



AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI SONDRIO
Assessorato Agricoltura

IL RECUPERO DI COTICHE ERBOSE DEGRADATE IN AMBIENTE ALPINO

Effetti agronomici e riflessi ambientali della concimazione minerale



Fausto Gusmeroli
Giampaolo Della Marianna

ESPERIENZE E RICERCHE
Fondazione Fojanini di Studi Superiori - Sondrio



AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI SONDRIO
Assessorato Agricoltura

IL RECUPERO DI COTICHE ERBOSE DEGRADATE IN AMBIENTE ALPINO

Effetti agronomici e riflessi ambientali della concimazione minerale

**Fausto Gusmeroli
Giampaolo Della Marianna**

ESPERIENZE E RICERCHE
Fondazione Fojanini di Studi Superiori - Sondrio

Si ringrazia il prof. Paolo Paris (Facoltà di Agraria - Università Cattolica S. Cuore di Piacenza)
per i preziosi consigli forniti.



PRESENTAZIONE

A completamento dell'indagine sperimentale effettuata nell'area di fondovalle della Provincia e pubblicata nell'anno 1994, la Fondazione Fojanini propone questo nuovo elaborato relativo al recupero e miglioramento dei prati naturali di montagna.

Esso esamina ed interpreta sotto il profilo dei rendimenti produttivi, qualità dei foraggi e impatto ambientale i risultati di quattro prove di concimazione inorganica condotte nel territorio dell'Alta Valtellina, in un comprensorio ad alto contenuto turistico, nel quale l'agricoltura svolge un'insostituibile azione di salvaguardia territoriale e paesaggistica.

In questo, come in altri contesti montani, la permanenza di una entità rurale va a nostro avviso garantita anzitutto attraverso supporti tecnici che consentano alle aziende di avere una loro giustificazione economica. Solo così diviene possibile contenere entro limiti accettabili quei doverosi interventi integrativi che tengano conto delle oggettive difficoltà in cui si opera e dei servizi resi alla collettività.

Sempre benemerita è pertanto l'azione che mira ad allargare gli orizzonti conoscitivi, promuovendo il miglioramento dell'efficienza aziendale e la preparazione delle maestranze.

La presente ricerca, ci pare, costituisca una base estremamente interessante per impostare un'auspicabile opera divulgativa.

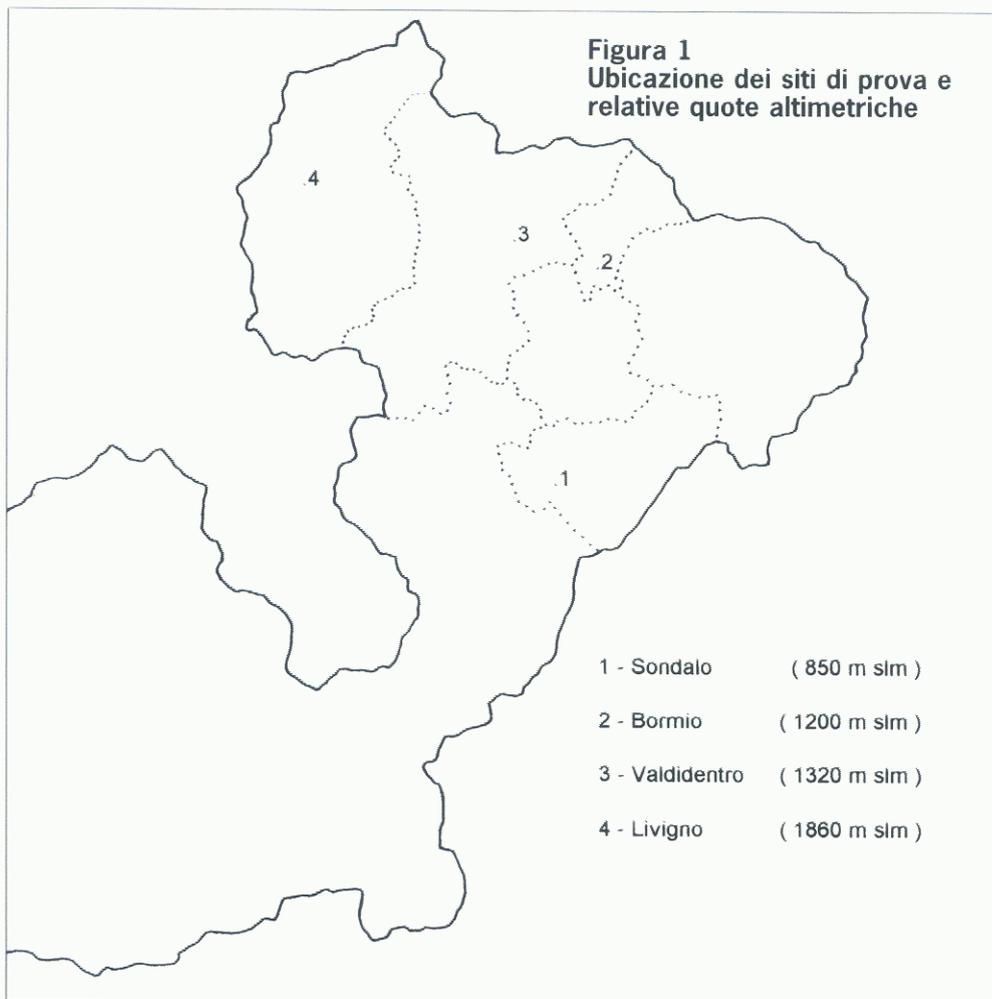
Sergio Fumasoni
Assessore Agricoltura Provincia di Sondrio



1 - INTRODUZIONE

La funzione assolta dalla pratica della fertilizzazione minerale nell'incentivare la produttività delle formazioni erbose permanenti è ampiamente riconosciuta e circostanziata da una copiosa documentazione scientifica.

Una indubbia marginalità della montagna nel contesto dell'economia agricola nazionale ha tuttavia impedito che ai prati in quota venissero riservate quelle attenzioni di cui invece hanno goduto le realtà di pianura e le stesse aree di fondovalle alpino. In ciò ha avuto un ruolo importante an-



che una certa reticenza verso l'impiego di principi chimici in ambiti di notevole interesse naturalistico, reticenza in vero fondata a volte più su posizioni preconconcette che su oggettivi riscontri.

D'altro canto, stante le difficoltà ed i rischi insiti nell'applicazione di tecniche di rinnovo, la concimazione rimane l'unico strumento efficace e sicuro di recupero dei cotici degradati sui versanti in declivio e su suoli superficiali e grossolani. Diversamente dal passato essa incontra inoltre buona recettività in un tessuto produttivo che i mutamenti degli ultimi decenni hanno concorso ad accrescere professionalmente.

Un contributo alla conoscenza applicativa della pratica in zona alpina viene da 4 prove sperimentali realizzate nel quinquennio 1991-1995 in altrettante località della Valtellina, su prati naturali di monte posti a differenti quote altimetriche (figura 1). Le prove di Sondalo e Valdidentro si sono prolungate per cinque anni, quella di Bormio per quattro e quella di Livigno per tre. Gli ambienti si caratterizzavano per le condizioni climatiche descritte dai climodiagrammi di Walter e Lieth per le località di Le Prese (distante in linea d'aria 3 km dal campo di Sondalo), Premadio (distante 3 km dal campo di Bormio e 1 km da quello di Valdidentro) e Livigno (distante 1 km dal sito di prova) (figura 2).

Nell'esperienza di Sondalo si sono analizzati gli effetti quanti-qualitativi della concimazione azoto-fosfatica. L'indagine qualitativa si è rivolta tanto alle prerogative bromatologiche quanto agli equilibri floristici dei raccolti. Si sono inoltre valutate le asportazioni dei due elementi dal suolo e per l'azoto anche le presunte quote traslocate nelle parti aeree della vegetazione (indici di recupero apparente), stima seppur approssimativa e parziale del potenziale effetto inquinante della concimazione.

Nelle altre prove l'esplorazione si è limitata agli aspetti quantitativi: a Bormio e Valdidentro si è presa in considerazione la sola concimazione azotata; a Livigno anche la fosfatica e, a titolo dimostrativo, la potassica, trovandosi la matrice pedologica in condizioni tali da rendere plausibile un intervento cui, solitamente, si attribuisce scarsa incisività. I dosaggi azotati sono stati calibrati sulle potenzialità produttive degli ambienti, rimanendo comunque entro livelli che fossero accettabili sotto il profilo del rispetto dell'ecosistema.

Nelle prove di Sondalo e Valdidentro sono infine stati controllati gli andamenti del pH nella matrice pedologica e, solo per Sondalo, anche della P_2O_5 assimilabile. Da un lato si voleva valutare l'azione acidificante della concimazione azotata, dall'altro le dinamiche del fosforo e la soglia critica che giustifica il ricorso ad interventi di arricchimento.

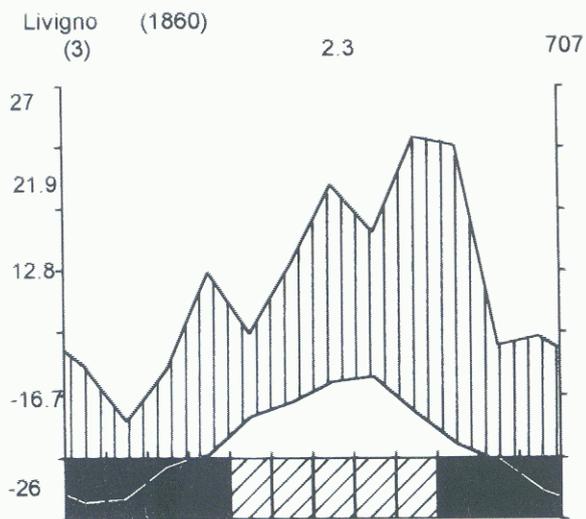
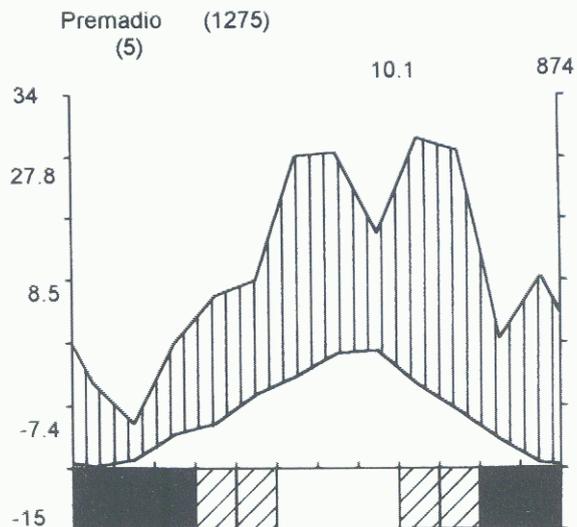
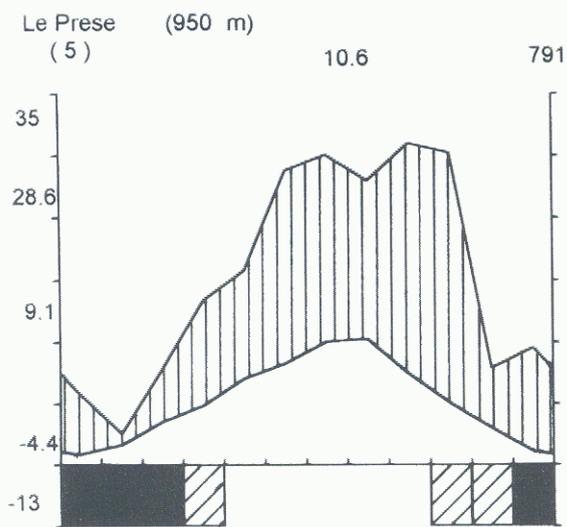


Figura 2
Caratterizzazione climatica mediante diagrammi di Walter e Lieth degli ambienti di prova

2 - PROVA DI SONDALO

2.1 - PARTE SPERIMENTALE

2.1.1 - Descrizione del campo

Il campo sperimentale è stato allestito su di un cotico fortemente spontaneizzato, adagiato su di un conoide di deiezione in lieve pendio in destra orografica del Fiume Adda.

La matrice pedologica, di derivazione glaciale e alluvionale del Quaternario, era contraddistinta da tessitura sabbiosa, reazione sub-acida, ricca dotazione organica e normale capacità di scambio cationico. Elevate erano le concentrazioni in calcio e magnesio scambiabili, discreta quella in fosforo, mediocre quella in potassio (tabella 1).

Il manto erboso, catalogabile nella facies a *Trisetum flavescens*, appariva dominato da specie scadenti o di relativo pregio pabulare, tra cui principalmente *Cerastium arvense*, *Taraxacum officinale*, *Leontodon hispidus*, *Heracleum sphondylium*, *Silene dioica*. Tra le buone foraggere predomi-

Tabella 1
SONDALO - Caratteristiche granulometriche e chimico-fisiche del terreno all'inizio della prova *

Sabbia	%	79
Limo	%	18
Argilla	%	3
Sostanza organica (Lotti)	%	7.58
pH in H₂O		6.09
Calcare totale	%	assente
Fosforo ass. (Bray e K.)	ppm P ₂ O ₅	37
Capac. sc. cationico	meq/100g	13.7
Calcio scamb. (AcNH₄)	ppm CaO	2728
Magnesio sc. (AcNH₄)	ppm MgO	448
Potassio sc. (AcNH₄)	ppm K ₂ O	113
Sodio sc. (AcNH₄)	ppm Na	72.9

* Analisi eseguite c/o il Laboratorio della Fabbrica Cooperativa Perfosfati Cerea - Bonavicina di S. Pietro Morubio (VR)

Tabella 3
SONDALO - Simbologia adottata per i trattamenti e relative dosi di nutrienti (Kg ha⁻¹)

TRATTAMENTI	Azoto	P ₂ O ₅
NOPO	0	0
NOP1	0	80
N1PO	40	0
N1P1	40	80
N2PO	80	0
N2P1	80	80
N3PO	120	0
N3P1	120	80
N4PO	160	0
N4P1	160	80

navano le graminacee, con un indice di copertura attorno al 50%. Sporadiche le leguminose.

