

# **IL RUOLO DELL'ANALISI STATISTICA NELL'ECOLOGIA VEGETALE: ALCUNI CASI DI STUDIO**

**Prof. Luca Bragazza**

**Università degli Studi di Ferrara  
Dipartimento Scienze della Vita e Biotecnologie  
Corso Ercole I d'Este 32, Ferrara**

**Email: [luca.bragazza@unife.it](mailto:luca.bragazza@unife.it)**

## Tematiche di ricerca

Risposta biogeochimica degli ecosistemi naturali (in particolare torbiere e tundra antartica) al cambiamento ambientale con particolare attenzione alle interazioni piante – microorganismi del suolo



**Il caso delle torbiere**

**1) Torbiera:** un ecosistema caratterizzato dall'accumulo di torba (peatlands, peat). Fanno parte degli « ambienti umidi »

**2) Torba:** sostanza organica derivante dalla parziale decomposizione dei resti vegetali (lettiera)





**Decomposizione della lettiera vegetale = sostanze minerali (ceneri),  
CO<sub>2</sub>, acqua, energia**

**La torba è il risultato di una decomposizione parziale della sostanza organica a seguito dell'instaurarsi di condizioni di anossia nel suolo**

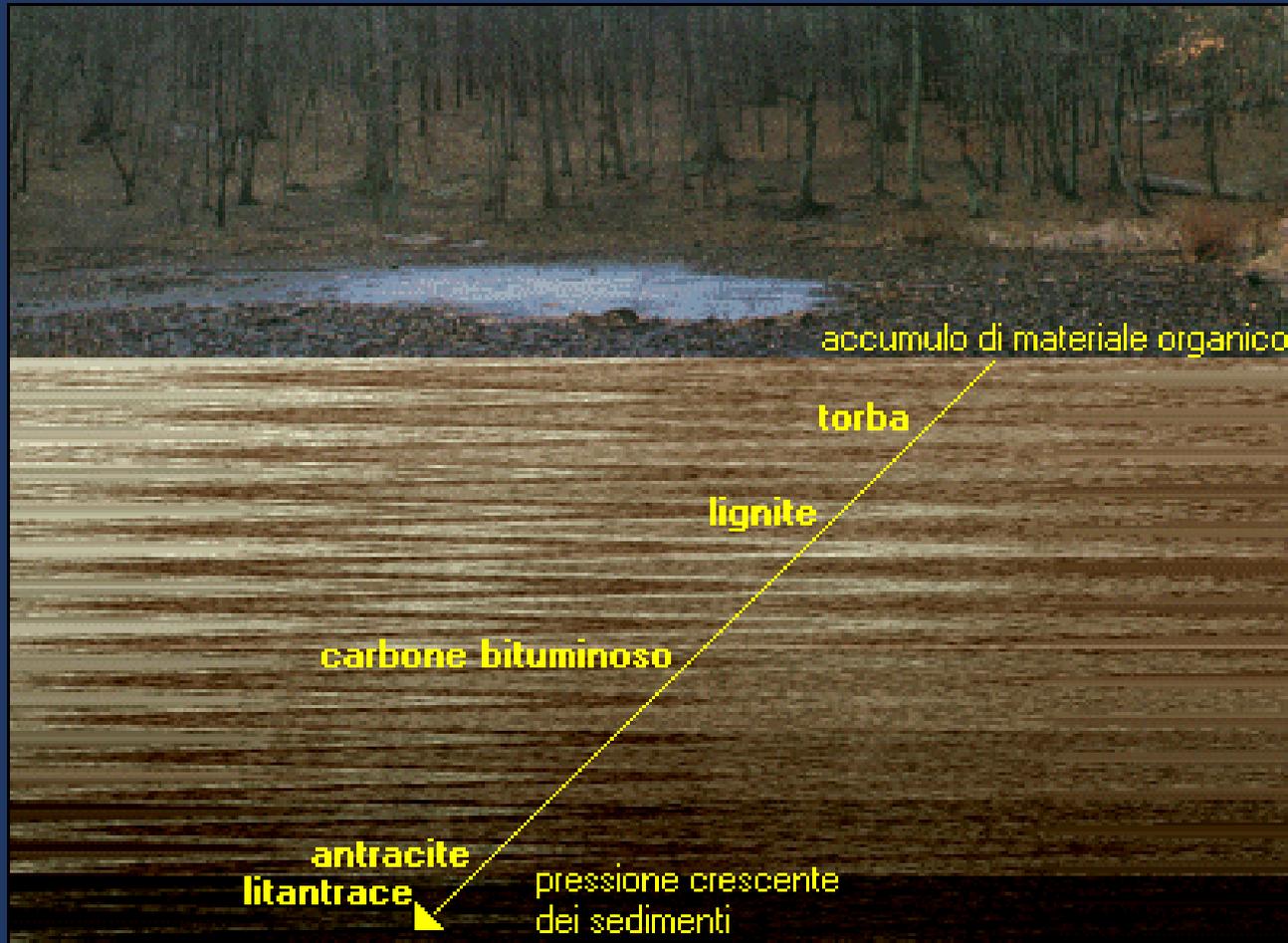


← Suolo minerale



Suolo torboso →

# Il processo di formazione della torba rappresenta il primo stadio verso la formazione del carbone



# Quali condizioni favoriscono la formazione e lo sviluppo di una torbiera?

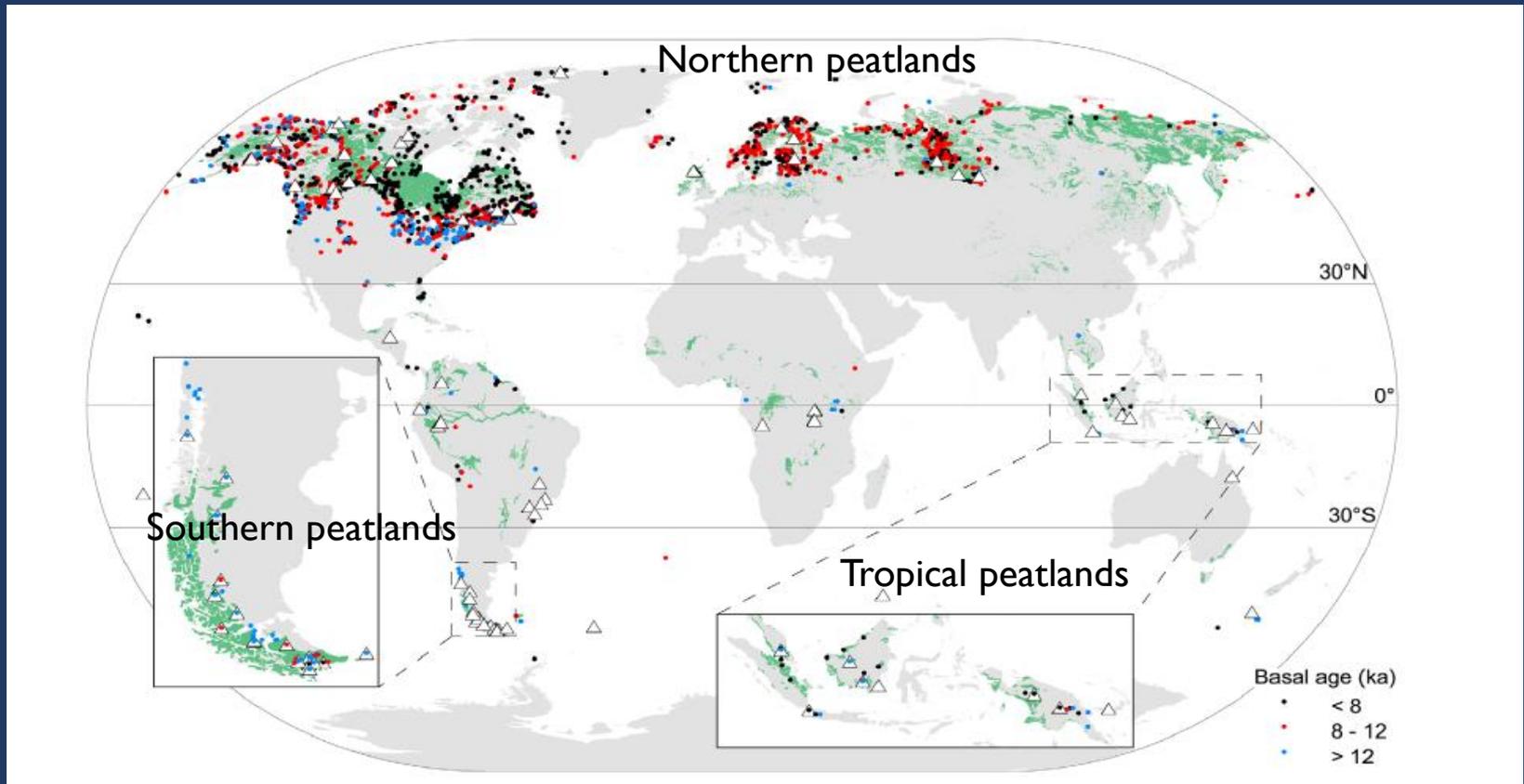


Idrologia, clima e vegetazione

# Idrologia

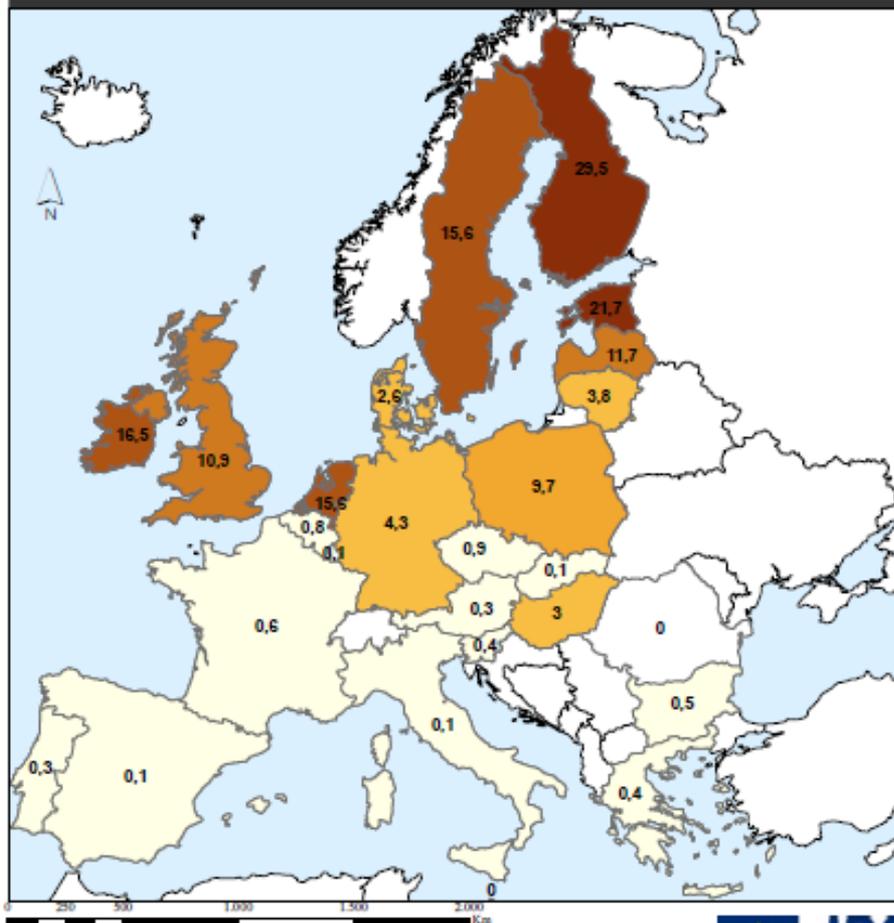


# Clima



Yu et al. (2010) *Geophys. Res. Lett.* 37: L13402

Relative cover (%) of peat soils (0–30cm), per country



