saturo d'acqua, perché gli arrecherebbe altrettanto danno che essere secco, portandolo anche a morte.

Il substrato di accrescimento per briofite, che Smith ha inventato, è composto da tre strati, di materiali diversi. Questo promuove la rapida crescita del muschio proteggendolo. Il muschio germina facilmente su questo substrato infatti, il competitore numero uno può risultare l'erba se i semi ne vengono a contatto. Sicuramente è riuscito a determinare un metodo e un mezzo efficace perché tutti possano facilmente avere nel proprio giardino un prato di muschio.

## 8. LA SPERIMENTAZIONE

### 8.1. Generalità sulle specie impiegate

L'obiettivo generale della presente prova è quello di valutare la possibilità di utilizzare delle briofite, quindi dei muschi, per la realizzazione di prati ornamentali in contesti Italiani.

Perché usare il muschio? I muschi prosperano facilmente in luoghi ombrosi e umidi. Tappeti di muschio crescono spontaneamente in questi luoghi mentre, diversamente, l'erba stenta ad affrancarsi. Invece di combattere una battaglia persa con il tappeto erboso, si può considerare la possibilità di accettare e incoraggiare il muschio come una copertura alternativa del terreno. I muschi danno un dolce aspetto al giardino non solo come tappezzanti, ma anche su strutture come i muri di pietra, passerelle e tetti. Inoltre, i muschi sono in grado di crescere su una varietà di substrati differenti come: rocce, suolo e corteccia d'albero.

Il muschio potrebbe diventare una scelta alternativa, se non complementare, al tappeto erboso, visto che le condizioni di vita delle due piante sono completamente diverse e spesso si trovano a condividere la stessa area d'insediamento, all'interno di micro-habitat differenti.

Si pone così una valida risposta a tutte quelle zone, con estensione più o meno limitata, costantemente in ombra che una persona possiede nel proprio giardino, o più semplicemente nelle diverse aree verdi che sono presenti in città: aree marginali, magari degradate e non interessate dalla manutenzione, che spesso si riempiono di immondizia, potrebbero essere viste dal cittadino con occhi diversi, se percepite come una superficie omogenea e curata.

Ma ovviamente per sostenere quest'utilizzo del muschio, bisogna prima individuare le specie più adatte all'ambiente locale e verificarne le capacità di adattamento a condizioni artificiali di coltivazione a scopo vivaistico per poter, quindi, realizzare impianti veri e propri.

In Italia non ci sono state sperimentazioni sull'impiego del muschio a scopi ornamentali, per la creazione di tappeti. Il muschio, come già analizzato, viene impiegato in campo farmaceutico, nel settore erboristico e viene usata la sua capacità di assorbimento degli agenti inquinanti per valutare la tossicità dell'aria, come bioindicatore. Gli utilizzi, delle briofite, più vicini al settore vivaistico sono l'impiego degli sfagni per la composizione di substrati e l'utilizzo del muschio per le composizioni floreali; ma a parte qualche cassetta di muschio che può essere reperita sul mercato per creare delle composizioni di pronto effetto, non esiste un metodo per mantenere il muschio in vita e usarlo come tappezzante.

Il primo passo, per poter impostare l'esperienza, è stato la ricerca di muschio da impiegare come materiale di propagazione.

Dopo aver riscontrato che in Italia non esiste in commercio questo tipo di materiale, la ricerca si è estesa all'estero.

In Europa viene commercializzato nei paesi del nord, come ad esempio in Inghilterra e Danimarca. In queste zone, però non si prevede una coltivazione vera e propria e il muschio viene direttamente prelevato, in genere, in foresta e venduto.

Dei riscontri positivi sono stati ottenuti, ricercando nei vivai d'oltre oceano. Negli Stati Uniti, vi sono numerosi vivai che vendono muschio secco, in zolle, all'interno di scatoloni, per le decorazioni, e fresco; quest'ultimo si adatta perfettamente ad essere impiegato per creare un tappeto (Fig.55 e 56). In questo caso, la maggior parte dei vivai lo fornisce fresco ed in zolle, pronto per essere messo a dimora; utilizzando il metodo del trapianto descritto nel capitolo 7 (fonti: [www.mossacres.com](http://www.mossacres.com), [www.gardensoyvey.com](http://www.gardensoyvey.com)).



Fig.55 - Muschio per tappeto erboso, commercializzato in America (fonte: [www.mossacres.com](http://www.mossacres.com)).



Fig.56- Posa di un tappeto di muschio (fonte: [www.mossacres.com](http://www.mossacres.com)).

Un altro metodo per creare un tappeto di muschio, molto usato negli Stati Uniti per la rapidità nei risultati, è quello che prevede la moltiplicazione per frammenti; anche questo trattato al capitolo 7. Questo metodo è consigliato se si vuole ricoprire di muschio una superficie solida, e magari verticale, come un muro di pietra.

Infine in Cina e Giappone, dove la coltura del muschio è legata in primo luogo al bonsai e successivamente ai famosi giardini, viene allevato protetto da una foresta, in genere di pini, e poi zollato per essere messo a dimora.

Essendo tutte queste informazioni riferite alla creazione di tappeti di muschio provenienti da altri ambienti e climi, ne consegue l'obiettivo specifico della sperimentazione, cioè la valutazione della possibilità di coltivare diversi generi di muschi, a scopi moltiplicativi, per ottenere del materiale adatto all'ambiente locale.

In Italia briologi, in grado di identificare le specie e analizzare la biologia dei muschi, sono presenti in varie Facoltà di Agraria, specialmente a Camerino, dove sono in atto ricerche sugli sfagni per il loro impiego agronomico; abbiamo studiosi molto preparati su questa divisione del regno delle piante, ma ancora nessuno ha provato ad impiegarle a scopo ornamentale all'interno dei giardini.

Sicuramente questa tesi ha una grande ambizione di fondo, però in questa sede non si pretende di trovare una soluzione alla produzione di prati di muschio, anzi, la si deve considerare il primo passo all'interno di un argomento interessante che merita di essere approfondito.

Per la prova è stato prelevato del muschio endemico, in quanto lo si è ritenuto più attendibile per l'obiettivo specifico che si è posto.

Il primo muschio, *Polytrichum* sp., è stato prelevato sui Colli Euganei, Padova.

Si tratta dell'unico muschio reperito fuori dall'ambiente cittadino. Anche se proveniente da un clima e habitat differente da quello individuato per la prova, il *Polytrichum*, è stato impiegato nella sperimentazione perché, ampiamente utilizzato nei giardini di muschio giapponesi, è consigliato da un cultore della coltivazione di muschi come Schenk (1997).

Il *Polytrichum* spp., deriva il suo nome comune inglese, *hairy cap moss* (cappuccio/coperchio peloso), proprio dal suo aspetto, si presenta infatti come una superficie densa e compatta di colore verde scuro, che ricopre fittamente rocce e terreno (Fig.57e58).



Fig.57- Dettaglio *Polytrichum* sp.



Fig.58- Visone d'insieme del *Polytrichum* spp. (foto di Shigemori Mirei, 1939).

Appartenente alla classe *Polytrichopsida*, il *Polytrichum* è un genere dioico, di grandi dimensioni. I fusti sono rigidi, eretti, talvolta decumbenti, semplici o ramificati, con differenziazione anatomica interna caratterizzata dalla presenza di idroidi e leptoidi (si veda il capitolo 1). Le foglie inferiori appaiono squamiformi, le superiori sono più lunghe e strette. Caratteristica è la presenza di lamelle longitudinali ventrali, verdi, nella parte superiore, della nervatura (Fig.59), e spesso coprenti la maggior parte della lamina, che assomigliano al tessuto a palizzata delle foglie.



Fig.59- Sezione trasversale delle foglia di *Polytrichum commune*, in cui sono ben evidenziate le lamelle clorofilliane (foto di Kristian Peters).

La loro funzione è essenzialmente quella di aumentare la superficie di contatto con l'atmosfera e quindi di migliorare l'attività fotosintetica.

Gli anteridi di alcune specie di *Polytrichum* sono disposti in *splash cups*, rosette di foglie dalle quali gli anterozoidi possono essere diffusi nell'ambiente circostante dalle pioggia battente. La seta di solito è solitaria, terminale, lunga; la capsula da ovoide e cilindrica; spore sferiche, piccole (Aleffi, 2008).

Il *Polytrichum* se non viene disturbato per qualche anno, ricopre intere superfici come un prato, le aggregazioni dei fusti risentono molto dell'umidità, quando è secco le piccole foglioline aghiformi si chiudono lungo il fusto, e l'intera colonia dissecca raggrinzandosi, diventando di un verde più scuro (Fig. 60).

In giardino, questo muschio si affranca solo con una costante bagnatura, e rimane verde a lungo se costantemente irrigato.

Il *Polytrichum* è facilmente trapiantabile, perché è facilmente adattabile a sole, mezzombra e all'ombra; non ha importanti preferenze di tessitura del terreno, può essere sabbioso, limoso, argilloso o sassoso, ma l'importante è che sia sub-acido. Al momento del trapianto, un accorgimento utile è quello di preparargli un ambiente altrettanto fertile di quello di provenienza, perché non vede di buon occhio i terreni poveri.



Fig.60- *Polytrichum* in versione estiva.

Le specie più grandi sono insuperabili come tappezzanti per i luoghi soleggiati; le più piccole sono affascinanti per ricoprire poche decine di centimetri di terreno, sempre all'aperto o in contenitori (Kimmerer, 2008).

*Polytrichum commune* è il re di questo genere, assieme a *P. juniperinum*, la sua consorte. *P. commune* regna grazie al potere che lo fa considerare il più grande muschio da sempre, infatti il *Polytrichum* è spesso presente, naturale o piantato, nei giardini giapponesi, e nel resto del mondo.

Entrambe le specie, sono molto simili tra loro, differiscono principalmente per l'altezza che possono raggiungere, il *P. commune* arriva anche a 46 cm altezza mentre il *P. juniperinum* arriva solo a 15 cm. Entrambe le specie abitano i terreni bagnati, umidi e asciutti; e nei luoghi più aridi le piante riducono il loro accrescimento di almeno 5 cm. Poi possiedono delle differenze relative ai margini fogliari visibili per le identificazioni al microscopio. Comunque entrambe le specie sono una meraviglia per i coltivatori di muschio (Schenk, 1997).

Il secondo muschio, *Brachythecium* sp., è stato prelevato al Parco Iris di Padova (Fig. 61e 62).

Per questo muschio, e quello che verrà descritto di seguito, si è preferito il prelievo nei parchi pubblici, sia perché si avvicina, come ambiente, a quello di utilizzo finale che si ipotizza per questo muschio, sia per l'analogia climatica del parco con quello della sperimentazione.



Fig.61- foto sito prelievo *Brachythecium* sp.



Fig.62- dettaglio *Brachythecium* sp.

Il *Brachythecium* è un genere di muschio diffuso in tutto il mondo, tipicamente cresce piatto al suolo e velocemente, come una lastra di foglie sottili (Fig.63 e 64), di un delicato verde chiaro o leggermente giallo, è una tappezzante di suoli in ombra.



Fig.63- Dettaglio *Brachythecium* sp.



Fig.64- Visone d'insieme del *Brachythecium* sp.

Sia questo genere che il successivo, appartengono alla classe *Bryopsida*, nonché la classe più numerosa e variabile delle briofite. Il genere *Brachythecium*, appartiene all'ordine *Hypnales*, caratterizzato da una considerevole uniformità dello sporofito, mentre è il gametofito che determina le differenze tra le famiglie. L'ordine comprende muschi pleurocarpi, con piante da minute a robuste, formanti densi feltri in particolare sviluppati sul terreno del sottobosco. I fusti sono da prostrati a decumbenti, variamente ramificati. Gli sporofiti sono laterali con seta lunga; capsula da inclinata a orizzontale, da ovoide a cilindrica (Aleffi, 2008).

Diverse specie inizialmente crescono attraverso il tappeto erboso a livello del suolo, e fanno impazzire i puristi del prato. Il *Brachythecium* viene facilmente, ma solo

temporaneamente, eliminato usando i comuni diserbanti per muschio (Schenk, 1997). Il *Brachythecium* ha la capacità di ricoprire velocemente il terreno dove viene posto, c'impiega circa un anno di tempo, che parlando di muschi, è veramente un breve periodo. Il terzo prelievo è stato eseguito al Parco Roncayette, Padova, e si tratta di una consociazione tra il genere precedente, *Brachythecium* e uno nuovo, il *Pohlia*. (Fig. 65 e 66).



Fig.65- foto sito prelievo *Brachythecium* sp. + *Pohlia* sp.



Fig.66- dettaglio *Brachythecium* sp. + *Pohlia* sp.

Le zolle prelevate, infatti, presentano entrambe le specie. L'impiego di una consociazione in questa prova non è stata esclusa a priori in quanto in natura è una eventualità che non si verifica di rado (Aleffi, 2008).

La scelta dell'area di prelievo è caduta sempre su un parco pubblico cittadino, in modo da prelevare muschi adatti a creare un tappeto con una certa resistenza al calpestamento e con stessi fattori biotici e abiotici, dell'area della prova.

Diverse specie del genere *Pohlia*, sono distribuite in tutto il mondo. Come aspetto si presentano come un basso, fine strato verde (Fig.67 e 68), facilmente coltivabile se in ambienti freschi e umidi.



Fig.67- Dettaglio di *Pohlia* sp.



Fig.68- Visone d'insieme di *Pohlia* sp. (foto G.Schenk).

Anche questo genere appartiene alla classe *Bryopsida*, ma di ordine *Bryales*. Un ordine che comprende muschi acrocarpi (ortotropi), talvolta con portamento pleurocarpico per il tipo di ramificazione. Piante di dimensioni piccole ad abbastanza robuste, perenni, di solito in ciuffi, talvolta gregarie o associate ad altri muschi (Aleffi, 2008).