Gli andamenti meteorologici nel quinquennio, indicati in tabella 2, sono relativi ad una stazione dislocata in località Le Prese, distante 3 km in linea d'aria dal campo.

Tabella 2
SONDALO - Indici pluviometrici e temperature medie rilevate nella stazione meteorologica di Le Prese (AEM) (mm; °C)

		1991	1992	1993	1994	1995
APRILE	Precipitazioni	14.6	112.6	42.2	42.4	56.4
	Temperature	9.1	10.4	10.8	8.6	9.7
MAGGIO	Precipitazioni	29.6	38.4	59.2	100.8	88.0
	Temperature	12.1	16.2	15.3	13.6	13.5
GIUGNO	Precipitazioni	99.2	149.4	90.0	60.4	77.4
	Temperature	16.5	16.4	18.0	17.1	15.1
LUGLIO	Precipitazioni	80.0	95.8	100.2	159.6	79.4
	Temperature	22.1	20.3	19.0	20.8	21.3
AGOSTO	Precipitazioni	52.8	99.0	112.8	118.2	77.0
	Temperature	22.2	22.7	20.0	20.2	17.8
SETTEMBRE	Precipitazioni	115.4	103.0	170.8	223.6	87.0
	Temperature	18.6	16.2	13.0	14.4	12.5
OTTOBRE	Precipitazioni	88.8	153.8	253.2	42.8	3.4
	Temperature	9.4	8.8	9.4	9.9	13.0
Precipitazioni totali		480.4	752.0	828.4	747.8	468.6
Temperature medie		15.7	15.9	15.1	14.9	14.7

2.1.2 - Disegno sperimentale e calendario colturale

L'esperienza si è articolata su di uno schema distributivo a split plot con quattro ripetizioni, avente come fattore principale l'azoto e secondario il fosforo. I parcelloni primari, separati da stradini larghi 2 m, insistevano su di una superficie di 48 m² (4x12 m), mentre le parcelle elementari sviluppavano un'area di 24 m² (4x6 m). Ai rilievi è stata riservata un'area di saggio centrale di 8.8 m².

La concimazione azotata è stata praticata a cinque diversi dosaggi, identificati con i simboli da N0 a N4 in corrispondenza rispettivamente di 0, 40, 80, 120, e 160 kg ha⁻¹ anno⁻¹ di elemento. Il fosforo è invece stato saggiato a due livelli, 0 e 80 kg ha⁻¹ anno⁻¹ di P₂O₅, siglati con P0 e P1. Nell'insieme si sono così messi a confronto dieci diversi trattamenti, richiamati alla tabella 3.

Le somministrazioni azotate, a base di solfato ammonico, sono state ripartite in due frazioni: l'una, pari al 60%, elargita alla ripresa vegetativa in contemporanea con il fosforo (superfosfato) e con del potassio a pieno campo (150 kg ha⁻¹ di K₂O come solfato); l'altra immediatamente dopo il primo taglio. Alle operazioni di concimazione e di sfalcio non si sono accompagnati altri interventi colturali (tabella 4).

Tabella 4
SONDALO -
Calendario colturale

	Data	Operazione
I anno	27 / 03	Concimazione N, P, K
	21 / 06	I taglio
	25 / 06	Concimazione N
	08 / 08	II taglio
II anno	03 / 04	Concimazione N, P, K
	22 / 06	I taglio
	29 / 06	Concimazione N
	17 / 08	II taglio
III anno	01 / 04	Concimazione N, P, K
	16 / 06	I taglio
	22 / 06	Concimazione N
	30 / 07	II taglio
IV anno	22 / 03	Concimazione N, P, K
	17 / 06	I taglio
	24 / 06	Concimazione N
	05 / 08	II taglio
V anno	15 / 10	III taglio
	03 / 04	Concimazione N, P, K
	29 / 05	I taglio
	20 / 06	Concimazione N
	31 / 07	II taglio
	04 / 10	III taglio

Nel primo e nel terzo anno di prova, combinazioni climatiche sfavorevoli non hanno consentito l'effettuazione del terzo taglio.

2.1.3 - Indagini ed elaborazioni

Su tutti i raccolti si è provveduto a rilevare le produzioni in foraggio tal quale e in sostanza secca, nonché la composizione floristica per raggruppamenti familiari (graminacee, leguminose ed altre famiglie) mediante metodo ponderale (pesatura delle biomasse verdi su campioni casuali).

Per le tesi di maggior spessore teorico (N0P0; N2P0; N2P1; N3P1; N4P1) si sono altresì determinati presso il laboratorio dell'Ente Lombardo per il potenziamento zootecnico di Zorlesco - Casalpusterlengo (MI) i seguenti parametri analitici:

- tenore in fibra grezza secondo la metodica Weende
- tenore in lipidi grezzi secondo la metodica Soxhlet
- tenore in protidi grezzi secondo la metodica Dumas
- tenore in ceneri mediante essiccazione
- tenore in estrattivi inazotati, ricavato per differenza a 100 dei precedenti indici
- tenore in fosforo mediante spettrofotometria
- tenore in calcio mediante assorbimento atomico

Per queste stesse sottotesi si sono anche calcolati gli asporti di azoto, fosforo e calcio, il contenuto in UFL della vegetazione applicando le equazioni proposte dall' INRA (1988) ed il suo stato di nutrizione fosfatica in primavera (Salette-Huché, 1991). Questo è stato valutato applicando la formula proposta da Duru e Théliier-Huché (1996):

$$I_p = 100 \times P\% / (0.15 + 0.065 N\%)$$

in cui I_p è l'Indice di nutrizione fosfatica, $P\%$ il tenore in fosforo e $N\%$ il tenore in azoto.

I dati più interessanti sono stati sottoposti ad analisi della varianza. L'elaborazione è stata condotta sia su base annua, sia sull'intero periodo, adottando in tal caso un modello a strip split plot.

Per quanto riguarda i rilievi pedologici, al termine del quinquennio sono stati praticati carotaggi in tutte le parcelle con la tecnica del campione composto, alla profondità di 20 cm e dopo rimozione della cotenna. Si sono misurati i pH in acqua per via potenziometrica ed i tenori in P_2O_5 assimilabile con metodica Bray e Kurtz. Anche per essi si è valutata la significatività attraverso l'analisi della varianza.

2.2 - RISULTATI E DISCUSSIONE

2.2.1 - Produzione di foraggio

La tabella 5 ed il grafico di figura 3 documentano circa le rese medie osservate nel quinquennio di prova.

Su base annua la risposta fornita da ambedue i fattori sperimentali perviene a livelli di significatività elevati ($P=0.001$), senza tuttavia dare luogo ad interazione.

Tabella 5
SONDALO - Rese medie in sostanza secca nel quinquennio (t ha⁻¹)

TRATTAMENTI	I sfalcio	II sfalcio	III sfalcio *	Totale annuo
NOPO	4.57	2.64	1.30	8.26
NOP1	4.66	2.87	1.45	8.69
N1PO	4.94	3.12	1.38	9.15
N1P1	5.14	3.25	1.47	9.53
N2PO	5.07	3.16	1.52	9.35
N2P1	5.15	3.36	1.53	9.65
N3PO	5.30	3.12	1.39	9.39
N3P1	5.59	3.44	1.58	10.13
N4PO	5.65	3.50	1.52	10.24
N4P1	5.91	3.63	1.66	10.71
NO	4.62 d D	2.75 c C	1.38	8.48 c C
N1	5.04 c C	3.18 b B	1.42	9.34 b B
N2	5.11 c C	3.26 b AB	1.52	9.50 b B
N3	5.45 b B	3.28 b AB	1.48	9.76 b B
N4	5.78 a A	3.56 a A	1.59	10.48 a A
PO	5.11 x X	3.11 x X	1.42 x X	9.28 x X
P1	5.29 y Y	3.31 y Y	1.54 y Y	9.74 y Y
SIGNIFICATIVITA'				
Blocchi	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
N (azoto)	0.001	0.001	n. s.	0.001
P (fosforo)	0.001	0.001	0.01	0.001
Int. P N	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
A (anni)	0.001	0.001	0.001	0.001
Int. N A	0.001	0.001	n. s.	0.001
Int. P A	0.01	0.01	n. s.	0.001
Int. N P A	n. s.	n. s.	n. s.	0.05

N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per $P=0.05$ e maiuscole per $P=0.01$) sono tra loro statisticamente non diverse

(*) Medie ricavate su tre anni

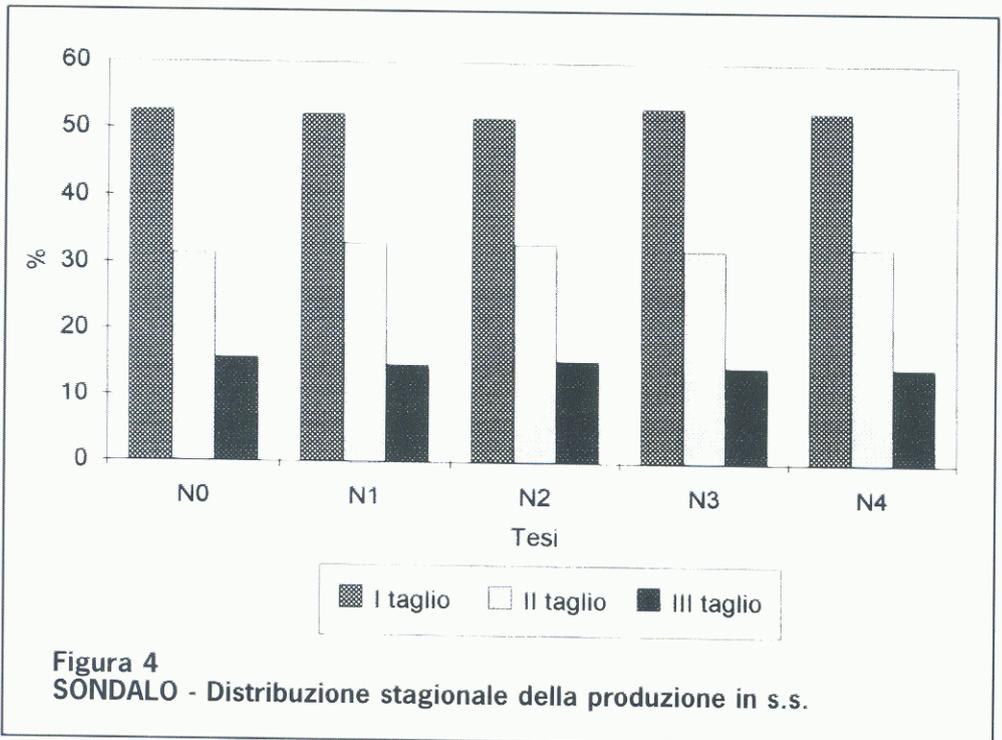
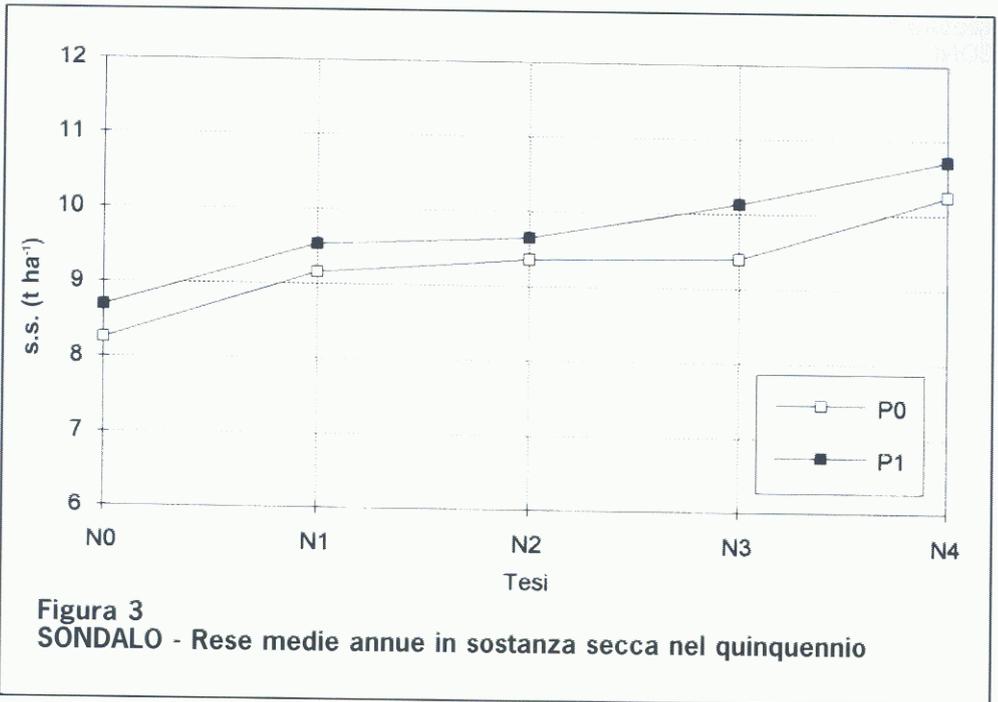
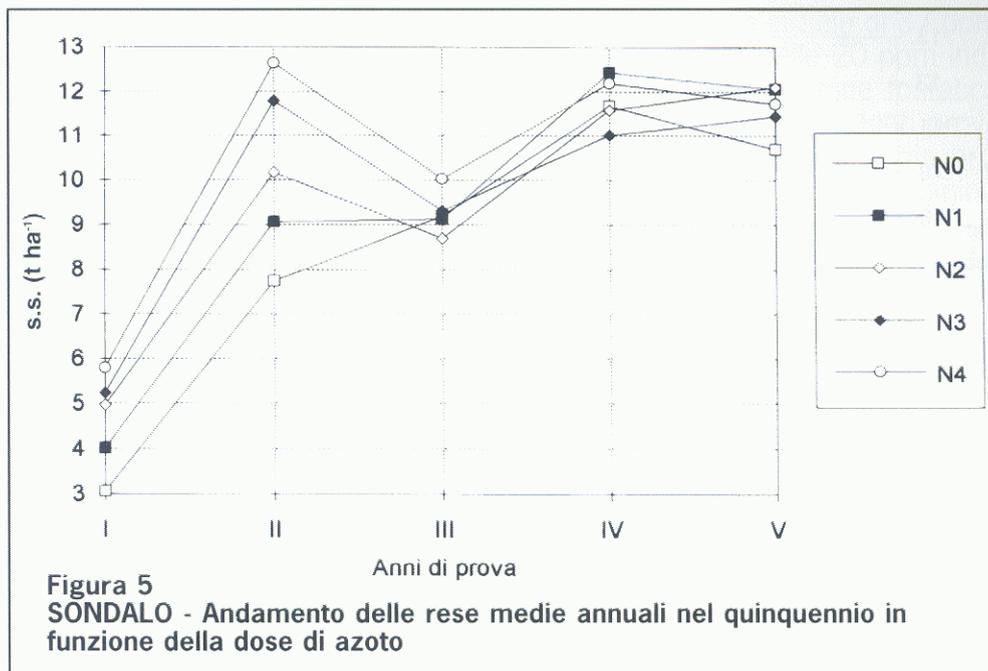


