



Porqueddu, Claudio; Roggero, Pier Paolo (1994) *Effetto delle tecniche agronomiche di intensificazione foraggera sui fenomeni erosivi dei terreni in pendio in ambiente mediterraneo*. *Rivista di agronomia*, Vol. 28 (4), p. 364-370. ISSN 0035-6034.

<http://eprints.uniss.it/4588/>

RIVISTA DI

AGRONOMIA

ANNO XXVIII - N. 4 - OTTOBRE-DICEMBRE 1994

A cura della Società Italiana di Agronomia
col Contributo finanziario del Consiglio Nazionale delle Ricerche

Comitato scientifico e direttivo:

ENRICO BONARI	ATTILIO LOVATO
ANGELO CALIANDRO	MARIO MONOTTI
ANDREA CAVALLERO	PAOLO PARRINI
GINO COVARELLI	FERDINANDO PIMPINI
MAURO DEIDDA	GIUSEPPE RESTUCCIA
LUIGI GIARDINI	RICCARDO SARNO
GIUSEPPE LA MALFA	GIOVANNI TODERI
RENZO LANDI	GIANPIETRO VENTURI
FRANCO LORENZETTI	GIUSEPPE ZERBI

Direttore responsabile: PAOLO TALAMUCCI

Segretario di redazione: ROBERTO ANDERLINI

NUMERO DEDICATO AL XXVII CONVEGNO ANNUALE DELLA SIA
SU «ASPETTI AGRONOMICI DELLA CONSERVAZIONE DEI TERRENI IN PENDIO
NEL QUADRO DELLA SALVAGUARDIA DELL'AMBIENTE»
POTENZA, 6-9 LUGLIO 1993



Consiglio Direttivo:

LUIGI CAVAZZA - Presidente
LUIGI POSTIGLIONE - Vice Presidente
PIETRO CARUSO - Membro
ANDREA CAVALLERO - Membro
FRANCESCO DANUSO - Segretario tesoriere

© 1994 Edagricole S.p.A.

Direzione: Dipartimento di Agronomia e Produzione erbacee dell'Università di Firenze - Piazzale delle Cascine, 18 - 50144 Firenze - Redazione, Pubblicità, Abbonamenti, Amministrazione: Via Emilia Levante, 31 - 40139 Bologna - Tel. 051/49.22.11 (15 linee) - Telegrammi e Telex: EDAGRI 51036 Telefax (051) 493660. Cas. Post. 2157-40139 Bologna - Ufficio di Milano: 20133 - Via Bronzino, 14 - Tel. 02/29.522.864 - Ufficio di Roma: 00187 - Via Boncompagni, 73 - Tel. 06/488.10.98-488.12.22.

Direttore responsabile: Prof. Paolo Talamucci - Reg. Tribunale di Bologna n. 3236 del 12-12-1966 - In questo numero la pubblicità non supera il 50%. Abbonamenti e prezzi Italia (c/c postale 366401): Abbonamento annuo L. 60.000 - Un numero L. 15.000 - Arretrati e numeri doppi L. 30.000 - Anziate arretrate L. 88.000 - Estero: Abbonamento annuo L. 75.000 - Con spedizione via aerea L. 102.000 - Rinnovo abbonamenti Italia: Attendere l'avviso che l'Editore farà pervenire un mese prima della scadenza. Per Enti e Ditte che ne facciano richiesta l'avviso verrà inoltrato tramite preventivo Iva assolta alla fonte dall'Editore ai sensi dell'art. 74, 1 comma, lett. c, D.P.R. 26.10.1972 n. 633 e successive modificazioni ed integrazioni. La ricevuta di pagamento del conto corrente postale è documento idoneo e sufficiente ad ogni effetto contabile.

Tutti i diritti sono riservati: nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta, memorizzata o trasmessa in nessun modo o forma, sia essa elettronica, elettrostatica, fotocopia, ciclostile, senza il permesso scritto dell'Editore.

Questo giornale è associato alla



Stampa: Stabilimento Tipografico «Pliniana»
Selci-Lama (PG)