**Peat Cover (%)** Relative cover (%) of peat and peat topped soils (0–30cm), per country, based on the European Soil Database

0
0 - 1.0
1.0 - 2.5
2.5 - 5.0
5.0 - 10.0
10.0 - 15.0
15.0 - 20.0
20.0 - 35.0
>35.0

**MIP INFORMATION**  
 Spatial coverage: 27 Member States of the European Union where data available  
 Pixel size: 1km  
 Projection: ETRS89 Lambert Azimuthal Equal Area  
 Temporal coverage: 2000  
 Input data - source  
 1:1,000,000 European Soil Database (v1.0)  
 Organic Carbon Content (%) for the topsoils of Europe at 1m x 1m

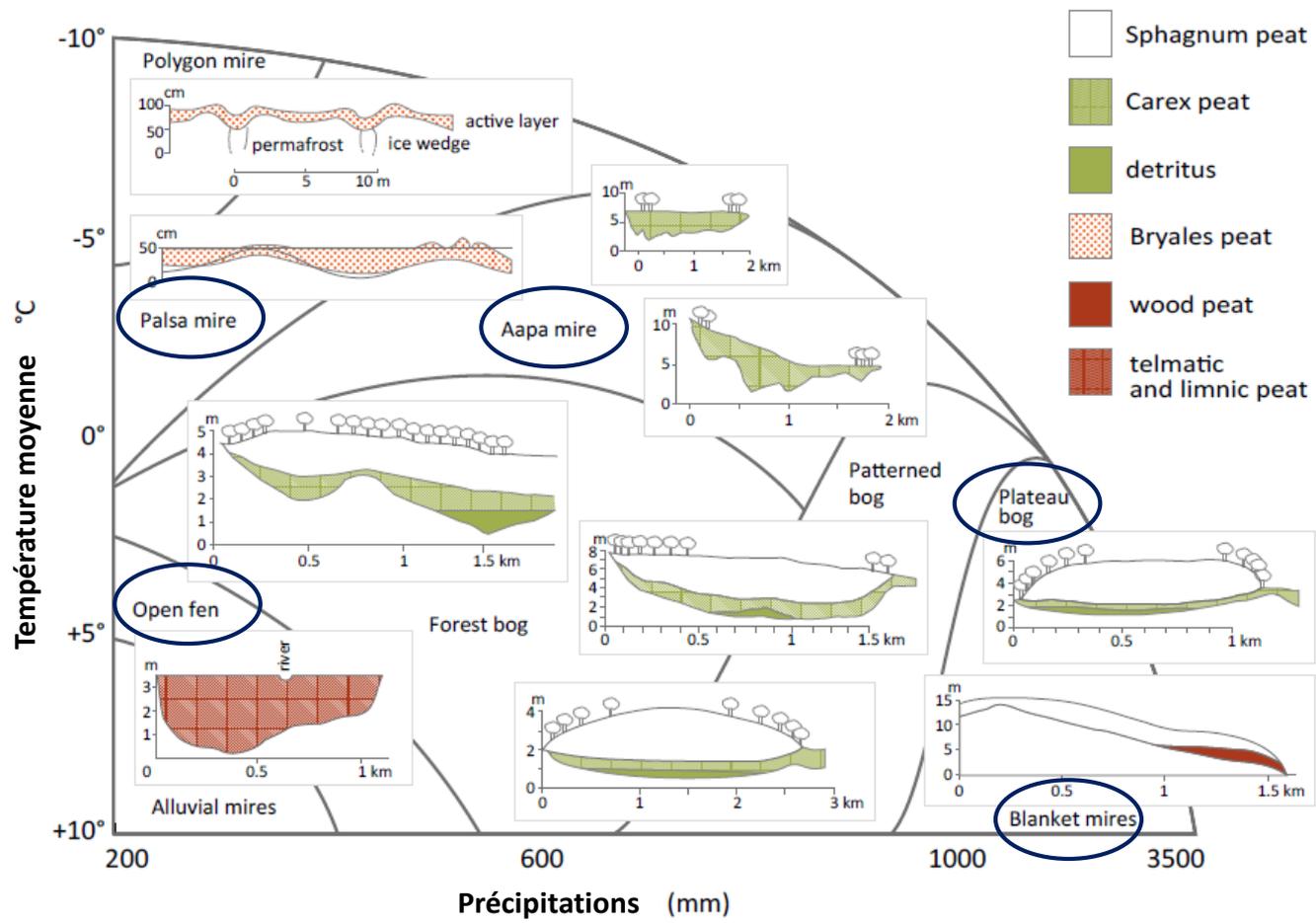
**BIBLIOGRAPHIC INFORMATION**  
 Author: Roland Hedder  
 For more information:  
 Roland Hedder, European Commission, Institute of Environment and Sustainability, Land Management and Nature Heritage Unit, Ispra, Italy  
 Email: roland.hedder@ec.europa.eu  
 Digital datasets can be downloaded from: <http://ec.europa.eu/ies>

**References:**  
 The distribution of peatland in Europe  
 Mires and Peat, Volume 1 (2003), Article 01, ISSN 1819-754X  
 2008 International Mire Conservation Group and International Peat Society



© European Union, 2010

Superficie relativa  
dei suoli torbosi in  
Europa



**Figure 3.1** Relationship between climate (temperature and precipitation) and major peatland complexes of the temperate to arctic zones. The figure follows Eurola *et al.* (1984) and Vitt (2006) and is originally based on patterns presented by Damman (1977), Botch and Masing (1983), Sjörs (1983), Ruuhijärvi (1983), Zoltai and Pollett (1983), and Vitt *et al.* (2003).

La combinazione di clima e idrologia permette lo sviluppo di differenti tipologie di torbiera nell'emisfero nord.