Tabella 6
SONDALO - Rese medie annue in sostanza secca nel quinquennio (t ha⁻¹)

TRATTAMENTI	I anno	II anno	III anno	IV anno	V anno
NOPO	2.99	7.26	9.00	11.39	10.69
NOP1	3.14	8.23	9.38	11.98	10.71
N1PO	4.11	9.00	8.84	12.05	11.74
N1P1	3.92	9.13	9.41	12.81	12.39
N2PO	4.93	10.38	8.39	11.20	11.85
N2P1	4.99	9.95	8.99	11.97	12.36
N3PO	5.19	11.67	8.93	10.16	11.02
N3P1	5.28	11.93	9.69	11.89	11.86
N4PO	5.62	12.65	9.75	12.04	11.15
N4P1	5.98	12.63	10.30	12.35	12.31
NO	3.06 d D	7.74 e E	9.19 bcB	11.68 ab AB	10.70 c B
N1	4.02 c C	9.07 d D	9.12 bcB	12.43 a A	12.07 ab A
N2	4.96 b B	10.16 c C	8.69 c B	11.59 ab AB	12.10 a A
N3	5.24 ab AB	11.80 b B	9.31 b AB	11.03 b B	11.44 b AB
N4	5.80 a A	12.64 a A	10.02 a A	12.20 a AB	11.73 ab A
PO	4.57	10.19	8.98 x X	11.37 x X	11.29 x X
P1	4.66	10.37	9.55 y Y	12.20 y Y	11.93 y Y
SIGNIFICATIVITA'					
Blocchi	n. s.	0.01	n. s.	n. s.	0.05
N (azoto)	0.001	0.001	0.01	0.05	0.01
P (fosforo)	n. s.	n. s.	0.001	0.001	0.001
Int. N P	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per P=0.05 e maiuscole per P=0.01) sono tra loro statisticamente non diverse

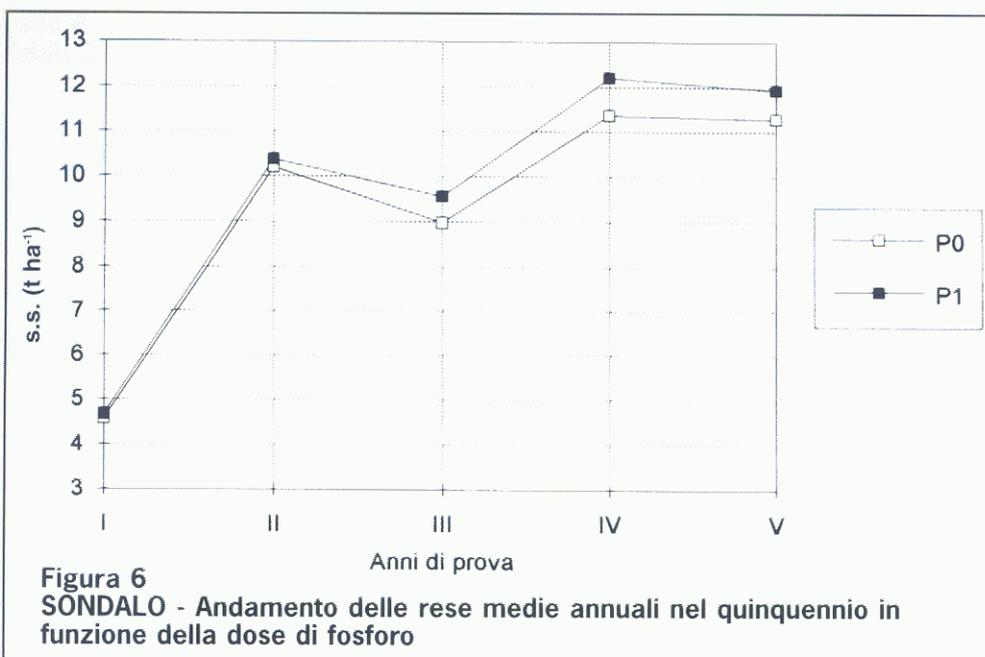
La concimazione azotata stabilisce per i quattro livelli saggiati incrementi medi pari nell'ordine a 0.86 t ha⁻¹ s.s. (10.1%) per N1, 1.02 t ha⁻¹ s.s. (12%) per N2, 1.28 t ha⁻¹ s.s. (15.1%) per N3 e 2.00 t ha⁻¹ s.s. (23.6%) per N4, con indici di efficienza dell'unità fertilizzante rispettivamente di 21.5 kg s.s., 4 kg s.s., 6.5 kg s.s. e 18 kg s.s. nei quattro intervalli NO-N1, N1-N2, N2-N3 e N3-N4. Le somministrazioni mostrano dunque una buona attività al dosaggio minimo dei 40 kg, mentre al di sopra tendono ad assestarsi su picchi non eccelsi, inferiori a quanto riscontrato in altre esperienze (Morrison, 1988; Paris-Gavazzi-Tabaglio, 1992; Gusmeroli-Gianoncelli-Della Marianna, 1994). Tutti gli incrementi attingono a significatività statistica al limite fiduciale del 99% e N4 si differenzia anche dagli altri trattati. L'effetto dell'azoto risulta massimo nel primo taglio, meno marcato nel secondo e nullo nel terzo. Ciò nonostante i rapporti quantitativi tra i raccolti non vengono minimamente alterati (figura 4).



La concimazione fosfatica induce un aumento medio di biomassa di 0.46 t ha⁻¹ s.s. (5% in termini relativi), cui corrisponde un indice di trasformazione per unità di anidride fosforica di 5.75 kg s.s. La sua azione appare leggermente più pronunciata nelle combinazioni a maggior apporto azotato: per la sottotesi N4P1 lo scarto sul testimone NOPO viene così ad essere di 2.45 t ha⁻¹ s.s. (29.7%). Diversamente dall'azoto essa si protende lungo tutto l'arco della stagione vegetativa, con un lieve cedimento nel raccolto terminale.

Ritmi di sviluppo delle piante e risposte sperimentali mutano nel corso degli anni, in virtù dei regimi termo-pluviometrici e del cumularsi degli effetti sul suolo e sul pabulum delle applicazioni fertilizzanti. L'analisi statistica di tabella 5 gratifica queste variazioni di alti livelli di significatività sia nei singoli sfalci che sul totale annuo, con qualche eccezione per l'ultimo taglio e per l'interazione di terzo ordine; la tabella 6 ed i diagrammi di figura 5 e figura 6 ne specificano il senso e l'entità.

Contrapposti appaiono i dinamismi generati dai due nutrienti. L'azoto imprime inizialmente un forte impulso alla vegetazione. L'apice è raggiunto nel secondo anno, nel quale gli indici di efficienza valicano, a tutti i dosaggi, i 30 Kg s.s. Successivamente esso accusa un brusco rallentamento di attività che, pur in presenza di una qualche ripresa nella stagione conclusiva, caratterizza in pratica l'intero triennio. Il fosforo invece, ad un primo biennio di assoluta inerzia, fa seguire un triennio contraddistinto



da un chiaro effetto positivo, numericamente contenuto, ma di grande significatività ($P=0.001$). Malgrado nelle stagioni conclusive si venga delineando una sua diversa capacità produttiva in funzione della dose di azoto, l'interazione tra i due elementi rimane sempre circoscritta alla sfera della casualità.

La caduta di efficacia dell'azoto sembra avere una duplice giustificazione. Anzitutto vanno considerati i particolari decorsi climatici del terzo anno, straordinariamente favorevoli alle specie leguminose e, di rimando, negativi per le graminacee. L'affermazione delle leguminose nelle parcelle non trattate (si veda la tabella 25) ha qui intensificato poderosamente l'attività di fissazione biologica dell'azoto atmosferico, rendendo disponibili nelle stagioni susseguenti, e soprattutto in quella immediatamente appresso, quantità tali di nutriente da bilanciare in pratica i massimi apporti sperimentali. Tale interpretazione parrebbe ricevere avallo dalla sostanziale analogia, nel quarto anno, tra testimone e trattati e dalla modestia degli scarti, nel quinto, per quanto attiene alle asportazioni (si veda la tabella 12). Se così fosse, i picchi produttivi osservati (12-13 t ha⁻¹ s.s.) costituirebbero o si avvicinerrebbero ai massimi possibili per l'areale nelle condizioni sperimentali date.

La seconda ragione va ricercata nei processi di acidificazione del substrato pedologico promossi dal solfato ammonico elargito (si veda la tabella 27), notoriamente pregiudizievoli per un buon utilizzo del nutriente da parte della vegetazione prativa.

Per quanto concerne il fosforo, la dotazione pedologica iniziale di 37 ppm di P₂O₅ assimilabile era largamente superiore al limite delle 20 ppm indicato come soglia di guardia per la risposta alla concimazione fosfatica (Olsen e Dean, 1965), soglia da noi stessi verificata in precedenti prove (Gusmeroli-Gianoncelli-Della Marianna, 1994). L'innescò della spinta produttiva al terzo anno non può dunque che trovare riscontro nella diminuzione, pur se poco marcata, della reperibilità del nutriente a seguito sia degli aumentati asporti, sia dei processi di acidificazione determinati dalla fertilizzazione azotata.

2.2.2 - Tenori proteici dei foraggi e asportazioni azotate

Più che di contenuti proteici dei foraggi occorrerebbe parlare genericamente di composti azotati, in quanto l'azoto dosato analiticamente deriva, oltre che dagli aminoacidi costituenti le catene proteiche, da altri composti organici e non. Ciò ha per altro un'importanza relativa nell'alimentazione dei ruminanti che, in virtù delle simbiosi ruminali batteriche e protozoarie, sanno utilizzare a fini plastici anche l'azoto non proteico. Una breve annotazione merita però la componente nitrica, sulla quale agisce notoriamente la concimazione azotata e di cui sono conosciuti gli effetti tossici sul bestiame (metaemoglobinemia): numerose ricerche hanno ormai

Tabella 7
SONDALO - Tenori medi in protidi grezzi dei singoli tagli - Medie quinquennali

TRATTAMENTI	Tenori proteici (% sulla s.s.)			
	I taglio	II taglio	III taglio *	
NOPO	9.77 bc	12.77 ab	16.45 a	A
N2PO	9.58 c	11.79 c	14.64 bc	BC
N2P1	9.75 bc	12.24 bc	14.76 bc	BC
N3P1	10.23 ab	12.41 ac	15.04 b	B
N4P1	10.64 a	13.19 a	14.33 c	C
MEDIA	9.99	12.73	15.30	
SIGNIFICATIVITA'				
Blocchi	n. s.	n. s.	n. s.	
T (trattamenti)	0.05	0.05	0.001	
A (anni)	0.001	0.001	0.001	
Int. T A	0.001	0.001	0.01	

N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per P=0.05 e maiuscole per P=0.01) sono tra loro statisticamente non diverse

(*) Medie ricavate su tre anni

Tabella 8
SONDALO - Tenori medi in protidi grezzi del primo taglio nel quinquennio

TRATTAMENTI	Tenori proteici (% sulla s.s.)				
	I anno	II anno	III anno	IV anno	V anno
NOPO	8.98 c C	6.56 b	12.02 a A	10.53	10.75 b C
N2P0	9.94 bc AC	6.96 b	9.56 b B	9.85	11.59 b BC
N2P1	9.64 bc BC	7.72 b	9.25 b B	10.40	11.76 b AC
N3P1	10.82 ab AB	7.76 b	9.66 b B	10.00	12.90 a AB
N4P1	11.57 a A	9.29 a	9.35 b B	9.38	13.27 a A
MEDIA	10.19	7.66	9.97	10.10	12.05
SIGNIFICATIVITA'					
Blocchi	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
T (trattamenti)	0.01	0.05	0.01	n. s.	0.01

N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per $P=0.05$ e maiuscole per $P=0.01$) sono tra loro statisticamente non diverse

definitivamente dimostrato l'improbabilità, anche con dosaggi molto spinti, di raggiungere quelle concentrazioni ritenute pericolose e che Large (1968) colloca attorno allo 0.2%.

Nelle cotiche polifite la dotazione proteica o azotata dei foraggi si pone in relazione con il quadro floristico, lo stadio fenologico delle piante, la disponibilità di azoto nel substrato ed il grado di diluizione dell'assorbito, a sua volta correlato a numerosi fattori fisiologici riassumibili nella quantità di fotosintetato accumulato nei tessuti (Paris-Gavazzi-Tabaglio, 1992).

