

FATTORI CLIMATICI, EDAFICI E GESTIONALI NEL DEGRADO DELLE COTICHE ERBOSE IN UN'AREA DI FONDOVALLE ALPINO

Gusmeroli F.¹, Della Marianna G.¹, Timini M.²

¹ FONDAZIONE FOJANINI DI STUDI SUPERIORI - Sondrio

² ASSOCIAZIONE PROVINCIALE ALLEVATORI - Sondrio

Riassunto

È stato indagato il ruolo dei fattori climatici, edafici e gestionali nel degrado dei prati permanenti di un'area di fondovalle alpino (Valchiavenna - Sondrio) interessata da recenti aumenti di captazioni idriche a scopo idroelettrico e un anomalo ciclo di stagioni calde e siccitose. L'ipotesi era che il degrado fosse da imputare ad una diminuzione delle disponibilità idriche per la vegetazione, in combinazione eventualmente con elevati carichi azotati. La variabilità osservata nella composizione floristica, negli indici di valore foraggero e negli indici di biodiversità specifica dei cotici è stata dunque scomposta nelle tre categorie di fattori, separando gli effetti puri da quelli combinati. Ciò ha permesso di evidenziare come il problema fosse da porre in relazione soprattutto con le condizioni climatiche ed edafiche, secondo dinamiche che vedono il progressivo peggioramento della composizione floristica e del valore pabulare al crescere della xericità dei substrati e delle termiche e un andamento più complesso per la biodiversità. I carichi azotati si sono invece rivelati non significativi, verosimilmente anche per limiti intrinseci di natura metodologica. Il cambiamento climatico in atto potrebbe dunque accentuare derivate degenerative in queste cotiche, soprattutto laddove non venga compensato da interventi irrigui che garantiscano un buon assorbimento di azoto.

Abstract

Climatic, edaphic and managerial factors in deterioration of meadows to the alpine valley floor area - The role of climatic, edaphic and management factors on meadows deterioration in an alpine bottom-valley area (Valchiavenna - Sondrio), affected by recent increase of water picking up and anomalous cycle of hot and dry seasons was investigated. The deterioration has been first and hypothetically charged to the decrease of the water availability for vegetation, combined, in some cases, with high nitrogen loading. The variability observed in the floristic composition, forage value and specific biodiversity was split in these three factory categories, considering pure and joint factors. The most important factors appeared to be climatic and edaphic ones. Floristic composition and forage value deteriorate more and more in dry soils and hot climate conditions, whereas biodiversity showed more complex trend. Nitrogen loading showed insignificant effect, due also to inadequate methodology.

Standing climatic change could emphasize degeneration of the meadows, especially where balanced irrigation plans, necessary for a good nitrogen absorption, will be not adopted.

Introduzione

Prati e pascoli costituiscono la base foraggera per l'allevamento del bestiame nelle Alpi, una base generalmente esclusiva, solo sporadicamente integrata con mais ed erbai nei distretti ad altimetria, giacitura e condizioni edafiche idonee.

La tipicità delle produzioni casearie, irrinunciabile nell'attuale situazione di libero mercato che vede la zootecnia alpina competere con realtà che producono a costi nettamente inferiori, non può prescindere dalla presenza nella dieta degli animali, in particolare da latte, dei foraggi autoctoni, considerato che il fabbisogno di concentrati è soddisfatto quasi interamente con prodotti importati da fuori. Unitamente alle razze e alle consuetudini locali, gli alimenti costituiscono infatti il fondamento della tipicità e numerose indagini hanno dimostrato la possibilità di un trasferimento diretto al latte e ai derivati di molte sostanze aromatiche e probiotiche (Flückiger et Binz, 1953; Shipe et al., 1962), di cui i foraggi prativi e pascolivi sono ben forniti, specialmente laddove un buon equilibrio floristico assicura un'elevata partecipazione di dicotiledoni (Scehovich 1988, 1991; Mariaca et al, 1997; Bugaud et al, 2000).

Oltre che per il foraggio, le praterie sono oggi apprezzate per le azioni di tipo ecologico e paesaggistico che esercitano sul sistema territoriale montano. Potenziano infatti la biodiversità ecosistemica e specifica e inseriscono nello spazio naturale delle foreste e in quello trasformato degli insediamenti umani elementi di discontinuità che rendono il paesaggio più strutturato, armonico e gradevole.