Palsa



Aapa



Blanket bog

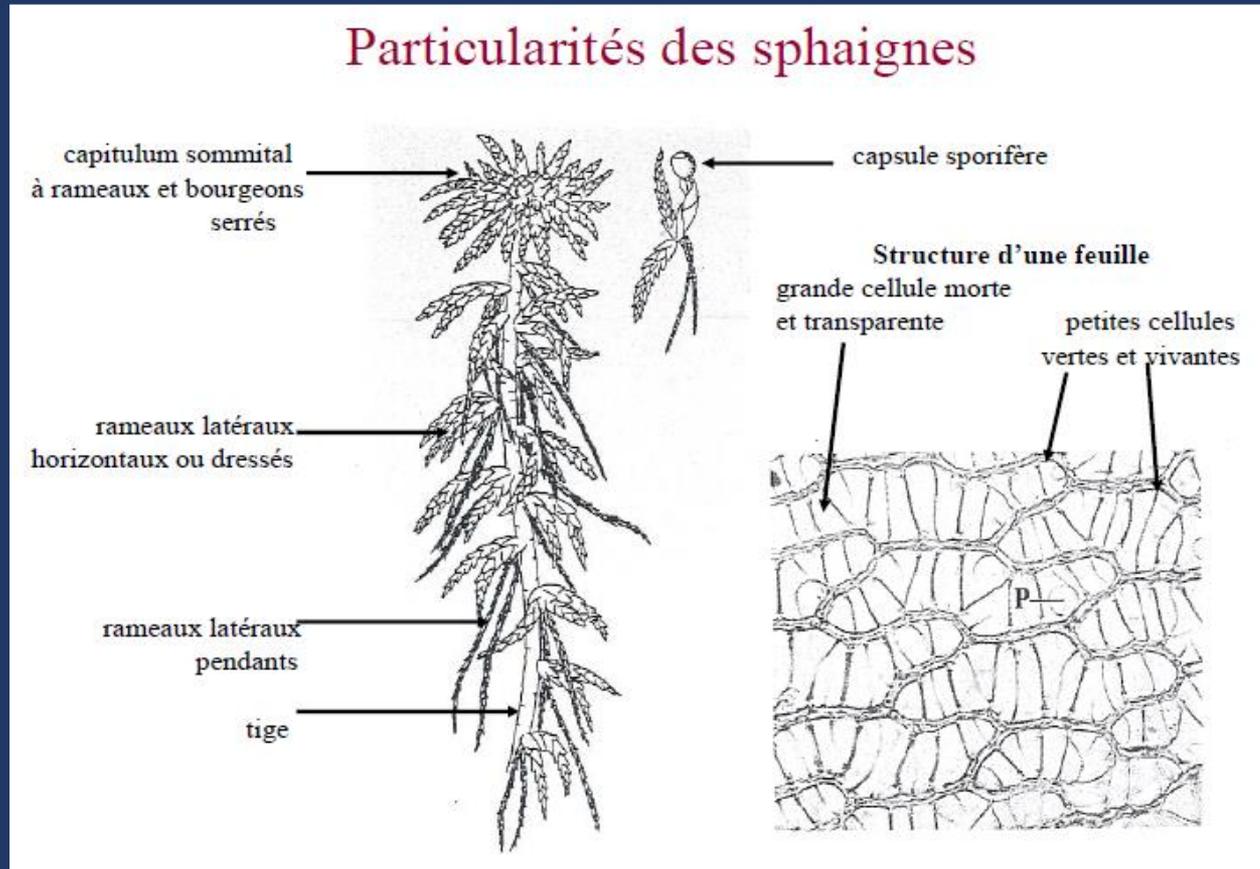


Fen

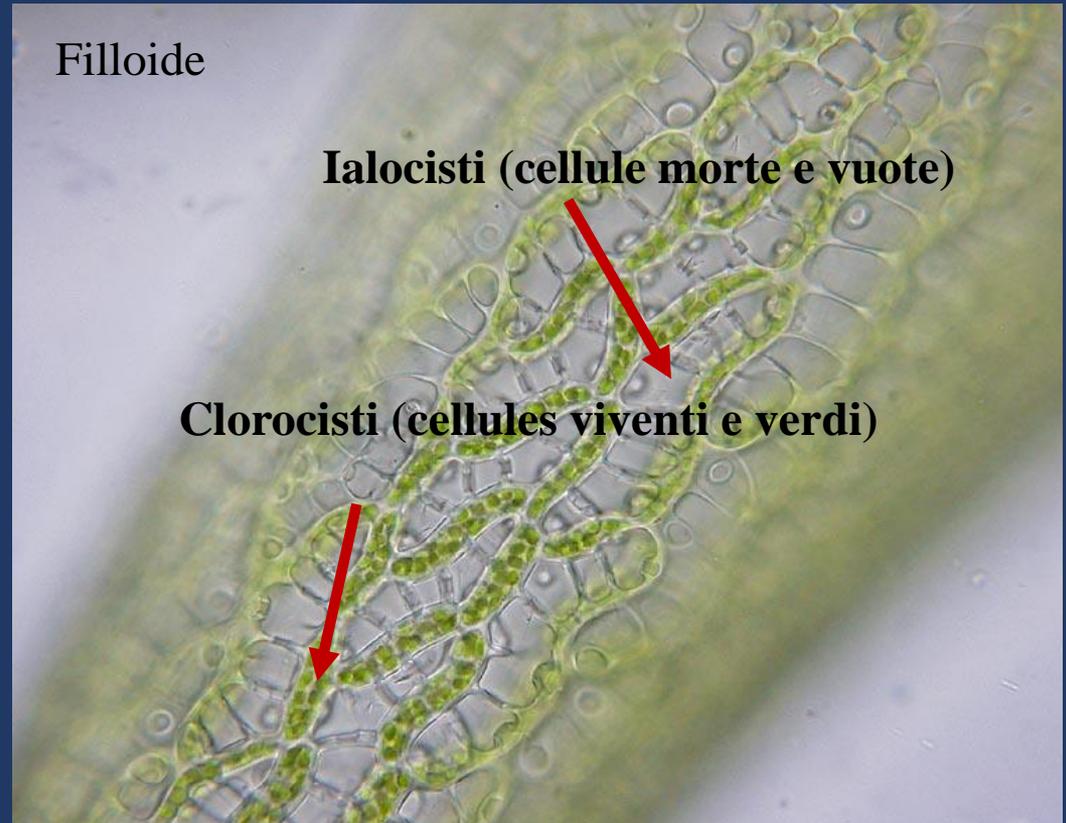


Plateau bog

# Il ruolo della componente vegetale: gli sfagni



Gli sfagni (briofite, muschi) assorbono acqua e sostanze nutritive direttamente per contatto con le piogge (ombrotrofia)



Gli sfagni formano dei tappeti densi alla superficie della torbiera. La loro crescita apicale è di circa 3 cm per anno. La porzione morta andrà a formare il deposito di torba. Piante acidofile.



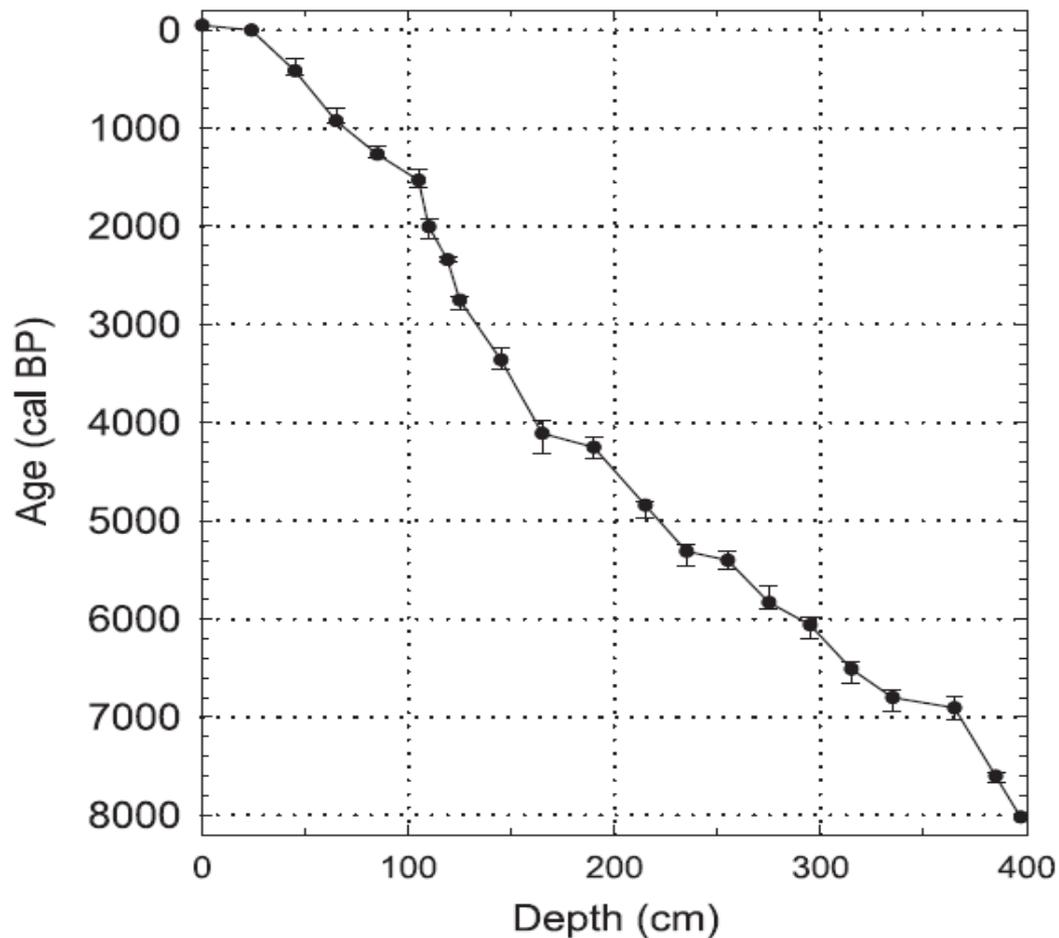
Poche le piante vascolari adattate a vivere in condizioni di:  
scarsità di nutrient, pH acido, anossia del substrato.