Le cinque sottotesi sottoposte ad analisi qualitativa consentono di estrapolare l'effetto della concimazione azotata dai confronti N2P0 vs NOPO e N4P1 vs N3P1 vs N2P1 e della concimazione fosfatica dal confronto N2P1 vs N2P0. I valori medi proteici osservati nel quinquennio (tabella 7) sembrano sottostare essenzialmente al controllo della disponibilità azotata, mentre l'influenza del fosforo appare trascurabile in tutti gli sfalci. L'azione dell'azoto, in conformità d'altro canto con quanto risaputo, assume segni controversi in funzione della dose di somministrato. Alla soglia N2 hanno il sopravvento i processi di diluizione che sovrapponendosi ai mutamenti floristici inducono abbassamenti nel parametro, con riscontri statisticamente significativi nel secondo e terzo taglio. Al dosaggio successivo le maggiori assunzioni radicali sembrano bilanciare i fenomeni depressori, ma è solo al limite delle 160 unità di elargito che si affaccia una chiara controtendenza, cui per altro si sottrae il raccolto terminale. In esso le sottotesi controllo ostentano un quadro floristico più favorevole, a fronte di una disponibilità pedologica di elemento che l'analisi dei rendimenti produttivi indica essere pressoché equivalente in tutti i trattamenti.

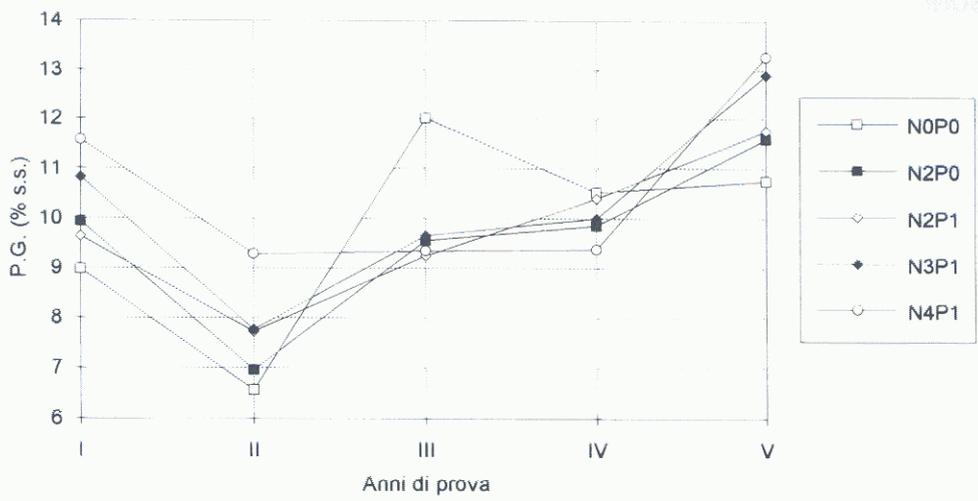


Figura 7
SONDALO - Tenori proteici medi del primo taglio nel quinquennio

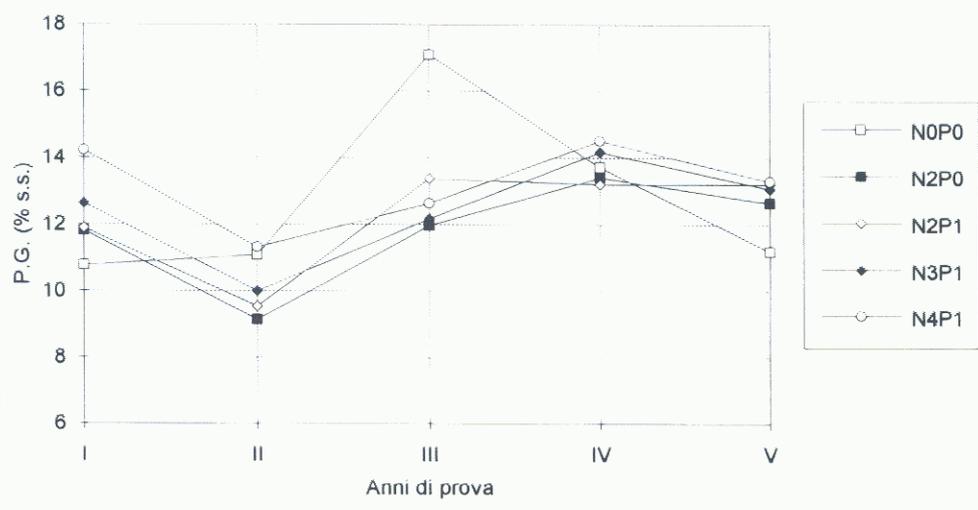


Figura 8
SONDALO - Tenori proteici medi del secondo taglio nel quinquennio

Tabella 9
SONDALO - Tenori medi in protidi grezzi del secondo taglio nel quinquennio

TRATTAMENTI	Tenori proteici (% sulla s.s.)				
	I anno	II anno	III anno	IV anno	V anno
NOPO	10.78 c	11.09 ab AB	17.07 a A	13.71	11.20
N2P0	11.81 bc	9.14 c C	11.97 b B	13.40	12.65
N2P1	11.88 bc	9.55 c BC	13.36 b B	13.20	13.20
N3P1	12.64 ab	10.01 bc AC	12.17 b B	14.18	13.06
N4P1	14.21 a	11.32 a A	12.63 b B	14.51	13.29
MEDIA	12.26	10.22	13.44	13.80	12.68
SIGNIFICATIVITA'					
Blocchi	n. s.	n. s.	n. s.	0.05	n. s.
T (trattamenti)	0.05	0.01	0.001	n. s.	n. s.

N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per $P=0.05$ e maiuscole per $P=0.01$) sono tra loro statisticamente non diverse

Come per le rese, il fattore anni risulta determinante per l'espressione del carattere, tanto in termini di valori medi di campo che di relazione tra le tesi. Il coefficiente F viene infatti iscritto in tutti i tagli a limiti fiduciali di spicco per entrambe le fonti di variabilità. Per il primo e secondo raccol-

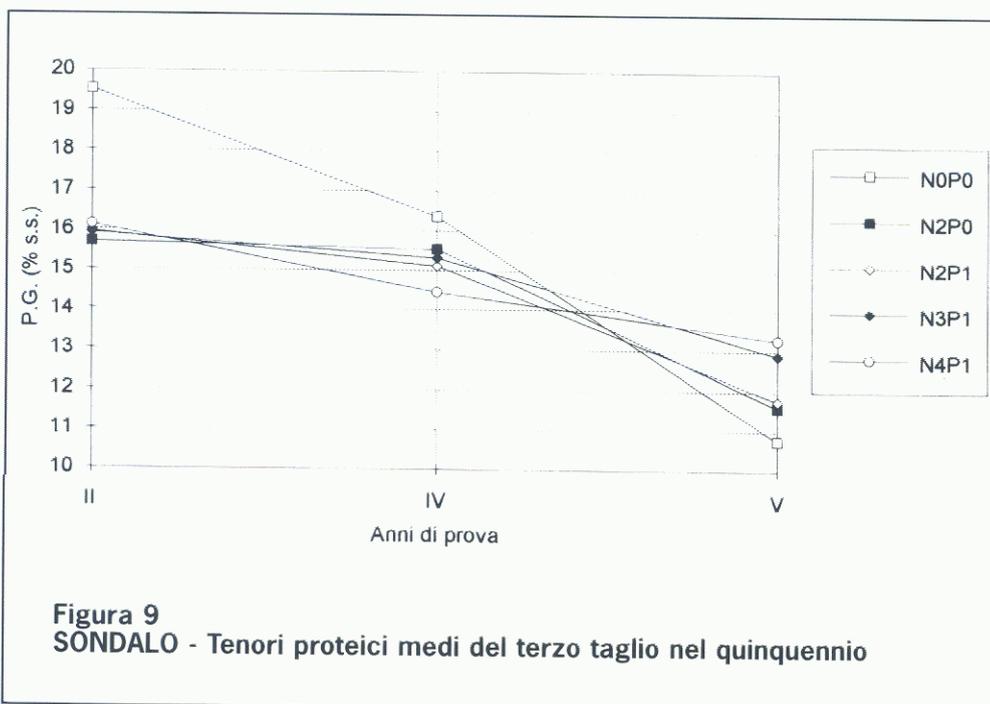


Tabella 10
SONDALO - Tenori medi in protidi grezzi del terzo taglio nel quinquennio

TRATTAMENTI	Tenori proteici (% sulla s.s.)				
	I anno	II anno	III anno	IV anno	V anno
NOPO	non eseguito	19.52 a A	non eseguito	16.37 a	10.75
N2P0		15.69 b B		15.54 ab	11.59
N2P1		15.95 b B		15.11 b	11.76
N3P1		15.92 b B		15.32 ab	12.90
N4P1		16.12 b B		14.44 b	13.27
MEDIA		16.64		15.35	12.05
SIGNIFICATIVITA'					
Blocchi		n. s.		n. s.	n. s.
T (trattamenti)		0.001		0.05	n. s.

N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per P=0.05 e maiuscole per P=0.01) sono tra loro statisticamente non diverse

to gli andamenti temporali (tabelle 8-9 e figure 7-8) evidenziano ancora, pur con qualche discrepanza, quanto già rilevato per la produzione, ovvero la caduta di attività della concimazione azotata a partire dal terzo anno. I vertici ragguardevoli raggiunti da NOPO in questa stagione e quelli

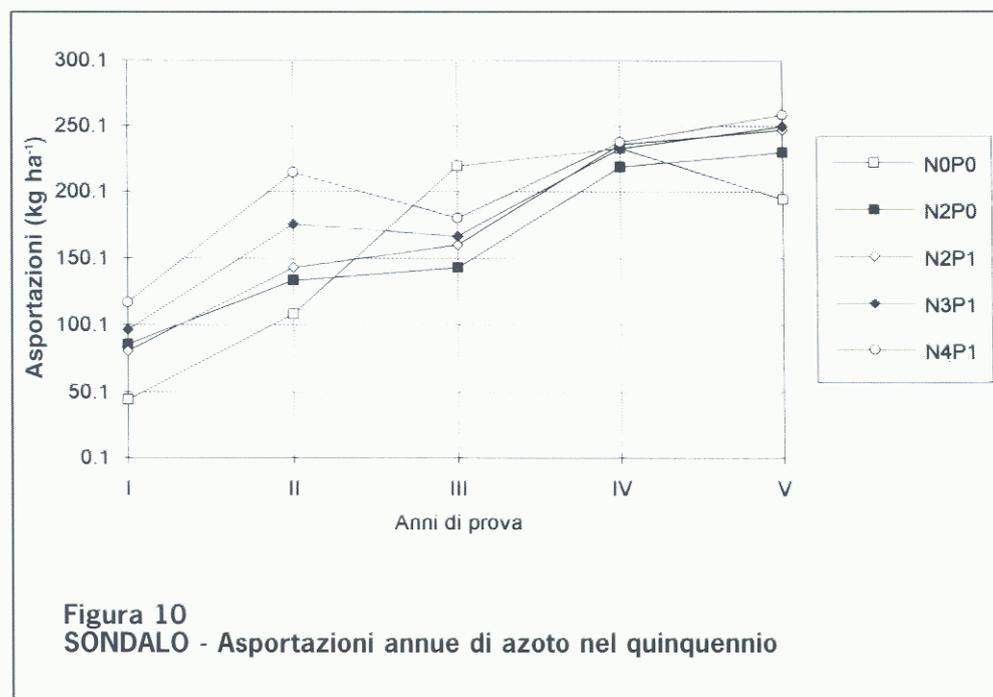


Tabella 11
SONDALO - Asportazioni annue di azoto e medie nel quinquennio

TRATTAMENTI	Asportazioni (kg ha ⁻¹)					Media quinquennio
	I anno	II anno	III anno	IV anno	V anno	
NOPO	44.18 c C	108.28 d D	219.51 a A	232.90	194.43 c C	159.86 c C
N2P0	85.49 b B	133.50 c CD	143.01 d C	218.45	229.91 b B	162.07 c C
N2P1	80.54 b B	143.14 c C	159.96 cd BC	235.57	246.75 a AB	173.19 bc BC
N3P1	96.39 b AB	175.34 b B	166.64 bc BC	232.40	249.44 a AB	184.04 b AB
N4P1	116.77 a A	214.41 a A	179.95 b B	237.47	258.32 a A	201.38 a A
MEDIA	84.67	154.93	173.81	231.36	235.77	181.56
SIGNIFICATIVITA'						
Blocchi T (trattamenti) A (anni) Int. T A	n. s. 0.001	n. s. 0.001	n. s. 0.001	n. s. n. s.	n. s. 0.001	n. s. 0.001 0.001 0.001

N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per P=0.05 e maiuscole per P=0.01) sono tra loro statisticamente non diverse

generali nelle successive, unitamente all'assenza di scarti apprezzabili tra i trattamenti (cui fa eccezione il solo primo taglio della stagione conclusiva), confermerebbero l'ipotesi di una concomitanza particolarmente favorevole di fattori edafici sulle disponibilità azotate delle parcelle non concimate, in risposta essenzialmente alle dinamiche floristiche del terzo anno.

Per quanto riguarda il terzo sfalcio (tabella 10 e figura 9), nei tre anni in cui esso è stato eseguito, il testimone ha oltrepassato le tesi in due casi e le ha pareggiate, in termini statistici, nell'altro. Il tutto sembrerebbe di nuovo rispecchiarsi nelle vicende floristiche delle coperture erbose.