Foglie in diverse file, variabili nella forma e nel reticolo cellulare; la seta è per lo più terminale, di solito lunga con capsula piriforme, simmetrica. Questi muschi si sviluppano spesso negli habitat disturbati. Sono perenni e si sviluppano in ciuffi, con fusti eretti e semplici o biforcati e coperti spesso densamente di rizoidi.

Alcune specie richiedono l'ombra, altre crescono naturalmente al sole ma è comunque meglio la mezzombra se si vogliono impiegare in giardino.

*Pohlia annotina* e altre specie portano le gemme alla base delle foglie, questa specie può generare un tappeto per autodisseminazione e può accrescersi indisturbato per qualche anno. Spesso, comunque, un muschio più forte, come ad esempio il *Polytrichum*, anch'esso autodisseminante, essendo più vigoroso prende presto il posto del *P. annotina* (Schenk, 1997).

Questo genere è uno tra quelli che tollerano anche la presenza di calcio nel terreno, quindi quest'ultimo non deve essere per forza acido per potere ospitare il muschio.

Questi muschi di montagna sono abituati a ricevere molta acqua al momento dello scioglimento delle nevi, sorprendentemente possono accettare il trapianto nei giardini cittadini, garantendogli un adeguato rifornimento idrico con un impianto irriguo.

Per ogni area di prelievo il muschio è stato rimosso con l'aiuto di una paletta da giardiniere, prelevando il substrato al quale era aggrappato. A seconda del genere assieme al muschio è stato prelevato uno strato più o meno profondo di terreno; ad esempio *Polytrichum* sp., è provvisto di una pseudo radice che serve ad ancorarsi al substrato e che si approfondisce di qualche millimetro, si è prelevata una fetta di terreno di qualche centimetro dal sito; per *Pohlia* sp. il pulvino sembra quasi appoggiato al terreno e quindi, per non rovinarlo, è stato prelevato tutto il substrato necessario per il trasporto.

## **8.2. Materiali e metodi**

### **8.2.1. Tesi a confronto e allestimento della prova**

La prova ha previsto la coltivazione, ai fini vivaistici, di tre specie di muschio appartenenti a generi diversi e sottoposti a condizioni colturali diverse dovute all'impiego di reti ombreggianti al 40% ,60% e 90%.

La prova è stata ospitata dal vivaio “La Gardenia”, a Vigonovo (VE), con durata di 8 mesi, da ottobre 2010 a maggio 2011.

All’interno del vivaio, è stato individuato un luogo costantemente soleggiato in modo da non avere interferenze esterne sull’ombreggiamento prodotto dalle reti.

Sono state allestite tre strutture con dimensioni tali da poter ospitare 15 vasi, cinque vasi per specie; per un totale di 45 vasi.

Le strutture sono state allestite con una base rettangolare di 3x4 m (Fig.69 e 70), ponendo dei bancali ricoperti di feltro come pavimentazione, in modo da poter sopraelevare i vasi dal terreno. Lungo il perimetro e al centro delle strutture sono stati piantati dei pali di castagno lasciando quelli centrali e quelli laterali fuori terra rispettivamente di 2 e 1,65 m, in modo da formare due falde una volta posizionata la rete. Per conferire maggiore stabilità, lungo i due lati longitudinali della struttura sono state fissate delle paline di legno; il tutto è stato ricoperto con rete ombreggiante in polietilene HDPE (Fig.71). Ciascuna delle tre strutture è stata allestita con teli ombreggianti con maglie di dimensioni diverse in modo da realizzare ombreggiamenti del 40, 60 e 90%.

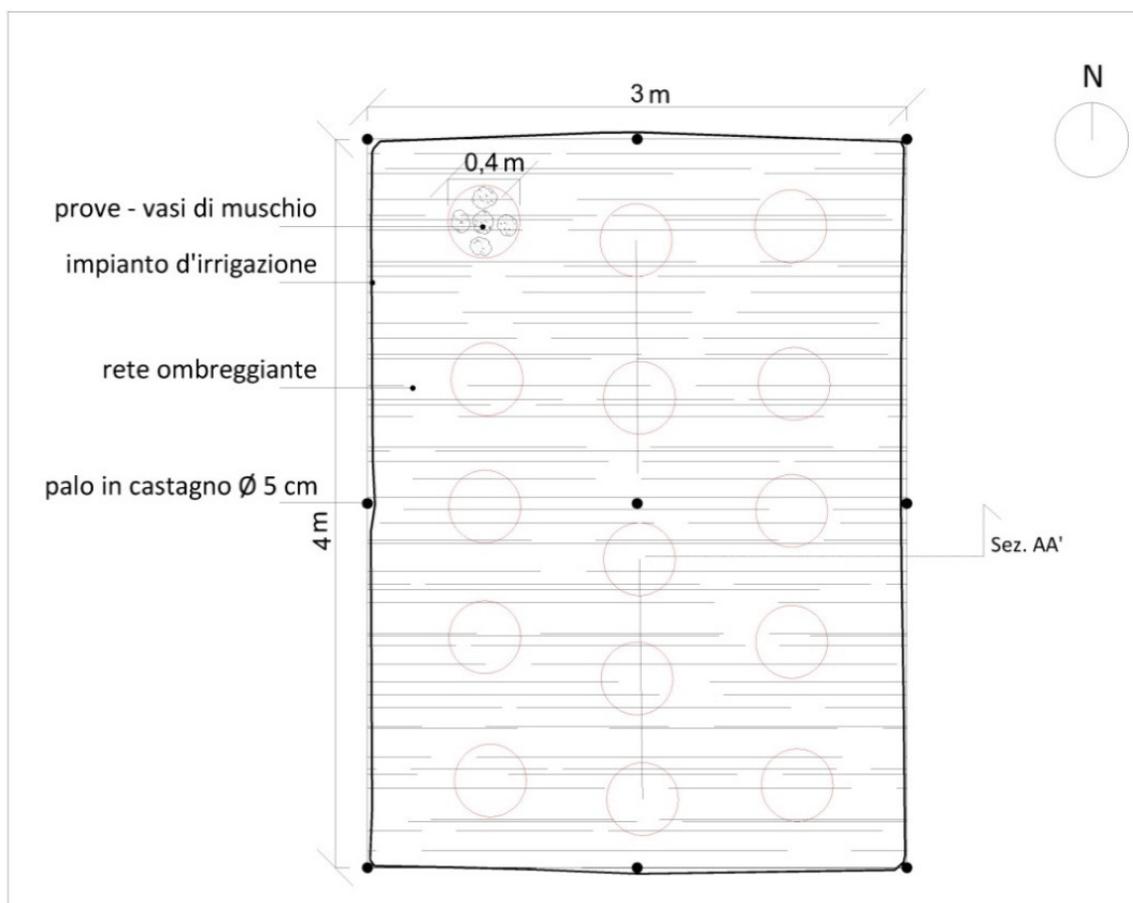


Fig.69- Planimetria struttura porta muschi.

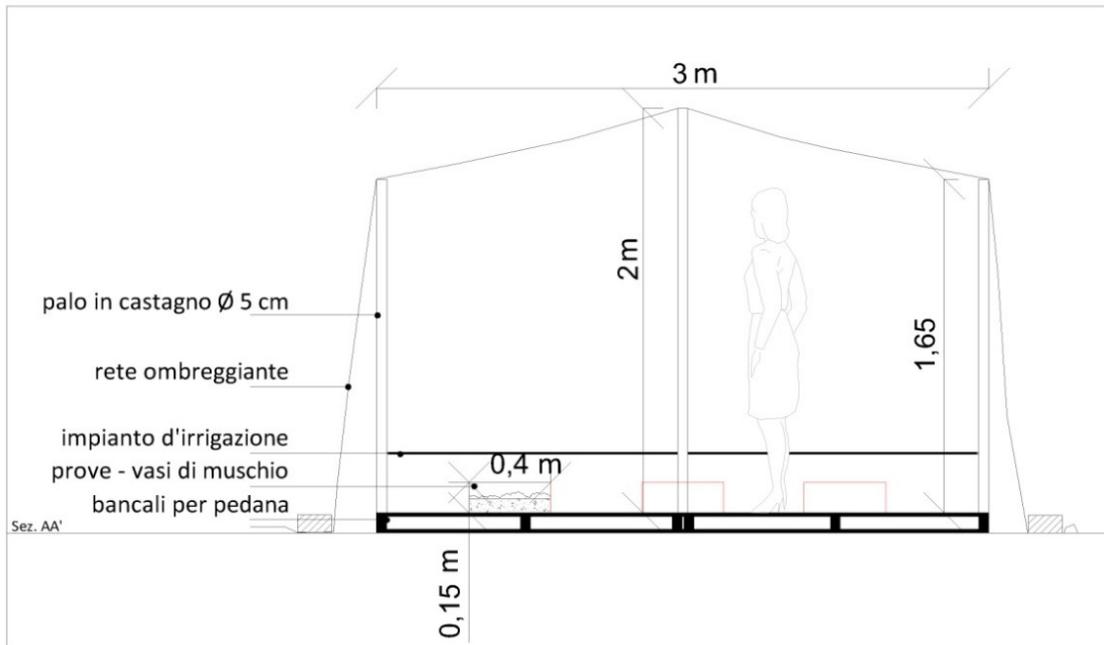


Fig.70- Sezione trasversale della struttura.



Fig.71- Struttura ospitante i muschi, 40% ombreggiamento.

Una volta messe a punto le strutture è stato installato l'impianto d'irrigazione, a nebulizzazione. Per soddisfare le esigenze del muschio e garantire una completa bagnatura dei vasi, sono stati installati sei nebulizzatori per struttura, come da schema raffigurato in figura 72.

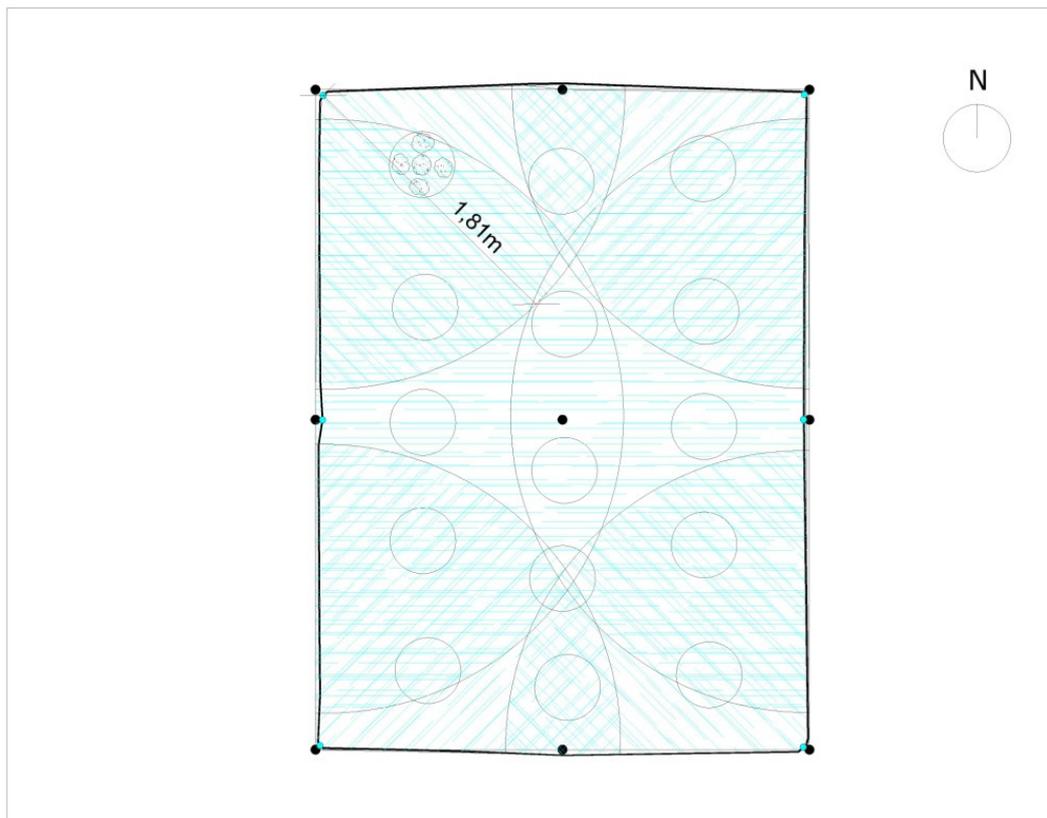


Fig.72- Schema distribuzione dei nebulizzatori.

Lungo tutto il perimetro interno di ogni capanna, a 30cm d'altezza, rispetto al piano d'appoggio dei vasi, è stato collocato un tubo in polietilene, di diametro 1,6 cm. Sul tubo sono stati innestati i nebulizzatori, ai quattro angoli, quattro irrigatori a 90° e al centro di ogni lato lungo della struttura un irrigatore da 180° (Fig.73). In questo modo gli ugelli riescono a coprire tutta la superficie occupata dai vasi. Ogni struttura è collegata ad un'elettrovalvola, e alla centralina a quattro stazioni (Fig.75).



Fig.73 - Nebulizzatore.



Fig.74- Sensore pioggia.



Fig.75- Visione d'insieme della centralina e delle elettrovalvole.

Il muschio è stati irrigato con acqua di acquedotto, partendo dal mese di ottobre 2010. La centralina è stata programmata per entrare in funzione tre volte al giorno per 10 minuti (alle 10.00, 13.00, 16.00 di ogni giorno). L'installazione di un sensore per la pioggia ha permesso di interrompere l'irrigazione in caso di apporti naturali (Fig.74). L'impianto ha funzionato con la frequenza indicata dall'inizio della prova, ottobre, fino a metà novembre, è stato poi sospeso durante l'inverno e riattivato a marzo (Fig.76).



Fig.76- Impianto d'irrigazione.

Una volta ultimate le strutture, a ottobre, si è potuto procedere con il trapianto del muschio. Per la prova sono stati impiegati contenitori di 40 cm di diametro, alti 15 cm (Fig.77).



Fig.77- I contenitori.