L'acidità (pH <4-5), l'anossia e la produzione di sostanze con azione antimicrobica da parte degli sfagni favoriscono l'accumulo di torba



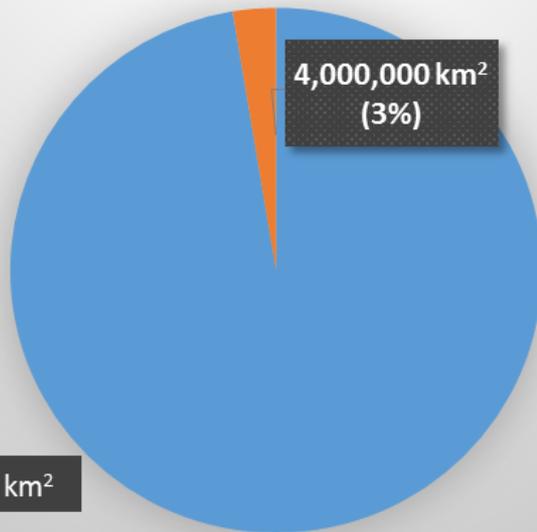
# Relazione fra profondità della torba (spessore di accumulo) ed età di avvenuto accumulo

**Fig. 3.** Age–depth model of the UPF core. The  $2\sigma$  (95% probability) error ranges are represented by vertical bars.

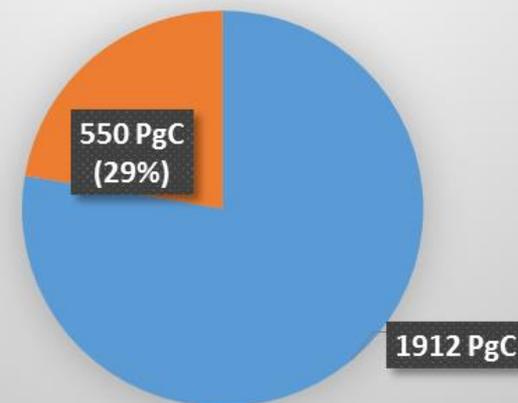


## Il ruolo biogeochimico delle torbiere

Superficie des tourbières vs  
superficie des terres émergées



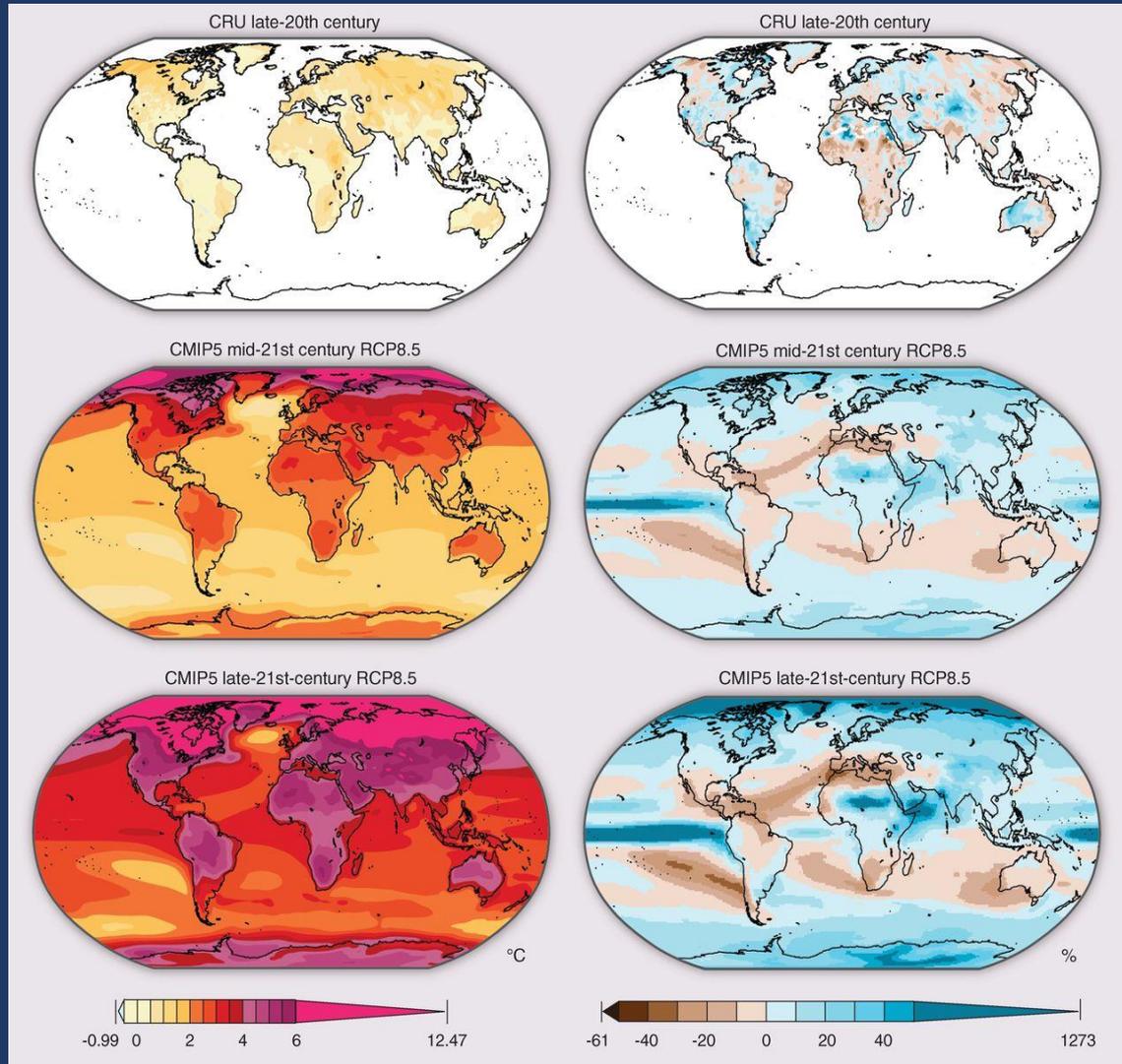
Carbone contenu dans les tourbières  
vs  
carbone contenu dans les sols des  
terres émergées



# Torbiere e cambiamento climatico: da ccumulatori a potenziali produttori di carbonio

Temp.

Precipit.



# Case study 1

Oecologia (2016) 180:257–264  
DOI 10.1007/s00442-015-3458-4



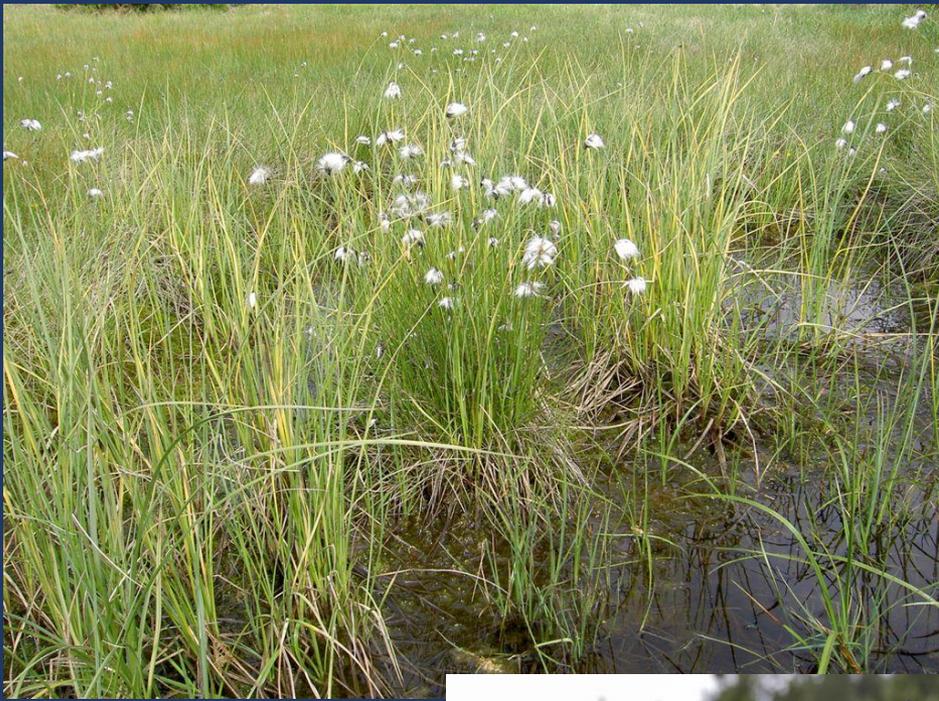
ECOSYSTEM ECOLOGY - ORIGINAL RESEARCH

## **Environmental drivers of carbon and nitrogen isotopic signatures in peatland vascular plants along an altitude gradient**