I dati relativi alle asportazioni di azoto sono riassunti nella tabella 11. In media quinquennale le applicazioni fosfatiche si mostrano incapaci di sollecitare gli assorbimenti radicali. Quelle azotate, per parte loro, suscitano una risposta significativa solo a partire dalla dose N3. L'inconsistenza numerica degli incrementi (solo 41.52 kg ha⁻¹ per la tesi N4P1) trova riscontro nell'alternarsi nel periodo di prova di situazioni molto diversificate, come segnalato dalle elevate fluttuazioni delle medie di campo e dalla forte interazione TxA. In particolare (si veda anche la figura 10) l'annata centrale propone per NOPO asporti addirittura superiori alle altre combinazioni (P=0.01)! Successivamente gli scenari tendono a riportarsi su schemi più consueti e logici che risentono tuttavia ancora degli anomali assetti floristici assunti dal pabulum: dapprima si configura una sostanziale uniformità tra le cinque tesi; nella stagione conclusiva i trattati sopravanzano il controllo, ma con scarti non eccelsi.

Data la profonda discordanza di composizione floristica emersa al terzo anno tra parcelle azotate e non, il calcolo dei coefficienti di recupero apparente dell'azoto somministrato viene in parte a perdere di significato. Il parametro è infatti in grado di descrivere con approssimazione accettabile il destino del nutriente allorché tra testimone e tesi non vi siano eccessive divergenze in termini di presenza di leguminose. Diversamente cade il presupposto su cui si fonda la procedura di calcolo di una comparabilità nella capacità di supportare, ricorrendo alla sola fertilità naturale, gli assorbimenti radicali, comparabilità qui alterata dall'attività azoto-fissatrice dei *Rhizobium*. I valori tabulati per la terza e la quarta stagione di prova (tabella 12) vanno pertanto ritenuti non probanti. Se così non fosse oc-

Tabella 12
SONDALO - Ripartizione apparente dell'azoto somministrato nel quinquennio

Tesi	Azoto assorbito		Azoto residuo (kg ha ⁻¹)
	(kg ha ⁻¹)	(%) del somministrato	
I anno			
N2P0	41.31	51.64	38.69
N2P1	36.36	45.45	43.64
N3P1	52.21	43.51	67.79
N4P1	72.59	45.37	87.41
MEDIA	50.62	46.49	59.38
II anno			
N2P0	25.22	31.53	54.78
N2P1	34.86	43.58	45.14
N3P1	67.06	55.88	52.94
N4P1	106.13	66.33	53.87
MEDIA	58.32	49.33	51.68
III anno			
N2P0	0	0	80
N2P1	0	0	80
N3P1	0	0	120
N4P1	0	0	160
MEDIA	0	0	110
IV anno			
N2P0	0	0	80.00
N2P1	2.67	3.34	77.33
N3P1	0	0	120.00
N4P1	4.57	2.86	155.43
MEDIA	1.81	1.55	108.19
V anno			
N2P0	35.48	44.35	44.52
N2P1	52.32	65.40	27.68
N3P1	55.01	45.84	64.99
N4P1	63.89	39.93	96.11
MEDIA	51.68	48.88	58.33

correrebbe, d'altro canto, accettare l'ipotesi che nelle cotiche trattate la vegetazione non sia stata in grado di trasferire alla parte epigea neppure un kg di concime, ipotesi francamente poco plausibile anche pensando alla minore capacità esplorativa del sistema radicale di formazioni a prevalenza graminacea rispetto a quelle più ricche di leguminose.

Più veritieri sono i dati relativi alle altre annate, pur con qualche riserva per l'ultima. Nelle combinazioni a duplice trattamento la quota di azoto distribuito, apparentemente recuperata con i raccolti, oscilla da un minimo del 40% ad un massimo del 66%; nella tesi non fosfatata (N2P0) dal 32% al 52%. Nella media del triennio l'indice lascia intravedere affinità tra i livelli azotati, diversificandosi però nelle singole annate: la stagione d'avvio è caratterizzata da un grande equilibrio; quella successiva da un graduale crescendo al lievitare delle dosi e l'ultima, al contrario, da una regressione. Anche per il fosforo le situazioni non sono omogenee. Le dinamiche sembrerebbero ricalcare gli orientamenti produttivi, proponendo, dopo il primo anno, quella funzione di promozione dell'utilizzo dell'azoto che, come rilevato in altre esperienze, può assumere grande significato in materia di protezione dell'ambiente. Tale funzione si quantifica in 12 e 21 kg ha⁻¹ di principio, rispettivamente nel secondo e nel quinto anno, per applicazioni di 80 kg ha⁻¹ di P₂O₅.

L'azoto residuale aumenta con gli apporti di nutriente. In corrispondenza delle 160 unità si registra nel triennio una media di 79 kg ha⁻¹, con una punta di 96 kg ha⁻¹. Considerando che una quota viene immagazzinata nel terreno e nella struttura ipogea delle piante, detti valori non vanno ritenuti di eccessivo rischio ecologico. Si deve semmai rimarcare il modesto utilizzo apparente del somministrato, da ricondurre però in parte alla necessità di rispettare il protocollo sperimentale anche laddove fenomeni di siccità estiva avrebbero consigliato la sospensione del trattamento sul riccio.

2.2.3 - Tenori e asportazioni in fosforo dei foraggi

Il corredo fosfatico della vegetazione prativa, analogamente a quello proteico, è sottoposto al controllo dello spettro botanico del pabulum, dello stadio fenologico delle specie, del livello di intensificazione culturale e della reperibilità del principio nella matrice.

Gli esiti sperimentali osservati si coniugano molto bene con questa griglia interpretativa. Il resoconto relativo alle medie complessive (tabella 13) pone alla ribalta il ruolo della concimazione fosfatica, cui si devono in tutti gli sfalci incrementi significativi di concentrazione nella biomassa. Gli scarti tra N2P1 e N2P0 sono nell'ordine di 0.07, 0.06 e 0.04 punti percentuali nei tre raccolti. Il quantitativo elargito, sebbene vada ad innalzare le scor-

Tabella 13
SONDALO - Tenori medi in fosforo dei singoli tagli - Medie quinquennali

TRATTAMENTI	Tenori in fosforo (% sulla s.s.)					
	I taglio		II taglio		III taglio *	
NOPO	0.19 b	B	0.29 bc	B	0.29 b	B
N2PO	0.18 b	B	0.28 c	B	0.32 b	AB
N2P1	0.25 a	A	0.34 a	A	0.36 a	A
N3P1	0.24 a	A	0.31 b	AB	0.36 a	A
N4P1	0.24 a	A	0.29 bc	B	0.33 ab	AB
MEDIA	0.22		0.31		0.34	
SIGNIFICATIVITA'						
Blocchi	n. s.		0.05		n. s.	
T (trattamenti)	0.001		0.001		0.01	
A (anni)	0.001		0.001		0.01	
Int. T A	n. s.		0.001		n. s.	

N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per $P=0.05$ e maiuscole per $P=0.01$) sono tra loro statisticamente non diverse

(*) Medie ricavate su tre anni

te pedologiche (si veda la tabella 26), non si rivela per altro sufficiente a contrastare del tutto l'azione di diluizione della concimazione azotata: nel taglio intermedio le riduzioni, a decorrere già dalla soglia N3, vengono infatti percepite all'analisi statistica.

Difficile è cogliere in questi dinamismi un qualche elemento ascrivibile alla componente floristica dei cotici. Lo stadio fenologico delle specie sembra invece essere il principale responsabile per un verso del crescendo che si riscontra nella successione dei raccolti, per un altro della variabilità legata alla successione delle stagioni, anche se in concorso con altri fattori, climatici anzitutto.

Il primo ed il terzo taglio tendono a mantenere una risposta costante nel tempo (interazione $T \times A$ non significativa). Ciò traspare in dettaglio nelle graduatorie tra le tesi e nei responsi dei test di confronto multiplo di cui alle tabelle 14 e 16 e alle figure 11 e 13. Non così lo sfalcio intermedio, per il quale l'analisi della varianza ne rimarca l'instabilità, un'instabilità non agevolmente inquadrabile entro una chiara fenomenologia (tabella 15 e figura 12).

Circa le asportazioni di elemento (tabella 17), pur denunciando esse una certa reazione alla concimazione azotata, lievitano prioritariamente con la concimazione fosfatica. Nella media del quinquennio i valori non scavalcano tuttavia in alcuna delle tesi esaminate la dose di principio somministrata (34.9 kg ha^{-1}), instaurando quindi nel periodo bilanci in attivo, in ter-

Tabella 14
SONDALO - Tenori medi in fosforo del primo taglio nel quinquennio

TRATTAMENTI	Tenori in fosforo (% sulla s.s.)				
	I anno	II anno	III anno	IV anno	V anno
NOPO	0.18 b B	0.18 ab	0.19 c B	0.19 b B	0.20 b B
N2P0	0.16 b B	0.16 b	0.20 c B	0.19 b B	0.21 b B
N2P1	0.20 a A	0.21 a	0.26 a A	0.27 a A	0.30 a A
N3P1	0.21 a A	0.21 ab	0.25 ab A	0.25 a AB	0.29 a A
N4P1	0.22 a A	0.22 a	0.24 b A	0.26 a A	0.28 a AB
MEDIA	0.19	0.20	0.23	0.23	0.26
SIGNIFICATIVITA'					
Blocchi	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
T (trattamenti)	0.01	0.05	0.001	0.001	0.001

N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per P=0.05 e maiuscole per P=0.01) sono tra loro statisticamente non diverse

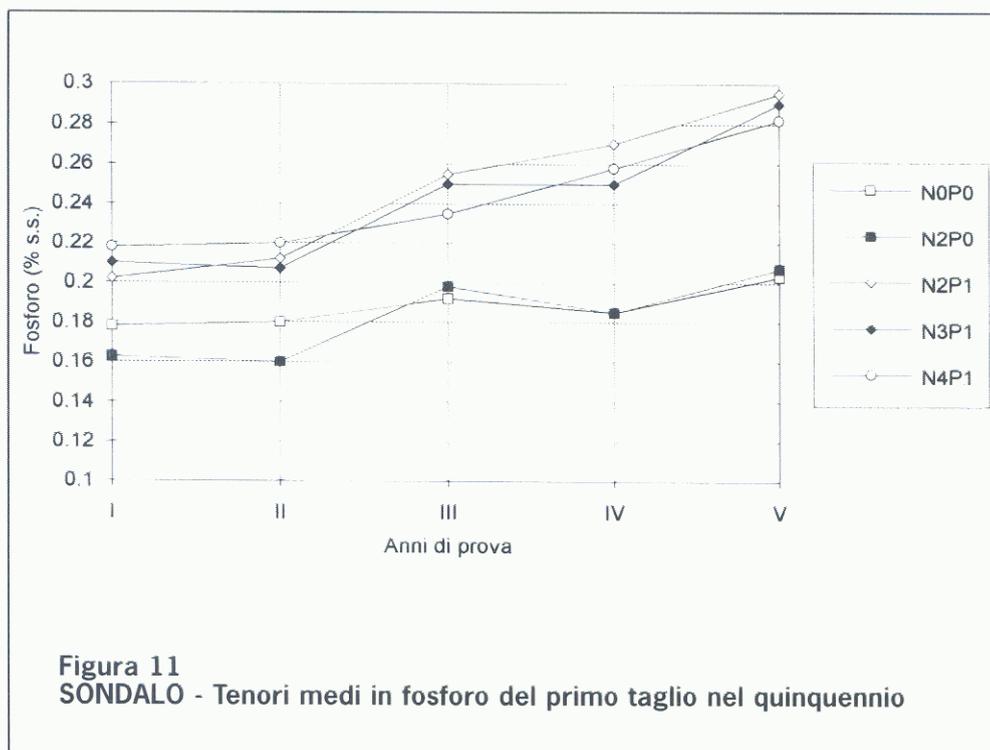


Tabella 15
SONDALO - Tenori medi in fosforo del secondo taglio nel quinquennio

TRATTAMENTI	Tenori in fosforo (% sulla s.s.)				
	I anno	II anno	III anno	IV anno	V anno
NOPO	0.30 a A	0.35 b A	0.28 d D	0.27 b C	0.27 b B
N2P0	0.24 bc AB	0.31 c B	0.30 c C	0.27 b BC	0.29 b B
N2P1	0.27 ab A	0.36 a A	0.38 a A	0.34 a A	0.32 a A
N3P1	0.24 bc AB	0.31 c B	0.35 b B	0.34 a AB	0.33 a A
N4P1	0.20 c B	0.30 c B	0.34 b B	0.32 a AC	0.31 a AB
MEDIA	0.25	0.33	0.33	0.31	0.30
SIGNIFICATIVITA'					
Blocchi	n. s.	n. s.	n. s.	0.05	n. s.
T (trattamenti)	0.01	0.01	0.001	0.01	0.01

N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per P=0.05 e maiuscole per P=0.01) sono tra loro statisticamente non diverse

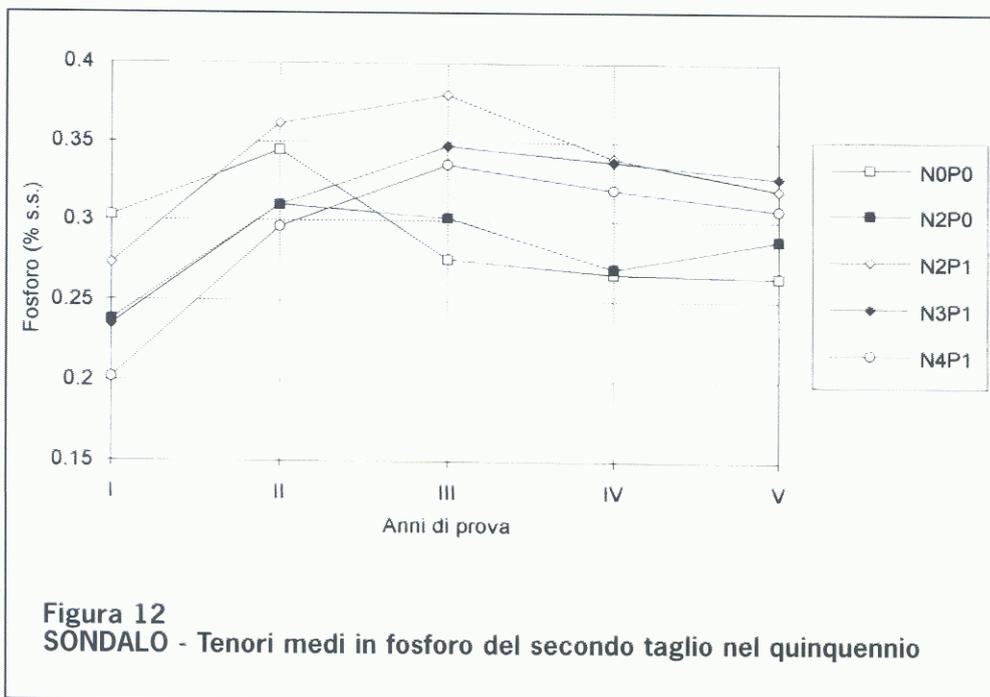


Tabella 16
SONDALO - Tenori medi in fosforo del terzo taglio nel quinquennio

TRATTAMENTI	Tenori in fosforo (% sulla s.s.)				
	I anno	II anno	III anno	IV anno	V anno
NOPO	non eseguito	0.34	non eseguito	0.29 b B	0.26
N2P0		0.38		0.29 b B	0.28
N2P1		0.41		0.36 a A	0.31
N3P1		0.41		0.35 a AB	0.33
N4P1		0.35		0.33 ab AB	0.31
MEDIA		0.38		0.32	0.30
SIGNIFICATIVITA'					
Blocchi		n. s.		0.05	n. s.
T (trattamenti)		n. s.		0.01	n. s.