Tutte queste funzioni rimarkano la necessità di conservare la risorsa. Purtroppo, sia in termini di superficie, sia di capacità produttiva, si registrano da tempo dinamiche regressive (Cavallero et al, 1996) legate in generale alle trasformazioni economiche e culturali della società, nello specifico del settore zootecnico al superamento dei modelli estensivi di allevamento tradizionale in favore di modelli intensivi industrializzati. Quell'equilibrio tra carichi animali e risorse trofiche che assicurava stabilità al sistema è così venuto progressivamente alterandosi e sulle sempre più ridotte superfici prative si scaricano ora volumi di reflui insostenibili, che si ripercuotono sugli assetti floristici delle cotiche e sulle dispersioni di azoto nell'ambiente (Gusmeroli et al, 2006). Il problema rischia di esasperarsi con il cambiamento climatico (IPCC, 2007) che, nelle Alpi, sembra manifestarsi con maggiore intensità. Il calo delle precipitazioni e l'aumento delle temperature accentuano le condizioni di xericità dei suoli, con riduzione della produttività e quindi della capacità di assorbimento dei nutrienti da parte della biomassa vegetale. Il ricorso all'irrigazione, oltre a comportare costi e carichi di lavoro aggiuntivi, non sempre è possibile e certamente lo sarà sempre meno in futuro, stante le crescenti difficoltà di reperimento della materia prima e l'aumento dei costi energetici.

Con il presente lavoro si è inteso indagare il ruolo dei fattori climatici, edafici e gestionali sul degrado delle cotiche erbose nella sua triplice espressione di composizione floristica, qualità pabulare e biodiversità specifica. Lo spunto è stato offerto da segnalazioni di agricoltori di un comprensorio di fondovalle

della Valchiavenna (Sondrio) i quali constatavano nei prati permanenti evidenti segni di diradamento e invasione di specie indesiderate. L'ipotesi era che ciò fosse riconducibile in primo luogo ad una diminuzione delle disponibilità idriche per la vegetazione causata da captazioni a scopo idroelettrico e da un anomalo ciclo di stagioni secche e calde, come dimostrato dai dati di una stazione meteorologica ubicata a qualche decina di chilometri di distanza dall'area (Fig. 1). In secondo luogo si ipotizzava un effetto dell'azoto, non tanto in ragione di un effettivo incremento dei carichi negli anni più recenti, quanto di una minore capacità di utilizzo da parte della copertura erbosa nella nuova situazione di penuria idrica.

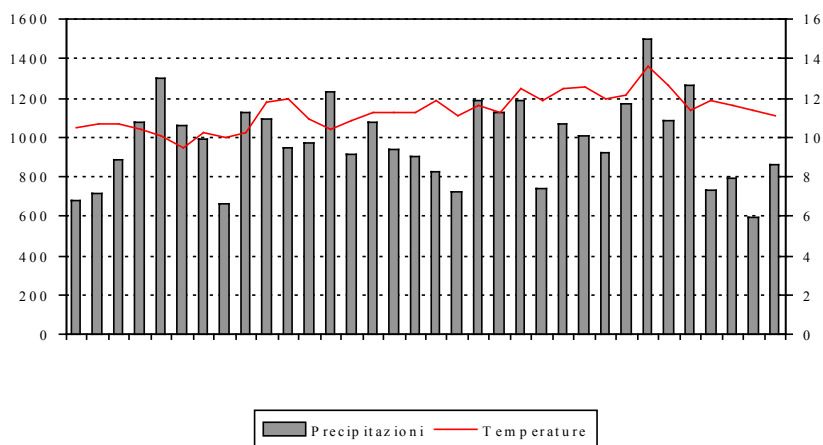


Figura 1 - Precipitazioni annuali (mm) e temperature medie (°C) rilevate a Sondrio (Fonte: Fondazione Fojanini di Studi Superiori)

Materiali e metodi

L'area oggetto dello studio è dislocata in Valchiavenna (Sondrio, Italia), ad una quota di circa 250 m s.l.m., entro un comprensorio a vocazione zootecnica con numerosi allevamenti bovini da latte. Le matrici pedologiche sono ascrivibili, secondo la classificazione FAO 1990, a *Eutric Fluviosols* e *Leptosols* (AA.VV., 1994). Si tratta di terreni sottili o moderatamente profondi, limitati da substrati ghiaiosi, ricchi di scheletro, a tessitura più o meno grossolana, reazione subacida, media saturazione basica del complesso di scambio e rapido drenaggio. Il clima della zona è contraddistinto da una temperatura media 11,1°C e una pluviometria di 970 mm, ben distribuita tra gli equinozi.