Ogni contenitore è stato riempito da 5-6 cm di substrato ottenuto mescolando in parti uguali (Fig.78):

- terreno sabbioso di recupero da un cantiere (pH 8): essendo il muschio una pianta pioniera, che si afferma su terreni dissestati e poveri, si è deciso di impiegare una parte di terreno di scarto di un cantiere vivaistico.
- terriccio acido (pH 4,5) torba bionda di sfagno arricchita con argilla; questo per acidificare il terreno e per facilitare l'attecchimento in quanto la maggioranza dei muschi richiede un terreno sub-acido.

A questo miscuglio è stato aggiunto un concime organo-minerale -12-5-6 con il 15% di carbonio organico alla dose di 5 kg.



Fig.78- Il substrato di coltivazione.

Su ciascun contenitore sono state posizionate 5 piote di muschio (Fig.79 e 80), piote che sono state ricavate dalle zolle prelevate nei siti di raccolta tagliandole seguendo il contorno di uno stampo circolare di 11 cm di diametro (Fig.81).

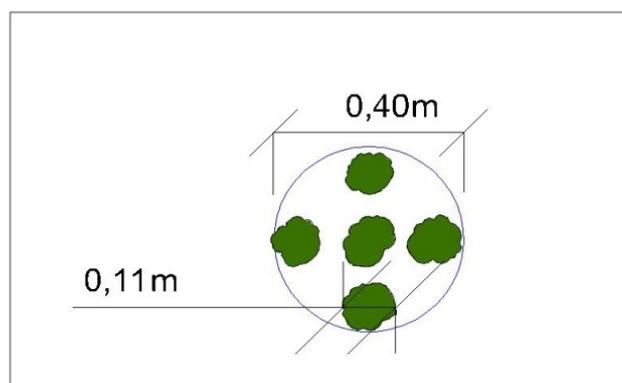


Fig.79- Distribuzione del muschio in vaso



Fig.80- Distribuzione delle zolle in vaso.

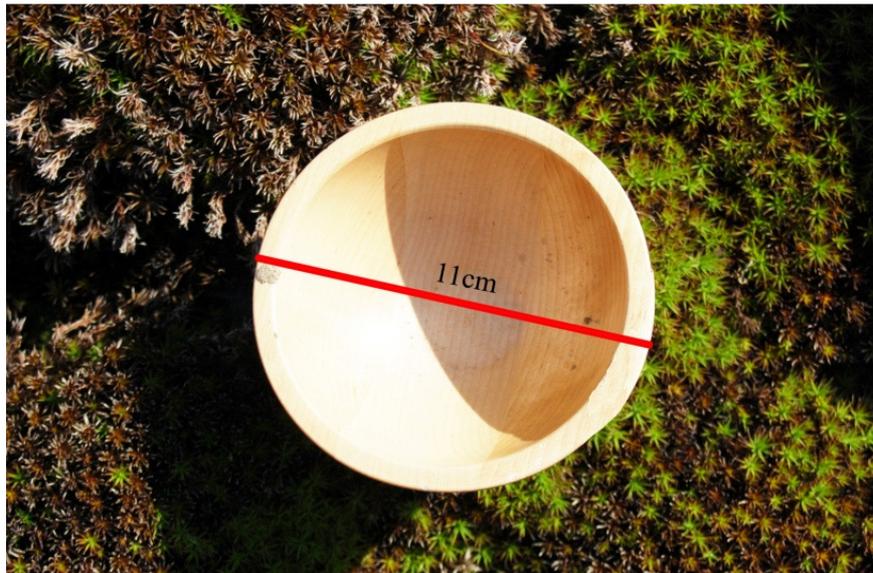


Fig.81- Stampo utilizzato per tagliare le zolle di muschio.

Un volta confezionati tutti i 45 vasi, in ciascun capanno sono stati posti 5 vasi di *Polytrichum* sp., 5 vasi di *Brachythecium* sp. e 5 vasi di *Brachythecium* sp. e *Pohlia* sp. in modo randomizzato.

### 8.2.2. Misurazioni e analisi statistica dei dati

Durante il periodo di coltivazione sono stati raccolti dati inerenti l'accrescimento e il valore estetico.

Con una cadenza mensile, è stata rilevata la percentuale di copertura del muschio vivo e secco per ogni vaso. La valutazione è stata eseguita avvalendosi di una griglia con maglie di 2 x 2 cm, per un totale di 350 quadratini, che di volta in volta la griglia è stata posizionata sopra ciascun vaso. Sono stati conteggiati i quadrati in cui il muschio appariva, vivo, in salute, turgido, di un classico colore verde, e quelli in cui il muschio appariva secco e/o bruno. È stato considerato secco quel muschio che, durante il rilievo, risultava tale, ma che potenzialmente, se riportato in condizioni ottimali, poteva riacquisire un colore verde brillante e tornare a crescere.

È stato imposto come criterio generale, che bastava la presenza di una piccola parte verde di muschio all'interno di un quadrato della griglia per considerarlo vivo. In due occasioni, ad aprile e a maggio, il numero di riquadri con muschio vivo è stato rapportato al numero di riquadri con muschio iniziali in modo tale da ricavare l'accrescimento percentuale del muschio rispetto ai valori iniziali.

La valutazione estetica, invece, è consistita in un'analisi visiva che prendeva in considerazione il colore, la brillantezza e l'omogeneità di copertura. Per colore e brillantezza s'intendeva la valutazione della tonalità di verde e l'omogeneità di colorazione del muschio, penalizzando le sfumature e privilegiando le colorazioni più intense. Per quanto riguarda l'omogeneità di copertura, veniva favorito il muschio che presentava una tessitura omogenea, con strutture vegetative ben distribuite nello spazio. Ogni vaso è stato valutato con cadenza settimanale. Per ciascuno dei due parametri è stata usata una scala di valutazione da 1 a 9, dove 1 veniva dato al muschio dall'aspetto del tutto insoddisfacente; mentre, 9 era riservato al muschio in grado di rappresentare al meglio i parametri di valutazione. In questa sede si riporta il valore medio dei due aspetti. Tutti i dati raccolti sono stati sottoposti ad analisi della varianza considerando "ombreggiamento" come primo fattore e "specie" come secondo. La mancanza di ripetizioni per il fattore "ombreggiamento", dovuto al complicato allestimento delle strutture, non ha permesso di ricavare l'effetto di interazione "specie x ombreggiamento" in quanto la significatività dei due fattori è stata testata proprio sulla varianza dell'interazione stessa (errore). Un'ulteriore analisi della varianza è stata condotta per ciascun livello di ombreggiamento per avere informazioni sul comportamento delle singole specie alle diverse condizioni. Per la differenziazione delle medie è stato impiegato il test di Duncan. Qualora necessario, i dati in percentuale sono stati trasformati nei rispettivi valori angolari.

### **8.3. Risultati**

L'analisi dei dati ha permesso di mettere in evidenza un diverso comportamento delle specie sia nell'analisi dei dati aggregati sia in quella dei dati separati per trattamento.

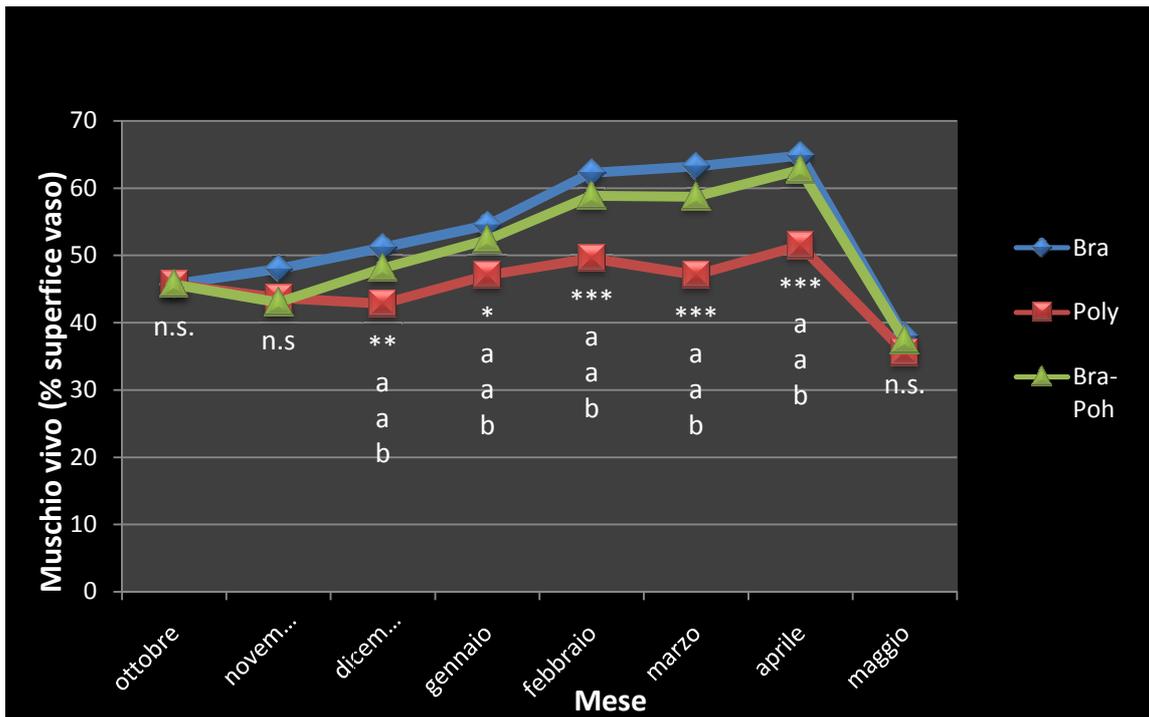


Fig.82- Superficie interessata da strutture vive delle diverse specie di muschio durante la prova (Bra = *Brachythecium* sp.; Poly = *Polytrichum* sp.; Bra –Poh = *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp.). Gli asterischi indicano la significatività dell’analisi della varianza; a lettere diverse indicano valori significativamente diversi per  $P \leq 0.05$  (Test di Duncan). n.s. = non significativo.

La figura 82 mostra l’accrescimento medio, in termini di percentuale di superficie del vaso che presenta muschio vivo, dei tre muschi durante la prova. Si può notare come, in linea generale, *Brachythecium* sp. e *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp. abbiano avuto un affrancamento più rapido e quindi abbiano ripreso a crescere prima di *Polytrichum* sp. Le prime differenze tra le specie sono risultate significative dal rilievo di dicembre. I ritmi di accrescimento delle prime due specie sono inoltre state simili tra loro e superiori a quello di *Polytrichum* sp. cosicché le differenze si sono accentuate le tempo. I massimi accrescimenti sono stati osservati, per tutte e tre le specie, ad aprile: *Brachythecium* sp. e *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp. hanno raggiunto una copertura pari, in media, al 63.8%, significativamente ben maggiore del solo 51.5% raggiunto da *Polytrichum* sp.

A maggio, tutte e tre le specie hanno mostrato una drastica riduzione della superficie interessata dal muschio vivo (in media il 36.9%), senza alcuna differenza tra le specie.

Come riportato in tabella A, nel momento del massimo accrescimento (aprile), *Brachythecium* sp. e *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp., nella media dei diversi ombreggiamenti, hanno incrementato la superficie coperta di circa il 40% mentre per *Polytrichum* sp. l’incremento è stati di solo il 12.6%. A maggio, però, la drastica riduzione della superficie interessata a muschio vivo ha reso negativi gli accrescimenti ottenuti, e senza differenze significative tra le specie.

Tabella A. Percentuale di accrescimento (percentuale rispetto i valori iniziali) delle diverse specie ad aprile e a maggio.

Specie	Accrescimento	
	Aprile	Maggio
Bra	41.9 a	-15.5
Poly	12.6 b	-30.5
Bra+Poh	37.3 a	-13.8
Significatività	***	n.s.

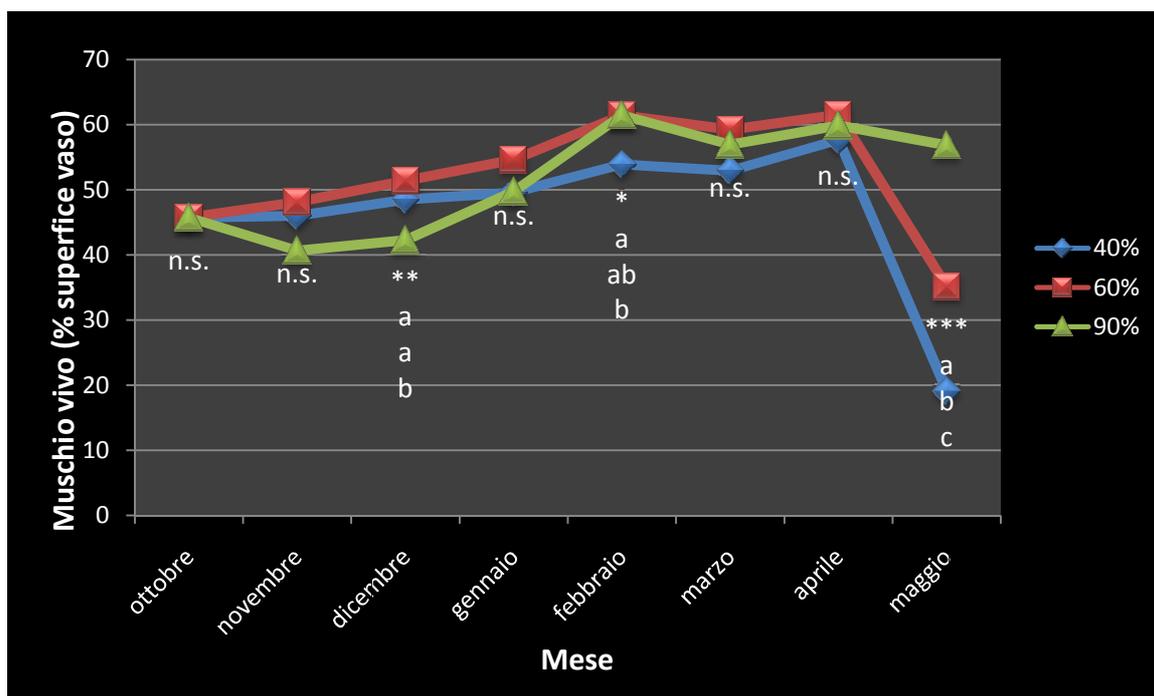


Fig.83- Superficie coperta dai muschi allevati a diversi livelli di ombreggiamento durante la prova. Gli asterischi indicano la significatività dell'analisi della varianza; a lettere diverse indicano valori significativamente diversi per  $P \leq 0.05$  (Test di Duncan). n.s. = non significativo

La figura 83 descrive l'andamento, nel tempo, della percentuale di superficie con muschio vivo nelle tre condizioni di ombreggiamento. Il generale si nota un graduale progressivo aumento della superficie interessata dal muschio già dai primi rilievi, e fino ad aprile, per i muschi allevati al 40 e al 60% di ombreggiamento. L'ombreggiamento al 90% è parso eccessivo nelle prime fase di crescita e questo ha ritardato l'affrancamento: al rilievo di dicembre, infatti, la superficie coperta dai muschi allevati al 40 e al 60% di ombreggiamento (in media 49.5%) è risultata significativamente superiore a quella dei muschi allevati al 90% di ombreggiamento (42.3%). Successivamente, il tasso di crescita dei muschi di quest'ultima tesi sono aumentati tanto che a febbraio la superficie coperta è

risultata simile a quella dei muschi allevati con il 60% di ombreggiamento che, con il 61.6% di superficie coperta, hanno riportato i maggiori accrescimenti in termini assoluti. Nei due mesi successivi l'accrescimento dei muschi è stato contenuto e non sono state osservate differenze imputabili alle tesi a confronto.