S O M M A R I O

- 249 Le basi fisiche del processo erosivo
Dino Torri
- 258 Aspetti idrologici della conservazione del suolo e modelli di valutazione
Alessandro Santini
- 273 Aspetti agronomici della conservazione dei terreni in pendio: sistemazioni e lavorazioni
Francesco Basso e Luigi Postiglione
- 297 Aspetti agronomici della conservazione dei suoli in pendio: coperture vegetali e sistemi colturali
Giancarlo Chisci e Camillo Zanchi
- 320 Aspetti evolutivi dei versanti in argille subappennine dell'Avanfossa bradanica
Mario Del Prete
- 331 Prospettive per l'uso di *Trifolium subterraneum* L. come «cover crop» in un nocciolo dell'Italia Centrale
Fabio Caporali, Enio Campiglia e Virgilio Anselmo
- 336 Aspetti dei fenomeni di degradazione del suolo in sistemi di pascolamento della collina romana. I - Rapporti tra utilizzazione ed erosione in relazione alle caratteristiche pedologiche
Carlo Fausto Cereti, Claudio De Simone, Ugo Francia, Marcello Raglione e Francesco Rossini
- 341 Modalità ed epoca di semina per l'inerbimento di pendici erodibili nelle Alpi occidentali
Angelo Ciotti, Marco Acutis e Giuseppe Paletto
- 348 Effetti delle modalità di lavorazione di un terreno declive a rotazione favino (*Vicia faba minor* Beck) - frumento (*Triticum durum* Desf.) sull'erosione e sulla qualità dei deflussi
Enrica De Falco, Antonio Sergio De Franchi, Francesco Basso e Luigi Postiglione
- 356 Cartografia tematica per lo studio dell'erosione a scala di bacino
Enzo Farabegoli, Paola Rossi Pisa, Beniamino Costantini e Ciro Gardi
- 364 Effetto delle tecniche agronomiche di intensificazione foraggera sui fenomeni erosivi dei terreni in pendio in ambiente mediterraneo
Claudio Porqueddu e Pier Paolo Roggero
- 371 Analisi dei processi di ruscellamento e di trasporto di erbicidi: implementazione e test di un modello distribuito
Federico Preti, Claudio Lubello, Paola Rossi Pisa e Ciro Gardi
- 384 Effetto della copertura vegetale di orzo (*Hordeum vulgare* L.) sull'erosione e sulla qualità delle acque di ruscellamento
Paola Rossi Pisa, Alberto Vicari e Pietro Catizone
- 392 Tempi di corrivazione parcellare in funzione dell'intensità di pioggia e della copertura vegetale su terreni in pendio
Paola Rossi Pisa, Ciro Gardi, Francesca Ventura, Letizia Campanini e Nicola Gaspari
- 400 Indagine sperimentale per la validazione del modello EUROSEM per la previsione dell'erosione idrica superficiale
Vito Sardo, Paola Vella e Santo Marcello Zimbone

Effetto delle tecniche agronomiche di intensificazione foraggera sui fenomeni erosivi dei terreni in pendio in ambiente mediterraneo ⁽¹⁾

Claudio Porqueddu e Pier Paolo Roggero ⁽²⁾

Riassunto

In un ambiente con clima mediterraneo semi-arido e su terreni con pendenza media del 30%, è stata condotta una sperimentazione finalizzata alla quantificazione dei fenomeni erosivi in seguito a diversi interventi agronomici sul pascolo naturale. Sono state confrontate sia sotto l'aspetto produttivo sia dell'erosione del suolo tre diffuse tecniche di intervento a inputs crescenti: pascolo naturale concimato, pascolo naturale concimato e bruciato a fine estate per eliminare le infestanti e i residui secchi della vegetazione, erbaio autunno-vernino di loglio rigido e trifoglio alessandrino. Come testimone è stato impiegato un trattamento con il terreno continuamente lavorato.

Nel triennio considerato (1989-92) sono stati registrati, a fronte di 190 eventi piovosi totali, 49 eventi di deflusso superficiale, di cui 33 in coincidenza con precipitazioni superiori ai 12,5 mm. Il deflusso superficiale annuo è risultato in assoluto molto modesto, con valori medi annui di 3-4 mm nel pascolo, bruciato e non, e 15 mm nell'erbaio. I coefficienti di deflusso non hanno mai superato il 2% su base annua; in occasione degli eventi più intensi hanno raggiunto il 17% e 23% rispettivamente nell'erbaio e nel continuamente lavorato, mentre sono sempre rimasti al di sotto del 2% sul pascolo. Le perdite di suolo per erosione sono state in media di 5,0, 2,4 e 0,2 t ha⁻¹ anno⁻¹ rispettivamente nel continuamente lavorato, nell'erbaio e nelle due tesi a pascolo. Nell'erbaio l'erosione e il deflusso superficiale sono risultati concentrati per il 90% in pochi eventi (3-4 ogni anno) verificatisi nei mesi autunnali, quando la vegetazione sul terreno lavorato presentava un livello di ricoprimento nettamente inferiore rispetto al pascolo e al pascolo bruciato.

Le produzioni foraggere dell'erbaio sono state significativamente superiori a quelle del pascolo in due delle tre annate, ma con una maggiore concentrazione nei mesi primaverili.

I risultati indicano che la coltivazione di erbai a ciclo autunno-primaverile in zone acclivi può sensibilmente incrementare il rischio di erosione da scorrimento superficiale in ambiente mediterraneo, senza per questo determinare sensibili incrementi produttivi rispetto ad un buon pascolo permanente concimato. L'uso del fuoco controllato a fine estate non ha portato ad un incremento dei fenomeni erosivi e non ha influito negativamente sulla produzione di foraggio.