La superficie agricola consta essenzialmente di prati permanenti, sfalciati 3-4 volte l'anno e fertilizzati con reflui organici in forma prevalentemente liquida, distribuiti in maggior parte durante la stagione invernale e in dosi più blande dopo i primi due sfalci. In 14 di queste cotiche sono stati eseguiti nella prima-

vera dell'anno 2007, in prossimità del primo taglio, rilievi floristici con il metodo sigmatista della Scuola di Zurigo-Montpellier (Braun-Blanquet, 1928), operando in aree di saggio di 100 m² e stimando il ricoprimento delle specie cormofite con percentuali a vista. I rilievi sono stati classificati per mezzo della cluster analysis agglomerativa e ordinati lungo i primi due assi dell'analisi delle componenti principali. Dai rilievi si è ricavato il valore foraggero secondo Klapp-Stählin (Archivio Werner e Paulissen, 1987)¹, attraverso il procedimento delle medie ponderate sulle percentuali di ricoprimento delle specie. Si sono altresì ricavati tre indici di biodiversità specifica, ossia l'indice di Shannon, la Ricchezza floristica e l'indice di Equiripartizione, ma dal momento che sono risultati molto correlati tra loro, è stato trattenuto il solo indice di Shannon, espressione di entrambe le componenti della biodiversità (ricchezza e struttura).

Tabella 1 - Fattori esplicativi considerati e loro caratteristiche

Fattori	Descrizione e u.m.	Media	Dev. St.	Min	Max
<i>Climatici</i>					
Luminosità (L)	Indice di Landolt	3.52	0.16	3.80	3.11
Temperatura (T)	Indice di Landolt	3.27	0.19	3.69	3.08
Continentalità (K)	Indice di Landolt	3.07	0.09	3.32	2.93
<i>Edafici</i>					
Umidità (U)	Indice di Landolt	2.69	0.19	2.93	2.42
pH	Misura in acqua	5.87	0.25	6.46	5.56
Sostanza organica (SO)	Walkley e Blach (g kg ⁻¹)	42.2	8.2	55.9	29.6
Azoto (N)*	Kjeldhal (g kg ⁻¹)	2.4	0.4	3.1	1.7
Fosforo assimilabile (P)	Olsen (mg kg ⁻¹ P2O5)	26.1	12.7	43.7	10.0
Cap. di scambio cat. (CSC)*	BaCl e Triet. (meq 100g ⁻¹)	14.0	2.8	18.9	9.5
Contenuto in argilla (Ar)	Idrometro di Bouyoucos (g kg ⁻¹)	25.1	7.1	34.0	14.0
<i>Gestionali</i>					
Carico azotato (CN)	(kg ha ⁻¹ anno ⁻¹ N)	185	59	311	127

* Escluso perché altamente correlato a SO

In aggiunta è stato determinato per via indiretta l'indice di Umidità, sempre in riferimento ai dati di ricoprimento delle specie e ai bioindicatori di Landolt. Per i fattori gestionali, infine, si è potuto individuare come unico elemento discriminante il carico azotato di campo, desunto dai piani di smaltimento aziendali dei reflui applicando un valore di 83 kg di azoto anno per U.B.A. (rif. tabelle D.lgs 152 del 3 aprile 2006). Questi tre gruppi di fattori sono stati analizzati nei loro effetti sulle specie, sull'indice Foraggero e sull'indice di Shannon mediante il

¹ Gli indici ecologici di Landolt descrivono su una scala da 1 a 5 le esigenze ecologiche delle specie: valori crescenti indicano esigenze crescenti.

metodo della scomposizione della variabilità introdotto in ecologia da Borcard et al (1992) e adottato successivamente in diversi lavori (Cushman e McGarigal, 2002; Heikkinen et al., 2004; Klimek et al., 2007; Marini et al., 2007). Tale procedura è parsa essere uno strumento molto efficace ai fini dello studio, poiché consente di separare gli effetti puri delle variabili dagli effetti aggregati. Anzitutto si sono eliminate dalla matrice specie-rilievi le specie poco frequenti e abbondanti (presenza in un solo rilievo e con ricoprimento inferiore al 3%) e si è attuata una selezione all'interno del gruppo dei fattori edafici resasi necessaria per controllare fenomeni di multicollinearità (Fielding e Haworth, 1995; Macnally, 2000). Sono così stati esclusi il contenuto di azoto e la CSC, entrambi altamente correlati alla sostanza organica ($r > 0,8$). Sussistendo inoltre una relazione palesemente non lineare tra l'indice di Umidità e l'Indice di Shannon, per questo fattore sono stati introdotti nell'analisi, a fianco dei termini lineari, anche i termini quadratici. Entro i gruppi dei fattori climatici ed edafici sono quindi stati selezionati i regressori significativi per mezzo di procedure di *forward selection*. Per i fattori gestionali si è ovviamente trattenuto il solo regressore disponibile. La variabilità spiegata dalle equazioni è poi stata ripartita tra i tre gruppi di fattori e tra componenti pure e aggregate attraverso una serie di analisi di regressione lineare multipla e di ridondanza parziale.