All'ultimo rilievo, la superficie coperta da muschio vivo allevato al 90% di ombreggiamento si è discostata di poco da quella rilevata ad aprile (56.8%). Diversamente, si è assistito ad una drastica e progressiva diminuzione in corrispondenza degli ombreggiamenti più contenuti (35.1 e 19.1% rispettivamente per il 60 e 40% di ombreggiamento).

Ad aprile l'accrescimento la superficie occupata dal muschio è aumentata in media di circa il 30% e senza differenze tra le tesi di ombreggiamento; a maggio, però, rispetto ai valori iniziali la superficie con muschio vivo è diminuita di quasi il 60%, nel caso dell'ombreggiamento del 40% e di circa il 27% con il 60% di ombreggiamento (Tab. B). Solamente con il 90% di ombra si è mantenuto un accrescimento positivo (26.3%).

Tabella B. Percentuale di accrescimento (percentuale rispetto i valori iniziali) medio dei muschi alle diverse condizioni di ombreggiamento.

	Accrescimento (percentuale rispetto ai valori iniziali)	
Ombreggiamento	Aprile	Maggio
40%	26.2	-58.9 c
60%	34.6	-27.3 b
90%	30.9	26.3 a
Significatività	n.s.	***

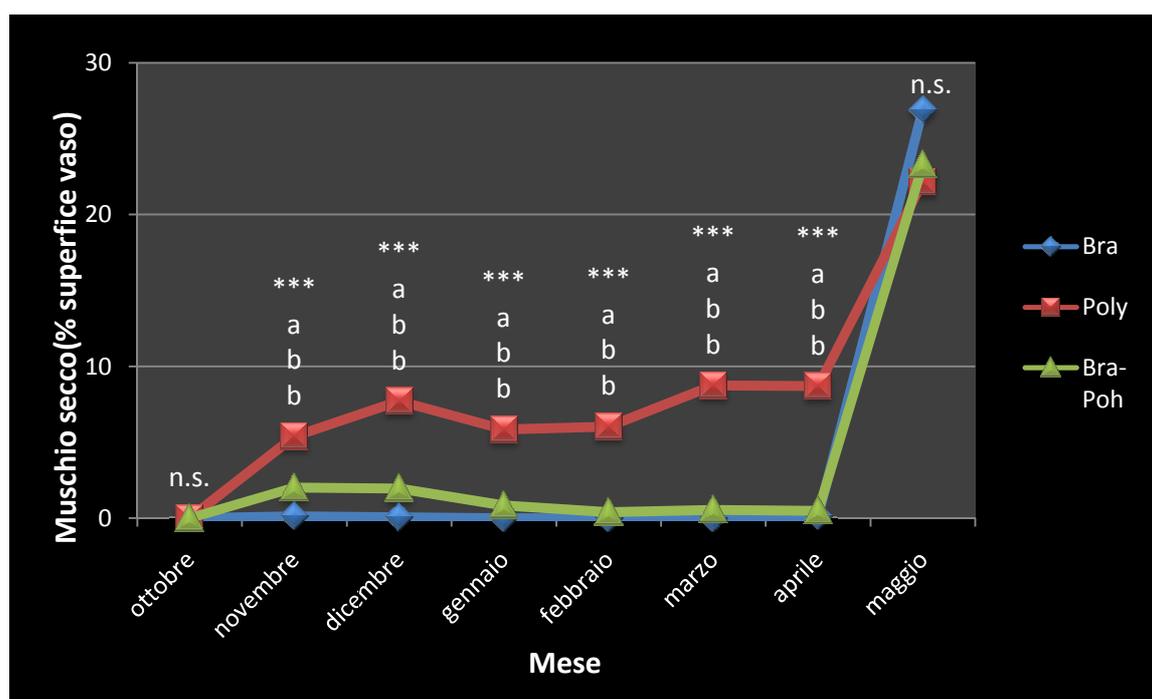


Fig.84- Superficie interessata da strutture secche delle diverse specie di muschio durante la prova (Bra = *Brachythecium* sp.; Poly = *Polytrichum* sp.; Bra + Poh = *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp.). Gli asterischi indicano la significatività dell'analisi della varianza; a lettere diverse indicano valori significativamente diversi per  $P \leq 0.05$  (Test di Duncan). n.s. = non significativo.

La superficie interessata dal muschio secco (Fig.84), è stata molto contenuta per *Brachythecium* sp. e *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp. durante i primi 7 mesi di coltura. *Polytrichum* sp., invece, ha presentato una mortalità decisamente superiore già dopo un mese di coltura e le differenze sono risultate significative sino al rilievo di aprile. A quest'ultimo rilievo, la superficie interessata *Polytrichum* sp. secco è stata del 8.7%, contro il solo 0.4% delle altre due specie.

Tutti e tre le specie chiudono il periodo della prova, a maggio, con un fortissimo innalzamento della mortalità (superiore al 23%), e senza differenze significative tra le specie.

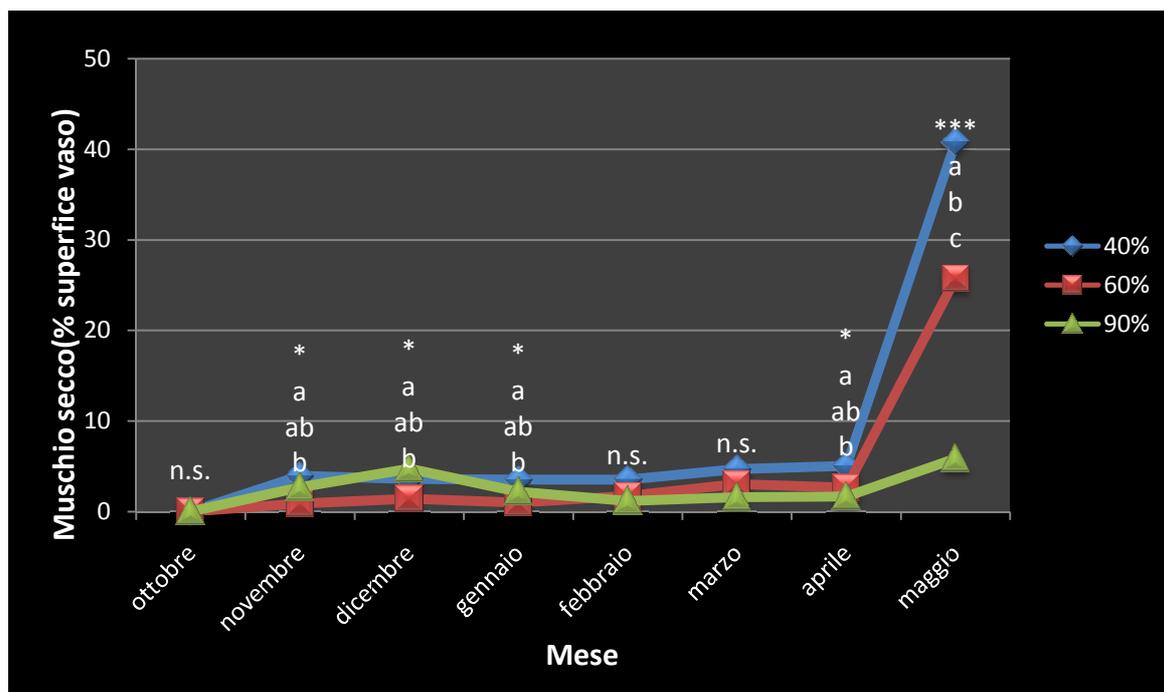


Fig.85- Superficie coperta da muschio secco a diversi livelli di ombreggiamento durante la prova. Gli asterischi indicano la significatività dell'analisi della varianza; a lettere diverse indicano valori significativamente diversi per  $P \leq 0.05$  (Test di Duncan). n.s. = non significativo.

Analizzando gli andamenti della percentuale di mortalità in funzione del diverso ombreggiamento (Fig.85) si evince che nei primi 5 mesi di coltura l'effetto dell'ombreggiamento è risultato molto contenuto (inferiore al 5%), seppur alcune differenze tra le tesi siano state osservate in diverse occasioni. L'ombreggiamento al 40%

ha influenzato negativamente questo parametro, mentre l'ombreggiamento al 60% ha dato, nella maggioranza dei casi, i migliori risultati.

Nell'ultimo mese si è assistito poi ad un notevole aumento della mortalità. A questa epoca, le differenze tra le percentuali di superficie con muschio secco osservate alle diverse condizioni di ombreggiamento sono risultate altamente significative ( $P > 0.001$ ): con il 90% di ombreggiamento la superficie con muschio secco è risultata di solo il 5.9%, percentuale che è salita al 25.7% con il 60% di ombreggiamento e a ben il 40.8% con il 40% di ombreggiamento.

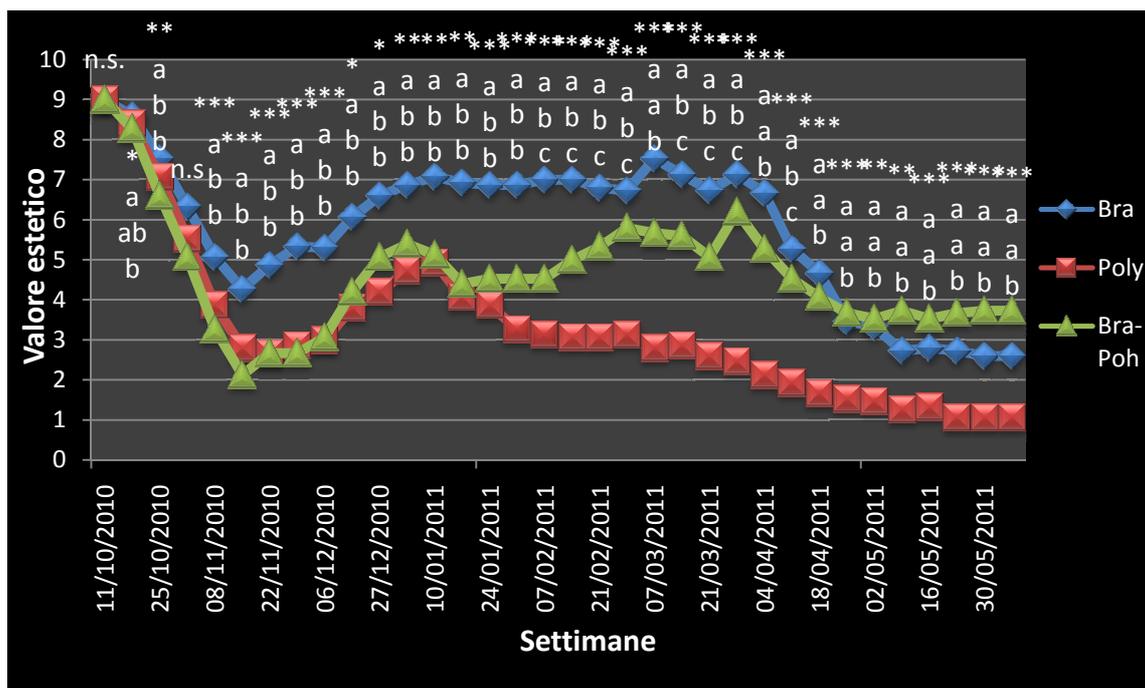


Fig.86- Valore estetico rilevato per le diverse specie di muschio durante la prova (Bra = *Brachythecium* sp.; Poly = *Polytrichum* sp.; Bra -Poh = *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp.). Gli asterischi indicano la significatività dell'analisi della varianza; a lettere diverse indicano valori significativamente diversi per  $P \leq 0.05$  (Test di Duncan). n.s. = non significativo.

La figura 86 descrive l'andamento, nel tempo, del giudizio estetico attribuito ai diversi muschi. In generale si nota una diminuzione dei valori nelle prime settimane dal trapianto, valori che hanno iniziato a riprendersi a partire al 22 novembre. Da gennaio a fine marzo il valore estetico di *Brachythecium* sp. e *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp. è tendenzialmente rimasto costante per poi diminuire da aprile. Diversamente, *Polytrichum* sp. ha mostrato un valore estetico decrescente già a partire da gennaio.

Dal punto di vista statistico, il valore estetico di *Brachythecium* sp. è risultato superiore a quello delle altre specie dal 25 ottobre al 17 gennaio. Da qui, sino al 4 aprile *Brachythecium* sp. ha mostrato un valore estetico maggiore di quello di *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp e a loro volta hanno avuto giudizi superiori a quelli di *Polytrichum* sp..