Parole chiave: ruscellamento, erosione, pascoli, fuoco controllato, erbai autunno-vernini.

Summary

EFFECT OF THE AGRONOMIC TECHNIQUES FOR THE IMPROVEMENT OF FORAGE PRODUCTION ON SOIL EROSION OF SLOPES IN A MEDITERRANEAN ENVIRONMENT

The experiment was aimed at assessing the effect of different agronomic techniques for pasture improvement on soil erosion in a semi arid Mediterranean environment on a 30% slope.

Three techniques characterized by increasing levels of input were compared: permanent fertilized pasture, permanent fertilized pasture burnt at the end of the summer to clear the canopy from weeds and dead residuals of the spring vegetation, annual forage crop (mixture of annual rye-grass and berseem clover). The continuous ploughed soil was used as reference. In the three years of the trial (1989-92) 190 rainfalls and 49 runoff events, 33 of which due to rainfall greater than 12.5 mm, were recorded. The annual average runoff absolute values were very low: 3-4 mm in the permanent pasture and burnt pasture, 15 mm in the annual forage crop. The runoff coefficients were always lower than 2% on an annual basis for all treatments and reached 17% and 23% in the annual forage crop and the reference treatment respectively during the most intense rainfall of the three

⁽¹⁾ Lavoro eseguito presso il Centro di Studio sul miglioramento della produttività dei pascoli del CNR di Sassari con il finanziamento della dotazione ordinaria. Responsabile della ricerca: Dott. Claudio Porqueddu. Comunicazione presentata al XXVII Convegno annuale della SIA su: «Aspetti agronomici della conservazione dei terreni in pendio nel quadro della salvaguardia dell'ambiente». Potenza, 6-9 luglio 1993.

⁽²⁾ Rispettivamente ricercatore presso il Centro di Studio sul miglioramento della produttività dei pascoli del CNR di Sassari e Professore associato di Ecologia vegetale agraria presso il Dipartimento di Biotecnologie agrarie ed ambientali della Facoltà di Agraria di Ancona. I due Autori hanno contribuito in egual misura alla impostazione e realizzazione della ricerca, alla elaborazione dei dati e alla stesura del testo.

years. The average annual soil erosion losses were 5.0, 2.4 and 0.2 t ha⁻¹ year⁻¹ in the reference treatment, the annual forage crop and the two permanent pastures respectively. In the annual forage crop 90% of the soil erosion and the runoff occurred during 3 to 4 autumn rainfall each year, when the ploughed soil had a much lower covering rate than the permanent pasture and the burnt pasture.

The annual forage crop production was significantly higher than that of the permanent pasture in two years out of three, and it was more concentrated in spring.

The results indicate that the cultivation of annual forage crops on slopes can significantly increase the risk of runoff and soil erosion in the Mediterranean environment, without a great advantage in terms of forage yield when compared to a fertilized good quality permanent pasture.

The use of prescribed fire did not lead to an increment of the runoff and soil erosion and did not have any negative effect on the forage production.

Key words: runoff, erosion, permanent pastures, prescribed fire, annual forage crops.

Introduzione

L'importanza dei pascoli è legata, oltre che all'approvvigionamento foraggero degli allevamenti bradi estensivi, alla vastità delle superfici interessate e alle problematiche di conservazione ambientale connesse al loro utilizzo.

Le superfici a pascolo e a foraggiere nel Mediterraneo sono per lo più confinate alle aree montane e collinari, caratterizzate da scarsa profondità dei suoli, per lo più autoctoni, pendenza elevata, pietrosità e rocciosità affiorante. L'intensificazione foraggera nelle aziende che insistono su questi territori è basata sulla coltivazione, nelle aree più suscettibili, di colture a ciclo breve ed elevata produttività, per lo più destinate al pascolamento nei mesi invernali ed alla costituzione di scorte sotto forma di fieno. In mancanza di superfici idonee, gli erbai vengono spesso coltivati con tecniche tradizionali (aratura a rittochino talvolta profonda) anche in zone acclivi, senza ricorrere ad opportune sistemazioni superficiali. I possibili risvolti negativi sull'erosione dell'impiego generalizzato di tali tecniche, frutto di una irrazionale meccanizzazione delle aziende che ricadono in territori collinari e montani, sono stati descritti da vari Autori in diverse regioni italiane (Bazzoffi *et al.*, 1989; Boschi *et al.*, 1984; Chisci *et al.*, 1985; Rossi Pisa *et al.*, 1986), anche se non sempre riferiti alla coltivazione di specie foraggere.