Risultati e discussione

Lineamenti floristici

Il diagramma di ordinamento (Fig. 4) ripropone sostanzialmente la stessa struttura dei rilievi, evidenziandone i principali tratti floristici. I popolamenti più tipici di *Arrhenatherion* sono contraddistinti da elevata partecipazione di *Arrhenatherum elatius* (ril. 6; 7; 14), o *Dactylis glomerata* (ril. 8; 10), i cui ricoprimenti sono nell'ordine del 17-30% e del 15-20%. Le formazioni meno tipiche hanno invece come principali entità discriminanti *Capsella bursa-pastoris* (ril. 1; 2; 4), con livelli di copertura del 30-45%, *Poa trivialis* e *Stellaria media* (ril. 5; 9; 11), che assommano percentuali di ricoprimento del 35-44%. I restanti due popolamenti (ril. 12; 13) possiedono invece corteggi floristici più equilibrati, senza una netta prevalenza di alcuna componente e con una buona partecipazione di specie graminacee quali *Anthoxanthum odoratum*, *D. glomerata*, *Festuca partensis*, e *Lolium perenne*. Le cotiche più degradate, tanto sotto il profilo agronomico quanto in termini di biodiversità specifica, sono quelle dei popolamenti 1, 2, 3 e 4 (Tab. 2). Anche i popolamenti 5 e 14 denunciano basso valore foraggero, ma abbinato ad espressioni non così negative di complessità floristica. I popolamenti 7, 9 e 12 spiccano invece per la buona qualità pabulare.

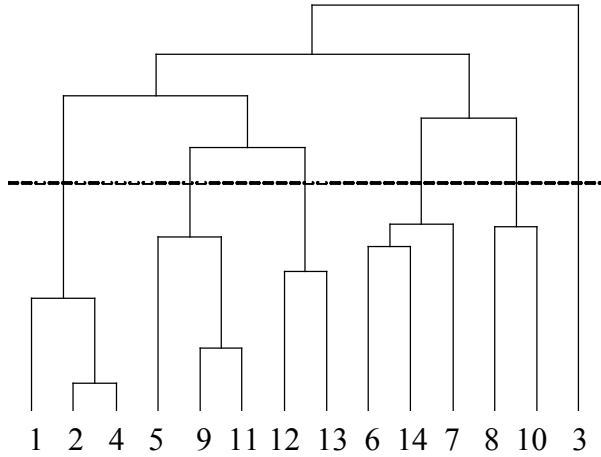


Figura 2 - Dendrogramma dei rilievi ottenuto alla cluster analysis

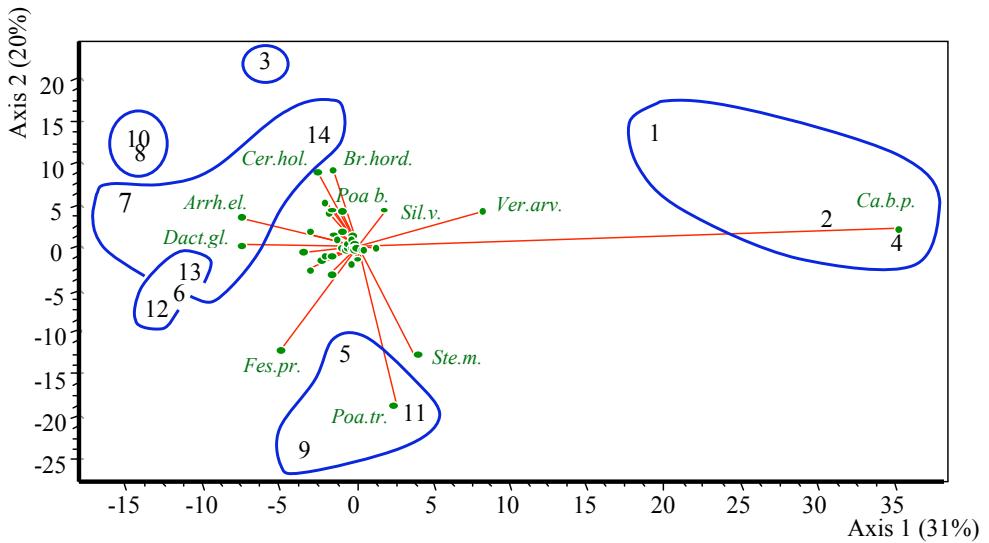


Figura 3 - Biplot euclideo ottenuto all'analisi delle Componenti Principali centrata (sono indicati solo i nomi delle specie più significative)

Fattori determinanti

I fattori esplicativi, di cui la tabella 1 fornisce una descrizione statistica, si rivelano diversamente importanti nello spiegare la variabilità della composizione floristica, della biodiversità e del valore foraggero delle cotiche (Tab. 3).