Dall'11 aprile sino alla fine della prova, infine, *Brachythecium* sp. e *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp. hanno riportato giudizi simili e superiori a quello attribuito a *Polytrichum* sp.

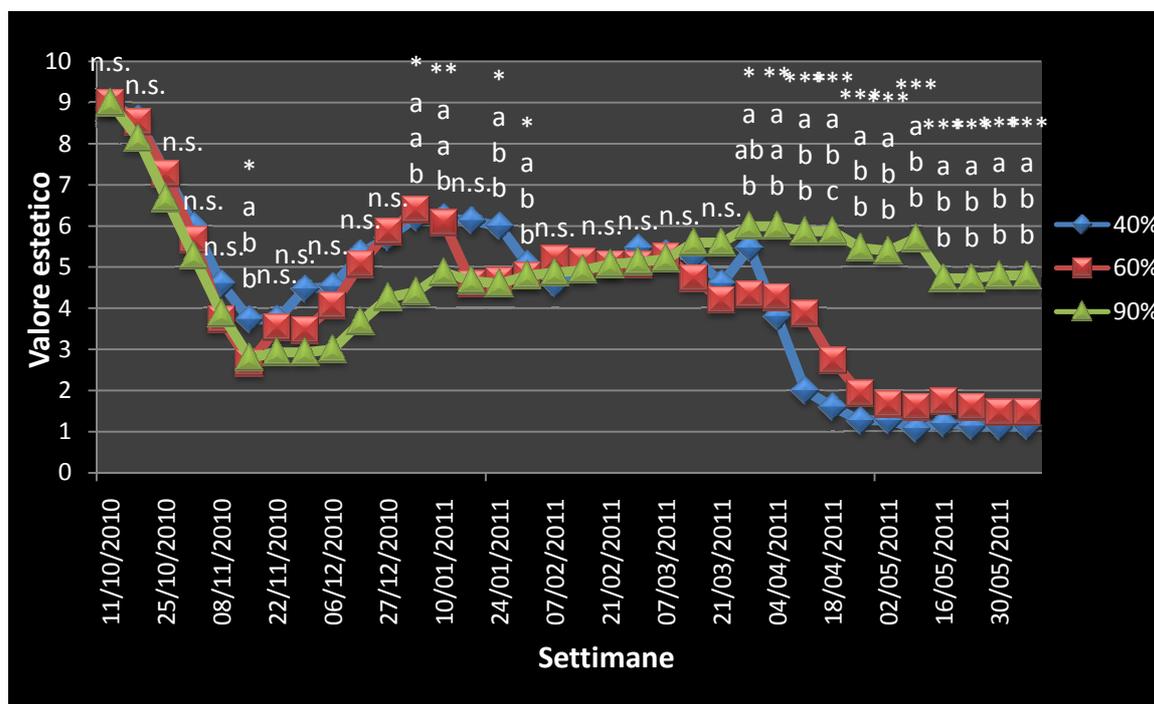


Fig.87- Valore estetico a diversi livelli di ombreggiamento durante la prova. Gli asterischi indicano la significatività dell'analisi della varianza; a lettere diverse indicano valori significativamente diversi per  $P \leq 0.05$  (Test di Duncan). n.s. = non significativo.

La figura 87 descrive l'andamento, nel tempo, del giudizio estetico attribuito al muschio allevato alle diverse densità di ombreggiamento. All'inizio della prova si è notata una diminuzione dei valori che hanno iniziato a riprendersi a partire al 22 novembre. La ripresa dei muschi allevati al 40 e al 60% di ombreggiamento è stata più pronta rispetto a quelli allevati al 90% tanto che, nei due rilievi a cavallo dei due anni, le differenze osservate sono risultate significative. Qualche settimana più tardi, le piante allevate al 60% di ombreggiamento hanno visto il valore estetico ridursi sino ad essere equiparabile a quelli osservati con l'allevate al 90% di ombreggiamento.

Da fine gennaio sino alle terza settimana di marzo il valore estetico dei muschi non è stato influenzato dall'ombreggiamento. Subito dopo, però mentre al 90% di ombreggiamento i valori sono rimasti tendenzialmente stabili, quelli dei muschi allevati alle due percentuali di ombreggiamento minore hanno mostrato un calo considerevole. Dal 18 aprile sino alla fine della prova le differenze tra la prima e le altre due tesi è risultata altamente significativa ( $P > 0.001$ ).

Grafici differenziati per densità di ombreggiamento:

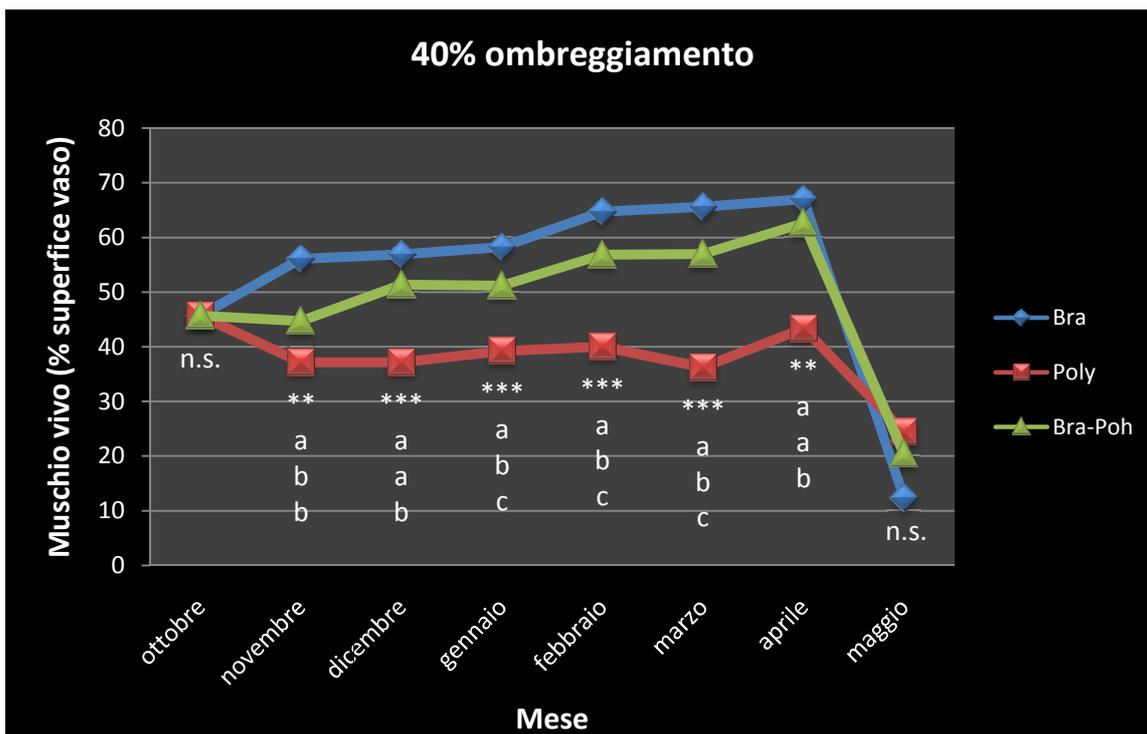


Fig.88- Superficie interessata da strutture vive, al 40% di ombreggiamento, delle diverse specie di muschio durante la prova (Bra = *Brachythecium* sp.; Poly = *Polytrichum* sp.; Bra -Poh = *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp.). Gli asterischi indicano la significatività dell'analisi della varianza; a lettere diverse indicano valori significativamente diversi per  $P \leq 0.05$  (Test di Duncan). n.s. = non significativo.

Rispetto a quanto già descritto in precedenza relativamente all'accrescimento medio dei tre muschi (Fig. 82), con l'ombreggiamento del 40% le differenze tra i muschi si sono notate già dopo una settimana dal trapianto. Da gennaio a marzo, gli accrescimenti maggiori sono stati evidenziati da *Brachythecium* sp., seguiti da *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp. e, quindi da *Polytrichum* sp. (65.6, 57.0 e 36.2% della superficie del vaso colonizzata da muschio vivo al rilievo di marzo, rispettivamente per le tre specie). Negli ultimi due rilievi, le differenze osservate sono state in linea con quanto osservato nella valutazione complessiva dei tre ombreggiamenti (Fig. 88).

Con il 40% di ombreggiamento, ad aprile, *Brachythecium* sp., e *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp. hanno incrementato la loro superficie in media del 42% mentre *Polytrichum* sp. ha visto contrarsi la superficie del 5% (Tab. C). A maggio, però, la superficie si è ridotta, rispetto ai valori iniziali, di quasi il 60%, indipendentemente dalle specie.

Tabella C. Percentuale di accrescimento (percentuale rispetto i valori iniziali) delle diverse specie ad aprile e a maggio, alle diverse condizioni di ombreggiamento.

Specie	40% di ombregg.		60% di ombregg.		90% di ombregg.	
	aprile	maggio	aprile	maggio	aprile	maggio
Bra	46.6 a	-59.3	36.6	-37.5	42.5 a	50.2 a
Poly	-5.1 b	-59.5	27.0	-18.1	15.9 b	-14.0 b
Bra+Poh	37.0 a	-57.9	40.3	-26.2	34.5 a	42.6 a
Significatività	**	n.s.	n.s.	n.s.	**	**

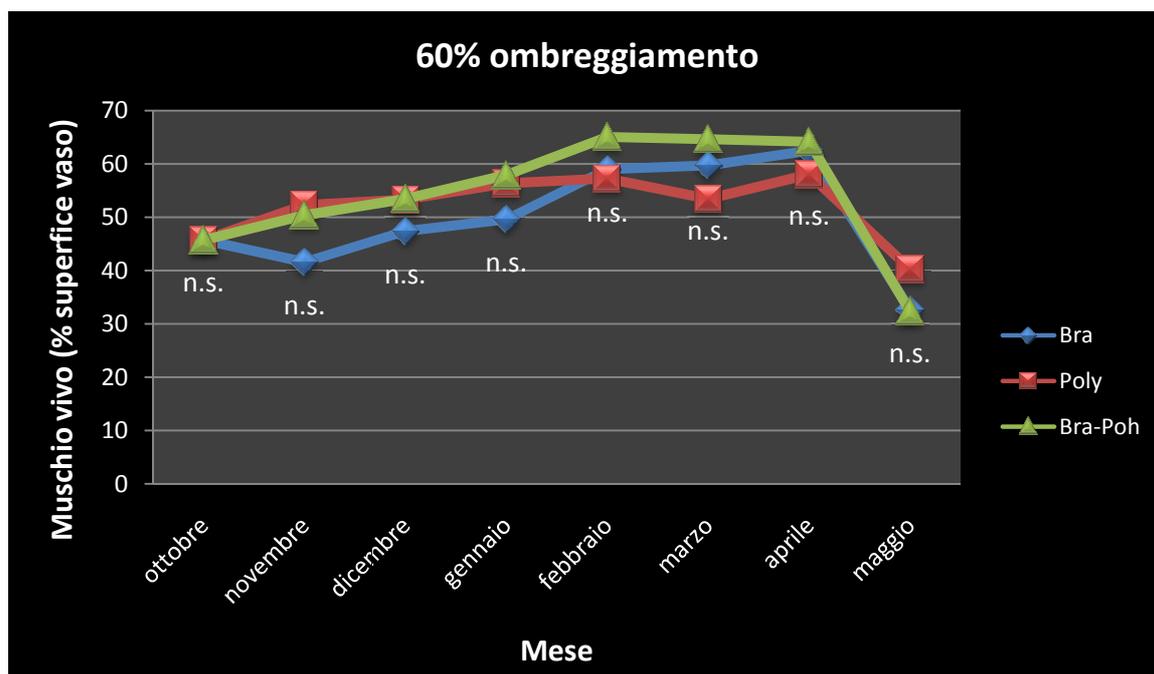


Fig.89- Superficie interessata da strutture vive, al 60% di ombreggiamento, delle diverse specie di muschio durante la prova (Bra = *Brachythecium* sp.; Poly = *Polytrichum* sp.; Bra –Poh = *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp.). Gli asterischi indicano la significatività dell'analisi della varianza; a lettere diverse indicano valori significativamente diversi per  $P \leq 0.05$  (Test di Duncan). n.s. = non significativo.

Nel caso dei muschi allevati al 60% di ombreggiamento, si è assistito, nel tempo, ad un aumento progressivo della superficie interessata dal muschio e ad una drastica diminuzione al rilievo di maggio (Fig. 89). Nessuna differenza, però, è stata riscontrata tra un muschio ed un altro.

Con il 60% di ombreggiamento l'accrescimento osservato ad aprile è stato più contenuto (in media +34.4%) e più contenuto è stato anche il decremento riscontrato a maggio (-27.3) (Tab. C).