In ambiente mediterraneo è frequente l'uso del fuoco per l'eliminazione dei residui secchi inutilizzati della vegetazione erbacea primaverile, i cui effetti sull'ambiente sono stati descritti, con conclusioni non sempre concordi, da vari autori (Rivoira *et al.*, 1989; Vallentine, 1989).

Le colture foraggere, i prati e i pascoli in particolare, rappresentano un'efficace mezzo per la protezione del suolo e la loro introduzione nella rotazione è spesso indicata per garantire la conservazione della fertilità del suolo (D'Egidio *et al.*, 1981; Talamucci, 1984; Zanchi, 1981).

Precedenti esperienze condotte dal Centro Pascoli CNR a Pattada (Sardegna centro settentrionale) su terreni granitici (Rivoira *et al.*, l.c.), hanno evidenziato un limitato effetto sui fenomeni erosivi degli interventi con il fuoco, il decespugliamento o l'aratura per il miglioramento dei pascoli, come conseguenza dei bassi valori di deflusso superficiale, e dell'elevata permeabilità dei terreni sabbiosi oggetto delle prove. È però frequente osservare nelle aree collinari sottoposte a lavorazioni a fine estate la presenza di profondi «rills» determinati dal ruscellamento superficiale a seguito di abbondanti precipitazioni nei mesi autunnali. In questo esperimento, che costituisce la naturale prosecuzione di quello condotto a Pattada, si è voluto verificare su

un'altro tipo di suolo e con pendenze superiori, il duplice ruolo produttivo e antierosivo del pascolo tal quale o bruciato a fine estate, e dell'erbaio autunno-vernino.

Materiali e metodi

La prova è stata svolta a Ottava (80 m s.l.m.) nel triennio 1989-92 presso l'azienda sperimentale della Facoltà di Agraria di Sassari. È stata scelta un'area di circa 2.000 m² con pendenza media del 30% su cui sono stati installati 12 dispositivi per la raccolta del deflusso superficiale. Le caratteristiche fisiche del suolo sono riportate in tabella 1. Si tratta di suoli franco-sabbiosi di natura calcarea, col 10% circa di scheletro. La realizzazione dei dispositivi è stata effettuata con

TABELLA 1 - Caratteristiche chimiche e fisiche dei terreni all'inizio della sperimentazione.

TABLE 1 - Soil physical chemical characteristics before the start of the experiment.

Tessitura			
Scheletro totale	%	10,8	
> 10 mm	%		2,2
5-10 mm	%		2,3
2-5 mm	%		6,3
Terra fine	%	89,2	
sabbia	% su t.f.		64,0
limo	% su t.f.		26,4
argilla	% su t.f.		9,6
Costanti idrologiche			
Capacità di campo (0,3 bar, Richards)	%	19,6	
Coeff. appassimento (15 bar, Richards)	%	11,0	
Densità apparente		1,25	
Fertilità chimica			
N totale (Kjeldahl)	%	0,251	
P ₂ O ₅ ass. (Olsen)	p.p.m.	30	
K ₂ O scamb. (acet. amm.)	p.p.m.	421	
CaCO ₃	%	50	
pH (in acqua)		7,9	
Sostanza organica	%	5,2	

l'obiettivo di verificare le ipotesi sperimentali con bassi costi di impianto e minimo impegno per la gestione.

Ciascuna parcella è stata isolata idraulicamente nei primi 15-20 cm di profondità del suolo mediante lastre di acciaio zincato. Le dimensioni delle parcella sul piano inclinato erano di 20 × 5 m con il lato maggiore disposto perpendicolarmente alle curve di livello. A monte di ciascun dispositivo è stata realizzata una scolina, con la funzione di evitare interferenze dovute all'acqua di scorrimento a monte. A valle di ciascuna parcella è stata installata una canaletta, di acciaio zincato, per convogliare il ruscellato verso un serbatoio di raccolta della capacità di 500 dm³.

Al termine di ogni evento piovoso che dava luogo a deflusso superficiale, il volume del ruscellato è stato quantificato mediante un'asta graduata. Sono stati prelevati dal serbatoio di raccolta 2 campioni del volume di 700 cm³ ciascuno, uno da una saracinesca laterale posta a 3 cm dal fondo, senza rimescolare il contenuto; l'altro da una saracinesca posta sul fondo previa quantificazione ed energetico rimescolamento del volume di acqua ad esso relativo. Di ciascun campione è stata determinata la concentrazione della torbida per risalire alla torbidità media del volume raccolto nei serbatoi. Periodicamente è stata inoltre quantificata l'entità del sedimento depositato nelle canalette che, insieme a quello rilevato nei serbatoi, è stato utilizzato per calcolare la torbidità media del ruscellato. L'erosione è stata quindi stimata moltiplicando il deflusso totale per la torbidità media del ruscellato. È stata inoltre determinata l'incidenza delle frazioni dello scheletro sul sedimento.