Tabella 3 - Importanza delle variabili indipendenti nei modelli di regressione derivati dalle procedure di forward selection

	Componente climatica			Componente edafica			Componente gestionale		
	Variabile	P*	R2 (%)	Variabile	P*	R2 (%)	Variabile	P*	R2 (%)
Composizione floristica									
	K	0.02		U	0.005	21.7	CN	ns (0.145)	11
	T	0.01							
	Funzione	0.005	33.7						
Indice foraggero									
	K (-)	0.022	36.7	U (+)	0.001	80.3	CN (-)	ns (0.126)	18.4
Indice di Shannon									
	K (-)	0.015	40.4	U (+)	0.001		CN (-)	ns (0.234)	11.6
				U2 (-)	0.001				
				P (-)	0.001				
				Ar (+)	0.048				
				Funzione	0.001	91.1			
* Test di permutazione di Monte Carlo (199 permutazioni) per composizione floristica, test F e t per indice Foraggero e indice di Shannon.									

La composizione floristica è risultata dipendere per la componente climatica dagli indici di Continentalità e di Temperatura, per la componente edafica dal solo indice di Umidità. Solo nei confronti dei carichi azotati, le tre variabili mostrano una medesima blanda risposta, testimoniata da valori di R2 (coefficiente di determinazione) molto bassi e livelli di significatività molto lontani dalle soglie di attenzione. Essendo la sola informazione di tipo gestionale disponibile, il fattore è stato comunque riportato e considerato nell'analisi.

Più articolata si presenta la situazione dell'indice di Shannon. Continentalità e Umidità sono ancora regressori significativi, ma per la componente edafica si aggiungono il fattore quadratico dell'indice, il contenuto in fosforo assimilabile e il tenore in argilla. Più stretto è anche il legame con il carico azotato. La relazione (vedi anche Fig. 7) è negativa con l'indice di Continentalità, la dotazione fosfatica e il carico azotato, positiva con la frazione argillosa, mentre con l'indice di Umidità segue, ovviamente, un andamento curvilineo, dove ad una fase crescente ne succede una calante, ad indicare come la diversificazione floristica sia una prerogativa di suoli né troppo secchi né troppo umidi.

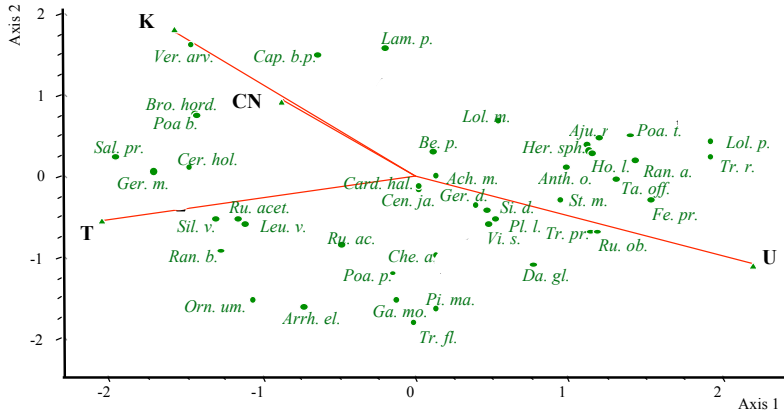


Figura 4 - Biplot ottenuto all'analisi di Ridondanza vincolata ai fattori esplicativi

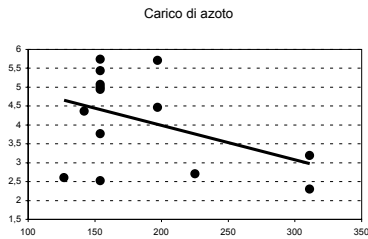
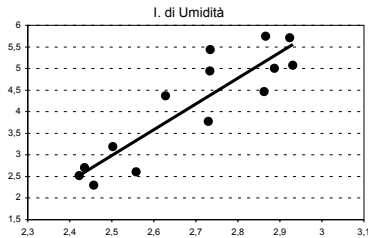
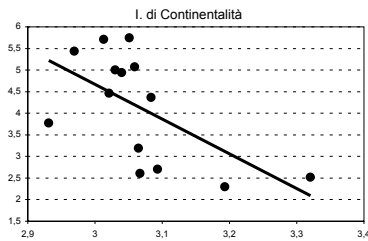