N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per P=0.05 e maiuscole per P=0.01) sono tra loro statisticamente non diverse

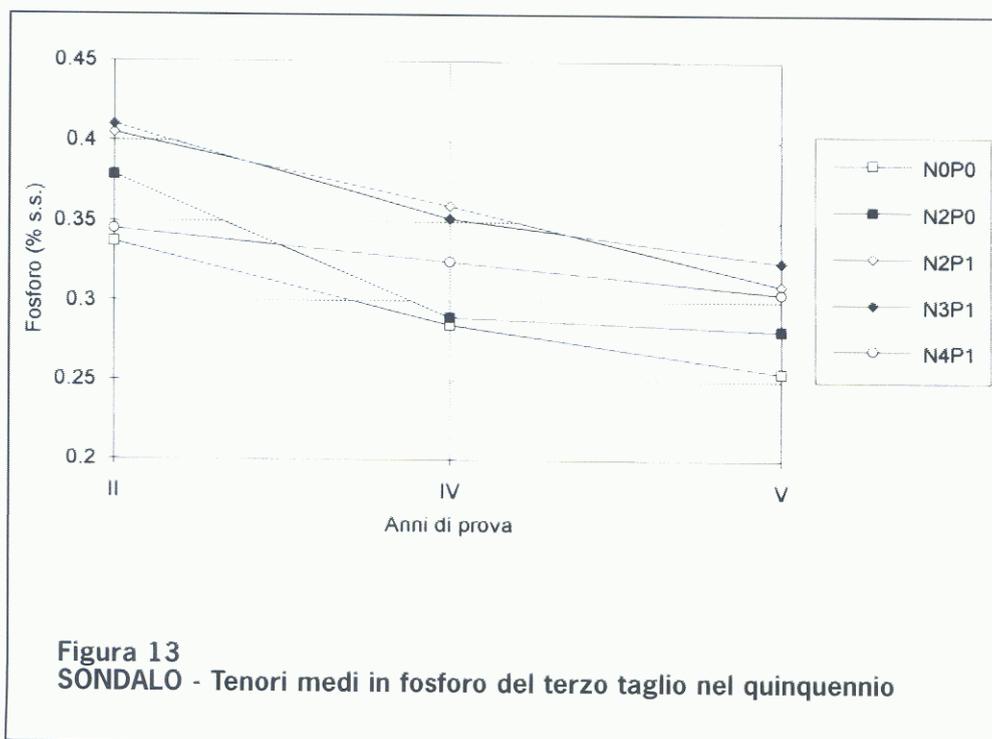
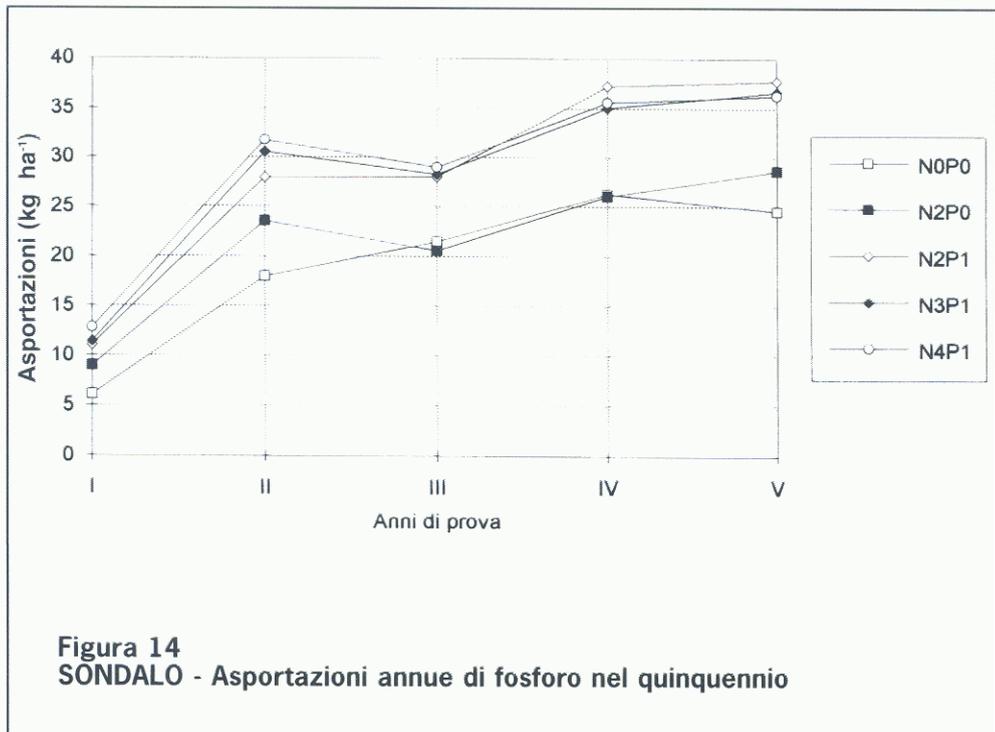


Tabella 17

SONDALO - Asportazioni annue di fosforo e media del quinquennio

TRATTAMENTI	Asportazioni (kg ha ⁻¹)					Media quinquennio
	I anno	II anno	III anno	IV anno	V anno	
NOPO	6.08 c C	17.97 d C	21.48 b B	26.28 b B	24.59 c C	19.28 c C
N2P0	8.99 b B	23.52 c B	20.55 b B	26.08 b B	28.66 b B	21.56 b B
N2P1	11.06 a AB	27.99 b A	28.01 a A	37.29 a A	37.76 a A	28.42 a A
N3P1	11.38 a AB	30.52 ab A	28.29 a A	35.07 a A	36.71 a A	28.39 a A
N4P1	12.79 a A	31.75 a A	29.00 a A	35.62 a A	36.33 a A	29.10 a A
MEDIA	10.06	26.35	25.47	32.07	32.81	26.13
SIGNIFICATIVITA'						
Blocchi T (trattam.) A (anni) Int. T A	n. s. 0.001	n. s. 0.001	0.05 0.001	n. s. 0.001	n. s. 0.001	n. s. 0.001 0.001 0.001

N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per P=0.05 e maiuscole per P=0.01) sono tra loro statisticamente non diverse



mini globali e, come documentato in tabella 26, anche di estraibilità, ciò malgrado i noti meccanismi di insolubilizzazione cui soggiace il fosforo nel terreno.

A livello stagionale mutano significativamente sia le relazioni tra le variabili sperimentali, sia le medie di campo ($P=0.001$ per entrambi). Per il primo fattore appare abbastanza costante il solco che divide le tesi fostatate dalle non fostatate (si veda anche il grafico di figura 14), mentre dagli esiti più ondivaghi, consequenziali in ogni caso con quanto già illustrato in precedenza, si mostra il confronto tra le combinazioni N_2P_0 e $NOPO$. Per i livelli di asportazione si possono rimarcare anche qui i modesti valori della prima annata, derivanti dalla scarsa produzione di biomassa. Gli incrementi successivi sospingono invece nel biennio finale le tre tesi fostatate a scavalcare di misura la soglia degli apporti.

2.2.4 - Tenori e asportazioni in calcio dei foraggi

Le applicazioni di solfato ammonico al terreno comportano percolazioni di calcio sotto forma di solfato e nitrato, valutabili rispettivamente in 30 e 15 kg di elemento per quintale di fertilizzante (Russell, 1973). Il meccanismo, oltre a promuovere l'acidificazione del suolo, va ad erodere la frazione di minerale disponibile per l'assorbimento radicale e sovrapponendosi ad al-

Tabella 18
SONDALO - Tenori medi in calcio dei singoli tagli - Medie quinquennali

TRATTAMENTI	Tenori in calcio (% sulla s.s.)				
	I taglio		II taglio		III taglio *
NOPO	0.91 a	A	1.17 a	A	1.17
N2P0	0.79 bc	AB	0.94 b	B	1.21
N2P1	0.82 b	AB	0.97 b	B	1.19
N3P1	0.73 c	BC	0.89 b	BC	1.23
N4P1	0.63 d	C	0.78 c	C	1.03
MEDIA	0.78		0.97		1.19
SIGNIFICATIVITA'					
Blocchi	0.05		0.05		n. s.
T (trattamenti)	0.001		0.001		n. s.
A (anni)	0.001		0.01		0.001
Int. T A	0.01		0.001		n. s.

N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per $P=0.05$ e maiuscole per $P=0.01$) sono tra loro statisticamente non diverse

(*) Medie ricavate su tre anni

Tabella 19
SONDALO - Tenori medi in calcio del primo taglio nel quinquennio

TRATTAMENTI	Tenori in calcio (% sulla s.s.)				
	I anno	II anno	III anno	IV anno	V anno
NOPO	0.96 a	0.74 ab	1.31 a A	0.93 a	0.63
N2PO	0.76 b	0.72 ab	1.00 bc BC	0.84 ab	0.64
N2P1	0.77 b	0.80 a	1.04 b B	0.85 ab	0.65
N3P1	0.78 b	0.56 b	0.82 cd BC	0.78 bc	0.70
N4P1	0.64 b	0.55 b	0.78 d C	0.67 c	0.52
MEDIA	0.78	0.67	0.99	0.81	0.63
SIGNIFICATIVITA'					
Blocchi	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
T (trattamenti)	0.05	0.05	0.001	0.05	n. s.

N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per P=0.05 e maiuscole per P=0.01) sono tra loro statisticamente non diverse

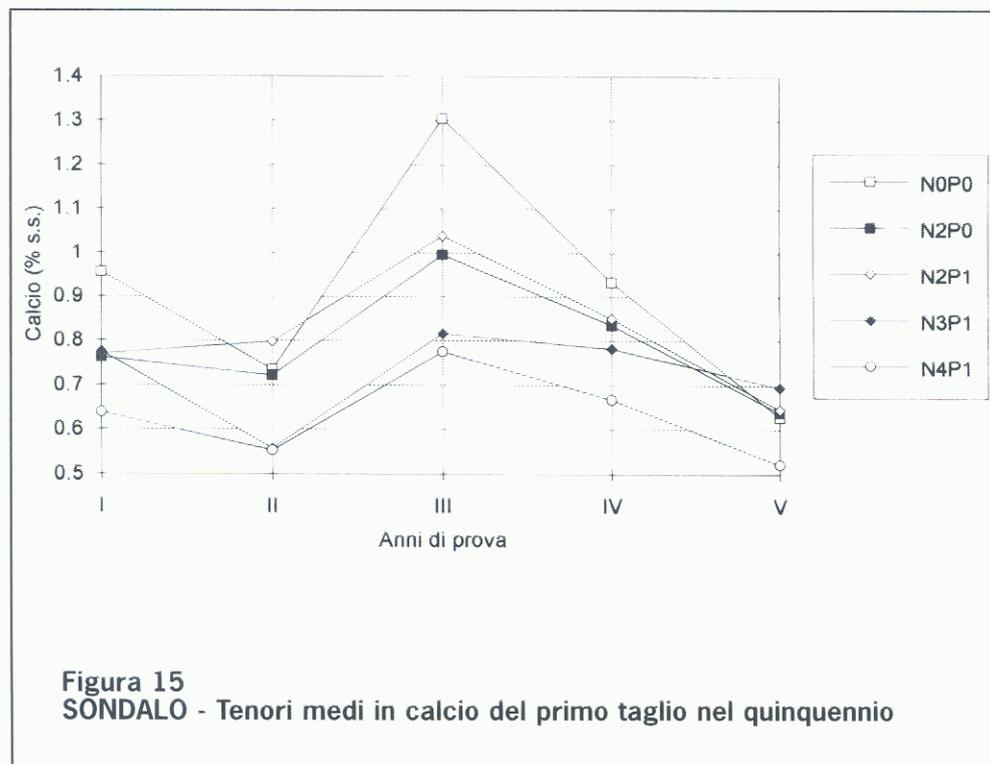


Tabella 20
SONDALO - Tenori medi in calcio del secondo taglio nel quinquennio

TRATTAMENTI	Tenori in calcio (% sulla s.s.)				
	I anno	II anno	III anno	IV anno	V anno
NOPO	1.29 a A	1.34 a A	1.34 a A	0.99	0.89
N2P0	0.88 bc B	0.96 bc B	1.01 b BC	0.90	0.94
N2P1	1.05 b AB	1.01 b B	1.08 b B	0.90	0.83
N3P1	1.00 bc B	0.84 cd BC	0.86 c CD	0.95	0.82
N4P1	0.86 c B	0.72 d C	0.75 c D	0.80	0.80
MEDIA	1.01	0.97	1.01	0.91	0.85
SIGNIFICATIVITA'					
Blocchi	0.05	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
T (trattamenti)	0.01	0.001	0.001	n. s.	n. s.