Konstantin Gavazov<sup>1,2</sup> · Frank Hagedorn<sup>3</sup> · Alexandre Buttler<sup>1,2,4</sup> · Rolf Siegwolf<sup>5</sup> · Luca Bragazza<sup>1,2,6</sup>

### Quesito di ricerca:

Le strategie di acquisizione dei nutrienti (azoto) in piante vascolari di torbiera con differenti forme di crescita (graminoidi vs ericoidi) lungo un gradiente altitudinale



Graminoide: *Eriophorum vaginatum*



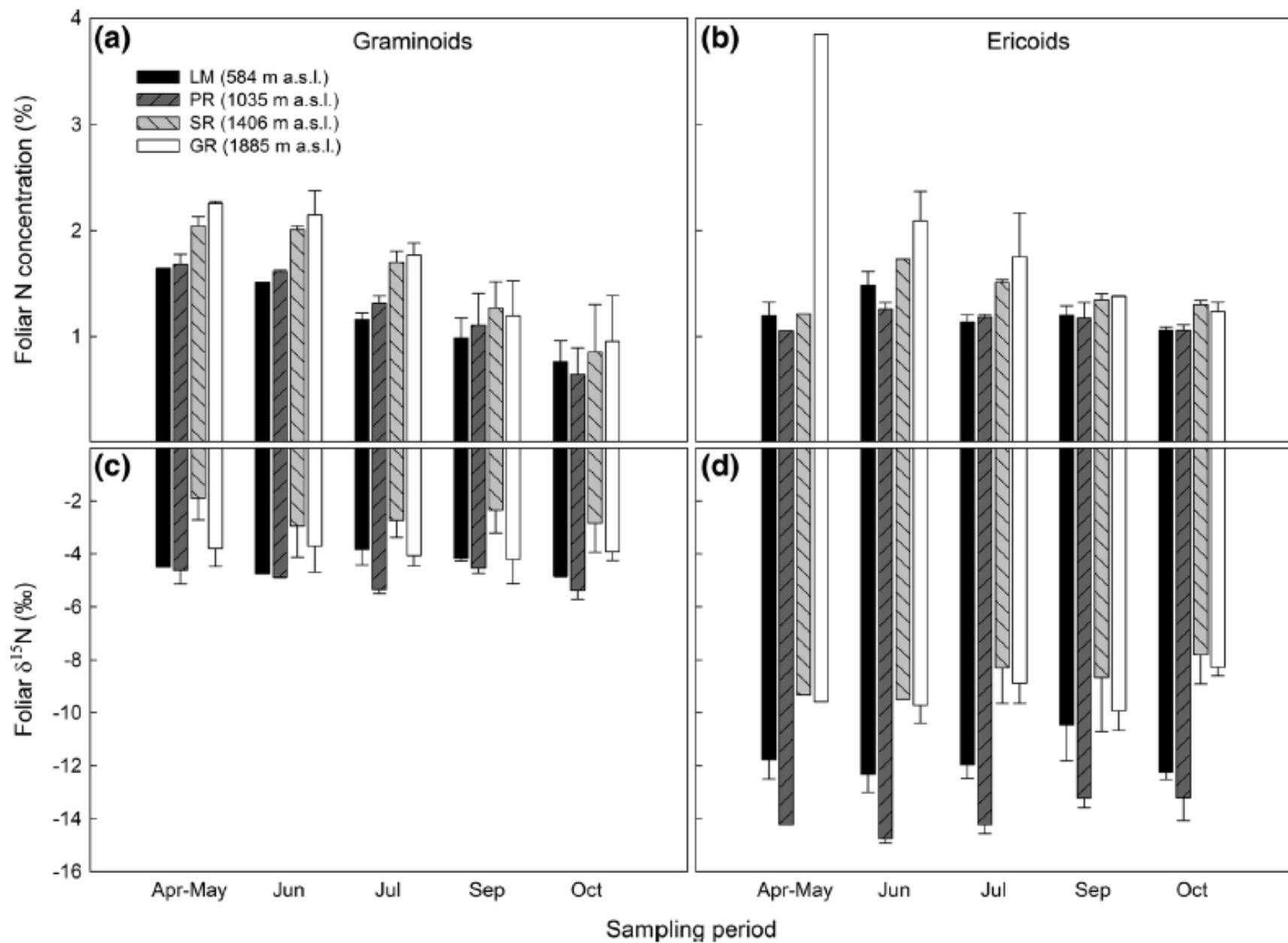
Ericoide: *Calluna vulgaris*

Area di studio: 4 torbiere a sfagni localizzate a differente altitudine (da 584 a 1885 m) in Svizzera

Attività di campo: raccolta periodica di campioni di foglie durante il period di crescita (aprile-Maggio fino ad ottobre) da piante di graminoidi e di ericoidi in ciascuna torbiera di studio; raccolta di campioni di torba (3 repliche) ad ogni uscita mensile in ogni sito

Analisi di laboratorio: determinazione del contenuto di azoto e del rapporto isotopico  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  nelle foglie; analisi del contenuto di azoto minerale e organico nella torba; analisi della comunità microbica (rapport biomassa batteri/funghi nella torba)

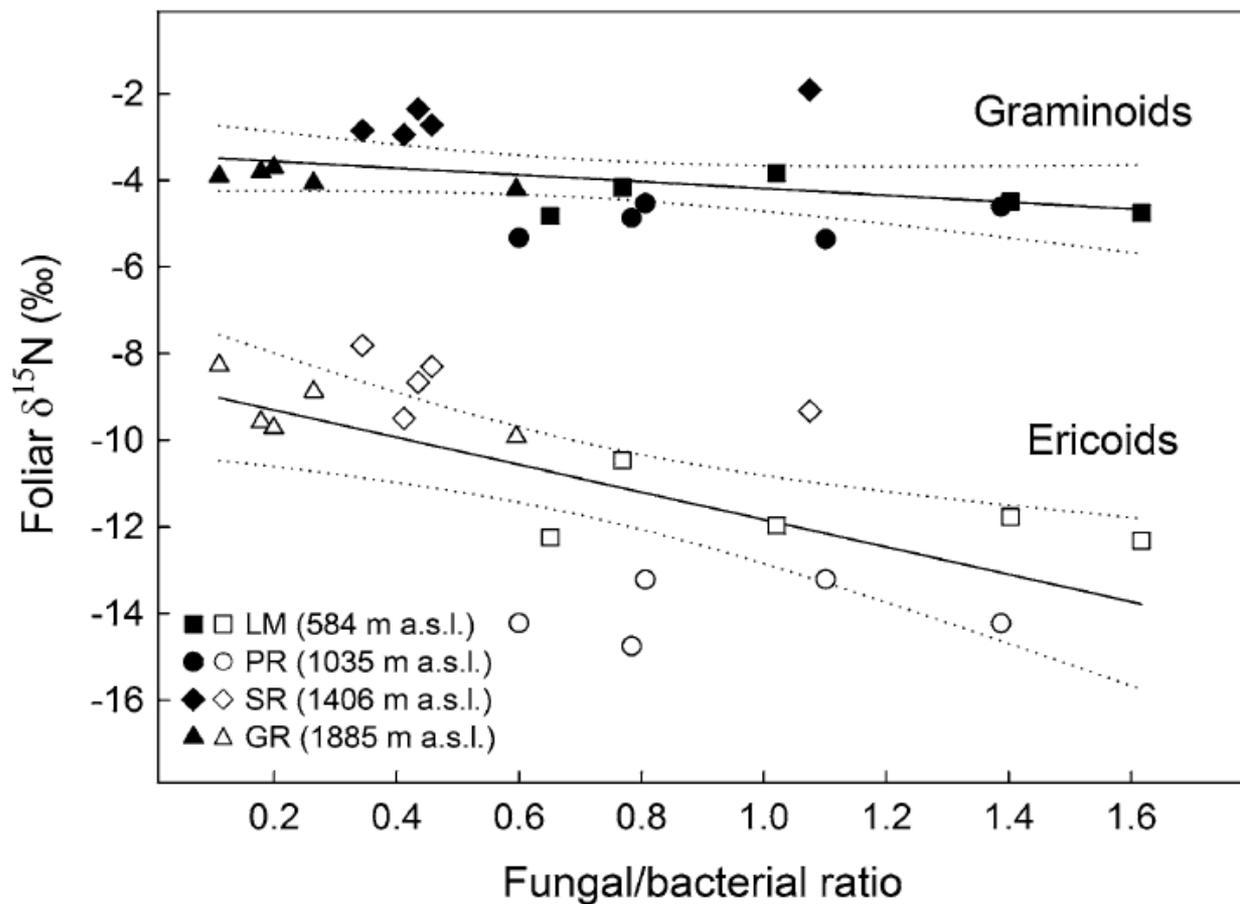
Analisi statistica: ANOVA a misure ripetute; regressione lineare