Figura 5 - Rette di regressione nell'indice Foraggero

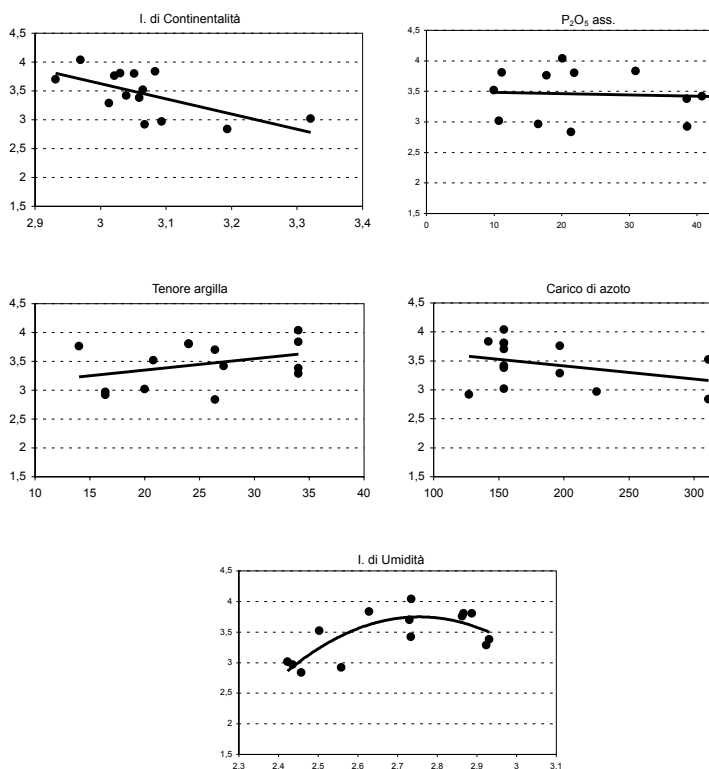


Figura 6 - Rette e curve di regressione dell'indice di Shannon

Scomposizione della variabilità

Le equazioni di regressione, comprensive della componente gestionale, catturano quote di variabilità relativamente contenute per le specie (55,4%), molto elevate per l'indice Foraggero e l'indice di Shannon (rispettivamente 80,8% 92,4%). Se, dunque, i profili floristici risentono senz'altro e in misura non banale di fattori non inclusi nell'analisi, valore foraggero e biodiversità sono invece ampiamente giustificati dai regressori (la poca devianza residua si può ritenere totalmente o quasi di natura stocastica). Il processo di scomposizione (Tab. 4) conferma anzitutto il ruolo marginale dei carichi azotati, i cui effetti puri non sono mai significativi e assumono una qualche consistenza solo nei confronti dei profili floristici. Per il resto si osserva un differente determinismo tra le specie, da una parte, e gli indici Foraggero e di Shannon dall'altra. La variabilità floristica risponde soprattutto agli effetti puri, in primo luogo dei fattori climatici (27,1%), secondariamente degli edafici (11,8%). Le componenti aggregate spiegano nell'insieme il 10,2% delle fluttuazioni, segnalando la sostanziale indipendenza dei fattori, ossia l'assenza di condizionamenti reciproci. Laddove minori disponibilità idriche si accompagnano a condizioni climatiche più calde

e Indice Foraggero e indice di Shannon ripartiscono invece più equamente la variabilità: il rapporto tra frazioni pure e aggregate è di 35,8 su 40 per il primo e 50 su 42,4 per il secondo. Inoltre, entrambi hanno come principale fonte di variabilità i fattori edafici, con contributi delle componenti pure molto elevati (35,3% e 48,1%). Apprezzabili sono anche gli effetti comuni ai tre gruppi di fattori (20,7% e 20,8%) e ai fattori climatici ed edafici (13,8% e 15,9%). Valore foraggero e biodiversità sono dunque controllati essenzialmente dall'indice di Umidità del suolo, secondo le dinamiche osservate in precedenza. Indice di Continentalità e carichi azotati sono ad esso strutturalmente coordinati e possono spiegare insieme circa un quarto della devianza rendicontata dall'indice ($20,7/80,3 = 0,26$ per l'indice Foraggero; $20,8/90,1 = 0,23$ per l'indice di Shannon).

Tabella 4 - Scomposizione della variabilità floristica, dell'indice Foraggero e dell'indice di Shannon nelle componenti climatiche (C), edafiche (E) e gestionali (G) (R2 in %)

Effetti puri*		Effetti comuni						Variabilità spiegata**
C		E	G	C∩E	C∩G	E∩G	C∩E∩G	
Composizione floristica								
	27.1 ^{0.005}	11.8 ^{0.003}	6.2 ^{ns}	2.8	0.5	2.0	4.9	55.4 ^{0.005}
Indice foraggero								
	0.2 ^{ns}	35.3 ^{0.005}	0.3 ^{ns}	13.8	3.6	6.9	20.7	80.8 ^{0.001}
Indice di Shannon								
	1.1 ^{ns}	48.1 ^{0.015}	0.8 ^{ns}	15.9	0.5	5.2	20.8	92.4 ^{0.001}
* Significatività al test di permutazione di Monte Carlo								
** Significatività al test di permutazione di Monte Carlo per composizione floristica, al test F per indice Foraggero indice di Shannon								