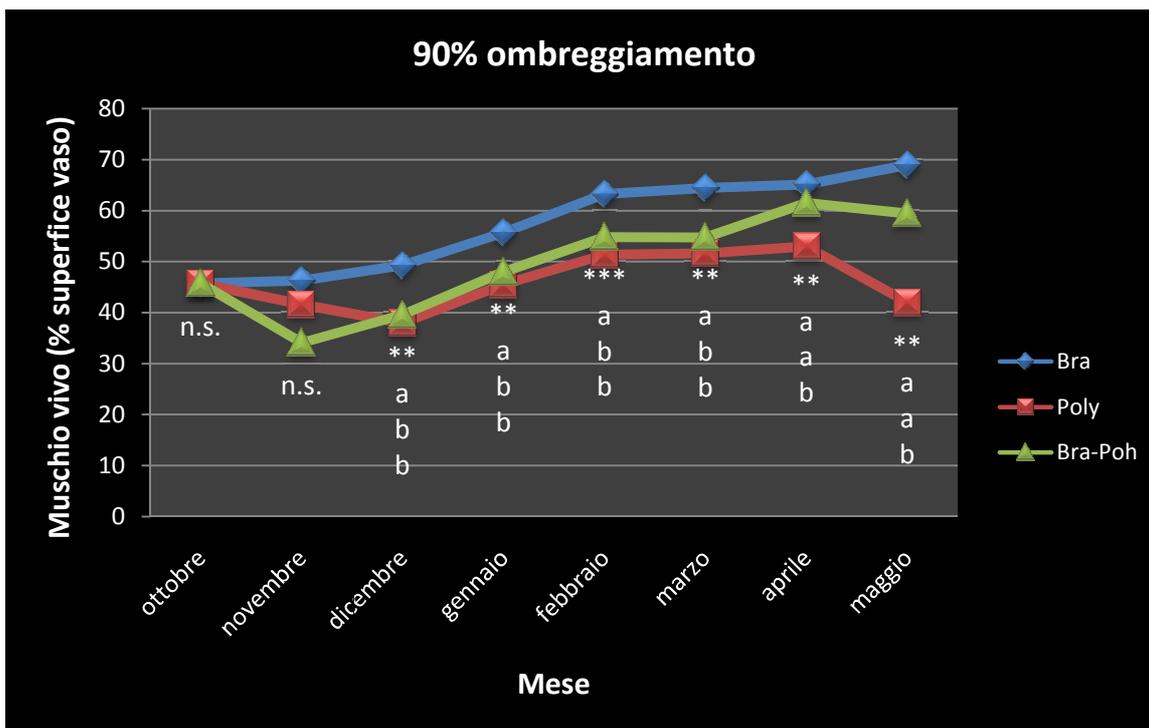


Fig.90- Superficie interessata da strutture vive, al 90% di ombreggiamento, delle diverse specie di muschio durante la prova (Bra = *Brachythecium* sp.; Poly = *Polytrichum* sp.; Bra –Poh = *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp.). Gli asterischi indicano la significatività dell’analisi della varianza; a lettere diverse indicano valori significativamente diversi per  $P \leq 0.05$  (Test di Duncan). n.s. = non significativo.

Particolarmente interessante è parso l’accrescimento del muschio al 90% di ombreggiamento. In primo luogo, il maggior accrescimento, in questo caso, è stato espresso da *Brachythecium* sp. che sin da dicembre è risultato superiore a quello degli altri due muschi (Fig. 90). E’ da notare, inoltre, che con questo ombreggiamento non si è assistito alla drastica riduzione della superficie interessata da muschio vivo se non nel caso della specie *Polytrichum* sp..

Alla fine della prova, le superficie coperte dalle tre specie sono state pari al 69.0, 59.4 e 42.0% rispettivamente per *Brachythecium* sp. *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp. e *Polytrichum* sp..

Ad aprile, con il 90% di ombreggiamento per *Brachythecium* sp. e *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp. la superficie con muschio vivo è aumentata, in media, del 38.5% rispetto ai valori iniziali, contro il 15.9% di *Polytrichum* sp. (Tab. C). A maggio i valori sono leggermente aumentati per *Brachythecium* sp. e *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp. mentre, al contrario, sono diminuiti per *Polytrichum* sp..

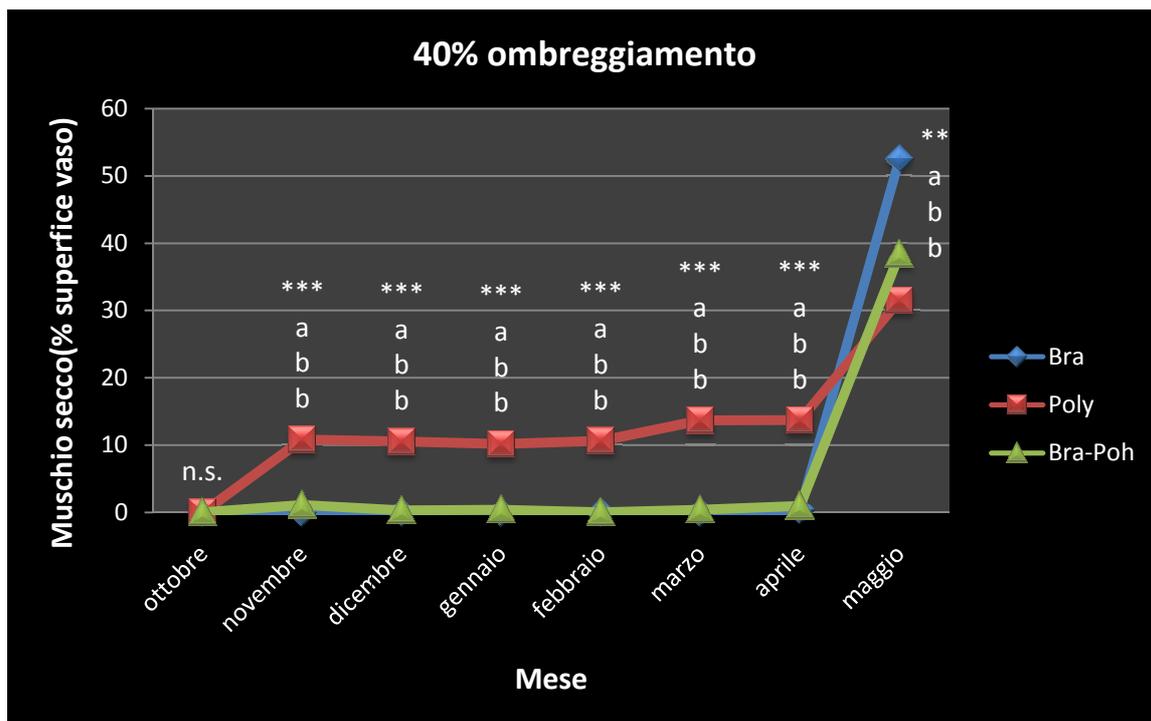


Fig.91- Superficie interessata da strutture secche, al 40% di ombreggiamento, delle diverse specie di muschio durante la prova (Bra = *Brachythecium* sp.; Poly = *Polytrichum* sp.; Bra -Poh = *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp.). Gli asterischi indicano la significatività dell'analisi della varianza; a lettere diverse indicano valori significativamente diversi per  $P \leq 0.05$  (Test di Duncan). n.s. = non significativo.

Analizzando gli andamenti della percentuale di mortalità nel tempo, al 40% di ombreggiamento (Fig.91) si è notata una generale corrispondenza con quanto già riportato in figura 85, dove si riportava l'andamento medio dei muschi alle tre percentuali di ombreggiamento. In particolare si è evidenziata la maggiore superficie interessata da muschio secco, per quasi tutta la prova, per la specie *Polytrichum* sp.. E' da notare, però, che all'ultimo rilievo, quando si è assistito ad un aumento notevole della superficie con muschio secco, è *Brachythecium* sp. che ha presentato i valori maggiori (52.5% contro il 35.1% medio degli altri due muschi).

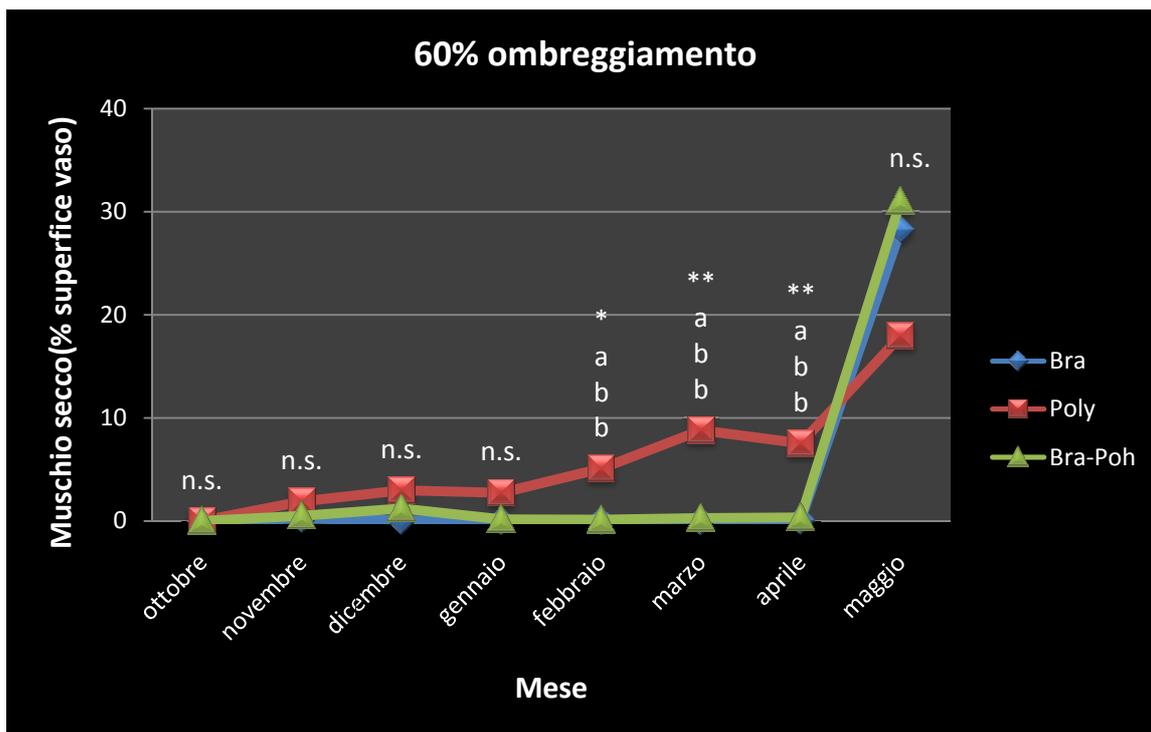


Fig.92- Superficie interessata da strutture secche, al 60% di ombreggiamento, delle diverse specie di muschio durante la prova (Bra = *Brachythecium* sp.; Poly = *Polytrichum* sp.; Bra -Poh = *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp.). Gli asterischi indicano la significatività dell'analisi della varianza; a lettere diverse indicano valori significativamente diversi per  $P \leq 0.05$  (Test di Duncan). n.s. = non significativo.

Con il 60% di ombreggiamento (Fig.92), i valori relativi al muschio secco sono risultati in linea con i valori medi dei tre ombreggiamenti (Fig.85), con differenze tra la specie *Brachythecium* sp. e le altre significative solamente nei mesi di febbraio, marzo e aprile.

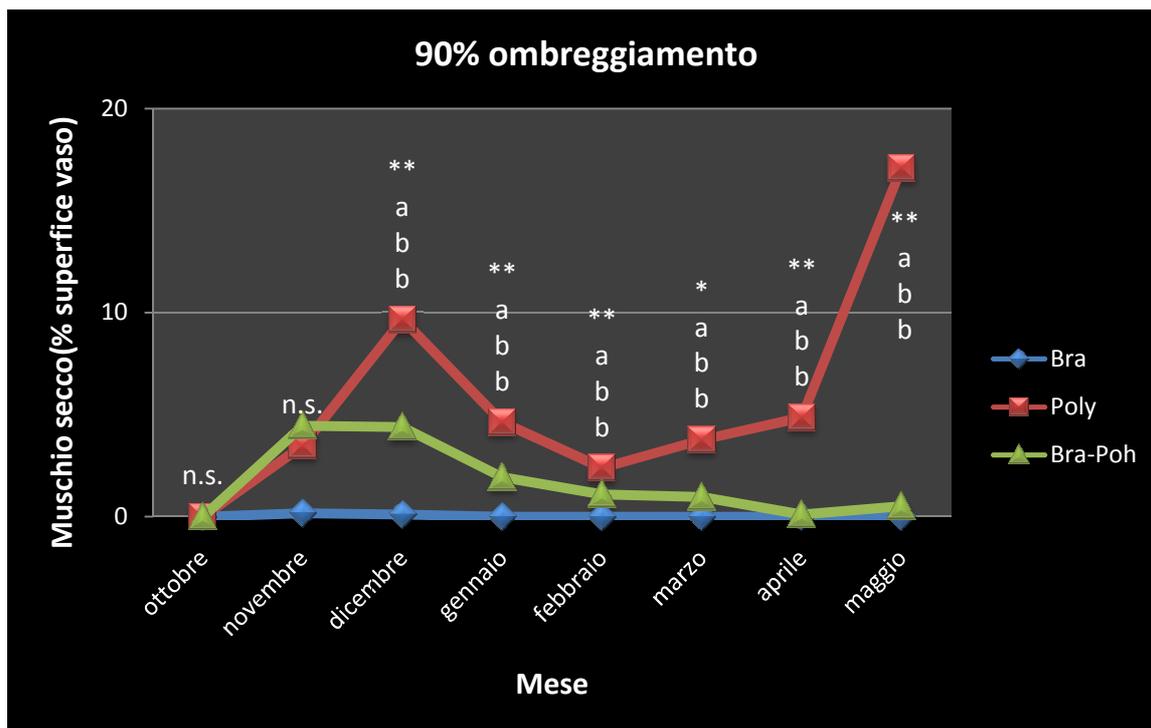


Fig.93- Superficie interessata da strutture secche, al 90% di ombreggiamento, delle diverse specie di muschio durante la prova (Bra = *Brachythecium* sp.; Poly = *Polytrichum* sp.; Bra –Poh = *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp.). Gli asterischi indicano la significatività dell’analisi della varianza; a lettere diverse indicano valori significativamente diversi per  $P \leq 0.05$  (Test di Duncan). n.s. = non significativo.

Al 90% di ombreggiamento (Fig.93), la superficie interessata da muschio secco è sempre stata molto bassa e per tutta la durata della prova nel caso di *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp. e *Brachythecium* sp.. *Polytrichum* sp. già a partire da dicembre ha mostrato valori più elevati di mortalità, valori che si sono aggravati nell’ultimo rilievo, allorquando hanno toccato il 17.1% della superficie.