L'elaborazione dei dati di deflusso è stata fatta su base stagionale e per evento, mentre quelle dei dati di erosione su base annua.

Sono stati posti a confronto 4 trattamenti:

A) «PASCOLO»: pascolo naturale concimato ogni anno con 90 kg di P₂O₅ (in autunno) + 70 kg di N (metà in autunno e metà a fine inverno);

B) «BRUCIATO»: pascolo come A ma bruciato a fine estate per eliminare i residui secchi estivi;

C) «ERBAIO»: erbaio autunno-vernino di loglio rigido (*Lolium rigidum* Gaudin) ecotipo «Nurra» e trifoglio alessandrino (*Trifolium alexandrinum* L.) cv. «Sacromonte», concimato come A, seminato ogni anno nelle stesse parcella impiegando 10 kg ha⁻¹ di loglio e 15 kg ha⁻¹ di trifoglio;

D) «LAVORATO»: testimone continuamente lavorato, non concimato.

La vegetazione del pascolo, che è stata oggetto di uno studio a parte (Porqueddu *et al.*, 1994), era costituita in elevata percentuale da graminacee, tra cui *Festuca arundinacea* Schreb., *Dactylis glomerata* L. ed *Avena barbata* Potter, la prima residuo di un infittimento avvenuto circa 20 anni prima dell'inizio dell'esperimento.

Nell'erbaio, il loglio rigido è stato scelto per la rapidità di insediamento e di ricaccio; il trifoglio alessandrino per migliorare la qualità del foraggio primaverile. La semina è stata effettuata ogni anno a fine settembre - inizio ottobre con una lavorazione a rittochino a 15-20 cm di profondità, seguita da fresatura, semina e erpicatura superficiale.

Il grado di copertura percentuale del terreno è stato rilevato con cadenza mensile, mediante rilievo di presenza-assenza su 100 punti di una linea permanente

posta su una diagonale di ciascuna parcella. Nelle parcella test è stata effettuata una lavorazione superficiale a mano ogni qualvolta il grado di copertura superava il 20%.

È stato impiegato un disegno sperimentale a blocchi randomizzati con tre ripetizioni, considerando come «random» il fattore annata e come «fisso» il tipo di copertura. Le variabili sottoposte ad analisi della varianza sono state: deflusso (mm), erosione (t ha⁻¹), produzione foraggera (kg ha⁻¹).

I dati pluviometrici sono stati raccolti a circa 300 m di distanza dai dispositivi con un pluviografo con cui è stato possibile misurare, di ogni evento piovoso (pioggia separata dalla precedente o dalla successiva da un intervallo di almeno 6 ore) l'entità degli afflussi e l'intensità massima oraria (I₆₀ max) e nella mezzora (I₃₀ max).

I coefficienti di deflusso sono stati calcolati per ogni evento, su base stagionale e annua, espressi in percentuale sugli afflussi totali registrati tra un deflusso e il successivo.

Allo scopo di semplificare la gestione della prova, il pascolamento è stato simulato mediante sfalcio dell'intera parcella alla fine di ogni stagione produttiva. La produzione di foraggio dei pascoli e dell'erbaio è stata valutata su due aree di saggio di 0,5 m² per ogni parcella e determinazione del contenuto in sostanza secca per essiccazione in stufa ventilata a 80° C per 72 ore.

Andamento meteorologico

La pluviometria media della località dove è stata condotta la sperimentazione è di 542 mm, con precipitazioni stagionali di 210, 171, 125 e 36 mm rispettivamente in autunno, inverno, primavera ed estate.

La distribuzione stagionale e le principali caratteristiche delle precipitazioni verificatesi nel triennio di sperimentazione sono riportate in tabella 2.

Le tre annate sono state caratterizzate da inverni con precipitazioni inferiori alla media con un minimo al primo anno. Nella prima annata si sono avute scarse precipitazioni totali ed anche l'intensità oraria delle precipitazioni autunnali è risultata inferiore rispetto alle altre due annate. La seconda annata è stata in assoluto la più piovosa delle tre considerate e nell'autunno è stato registrato il valore di intensità di pioggia nella mezz'ora più alto di tutto il triennio. La terza annata è stata caratterizzata da una pluviometria autunnale simile alla seconda, ma da precipitazioni primaverili meno abbondanti. Le precipitazioni estive si sono verificate prevalentemente nel mese di settembre e si riferiscono ad eventi con scarsa rilevanza ai fini dell'erosione.

Sono stati registrati in media 63 eventi piovosi all'anno in 82 giorni, di cui 11 con valori superiori a 12,5 mm, limite ritenuto minimo per l'instaurarsi di fenomeni erosivi di una certa entità (Wishmeier e Smith, 1978); di questi 11, in media 7-8 si sono verificati nel periodo settembre-dicembre.