## RISULTATI PRINCIPALI

1. No differenze significative per la concentrazione media di N fra le due forme di crescita (fattore: forma di crescita)
2. Aumento significativo della concentrazione di azoto per ambedue le forme di crescita con l'altitudine (fattore: sito)
3. Diminuzione significativa della concentrazione di azoto durante la stagione di crescita per le graminoidi (fattore: tempo)
4. Differenze significative del contenuto di  $^{15}\text{N}$  fra le due forme di crescita: più negativo nelle ericoidi (fattore: forma di crescita)
5. Aumento significativo del contenuto di  $^{15}\text{N}$  (meno negativo) con l'altitudine (fattore: sito) solo per le ericoidi
6. No variazione significativa del contenuto di  $^{15}\text{N}$  durante la stagione di crescita (fattore: tempo)

Ruolo N come macro-nutriente per ambedue le forme di crescita (1);  
Efficienza nel riassorbimento prima della stagione invernale (3);



*symbols*). The regression for graminoids ( $\delta^{15}\text{N} = -3.40 - 0.78 \times \text{fungal/bacterial ratio}$ ) is not significant, whereas that for ericoids ( $\delta^{15}\text{N} = -8.67 - 3.16 \times \text{fungal/bacterial ratio}$ ) is significant ( $P < 0.01$ ; see main text for details). *Dotted lines* represent 95 % confidence intervals for each model. For *abbreviations* see Fig. 1

All'aumentare della biomassa relative dei funghi rispetto i batteri nel suolo, il contenuto di  $^{15}\text{N}$  si fa più negativo ma solo per le ericoidi.



Ruolo della micorizzazione (endomicrorrize ericoidi) nel trattenere  $^{15}\text{N}$  nel micelio fungino: alla pianta passa N con meno  $^{15}\text{N}$  (contenuto finale nelle foglie più negativo)



## Case study 2

### Global Change Biology

Global Change Biology (2016), doi: 10.1111/gcb.13319

## **Persistent high temperature and low precipitation reduce peat carbon accumulation**

LUCA BRAGAZZA<sup>1,2,3</sup>, ALEXANDRE BUTTLER<sup>1,2,4</sup>, BJORN J.M. ROBROEK<sup>1,2</sup>,  
REMY ALBRECHT<sup>1,2</sup>, CLAUDIO ZACCONE<sup>5</sup>, VINCENT E.J. JASSEY<sup>1,2</sup> and  
CONSTANT SIGNARBIEUX<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, WSL Site Lausanne, Station 2, 1015 Lausanne, Switzerland,

<sup>2</sup>Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne EPFL, Laboratory of Ecological Systems ECOS, School of Architecture, Civil and Environmental Engineering ENAC, Station 2, 1015 Lausanne, Switzerland, <sup>3</sup>Department of Life Science and Biotechnologies, University of Ferrara, Corso Ercole I d'Este 32, Ferrara 44121, Italy, <sup>4</sup>Laboratoire de Chrono-Environnement, UMR CNRS 6249, UFR des Sciences et Techniques, Université de Franche Comté, Besançon 25030, France, <sup>5</sup>Department of the Sciences of Agriculture, Food and Environment, University of Foggia, via Napoli 25, 71122 Foggia, Italy

### Quesito di ricerca:

Gli effetti di eventi climatici estremi (temperature elevate e basse precipitazioni) sull'accumulo di torba

Box size: 27 x 35.5 x 21 cm



Metodologia di ricerca:  
trasferimento di mesocosmi di torba  
dal sito di controllo a 1885 m al sito  
di trattamento situato a 585 m

Periodo di studio: settembre 2010 - Settembre 2013

**Climatic characteristics of the control (Ct) and transferred (Tr) sites**

	Altitude (m asl)	Mean annual air temperature (°C)	Precipitation (mm)	Peat temperature at -3 cm (°C) 2011-2013	$\Delta$ peat temperature growing season (2011-2013)
Control	1885	1.3	1427	10.3	4.2 °C
Transferred	585	8.4	1030	5.3	

Area di studio: 2 torbiere a sfagni localizzate a differente altitudine (da 584 e 1885) in Svizzera

Attività di campo: misurazione periodica 2010-2013 di: frequenza piante (foto); raccolta campioni acque, respirazione del suolo.

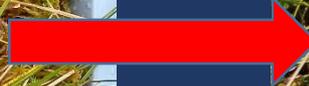
Analisi di laboratorio: calcolo frequenze relative della copertura vegetale; chimismo acque; densità della torba e crescita vertical a fine esperimento nei controlli e nei mesocosmi esposti al trattamento.

Analisi statistica: test-t di Student; calcolo accumulo di carbonio

2011



2013



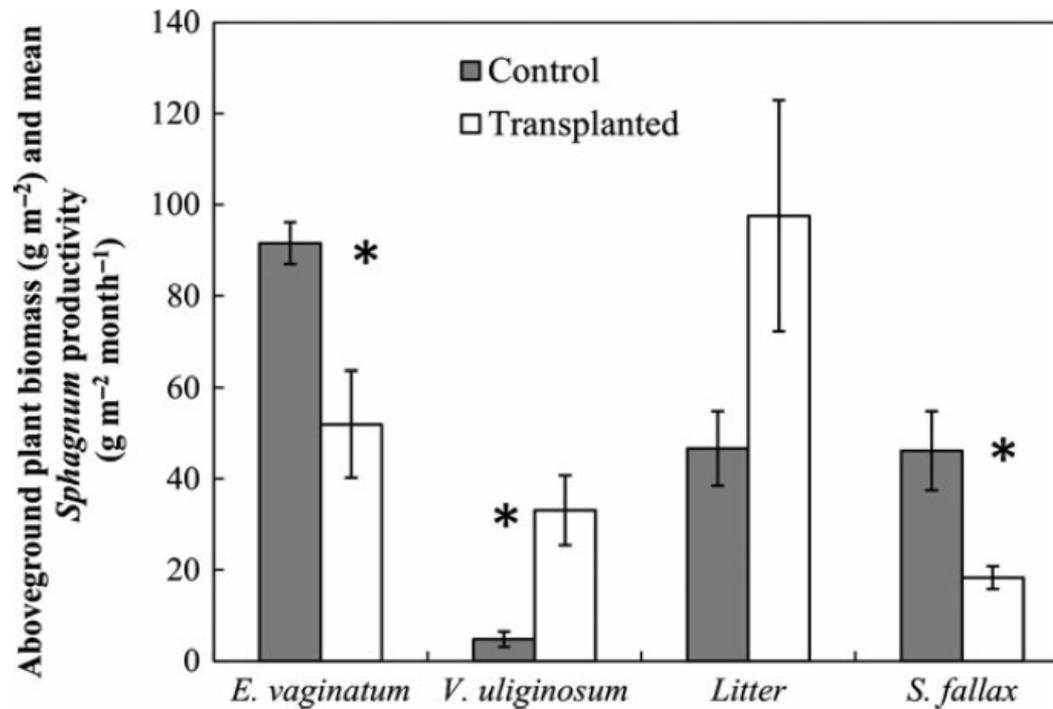


Fig. 1 Aboveground biomass of vascular plant species (*E. vaginatum* and *V. uliginosum*), standing litter and mean annual productivity of peat moss (*S. fallax*) in the control and transplanted mesocosms. Vascular plant biomass and standing litter refer to year 2013, whereas peat moss productivity is the mean of the growing seasons 2011–2013. Values are means  $\pm$  1 SE ( $n = 3$  for biomass and  $n = 9$  for *Sphagnum* productivity; \* =  $P < 0.05$ ).

Risposta specie-specifica in rapporto alle richieste ecofisiologiche e ai rapporti di competizione (notare calo sfagni, aumento ericoidi e calo graminoidi)