Conclusioni

Il lavoro evidenzia come le proprietà floristiche delle cotiche dipendano soprattutto dalle condizioni climatiche ed edafiche, così come espresse dagli indici ecologici di Continentalità, Temperatura e Umidità di Landolt. Gli effetti sono sostanzialmente indipendenti e configurano al crescere delle condizioni di xerotermità dinamiche di sostituzione delle specie buone foraggere con specie scadenti. Il solo indice di Umidità governa invece il valore Foraggero e la biodiversità, coordinandosi in parte con l'indice di Continentalità e i carichi azotati. Con il valore Foraggero la relazione è linearmente inversa; con la biodiversità segue un andamento curvilineo con picco spostato verso i valori massimi del fattore. L'ipotesi che il degrado delle cotiche fosse ascrivibile anzitutto alle minori disponibilità idriche sembra dunque assolutamente plausibile. Il fatto che il contenuto in sostanza organica e la tessitura delle matrici non siano risultati essere fattori significativi nell'analisi di regressione scarica infatti tutte le responsabilità sulle maggiori difficoltà di assorbimento idrico da parte della

vegetazione. L'indice di Umidità del suolo sembra pertanto riassumere bene il legame tra degrado e reperibilità di acqua, indicando nella combinazione tra captazioni idroelettriche e alterazioni climatiche (minori precipitazioni e aumento delle temperature) la causa principale dei problemi osservati nelle cotiche.

I carichi azotati sembrano invece giocare un ruolo secondario, entrando nella dinamica in maniera non significativa. Si deve tuttavia sottolineare come lo studio non abbia potuto esplorare cenosi più integre, che avrebbero potuto mettere in maggior risalto l'effetto negativo del nutriente, così come evidenziato da numerosi autori (Bassignana et al., 2003; Carlen et al., 1998; Fleury, 1995; Peeters, 1995). Inoltre, i dati erano indicativi, in quanto ricavati per via indiretta dal rapporto tra carichi animali e superfici di spandimento dei reflui, assunti come uniformi in tutto il dominio territoriale di ogni azienda. Il tema meriterebbe dunque un ulteriore approfondimento, anche in rapporto al problema del cambiamento climatico. Infine, come nota marginale, si può segnalare l'assenza di effetti apprezzabili della dotazione fosfatica del terreno, nonostante l'ampio intervallo di variazione osservato e la presenza di siti piuttosto poveri ($10 \text{ mg kg}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$). Lavori eseguiti in altri contesti montani (Jeangros, 1993; Gusmeroli et al., 1994; Gusmeroli e Della Marianna, 1997; Marini et al., 2007; Paris e Gavazzi, 1989) hanno viceversa riconosciuto importanti influssi degli apporti fosfatici, tanto sulla composizione floristica, quanto sul valore foraggero e la ricchezza specifica.

Bibliografia

- AA.VV., 1994. *I suoli del fondovalle della Valchiavenna*. Progetto Carta pedologica, ERSAL Regione Lombardia.
- Bassignana M., Bozzo F., Clementel F., Della Marianna G., Gusmeroli F., Kasal A., La Messo M., Ligabue M., Orlandi D., Paoletti R., Parente G., Venerus S., 2003. *Effetti produttivi, ambientali e paesaggistici dell'estensificazione culturale in prati di montagna*. Gruppo di Ricerca Applicata e Sperimentazione Foraggera. Veneto Agricoltura.
- Borcard D., Legendre P., Drapeau P., 1992. *Partialling out the spatial component of ecological variation*. Ecology, 73: 1045-1055.
- Braun-Blanquet J., 1928. *Pflanzensoziologie*. Springer, Verl Wien.
- Bugaud C., Bornard A., Hauwuy A., Martin B., Salmon J.C., Tessier L., Buchin S., 2000. *Relation entre la composition botanique de vegetation de montagne et leur composition en composés volatils*. Fourrages, 162 : 141-155.
- Carlen C., Darbellay C., Gex P., 1998. *Effets à long terme de la fumure et de la fréquence des coupes sur une prairie permanente en montagne*. Revue suisse d'Agriculture, 30 : 215-221.
- Cavallero A., Bassignana M., Iuliano G., Reyneri A., 1996. *Sistemi foraggeri semi-intensivi e pastorali per l'Italia settentrionale: analisi delle risultanze sperimentali e dello stato attuale dell'alpicoltura*. Atti del convegno "Attualità e prospettive della foraggicoltura da prato e da pascolo", Lodi 22-24 maggio 1996. Progetto Finalizzato Foraggicoltura Prativa. Istituto Sperimentale per le Colture Foraggere di Lodi, 211-249.
- Cushman S.A., McGarigal K., 2002. *Hierarchical, multi-scale decomposition of species-environment relationships*. Landscape Ecology, 17: 637-646.
- Fielding A.H., Haworth P.F., 1995. *Testing the generality of bird-habitat models*. Conservation Biology, 9: 1466-1481.