N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per $P=0.05$ e maiuscole per $P=0.01$) sono tra loro statisticamente non diverse

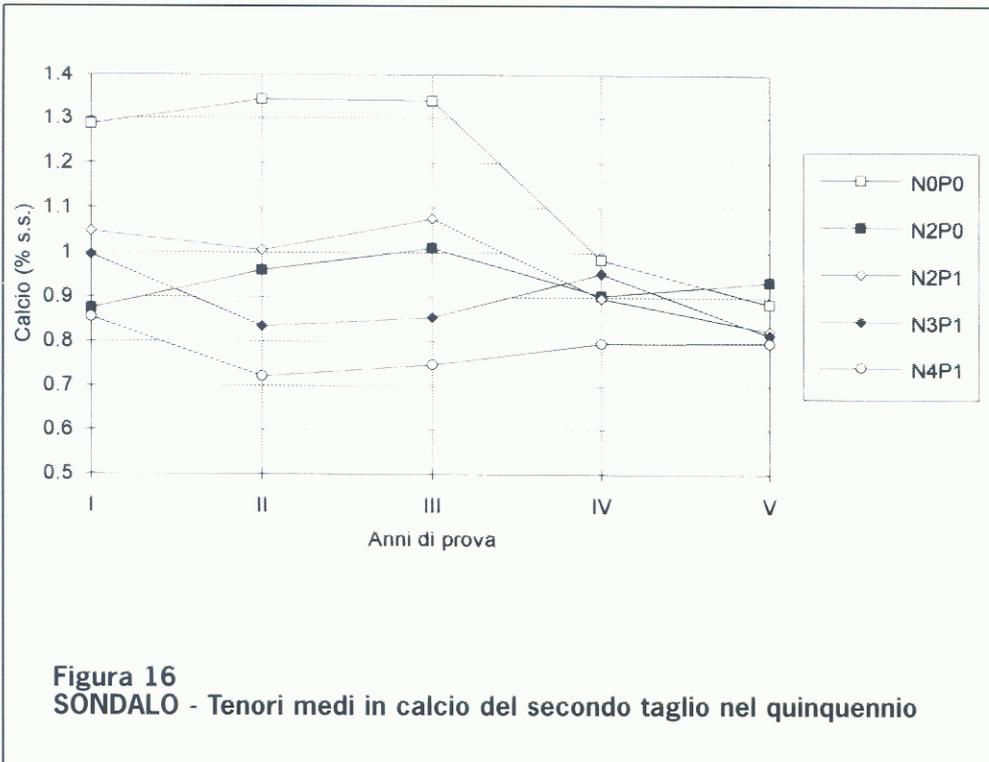
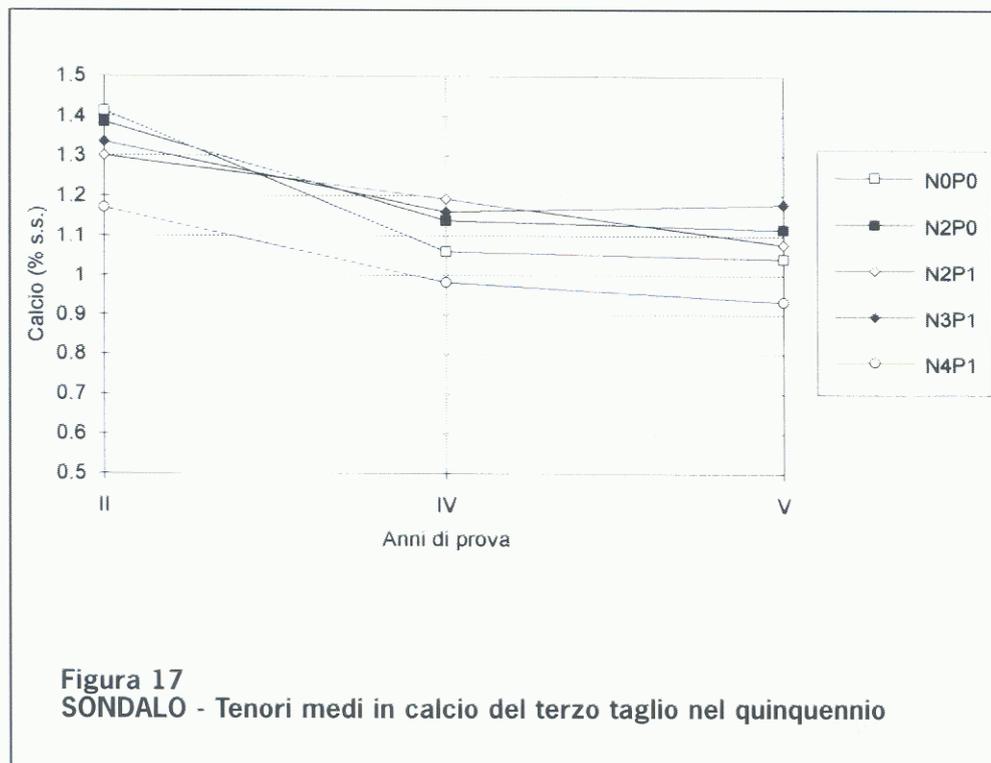


Tabella 21
SONDALO - Tenori medi in calcio del terzo taglio nel quinquennio

TRATTAMENTI	Tenori in calcio (% sulla s.s.)				
	I anno	II anno	III anno	IV anno	V anno
NOPO	non eseguito	1.41	non eseguito	1.06	1.04
N2PO		1.38		1.14	1.12
N2P1		1.30		1.19	1.08
N3P1		1.34		1.16	1.18
N4P1		1.17		0.98	0.93
MEDIA		1.32		1.11	1.07
SIGNIFICATIVITA'					
Blocchi		n. s.		n. s.	n. s.
T (trattamenti)		n. s.		n. s.	n. s.

N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per $P=0.05$ e maiuscole per $P=0.01$) sono tra loro statisticamente non diverse



tri fenomeni può concorrere a ridurre le concentrazioni nelle parte epigea della pianta. Ciò si verifica, naturalmente, nei suoli non ben provvisti di elemento.

Non pare essere questo il caso della matrice in esame. Le contrazioni dei tenori palesatesi nella media quinquennale sui primi due raccolti a seguito della concimazione azotata (tabella 18) vanno dunque attribuite ai soliti effetti di diluizione della sostanza secca ed alle ripercussioni di tipo floristico: in funzione della prevalenza degli uni o delle altre muta la portata delle variazioni. Queste constatazioni collimano molto bene con l'assenza di attività nel terzo taglio e soprattutto con il grande equilibrio tra le tesi nei livelli di asportazione complessiva di elemento, assestatisi su valori medi annuali attorno a 80 kg ha^{-1} . Anche le fluttuazioni tra gli anni, per quanto riguarda le relazioni tra i trattamenti (tabelle 19-20-21 e figure 15-16-17), trovano in buona parte giustificazione in questo schema interpretativo. Nelle prime due stagioni l'affievolimento delle concentrazioni sembrerebbe subordinarsi alla spinta produttiva fornita dal nutriente; nella terza annata maggiore importanza è rivendicata dal rapporto quantitativo tra graminacee e leguminose, famiglie che possiedono tassi calcici sensibilmente diversi tra loro. Nel biennio conclusivo, infine, gli scarti si attenuano in parallelo allo smorzarsi degli effetti del fattore sperimentale sui ritmi vegetativi e sugli assetti botanici del pabulum.

Assodata e scontata, data la blanda attività trofica e selettiva manifestata, la marginalità della concimazione fosfatica, resta invece da dire qualcosa riguardo al rapporto calcio/fosforo. I nutrizionisti riservavano in passato grande attenzione a questo parametro, ritenendo che l'utilizzazione da parte del bestiame dei due minerali ed in particolare del fosforo, più comunemente carente nelle diete, fosse ad esso subordinata. Attualmente non gli si concede più molto peso, essendo stato dimostrato che, salvo situazioni estreme, è sufficiente coprire i rispettivi fabbisogni per prevenire carenze. Ciò non toglie che un equilibrato rapporto nei foraggi agevoli il razionamento e quindi rappresenti una prerogativa di qualità desiderabile.

Senza approfondire il discorso si può semplicemente osservare (tabelle 22-23-24) come gli apporti fertilizzanti, sia quelli azotati che quelli fosfatici, migliorino l'indice, riportandolo da livelli piuttosto elevati a valori non molto distanti da quelli ideali per il bestiame bovino da latte (1.5-2).

2.2.5 - Tenori in fibra grezza e unità foraggiere latte

A differenza degli altri parametri qualitativi indagati, i tenori in fibra grezza ed in UFL si mostrano assolutamente affrancati dai fattori spe-

Tabella 22
SONDALO - Rapporti medi calcio-fosforo del primo taglio nel quinquennio

TRATTAMENTI	Rapporto calcio - fosforo				
	I anno	II anno	III anno	IV anno	V anno
NOPO	5.42 a A	4.06 a AB	6.78 a A	5.15 a A	3.14 a A
N2PO	4.69 a AB	4.50 a A	5.06 b B	4.65 a AB	3.08 a A
N2P1	3.84 b BC	3.71 ab AC	4.07 c BC	3.15 b BC	2.19 b B
N3P1	3.77 b BC	2.82 bc BC	3.26 d C	3.16 b BC	2.40 b AB
N4P1	2.94 c C	2.54 c C	3.29 d C	2.59 b C	1.87 b B
MEDIA	4.13	3.52	4.49	3.74	2.54
SIGNIFICATIVITA'					
Blocchi	0.01	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
T (trattamenti)	0.001	0.01	0.001	0.01	0.01

N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per $P=0.05$ e maiuscole per $P=0.01$) sono tra loro statisticamente non diverse

Tabella 23
SONDALO - Rapporti medi calcio-fosforo del secondo taglio nel quinquennio

TRATTAMENTI	Rapporto calcio - fosforo				
	I anno	II anno	III anno	IV anno	V anno
NOPO	4.24	3.85 a A	4.91 a A	3.78 a A	3.33 a
N2PO	3.81	3.10 b B	3.35 b B	3.34 ab AB	3.51 a
N2P1	3.86	2.76 b B	2.83 c BC	2.65 c B	2.58 b
N3P1	4.24	2.69 b B	2.46 cd C	2.82 bc B	2.47 b
N4P1	4.25	2.58 b B	2.27 d C	2.50 c B	2.58 b
MEDIA	4.08	3.00	3.16	3.02	2.90
SIGNIFICATIVITA'					
Blocchi	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
T (trattamenti)	n. s.	0.01	0.001	0.01	0.05

N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per $P=0.05$ e maiuscole per $P=0.01$) sono tra loro statisticamente non diverse

Tabella 24
SONDALO - Rapporti medi calcio-fosforo del terzo taglio nel quinquennio

TRATTAMENTI	Rapporto calcio - fosforo)				
	I anno	II anno	III anno	IV anno	V anno
NOPO	non eseguito	4.20 a	non eseguito	3.72	4.10
N2P0		3.67 ab		3.92	3.96
N2P1		3.22 b		3.34	3.45
N3P1		3.30 b		3.31	3.73
N4P1		3.40 b		3.02	3.09
MEDIA		3.56		3.46	3.67
SIGNIFICATIVITA'					
Blocchi T (trattamenti)		n. s. 0.05		n. s. n. s.	n. s. n. s.

N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per $P=0.05$ e maiuscole per $P=0.01$) sono tra loro statisticamente non diverse

rimentali. I valori medi osservati in ognuno degli anni di prova risultano infatti identici o molto vicini tra di loro in tutti i tagli per tutte le tesi. Le modificazioni nello spettro floristico e negli assorbimenti di nutrienti determinati dalla somministrazione di azoto e di fosforo non sono cioè capaci di alterare questi due indicatori nutrizionali, perlomeno nelle condizioni in cui si è operato.