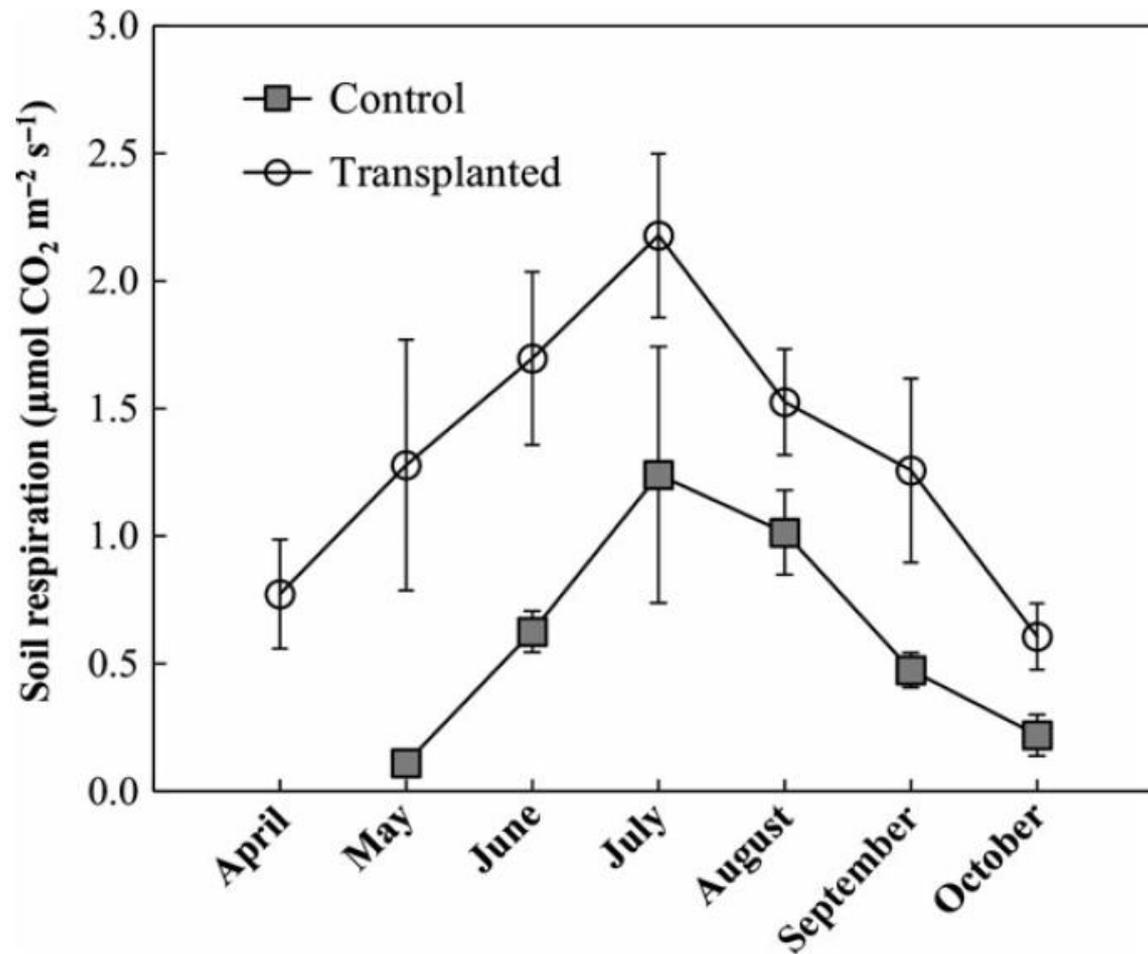


Fig. 2 Mean ( $\pm 1$  SE,  $n = 9$ ) monthly soil respiration in control and transplanted mesocosms during the plant-growing season of 2011–2013.

Ruolo temperature e umidità del suolo nel favorire un aumento dell'ossigenazione della torba

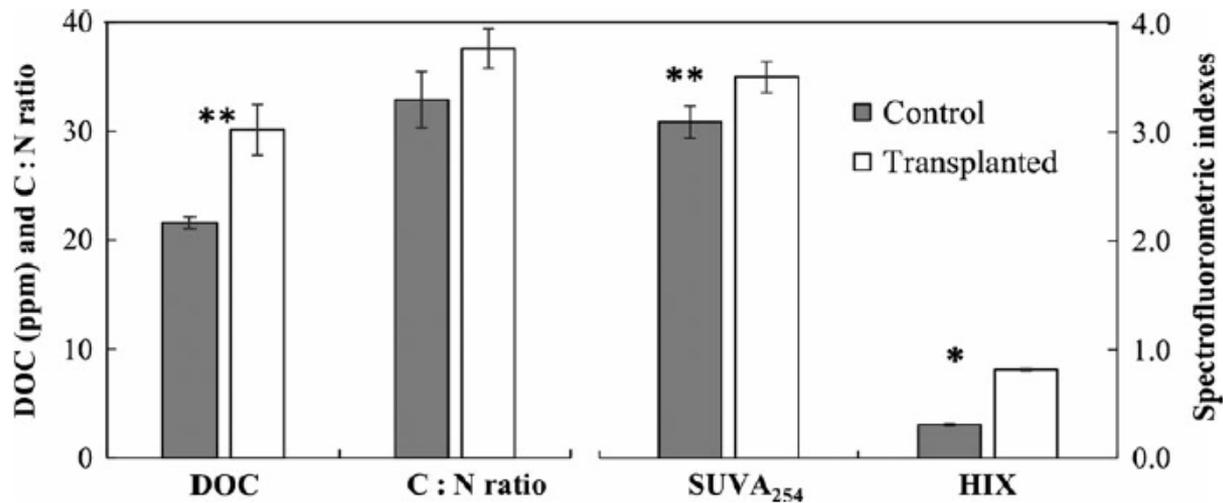


Fig. 3 Mean values ( $\pm 1$  SE,  $n = 15$ ) of pore-water chemistry in control and transplanted mesocosms during the study period 2011–2013. Spectrofluorometric indexes refer to the SUVA<sub>254</sub> and the humification index HIX (see Material and Methods for details). Significant differences between treatments are indicated by asterisks based on Student's *t*-test (\* =  $P < 0.1$ , \*\* =  $P < 0.05$ ;  $n = 3$ ).

Incremento del metabolismo microbico

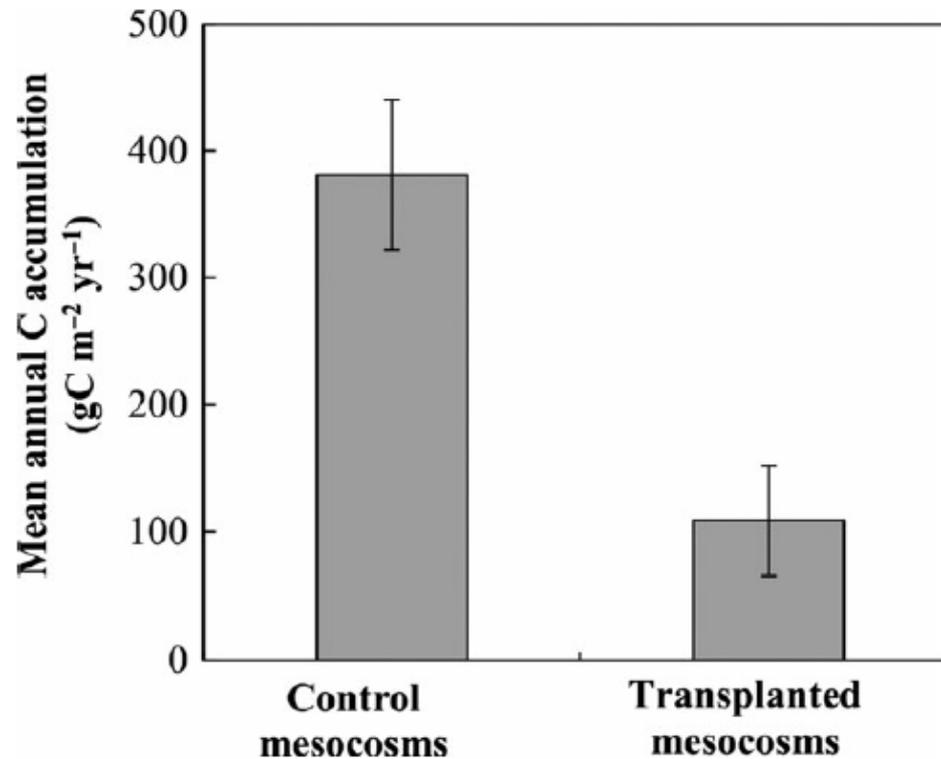


Fig. 5 Mean ( $\pm 1$  SE) annual carbon accumulation in control and transplanted peat mesocosms. Values were calculated on the basis of final mesocosm volume, bulk density and mean C concentration in the peat profile while taking into account the aboveground biomass of vascular plant and standing litter. Asterisk indicates significant difference between mean value based on Student's *t*-test ( $P = 0.021$ ,  $n = 3$ ).

Riduzione complessiva dell'accumulo di torba (carbonio)

## Case study 3

nature  
climate change

LETTERS

PUBLISHED ONLINE: 23 DECEMBER 2012 | DOI: 10.1038/NCLIMATE1781

# Biogeochemical plant–soil microbe feedback in response to climate warming in peatlands

Luca Bragazza<sup>1,2,3\*</sup>, Julien Parisod<sup>1,2</sup>, Alexandre Buttler<sup>1,2,4</sup> and Richard D. Bardgett<sup>5</sup>