Sulla base dei risultati ottenuti in altre zone d'Italia (Zanchi, 1978) e delle caratteristiche dei terreni oggetto della prova, è stato considerato mediamente pari a 0,5 mm il deflusso minimo perché possano instaurarsi fenomeni erosivi significativi.

TABELLA 2 - Principali caratteristiche delle precipitazioni stagionali relative alle tre annate di sperimentazione.

TABLE 2 - Main characteristics of the rainfalls during the three years of the trial.

Stagione	N. gg. piovosi	N. eventi	N. eventi > 12,5 mm	Altezza mm	I ₃₀ max mm h ⁻¹
1989-90					
Autunno	25	20	7	187	20,0
Inverno	14	12	0	55	9,2
Primavera	20	16	4	176	22,0
Estate	5	3	0	17	4,0
Totale	64	51	11	435	22,0
1990-91					
Autunno	37	30	7	329	40,0
Inverno	25	19	1	74	18,0
Primavera	25	23	5	232	16,0
Estate	9	8	1	67	30,0
Totale	96	80	14	702	40,0
1991-92					
Autunno	35	29	7	350	34,3
Inverno	15	13	1	82	12,0
Primavera	27	10	0	110	18,0
Estate	8	7	0	27	21,2
Totale	85	59	8	569	34,4

Risultati

Grado di ricoprimento

Nel periodo piovoso che va da ottobre a giugno di ciascuna annata, nel pascolo è stato rilevato un grado di ricoprimento sempre superiore all'80%. Nel pascolo bruciato, si è verificato un rapido reinsediamento del cotico erboso per effetto del ricaccio delle specie perenni, evidentemente non danneggiate dal fuoco

estivo, e la pronta germinazione dei semi delle annue, in particolare, nel secondo anno, di *Medicago arabica* (L.) Hudson, *Trifolium nigrescens* Viv. e *Galactites tomentosa* Moench. Di conseguenza il grado di ricoprimento, inizialmente inferiore nel bruciato rispetto al pascolo, ha rapidamente raggiunto e mantenuto valori molto simili a quelli del pascolo tal quale.

Nell'erbaio l'insediamento di un cotico con grado di ricoprimento superiore al 70% si è avuto con un ritardo di circa due mesi dalla data di semina.

Deflusso ed erosione

I valori più elevati di deflusso superficiale sono stati rilevati nell'erbaio e nel testimone lavorato ove è stata riscontrata anche una maggiore concentrazione dei deflussi nei mesi autunnali rispetto ai due trattamenti a pascolo (tab. 3). Dall'analisi statistica è emersa un'interazione significativa anno × tipo di copertura, dovuta al fatto che nell'annata meno piovosa (la prima) le differenze tra i tipi di copertura sono state minime o non significative, in quelle piovose il deflusso è aumentato in modo significativo solamente nell'erbaio e nel continuamente lavorato. Nel triennio considerato, solamente 3 deflussi hanno superato 0,5 mm nel pascolo, 1 nel pascolo bruciato, 14 nell'erbaio e 16 nel lavorato. Tali eventi, in questi ultimi due trattamenti, hanno rappresentato circa il 90% del deflusso totale e si sono verificati quasi esclusivamente nei mesi autunnali in corrispondenza di precipitazioni superiori a 20 mm (tab. 4).

I coefficienti di deflusso medi annui, riportati in tabella 5 sono risultati molto bassi per tutti i trattamenti, ma comunque maggiori nell'erbaio, rispetto al pascolo. Nella media del triennio, ponendo il deflusso del testimone lavorato pari a 100, nell'erbaio si è avuto un deflusso di 92, nel pascolo 25 e nel pascolo bruciato 22. I coefficienti di deflusso calcolati per evento non hanno mai superato il 2% nel pascolo e nel pascolo bruciato, mentre nell'erbaio e nel continuamente lavorato hanno raggiunto rispettivamente il 17% e il 23% nell'autunno 1990, il più piovoso delle tre annate.

Nella tabella 6 sono riportati i valori medi annui di torbidità del ruscellato, che sono stati sempre più

TABELLA 3 - Deflusso superficiale totale annuo (mm) e autunnale (% del totale).

TABLE 3 - Annual (mm) and autumn (%) runoff.

Tipo di copertura	1989-90		1990-91		1991-92		Media triennio	
	totale mm	autunno %	totale mm	autunno %	totale mm	autunno %	totale mm	autunno %
Pascolo	2,7	50%	3,6	70%	4,1	79%	3,5	68%
Pascolo bruciato	2,0	49%	3,0	69%	3,5	80%	2,9	69%
Erbaio aut.-ver.	4,1	62%	14,7	94%	13,2	95%	10,6	90%
Lavorato (test)	5,2	73%	19,8	93%	10,4	92%	11,8	90%

Minima differenza significativa ($P < 0,05$) per il confronto tra tipo di copertura entro annata: 4,8 mm; per il confronto tra le medie del triennio: 2,8 mm; per il confronto tra anni: 4,2 mm.