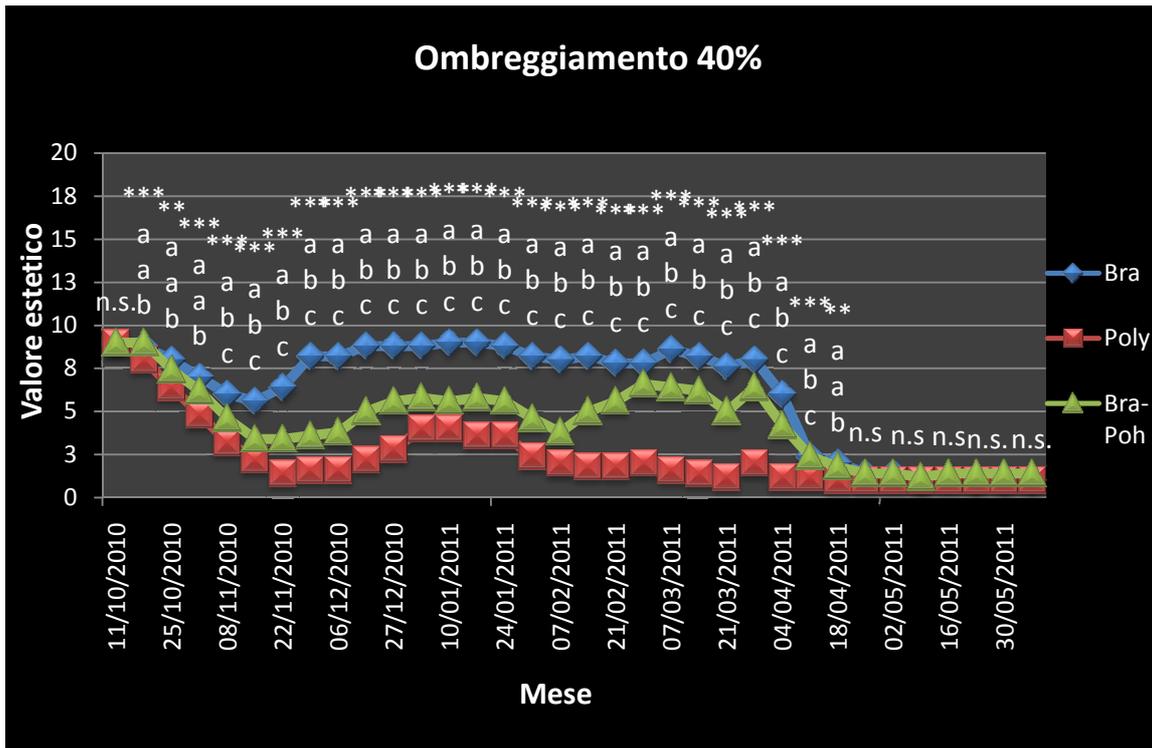


Fig.94- Valore estetico rilevato per le diverse specie di muschio, al 40% di ombreggiamento, durante la prova (Bra = *Brachythecium* sp.; Poly = *Polytrichum* sp.; Bra -Poh = *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp.). Gli asterischi indicano la significatività dell'analisi della varianza; a lettere diverse indicano valori significativamente diversi per  $P \leq 0.05$  (Test di Duncan). n.s. = non significativo.

La figura 94 analizza gli andamenti del giudizio estetico, rilevato per le tre specie di muschio, al 40% di ombreggiamento. Rispetto ai valori medi delle tre specie (Fig. 86), si è osservata una più chiara differenza di risposta delle tre specie sin dai primi rilievi. Queste differenze si sono poi annullate a partire dal 18 aprile allorquando l'elevata mortalità che si è verificata in questo periodo ha abbattuto il valore estetico.

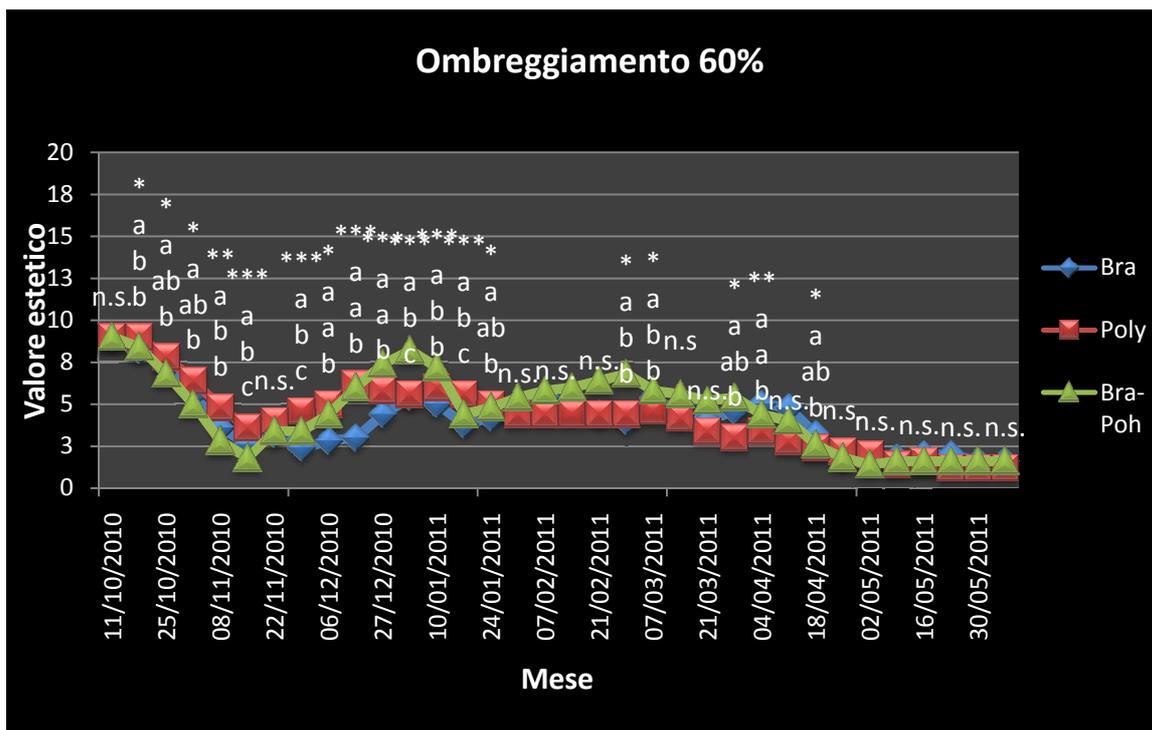


Fig.95- Valore estetico rilevato per le diverse specie di muschio, al 60% di ombreggiamento, durante la prova (Bra = *Brachythecium* sp.; Poly = *Polytrichum* sp.; Bra -Poh = *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp.). Gli asterischi indicano la significatività dell'analisi della varianza; a lettere diverse indicano valori significativamente diversi per  $P \leq 0.05$  (Test di Duncan). n.s. = non significativo.

Rispetto a quanto evidenziato per i valori medi dei tre ombreggiamenti (Fig. 95), con il 60% si sono notate differenze più contenute e, in linea di massima, non significative a partire dal 24 gennaio.

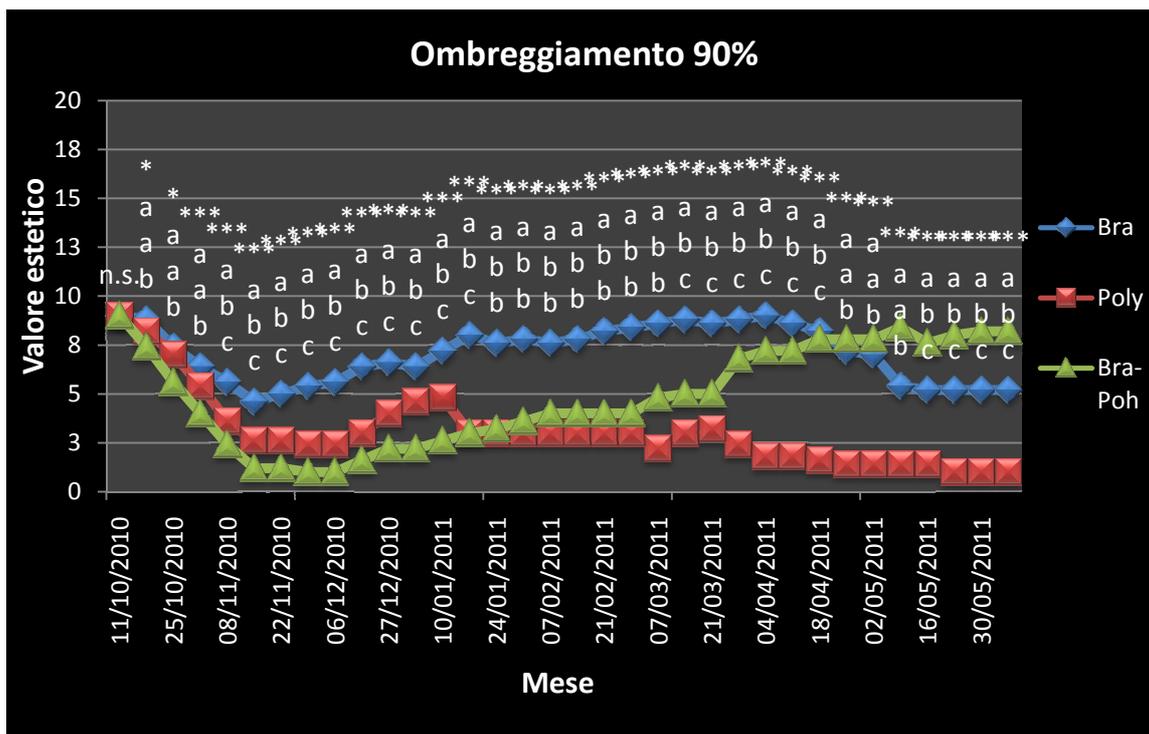


Fig.96- Valore estetico rilevato per le diverse specie di muschio, al 90% di ombreggiamento, durante la prova (Bra = *Brachythecium* sp.; Poly = *Polytrichum* sp.; Bra -Poh = *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp.). Gli asterischi indicano la significatività dell'analisi della varianza; a lettere diverse indicano valori significativamente diversi per  $P \leq 0.05$  (Test di Duncan). n.s. = non significativo.

Con il 90% di ombreggiamento, le differenze rispetto ai valori medi sono ancora più accentuate (Fig. 96). Dopo un mese dall'inizio della prova e fino a metà gennaio *Brachythecium* sp. ha mostrato un valore estetico maggiore di *Polytrichum* sp., che a sua volta è risultato più apprezzabile di *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp.. A metà gennaio in poi, però, mentre *Polytrichum* sp., ha mostrato un certo declino, *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp. ha evidenziato valori che sono via via migliorati nel proseguo della prova. Nell'ultimo mese di prova, il valore estetico di *Brachythecium* sp. è sensibilmente peggiorato cosicché alla fine della prova i migliori valori sono stati espressi da *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp. (8.2) seguiti da *Brachythecium* sp. (5.2) e quindi da *Polytrichum* sp. (1).

## 8.4. Discussione

La prova è iniziata ad ottobre quando la radiazione globale è naturalmente ridotta. In queste condizioni l'accrescimento dei muschi è stato buono al 40 e al 60% di ombreggiamento. Probabilmente l'ombreggiamento al 90% è risultato eccessivo in questo periodo.

A maggio, quando la radiazione e le temperature sono aumentate per l'avvicinarsi dell'estate, i muschi posti al 40 e al 60% di ombreggiamento hanno denunciato una forte sofferenza, seguita da una notevole perdita di vitalità. In questo periodo, quindi, l'ombreggiamento più elevato è risultato l'unico a permettere di mantenere una buona vitalità e un gradevole aspetto estetico.

Valutando accrescimento e aspetto estetico nel complesso, appare evidente che *Brachythecium* sp. mantiene un profilo relativamente alto, se confrontato con le altre specie. Infatti al 40% di ombreggiamento, sia l'accrescimento sia il valore estetico si sono distaccati notevolmente da quello degli altri due. Con l'ombreggiamento del 60% andamento della percentuale di muschio vivo e la valutazione estetica sono andate di pari passo e senza differenze tra le specie; va evidenziato comunque, che mentre le percentuali di copertura sono state elevate per tutte le specie la valutazione estetica si è mantenuta su parametri relativamente mediocri. Quindi si può ipotizzare che il 60% di ombreggiamento sia un buon compromesso per un buon accrescimento di tutte e tre le specie.

La percentuale di ombreggiamento che pare garantire, mediamente, i migliori risultati da marzo in avanti per tutti e tre le specie è il 90%. In queste condizioni però, *Brachythecium* sp. ha tendenzialmente continuato a crescere ma il valore estetico è invece diminuito. Questo potrebbe voler dire che, anche se il muschio continua a crescere grazie al vantaggio offerto dall'ombreggiante, le condizioni climatiche non sono comunque quelle ideali.

I buoni risultati ottenuti sono in linea con quanto indicato in letteratura: vista la sua capacità di colonizzatore veloce nuove non sorprende che questa specie venga considerata infestante nella maggior parte dei giardini (Schenk, 1997).

Bisogna anche segnalare l'emissione, dal mese di febbraio fino a marzo, di sporofiti da parte di *Brachythecium* sp. all'ombreggiamento del 40 e la 60%. Infatti è stato possibile vedere la comparsa, a partire dalla fine del mese di aprile, di accrescimenti a spot di muschio nello spazio di terreno presente tra le zolle. Al 90% di ombreggiamento gli sporofiti sono stati emessi a partire da aprile. Questo conferma la capacità di colonizzare di questa specie descritta da Schenk (1997), e che alla base del loro ciclo riproduttivo vi è una chiara alternanza di generazione, con prevalenza del gametofito sullo sporofito (Aleffi, 2008). La presenza di sporofiti, in questa specie, fa supporre che nei mesi successivi alla fine della prova vi possa essere un ulteriore, ancora più veloce, accrescimento.