### Quesito di ricerca:

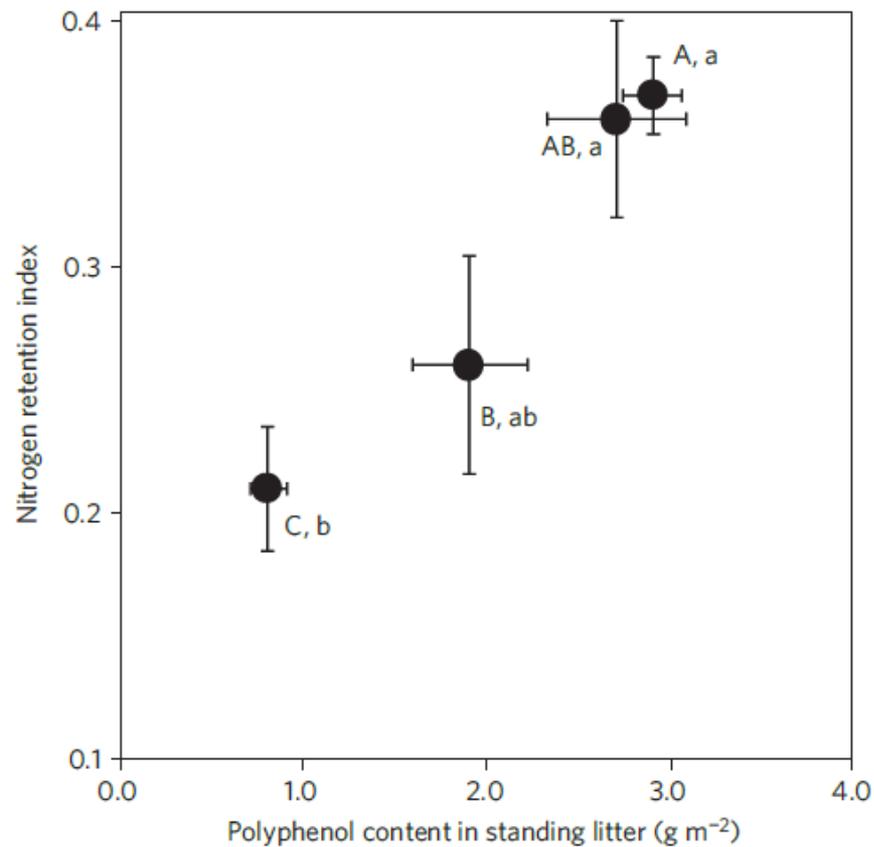
L'effetto del riscaldamento climatico nell'interazione piante-microorganismi del suolo in torbiera

Area di studio: 4 torbiere localizzate lungo un gradient altitudinale a simulare un natural gradiente climatico ( $0.6\text{ }^{\circ}\text{C} \times 100\text{ m}$  quota)

Attività di campo: raccolta campioni di torba, di lettiera e di acque su base mensile nel period 2009-2011

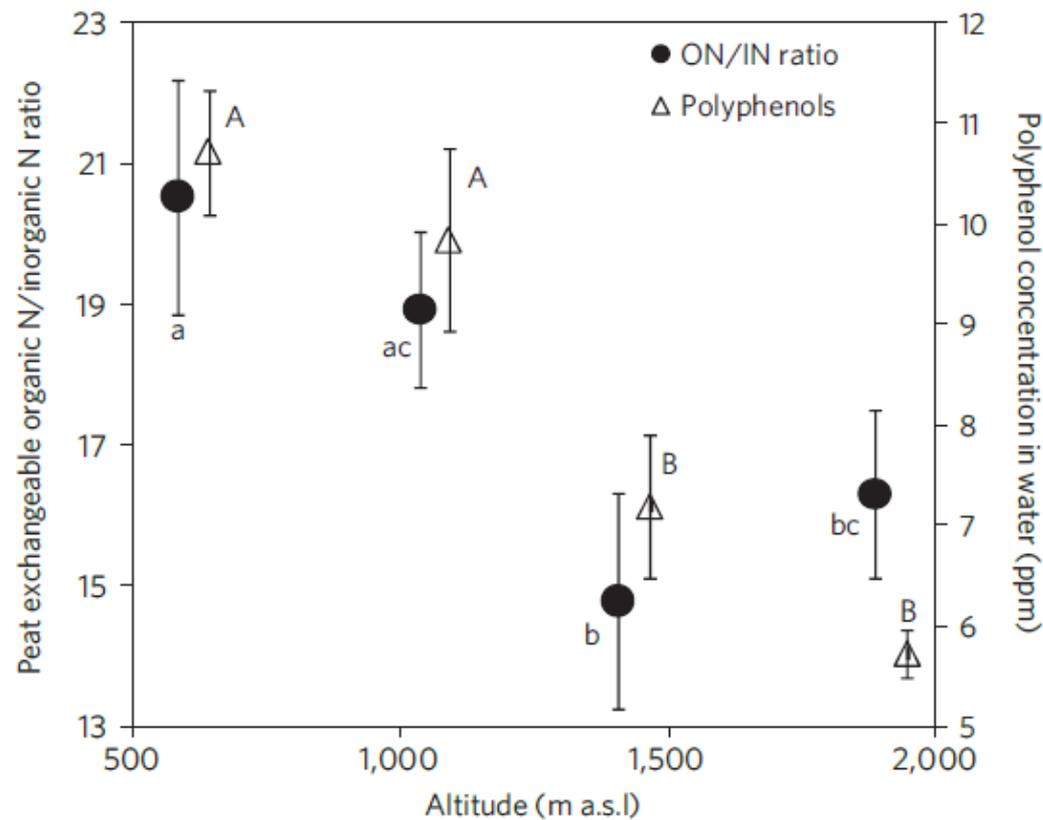
Analisi di laboratorio: determinazione azoto nella torba e nella lettiera; polifenoli acque.

Analisi statistica: correlazione univariata ( $r$  Pearson) e regressione lineare.



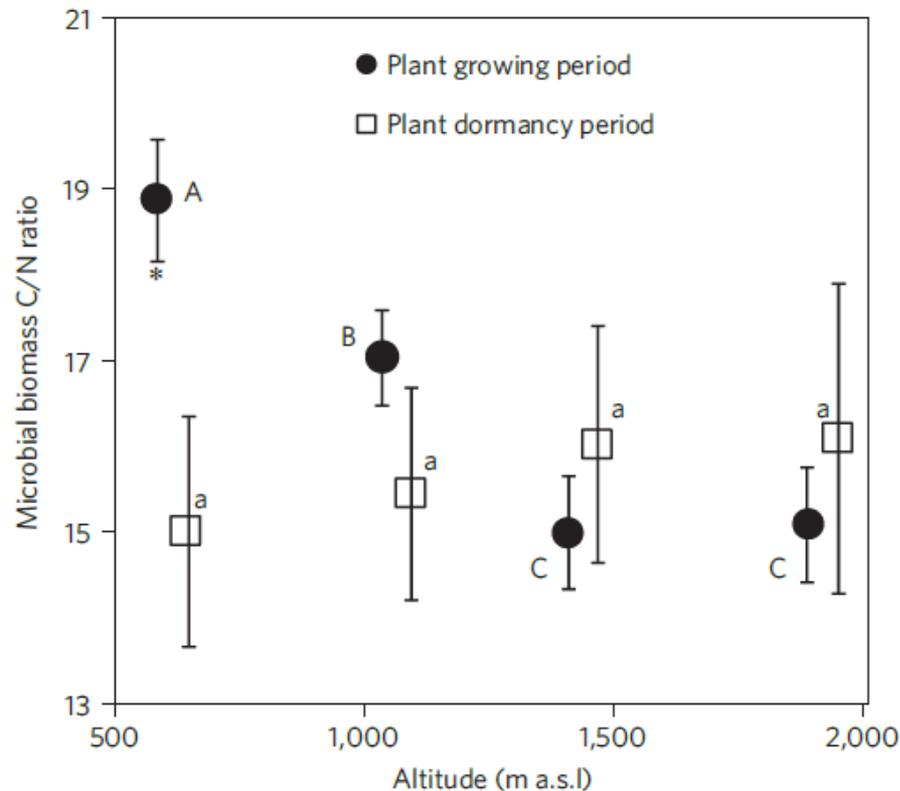
**Figure 1 | N retention during litter decomposition.** Relationship between polyphenol content (mean  $\pm$  1 s.e.m.) and N retention (mean  $\pm$  1 s.e.m.) in standing litter. The N retention index was calculated as the ratio of N content ( $\text{g m}^{-2}$ ) in standing litter to N content ( $\text{g m}^{-2}$ ) in above-ground plant biomass for summer 2009 and 2011. Different lowercase and uppercase superscripts indicate significant differences for polyphenol content and N retention, respectively ( $P < 0.05$ ;  $n = 10$ ).

Ruolo delle forme di crescita dominanti (graminoidi vs ericoidi)



**Figure 2 | Water chemistry and exchangeable N forms in peat.** Ratio (mean  $\pm$  1 s.e.m) of exchangeable organic N to exchangeable inorganic N (ON/IN) in peat and concentration (mean  $\pm$  1 s.e.m.) of polyphenols in pore water during the growing season (April-October) in 2009 and 2010. Different superscripts indicate significant differences between sites ( $P < 0.05$ ;  $n = 30$ ).

Relazione fra polifenoli nelle acque e tipo di azoto disponibile (N organico vs N inorganico)



**Figure 3 | Nutrient content in microbial biomass.** Microbial biomass C/N ratio (mean  $\pm$  1 s.e.m.) during the plant growing season (April–October) and the plant dormancy period (November–March) along the altitudinal gradient for the years 2008 and 2010. Different uppercase and lowercase superscripts indicate significant differences among peatlands, whereas asterisks indicate significant seasonal differences within the same peatland ( $P < 0.05$ ;  $n = 30$  for the growing period,  $n = 12$  for the dormancy period).

Competizione fra piante e microorganism del suolo in rapport all'azoto