Least significant differences ($P < 0,05$) between treatments within each year: 4.8 mm; between treatments (average of the three years): 2.8 mm; between years: 4.2 mm.

TABELLA 4 - Numero di deflussi superiore a 0,5 mm (tra parentesi quelli autunnali) e frazione percentuale del deflusso totale annuo.

TABLE 4 - Number of runoffs over 0,5 mm (in brackets no. of autumn runoffs) and percentage of the total annual runoff.

Tipo di copertura	1989-90		1990-91		1991-92	
	n	%	n	%	n	%
Pascolo	0	0	0	0	3(3)	40
Pascolo bruciato	0	0	0	0	1(1)	14
Erbaio aut.-ver.	2(1)	45	6(6)	91	6(6)	92
Lavorato (test)	2(2)	57	7(6)	93	7(7)	82

TABELLA 5 - Coefficienti di deflusso superficiale annui.

TABLE 5 - Annual runoff coefficients.

Tipo di copertura	1989-90	1990-91	1991-92	Media triennio
Pascolo	0,7%	0,5%	0,7%	0,6%
Pascolo bruciato	0,5%	0,5%	0,6%	0,5%
Erbaio aut.-ver.	1,0%	2,2%	2,1%	1,8%
Lavorato (test)	1,3%	3,0%	1,7%	2,0%

TABELLA 6 - Torbidità media annua del ruscellamento ($g\ l^{-1}$).

TABLE 6 - Annual values of the turbidity of the runoff ($g\ l^{-1}$).

Tipo di copertura	1989-90	1990-91	1991-92	Media triennio
Pascolo	3,6	2,8	15,2	7,2
Pascolo bruciato	2,3	1,5	18,1	7,3
Erbaio aut.-ver.	13,6	26,1	35,5	25,1
Lavorato (test)	16,0	45,8	37,2	33,0

elevati nell'erbaio e nel lavorato, rispetto alle tesi a pascolo. Lo scheletro ha rappresentato in media il 2,5% del sedimento. Il rapporto tra percentuale di scheletro del sedimento e del terreno *in situ* è risultato compreso tra 0,13 (pascolo) e 0,36 (continuamente lavorato) con una proporzione crescente al diminuire delle dimensioni delle particelle. L'erosione media annua (tab. 7) è risultata trascurabile nel pascolo, indipendentemente dall'impiego del fuoco controllato a fine estate, con valori medi 20 volte inferiori rispetto al testimone lavorato. Nell'erbaio sono stati raggiunti valori di $3,8\ t\ ha^{-1}$ al terzo anno, pari al 70% dell'erosione misurata nel testimone lavorato. Nella media del triennio l'erosione dell'erbaio è stata pari a circa il 50% di quella del testimone lavorato. I più alti valori assoluti sono stati ottenuti al secondo anno nel testimone, dove in corrispondenza di alcuni eventi ad elevata intensità sono stati riscontrati fenomeni di ruscellamento inca-

TABELLA 7 - Erosione media annua ($t\ ha^{-1}\ anno^{-1}$).

TABLE 7 - Annual erosion ($t\ ha^{-1}\ anno^{-1}$).

Tipo di copertura	1989-90	1990-91	1991-92	Media triennio
Pascolo	0,09	0,08	0,60	0,26
Pascolo bruciato	0,05	0,06	0,57	0,23
Erbaio aut.-ver.	0,59	2,86	3,83	2,43
Lavorato (test)	1,04	8,38	5,45	4,96

Minima differenza significativa ($P < 0,05$) per il confronto tra tipo di copertura entro annata: $1,18\ t\ ha^{-1}$; per il confronto tra le medie del triennio: $0,59\ t\ ha^{-1}$; per il confronto tra anni: $1,04\ t\ ha^{-1}$. Least significant differences ($P < 0,05$) between treatments within each year: $1,18\ t\ ha^{-1}$; between treatments (average of the three years): $0,59\ t\ ha^{-1}$; between years: $1,04\ t\ ha^{-1}$.

nalato. I dati di erosione sono risultati significativamente correlati con quelli di deflusso superficiale ($r = 0,87^{**}$). L'interazione significativa anno \times tipo di copertura emersa all'analisi statistica anche per i dati di erosione, ha lo stesso significato descritto per i dati di deflusso.

Produzione foraggera

La produzione totale annua è risultata significativamente superiore nell'erbaio rispetto al pascolo in due annate su tre (tab. 8), con una maggiore concentrazione

TABELLA 8 - Produzioni stagionali e annue di foraggio (sostanza secca, $t\ ha^{-1}$).

TABLE 8 - Seasonal and annual forage dry matter yield ($t\ ha^{-1}$).