L'associazione tra *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp. complessivamente ha mostrato, per quanto riguarda l'accrescimento, performance leggermente inferiori a quelle del solo *Brachythecium* sp.. Particolarmente interessante risulta l'analisi del valore estetico di questa associazione. Come per l'accrescimento, al 40% di ombreggiamento *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp. ha mostrato comportamento intermedio tra le altre due specie, mentre differenze contenute sono state osservate con il 60%. Un aspetto che non è emerso durante l'analisi dell'accrescimento è che negli ultimi mesi, quando agli ombreggiamenti contenuti si è manifestato una importante riduzione della superficie coperta da muschio vivo, al 90% di ombreggiamento questa associazione ha mantenuto buono il suo aspetto estetico mentre il solo *Brachythecium* sp. ha subito, comunque, una riduzione dei valori. Alla fine della prova, quindi, l'aspetto estetico di *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp. è stato anche superiore a quello del solo *Brachythecium* sp.. Infatti se all'inizio la consociazione mostrava delle differenze evidenti sull'omogeneità delle zollette, nelle ultime settimane le due specie si sono integrate per formare delle superfici molto pregevoli per densità, sviluppo della copertura e colore verde brillante.

Bisogna comunque considerare l'influenza della coesistenza dei due generi all'interno delle stesse zollette. Entrambe le specie appartengono a generi considerati ottimi colonizzatori dei terreni nudi, alla stregua delle infestanti (Schenk, 1997), ma se per *Brachythecium* meglio dovrebbe risultare un ombreggiamento intenso, *Pohlia* dovrebbe invece vivere bene anche in mezzombra (Aleffi, 2008). Questa associazione, quindi, alle condizioni estreme difficilmente potrà dare risultati migliori rispetto alla specie singola che risulterà particolarmente adatta a quell'ambiente, ma, d'altro canto, per lo stesso principio, i risultati non saranno mai inferiori a quelli della specie meno adatta a quel ambiente.

Inoltre nella consociazione di *Brachythecium* sp.+*Pohlia* sp. non si è registrata la comparsa di sporofiti durante la prova, anche se *Brachythecium* sp., nelle tesi in cui era solo lì ha prodotti e *Pohlia* viene descritto da descritto Schenk(1997) come un genere autodisseminante. Quindi il loro accrescimento nell'immediato futuro sarà probabilmente dovuto al solo allungamento del gametofito.

Considerando infine, *Polytrichum* sp., emerge che questa specie è quella che ha dato risposte tendenzialmente inferiori rispetto alle altre due, soprattutto all'ombreggiamento inferiore. Apparentemente migliori sono state le performance con il 60% di ombreggiamento dove, ad aprile, aveva raggiunto un accrescimento del 27% rispetto ai valori iniziali. I risultati ottenuti in questa prova, quindi, sono in antitesi con quanto ci si aspettava dal momento che le specie appartenenti al genere *Polytrichum* sono considerate tra quelle più adatte ad ambienti soleggiati e/o a mezzombra (Schenk, 1997). Le informazioni bibliografiche su questo genere, indicano inoltre una buona capacità di colonizzazione di terreni nudi (in genere post-diserbo) e poveri, infatti viene ampiamente impiegato all'interno dei giardini giapponesi, dove ricopre i terreni invadendo anche spazi colonizzati da altri generi (Schenk, 1997). I risultati ottenuti in questa prova

indicano, invece, una scarsa capacità di affrancamento di questa specie e, quindi, una ridotta attitudine a colonizzare nuove aree.

## 8.5. Conclusioni

I risultati indicano che la propagazione dei muschi è possibile anche se con qualche difficoltà.

I valori relativi all'accrescimento delle specie hanno evidenziato, per *Brachythecium* sp., l'effettiva possibilità di moltiplicazione per la costituzione di tappeti, in quanto ha dato la risposta migliore sia sotto l'aspetto dell'incremento percentuale della superficie coperta che per quello del valore estetico.

Da apprezzare è anche il risultato ottenuto dall'associazione *Brachythecium* sp.+ *Pohlia* sp. almeno per quanto riguarda l'accrescimenti ed il valore estetico delle ultime settimane di prova e al 90% di ombreggiamento. La consociazione di queste specie, evento che non accade di rado in natura, ripropone quanto avviene normalmente in natura con le successioni, che vedono l'avvicinarsi di specie diverse nel tempo facendo maturare così il tappeto.

La scelta, poi, di porli sotto ombreggianti diversi, ha messo in evidenza le capacità di adattamento e le preferenze delle diverse specie.

Gli ombreggiamenti ridotti hanno dato buoni risultati nella fase invernale quando già la radiazione naturale è ridotta. Il 60% sembra essere l'ombreggiamento che dà i migliori risultati, infatti a questa percentuale anche il *Polytrichum* sp., specie che ha mostrato le peggiori performance sia per accrescimento che per qualità del tappeto, ha dimostrato accrescimenti soddisfacenti. Nell'ultima fase della prova, quando la radiazione aumenta, l'ombreggiamento al 90% è l'unico che garantisce il mantenimento di uno stato vegetativo e un valore estetico apprezzabile.

Questa prova rappresenta solamente la fase iniziale di una sperimentazione che andrebbe approfondita sotto diversi aspetti. In primo luogo bisognerebbe proseguire la prova e valutare i muschi anche nel periodo estivo, in modo da ottenere dei dati completi sul primo anno di coltivazione, quello di affrancamento delle specie. Poi si dovrebbe proseguire, investigando l'accrescimento dei muschi anche negli anni futuri, per arricchire e confermare i dati finora rilevati. In questo modo si dovrebbero poter verificare non solo l'accrescimento per allungamento del gametofito, ma anche quello dovuto alla propagazione sessuata del muschio (con passaggio di fase da gametofito a sporofito). Successivamente, una volta analizzato il comportamento delle briofite all'interno di un ambiente artificiale e stabilita la specie che garantisce le migliori caratteristiche di sopravvivenza e riproduttive, si potrebbe provare ad impiegarli per l'obiettivo più generale per il quale è stata iniziata questa prova, inserendoli all'interno di

contesti reali, meno artificiali. Quindi si potrebbe verificare il loro comportamento prima studiandoli all'interno di aree naturali che posseggano le caratteristiche adatte ad ospitare un tappeto di muschi, e poi all'interno di aree attrezzate normalmente utilizzate come ad esempio un giardino.

In alternativa, o in aggiunta, si potrebbe anche valutare diversi metodi di moltiplicazione (es. il frazionamento) per valutare le risposte delle specie di muschio che hanno dato i migliori risultati di accrescimento.

In definitiva le prove che si potrebbero effettuare, successivamente a quella qui descritta, sono numerose, ma già con questa prima sperimentazione si sono potuti ottenere dei risultati che sono di buon auspicio per una possibile utilizzazione futura, che vede nelle briofite un soluzione alternativa alle graminacee nella costituzione di tappeti verdi in contesti particolari.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- ALEFFI M., 2008 – *Biologia ed ecologia delle briofite*. Antonio Delfino Editore.
- ANDO H., 1971 – *Les jardins de mousses au Japon*. P. Montagne Bull. Soc. Amant. Jard. Alpins.
- ANDO H., 1987 – *Moss gardening in Japan*. Symposia Biologica Hungarica.
- AVERY G. S., 1966– *Gardens in Japan. A philosophical dimension new to the West*. Plants Gardens 22.
- BARBIER E. B., BURGESS J.C., FOLKE C., 1994–*Paradise lost? The Ecological Economics of Biodiversity*. Earthscan Publication.
- BARGAGLI R., 1998–*Trace elements in terrestrial plants*. Springer, Berlin.
- BATES J.W., 1998 – *Is “life form” a useful concept in bryophyte ecology?* Oikos, 82:223-237.
- BATES J.W., 2000– *Mineral nutrition, substratum ecology, and pollution*. Cambridge University Press.
- BOND T. E. T., 1976 – *Polytrichum spp. in an apple orchard on herbicide-treated soil*. Proc Brit. Nat.Soc.35:69-73.
- BRULLOS., LO GIUDICE R., PRIVITERA M., 1991– *Phytogeographical considerations on the psammophilous mosses from Mediterranean area*. Botanika Chronika.
- CORTINI PEDROTTI C., 1992 – *Le briofite quale componente strutturale e funzionale degli ecosistemi forestali*. Ann. Accad. Sci. Forest.
- CRUM H., 1973– *Mosses of the Great Lakes Forest*. Contributions from the University of Michigan Herbarium 10: 404pp.
- DUCKETT J. G., SCHMID A. M., LIGRONE R., 1998– *Bryology for the twenty-first century*. Maney.
- DÜLL R., 1991 – *Indicator values of Mosses and Liverworts*. Göttingen.
- DURING H.J., 1979 – *Life strategies of Bryophytes: a preliminary review*. Lindbergia, 5: 2-18.

- DURING H.J., 1990– *Clonal growth patterns among bryophytes*. pp.153-176. The Hauge.
- ELLIS V. L., 1992–*Mosses in the garden*. Washington Park Arboretum Bull. 55(3): 24-25.
- FLETCHER M., 1991– *Moss Grower's Handbook*. SevenTy Press, Berkshire.
- FUKUSHIMA T., 1979a– *Koke kawaraban* (Moss Newsletters) 1(1): 6pp.
- FUKUSHIMA T., 1979b– *Koke kawaraban* (Moss Newsletters) 1(2): 6pp.
- FUKUSHIMA T., 1980– *Koke kawaraban* (Moss Newsletters) 2(3): 6pp.
- GARDEN SOYVEY, azienda vivaistica americana– <[www.gardensoyvey.com](http://www.gardensoyvey.com)>.
- GEROLA F., 1995–*Biologia e diversità dei vegetali*. UTET, Torino.
- GILES K.L., 1971– *Dedifferentiation and rigeneration in bryophytes: a selective review*. N. Z. J. Bolt.
- GILLIS C., 1991–*Making a moss garden, an innovative treatment for shady, moist sites*. Fine Gardening, September/October: 49-51.
- GIORDANO S., SORBO S., ADAMO P., BASILE A., SPAGNUOLO V., CASTALDO COBIANCHI R. 2004–*Biodiversity and trace elements content of bryophytes in urban and extraurban sites of southern of Italy*. Plant Ecology.
- GLIME, J. M., 2007–*Bryophyte Ecology*. Volume 1. Physiological Ecology. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists.
- HALLINGBÄCK T., 2003–*Including bryophytes in international conventions-a success story in Europe*. J. Hattori Bot. Lab.
- HORIKAWA Y., ANDO H., 1952– *A short study on growth-forms of bryophytes and its ecological significance*. Hikobia,1: 119-129.
- IWATSUKI Z. e KODAMA T., 1961–*Mosses in Japanese gardens*. Econ. Bot. 15: 264-269.
- IWATSUKI Z., 1979– *Notes on various methods of cultivation of bryophytes*, 2. Proceedings of the Bryological Society of Japan 2(7): 110-113.
- JOENJE W., DURING H.J., 1977–*Colonisation of a desalinating wadden-polder by Bryophytes*. Vegetatio, 35: 177-185.

- KIMMERER R.W., 2008– *Gathering moss, A Natural and Cultural History of Mosses*. Oregon State University Press.
- KNOOP B., 1984 – *Development in Bryophytes*. Academic press, London.
- LONGTON R.E., SCHUSTER R.M., 1983 – *New Manual of Briology*.
- MÄGDEFRAU K., 1982 – *Life-forms of bryophytes*. In Smith A.J.E. (ed.) *Bryophyte Ecology*. Chapman and Hall, London, pp.45-58.
- MAGILL R.E., 1990 – *Glossarium Polyglottunm Bryologiae*. Missouri Botanical Garden.
- MCDOWELL J., 1968– *Sunset Ideas for Japanese Gardens*. Lane Brooks, Menlo Park, Calif., 160pp.
- MCDOWELL J., 1972– *Sunset Ideas for Japanese Gardens*. Lane Brooks, Menlo Park, Calif., p.34.
- MILES C. J. and LONGTON R. E., 1990– *The role of spores in reproduction in mosses*. Bot. J. Linn.Soc. 104:149-173.
- MIZUTANI M., 1975–*How to make nice moss carpets*. 1. Proc. Bryol. Soc. Jap. 1: 134-136.
- MIZUTANI M., 1976–*How to make nice moss carpets*. 1. Proc. Bryol. Soc. Jap. 2: 148-151.
- MOSS ACRES, azienda vivaistica americana – < [www.mossacres.com](http://www.mossacres.com) >.
- PIGNATTI s., 1995– *Ecologia vegetale*. UTET, Torino.
- PROCTOR M.C., SMITH A.J.E., 1995 – *Ecological and systematic implications of branching patterns in bryophytes*. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden, 53: 87-110.
- PULLAR e., 1966/1967 – *Ornamental mosses have landscape potential*. The Japanese know to use them. Plant Gardens 22(4): 32-33.
- SAITO K., 1980–*Quick and Easy Japanese Gardens*. Shufonotomo Co., Ltd., Tokyo, Japan.
- SCHENK G., 1997 – *Moss Gardening. Including Lichens, Liverworts, and other Miniatures*. Timber Press
- SCHOFIELD W. B., 1985– *Introduction to Bryology*. Macmillan Publ. Co.NY.
- SEIKE K., KUDO M., ENGEL D. H., 1980–*A Japanese Touch for your garden*. Holarct. Ecol.

SHAW J., 1986 –*A new approach to the experimental propagation of bryophytes*. Taxon 35: 671-675.

SHAW J., 1989 –*Potential for the Evolution of Heavy Metal Tolerance in Bryum argenteum, a Moss. I. Variation Within and Among Populations*. The Bryologist.

SMITH R. R., –*New Methods in Moss Gardening Handbook*  
<[www.newmossgardening.com](http://www.newmossgardening.com)>

STEARNS S.C., 1976 – *Life history tactics: a review of the ideas*.

STUBBS J., 1973–*Moss control*. New Sci. 57:739.

SVENSON, Sven., 2000– *Living with Moss*. Oregon State University.  
<<http://bryophytes.scienze.oregonstate.edu/mosses.htm> >

VENTURELLI F., VIRLI L., 1995–*Invito alla botanica: con esercitazioni di laboratorio*. Zanichelli