- Fleury Ph., 1995. *Les différentes composantes de la biodiversité dans les prairies: diversité intraspécifique, diversité spécifique et diversité fonctionnelle. Exemples dans les Alpes du Nord françaises*. FAO Regional Office for Europe, Reu Technical Series, 39: 39-49.
- Flückiger E., Binz M., 1953. *Der einfluss der Verfütterung von frischen Birtreben auf den Geruch und Geschmack der Milch*. Schweiz. Milchztg., 79: 259-260.
- Gusmeroli F., Gianoncelli C., Della Marianna G., 1994. *Il recupero di cotiche erbose degradate in ambiente di fondovalle alpino: effetti agronomici e riflessi ambientali della concimazione minerale*. Ed. Amministrazione Provinciale di Sondrio, Bonazzi Grafica Sondrio.
- Gusmeroli F., Della Marianna G., 1997. *Il recupero di cotiche erbose degradate in ambiente alpino: effetti agronomici e riflessi ambientali della concimazione minerale*. Amministrazione Provinciale di Sondrio, Tipografia Bettini Sondrio.
- Gusmeroli F., Paoletti R., Pasut D., 2006. *Una foraggicoltura al servizio dell'allevamento e del territorio montano: tradizione e innovazione a confronto*. Quaderni SOZOOALP, 3: 26-40.
- Heikkinen R.K., Luoto M., Virkkala R., Rainio K., 2004. *Effects of habitat cover, landscape structure and spatial variables on the abundance of birds in an agriculture-forest mosaic*. Journal of Applied Ecology, 41: 824-835.
- Heikkinen R.H., Luoto M., Kuussaari M., Pöyry J., 2005. *New insights into butterfly-environment relationships using partitioning methods*. Proc. R. Soc. Lond. Ser. B-Biol. Sci., 272: 2203-2210.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. *Fourth Assessment Report*.
- Jeangros B., 1993. *Prairies permanentes en montagne. 1. Effets de la fréquence des coupes et de la fertilisation azotée sur la composition botanique*. Revue suisse d'agriculture, 28 : 213-221.
- Klimek S., Kemmerman A.R., Hofmann M., Isselstein J., 2007. *Plant species richness and composition in managed grasslands: the relative importance of field management and environmental factors*. Biological Conservation, 134: 599-570.
- Landolt E., 1977. *Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora*. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Eidg. Techn. Hochschule Stiftung Rübel, Heft 64, Zürich.
- Mariaca R.G., Berger T.F.H., Gauch R., Imhof M.I., Jeangros B., Bosset J.O., 1997. *Occurrence of Volatile Mono- and Sesquiterpenoids in Highland and Lowland Plant Species as Possible Precursors for Flavor Compounds in Milk and Dairy Products*. J. Agric. Food Chem., 45: 4423-4434.
- Marini L., Scotton M., Klimek S., Iohannes I., Pecile A., 2007. *Effects of local factors on plant species richness and composition of Alpine meadows*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 119: 281-288.
- Paris P., Gavazzi C, 1989. *Incentivazione della produzione foraggera di prati naturali di collina e di montagna per mezzo della concimazione inorganica. Sette anni di prove sperimentali*. C.E.R.A.S., Bologna.
- Peeters A., 1995. *Réflexions générales sur la biodiversité des prairies de montagne*. FAO Regional Office for Europe, Reu Technical Series, 39: 11-17.
- Pignatti S., 1982. *Flora d'Italia*. Edagricole, Bologna, I- II e III.
- Scehovic J., 1988. *Métabolites secondaires de quelques plantes de prairies*. Revue suisse d'agriculture, 27 : 153-165.
- Scehovic J., 1991. *Considérations sur la composition chimique dans l'évaluation de la qualité des fourrages des prairies naturelles*. Revue suisse d'agriculture, 23 : 305-310.
- Shipe W.F., Ledford R.A., Peterson L. D., Scanla R.A., Geerken H.F., Dougherty R.W. e Morgan M.E., 1962. *Physiological mechanism involved in transmitting flavours and odors to milk. Transmission of some flavours components of silage*. Journal of Dairy Science, vol. 45.
- Werner W., Paulissen D., 1987. *Archivio Programma VegBase*. Istituto di Fisiologia Vegetale, Dipartimento di Geobotanica Università di Dusseldorf.