2.2.6 - Composizione floristica

A differenza di altre esperienze, le alterazioni indotte dalla concimazione non sono risultate così incisive e favorevoli (tabella 25). L'azoto, ricalcando in parte gli andamenti espressi in termini produttivi, evidenzia una buona attività nella prima parte del quinquennio, rallentando però vistosamente, fino ad esaurimento, nel segmento successivo. La sua azione consiste in uno stimolo all'espansione delle specie graminacee. Per la dose massima di intervento, questa si concretizza in incrementi variabili da un minimo del 15% circa, in media annua, ad un massimo di quasi il 35%. Mentre nel primo biennio ciò va, utilmente, a scapito essenzialmente delle specie di scarso pregio foraggero, nel terzo e quarto anno tutto si ripercuote sulle leguminose che, in corrispondenza delle applicazioni più spinte, tendono quasi a scomparire. Nel terzo anno, un anno per altro anomalo, per la proporzione assolutamente straordinaria della componente leguminosa (55-60% nelle parcelle non

Tabella 25
SONDALO - Composizione floristica media dei singoli tagli e medie annuali ponderate

Taglio	Cat. fl.	NOPO	NOP1	N1PO	N1P1	N2PO	N2P1	N3PO	N3P1	N4PO	N4P1
I anno 1° t.	GRAM.	50.8	54.8	51.6	54.8	66.8	62.3	66.1	66.7	72.4	68.2
	LEGUM.	1.5	2.7	0.8	1.4	1.1	1.1	0.4	1.1	1.4	1.0
	ALTRE	47.7	42.5	47.6	43.8	32.2	36.6	33.6	32.2	26.2	30.8
2° t.	GRAM.	18.3	19.0	23.5	22.9	32.8	32.3	39.3	39.7	38.4	41.3
	LEGUM.	1.7	2.2	0.8	1.4	2.2	1.0	0.9	1.4	3.8	0.3
	ALTRE	80.0	78.8	75.8	75.8	65.0	66.7	59.8	58.8	57.8	58.3
Media	GRAM.	43.6	46.1	43.7	45.9	58.1	54.4	60.1	60.0	64.4	61.8
	LEGUM.	1.5	2.6	0.8	1.4	1.4	1.1	0.5	1.2	2.0	0.8
	ALTRE	54.8	51.3	55.5	52.8	40.6	44.5	39.5	38.8	33.7	37.4
II anno 1° t.	GRAM.	44.3	39.8	47.0	50.0	40.5	52.6	61.6	63.8	59.2	66.3
	LEGUM.	2.5	6.7	1.7	1.2	0.1	1.2	0.0	0.0	0.1	0.0
	ALTRE	53.2	53.5	51.3	48.9	59.4	46.2	38.4	36.2	40.7	33.7
2° t.	GRAM.	10.5	15.4	22.1	19.8	41.0	30.0	52.3	53.9	48.8	54.1
	LEGUM.	21.3	21.8	4.0	5.3	1.7	1.3	0.0	0.4	0.3	1.9
	ALTRE	68.2	62.9	73.9	74.9	57.3	68.7	47.7	45.8	50.9	45.6
3° t.	GRAM.	10.2	7.6	11.0	8.7	15.5	16.8	21.3	22.6	25.0	32.5
	LEGUM.	46.5	36.8	21.2	32.4	7.1	6.2	0.8	2.9	3.3	0.6
	ALTRE	43.4	55.6	67.9	59.0	77.5	77.1	77.9	74.6	71.7	66.9
Media	GRAM.	30.2	28.0	35.8	35.6	38.7	41.8	55.2	57.1	52.4	58.8
	LEGUM.	12.8	15.2	4.0	5.5	1.2	1.6	0.1	0.4	0.5	0.8
	ALTRE	57.1	58.9	60.3	59.0	60.1	56.7	44.7	42.5	47.1	41.0
III anno 1° t.	GRAM.	16.5	15.7	19.0	25.5	43.9	32.4	50.2	50.6	47.6	57.8
	LEGUM.	55.2	55.7	38.0	46.4	13.0	13.3	2.3	5.8	1.0	0.8
	ALTRE	28.3	28.6	43.0	28.1	43.1	54.3	47.5	43.6	51.4	41.3
2° t.	GRAM.	6.7	9.1	12.9	13.1	26.8	24.4	37.2	34.4	39.9	43.1
	LEGUM.	64.4	55.8	41.8	47.2	19.7	19.6	3.5	10.8	6.1	2.9
	ALTRE	29.0	35.2	45.4	39.7	53.5	56.0	59.3	54.8	54.0	54.0
Media	GRAM.	12.3	12.6	16.2	19.8	36.2	28.8	44.8	43.6	44.1	51.4
	LEGUM.	59.1	55.7	39.7	46.8	16.0	16.2	2.8	8.0	3.3	1.7
	ALTRE	28.6	31.6	44.1	33.4	47.8	55.1	52.4	48.5	52.6	48.9
IV anno 1° t.	GRAM.	39.3	41.1	39.5	37.3	48.8	42.8	46.8	48.8	58.8	59.8
	LEGUM.	10.7	14.3	10.2	14.6	18.6	10.1	2.1	6.9	1.0	1.5
	ALTRE	50.0	49.5	50.4	48.1	32.6	47.2	51.1	44.3	40.2	38.8
2° t.	GRAM.	39.8	34.7	27.8	37.1	34.1	31.6	39.3	34.9	38.0	43.3
	LEGUM.	19.4	13.8	14.3	10.3	8.2	10.1	4.7	5.4	2.4	2.2
	ALTRE	50.8	51.6	57.9	52.6	57.6	58.3	56.0	59.7	59.6	54.5
3° t.	GRAM.	26.1	31.3	23.2	25.5	21.5	27.1	18.1	27.4	34.2	27.0
	LEGUM.	9.7	6.8	9.9	6.9	11.6	10.0	6.1	8.0	1.9	1.2
	ALTRE	64.2	61.9	66.9	67.6	67.0	62.9	75.8	64.7	64.0	71.7
Media	GRAM.	35.0	37.9	34.3	36.2	41.6	37.5	42.0	42.2	49.2	50.8
	LEGUM.	13.4	13.3	11.6	12.4	14.5	10.1	3.3	6.4	1.6	1.7
	ALTRE	51.6	51.6	54.2	51.5	44.0	52.4	54.7	51.3	49.3	47.5
V anno 1° t.	GRAM.	39.7	44.6	35.2	38.6	41.1	32.8	38.3	43.0	38.0	45.3
	LEGUM.	4.2	3.8	4.3	4.6	4.3	5.3	2.7	2.9	2.0	1.8
	ALTRE	56.1	51.5	60.5	56.8	54.6	62.0	59.1	54.0	60.1	52.9
2° t.	GRAM.	50.0	44.9	44.2	47.8	46.1	39.1	39.5	35.6	36.8	50.4
	LEGUM.	4.8	11.4	3.0	5.9	3.5	1.9	0.7	3.1	2.5	6.5
	ALTRE	45.3	43.7	52.7	46.3	50.4	59.0	59.8	61.2	60.8	43.1
3° t.	GRAM.	35.3	36.6	32.3	41.6	32.7	43.5	38.9	42.9	52.0	47.0
	LEGUM.	7.8	7.4	2.4	2.5	6.8	6.1	5.5	10.1	1.5	2.5
	ALTRE	57.0	56.0	65.4	56.0	60.5	50.4	55.6	47.0	46.5	50.5
Media	GRAM.	41.8	43.3	37.3	42.0	41.0	36.8	38.9	40.4	40.0	47.3
	LEGUM.	5.0	6.8	3.5	4.7	4.6	4.3	2.5	4.4	2.0	3.5
	ALTRE	53.2	49.9	59.2	53.4	54.4	58.9	58.6	55.1	57.9	49.2

azotate), l'affermazione delle graminacee è addirittura accompagnata da un rafforzamento di influenza delle specie indesiderate.

Assai più aleatori si rivelano gli effetti della concimazione fosfatica. Essi si limitano ad una flebile azione promozionale verso le leguminose, in prevalenza nelle combinazioni a blando o nullo trattamento azotato.

Le differenze tra i singoli sfalci non sembrano combinarsi, nelle varie stagioni, secondo criteri omogenei che consentano di estrapolare una fenomenologia chiaramente riconducibile ai fattori sperimentali. Assenza di qualsiasi riflesso si registra altresì a livello di singola specie e di fittezza dei cotici: i quantitativi di azoto elargiti non sono cioè stati sufficienti ad attivare o dare concretezza a quei processi di semplificazione floristica e di dirado del manto erboso frequentemente associati alla fertilizzazione azotata.

Tabella 26

SONDALO - Tenori medi in anidride fosforica assimilabile e valori di pH dei suoli alla fine della prova

TRATTAMENTI	P ₂ O ₅ ass. (ppm)	pH (in H ₂ O)
NOPO	30.00	5.64
NOP1	72.50	5.39
N1PO	30.50	5.48
N1P1	87.25	5.41
N2PO	36.50	5.33
N2P1	77.25	5.40
N3PO	33.50	5.07
N3P1	78.75	5.23
N4PO	24.00	5.20
N4P1	52.00	5.01
NO	51.25	5.52 a A
N1	58.88	5.45 ab A
N2	56.88	5.36 ac A
N3	56.13	5.15 bc A
N4	38.00	5.11 c A
PO	30.90 x	5.34
P1	73.55 y	5.29
SIGNIFICATIVITA'		
Blocchi	n. s.	n. s.
N (azoto)	n. s.	0.01
P (fosforo)	0.001	n. s.
Int. N P	n. s.	n. s.

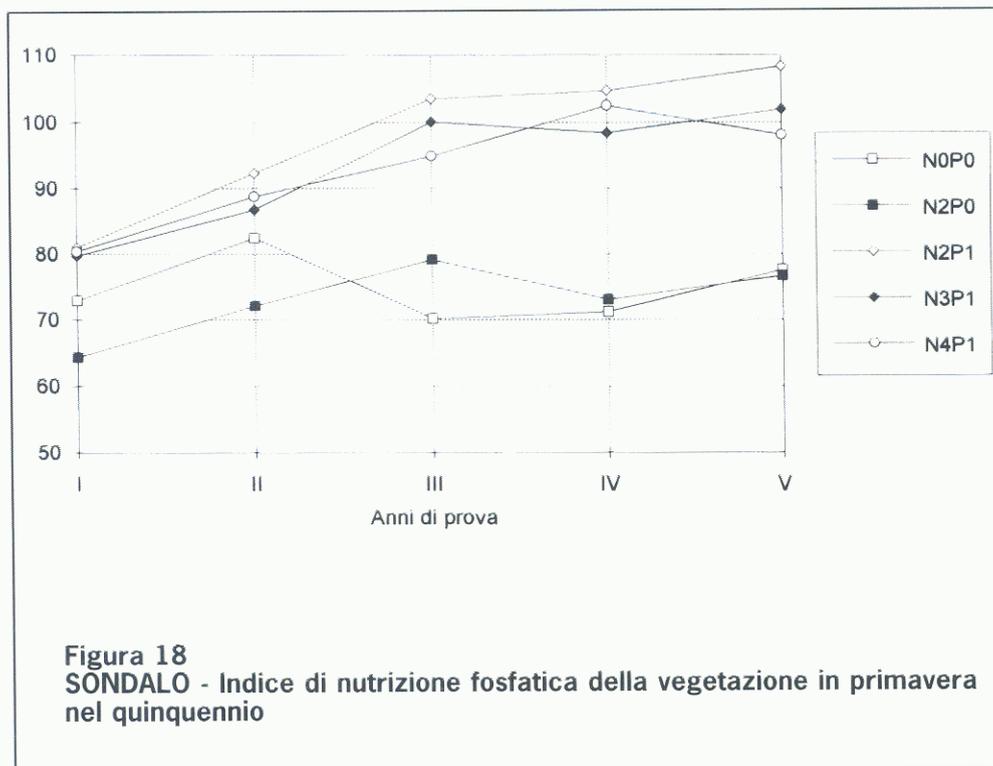
N.B. Medie contraddistinte da lettere uguali (minuscole per P=0.05 e maiuscole per P=0.01) sono tra loro statisticamente non diverse

2.2.7 - Effetti sul terreno

Nella tabella 26 sono riassunte le medie dei valori in anidride fosforica estraibile e di pH in acqua misurate nei suoli al termine del periodo di prova.

Entrambi i parametri subiscono variazioni rispetto ai dati di partenza che si fissavano rispettivamente in 37 ppm e 6.09.

Sulla dotazione fosfatica agiscono anzitutto le somministrazioni di elemento. Gli 80 kg di P_2O_5 forniti annualmente si traducono nel quinquennio in un raddoppio netto delle scorte. L'assenza di spargimenti conduce, all'opposto, ad una diminuzione di 6 ppm a seguito delle asportazioni nei raccolti, stabilendo una forbice media tra testimone e trattati di ben 44 ppm. La non trascurabile variabilità sostenuta dalle applicazioni azotate, in particolare nelle comparazioni tra la tesi N4 e le altre, non si rivela invece sufficiente ad instaurare una significatività statistica, causa l'accentuata erraticità sperimentale. La minore assimilabilità osservata in questa tesi va verosimilmente addebitata, stante la segnalata rassomiglianza nei livelli di asportazioni, ai processi di acidificazione



che notoriamente favoriscono l'insolubilizzazione del fosforo. In nessuno dei trattamenti si scende tuttavia al di sotto della soglia critica delle 20 ppm, giustificando così la relativamente modesta attività trofica della concimazione fosfatica.

La diagnosi dello stato di nutrizione fosfatica del prato parrebbe per altro indicare l'incapacità di livelli addirittura superiori alle 30 ppm ad assicurare alla vegetazione un buon stato di nutrizione. Gli indici proposti da Duru e Théliér-Huché (figura 18) stazionano infatti nelle parcelle non fosfatate costantemente al di sotto del limite di 80, considerato di sufficienza. Il rafforzamento delle dotazioni pedologiche a seguito delle somministrazioni innalza l'indice fino e oltre la soglia di 100, ritenuta soddisfacente. Ciò si verifica a partire dal terzo anno. Nella tesi meno intensiva (N2P1) la dose d'apporto parrebbe poter condurre nel tempo a situazioni nutrizionali addirittura eccessive (oltre 120).

Sull'acidità evidenti sono le interferenze della concimazione azotata. Al crescere della dose, il pH si abbassa gradualmente, fino ad un limite estremo di poco superiore a 5. Le riduzioni rispetto al testimone sono nell'ordine di 0.07, 0.16, 0.37 e 0.41 punti, con riscontro statistico a partire da N3. Anche lo stesso testimone incorre in un'acidificazione (-0.57 punti di pH), nonostante l'elevata presenza di calcio scambiabile. Considerando che normalmente il valore dell'indice in soluzione di KCl è di un punto inferiore a quello in acqua, tutti i substrati ed in particolare quelli trattati con azoto verrebbero ad avere valori in pH tampone inferiori a 4.80, limite per l'attività radicale delle graminacee buone foragere (Williams, 1978; Van Burg e coll., 1980). Ne deriva un indubbio disturbo per l'azione dell'azoto che non potendo essere utilizzato correttamente dalla vegetazione esprime solo parzialmente le proprie potenzialità produttive e selettive sul pabulum, come già avuto modo di rimarcare.

[...]

La pubblicazione completa conta di 67 pagine.

Il file PDF risulta essere troppo pesante e, per i limiti imposti dal server del sito, non può essere caricato interamente.

La pubblicazione può essere richiesta seguendo le indicazioni riportate nella pagina del sito