Annata	Stagione	Data utilizzazione	Pascolo	Pascolo bruciato	Erbaio aut.-ver.
1989-90	Autunno	28/12	0,98	0,75	0,94
	Inverno	2/3	0,99	1,04	1,27
	Primavera	21/5	4,48	4,02	6,33
	Totale		6,45	5,81	8,54
1990-91	Autunno	15/11	0,38	0,44	0,00
	Inverno	26/2	1,22	1,06	1,19
	Primavera	27/5	8,67	8,05	10,82
	Totale		10,27	9,55	12,01
1991-92	Autunno	22/11	2,02	1,72	0,00
	Inverno	28/2	1,07	0,88	1,71
	Primavera	21/5	4,49	4,74	6,10
	Totale		7,58	7,34	7,80

Minime differenze significative ($P < 0,05$) per il confronto tra medie: due medie stagionali dello stesso o di diversi trattamenti: $1,24\ t\ ha^{-1}$; due medie di trattamento entro stagione: $0,51\ t\ ha^{-1}$; due medie annuali: $1,04\ t\ ha^{-1}$. Least significant differences ($P < 0,05$) for mean comparisons: two seasonal means at the same or different treatment level: $1,24\ t\ ha^{-1}$; two treatment means within each season: $0,51\ t\ ha^{-1}$; two annual means: $1,04\ t\ ha^{-1}$.

della disponibilità foraggera nei mesi primaverili. Nel pascolo e nel bruciato invece, sono state ottenute produzioni autunnali talvolta molto elevate, come conseguenza di una maggiore efficienza d'uso delle piogge precoci autunnali. Nella terza annata, in particolare, le produzioni del pascolo, bruciato e non, sono risultate molto elevate nei mesi autunnali, mentre l'erbaio non è stato utilizzato perché le produzioni erano troppo basse. Di conseguenza la produzione totale annua dell'erbaio nel terzo anno non è risultata significativamente superiore rispetto al pascolo. Da segnalare la scarsa risposta produttiva, rispetto alle attese, del trifoglio alessandrino, la cui percentuale sulla sostanza secca nello sfalcio a fieno è risultata sempre inferiore al 10%. Tale risultato potrebbe essere legato alla forte competizione interspecifica con *Lolium rigidum*, che è una specie particolarmente aggressiva, accentuata dal ridotto numero di utilizzazioni effettuate in primavera.

Discussione e conclusioni

Le caratteristiche pluviometriche delle annate considerate rispecchiano il tipico andamento delle aree mediterranee semiaride.

I valori di deflusso sono risultati in generale molto bassi in relazione a quanto riportato in letteratura per altri ambienti anche con pendenze inferiori al 30% (Basso *et al.*, 1986 e 1987; Chisci *et al.*, l.c.; Landi, 1984) mentre si avvicinano a quelli ottenuti in Sardegna nella precedente sperimentazione (Rivoira *et al.*, l.c.). Questo risultato è principalmente dovuto alla natura dei terreni e al regime pluviometrico della regione, caratterizzato da uno scarso numero di eventi significativi e da un elevato numero di eventi che non hanno determinato deflusso superficiale. La copertura erbacea, quando presente, ha ridotto efficacemente la velocità di deflusso superficiale, determinando così una sensibile riduzione dei deflussi e dei coefficienti di deflusso, così come è stato riscontrato da altri autori (Zanchi, l.c.; D'Egidio *et al.*, l.c.). I più alti valori registrati dall'erbaio sono risultati infatti concentrati nei mesi autunnali quando il grado di ricoprimento era ancora insufficiente a garantire la riduzione della velocità di deflusso e gli apparati radicali non avevano raggiunto uno sviluppo sufficiente.

I valori di torbidità del ruscellato ottenuti sono in assoluto elevati se confrontati con quelli riportati per ambienti più piovosi (Basso *et al.*, l.c.; Zanchi, l.c.). Anche questo risultato potrebbe essere stato determinato dal fatto che solo un numero molto limitato di eventi ha dato luogo a ruscellamento, ma in quelle occasioni si è anche avuta una consistente asportazione di suolo, soprattutto se il terreno era scoperto da vegetazione (erbaio nel periodo autunnale e continuamente lavorato).

L'erosione annua nel pascolo è sempre rimasta al di sotto dei limiti di tolleranza indicati in letteratura (Landi, l.c.; Zachar, 1982), come risultato del minore deflusso e torbidità del ruscellato in confronto all'erbaio e al lavorato.

L'impiego del fuoco controllato per eliminare i residui secchi della vegetazione a fine estate non ha comportato sostanziali effetti sul pascolo in termini di deflussi ed erosione. Questo risultato, che conferma quello ottenuto nella sperimentazione di Pattada (Rivoira *et al.*, l.c.), può essere attribuito al fatto che gli apparati

radicali ed il seme delle specie erbacee presenti non hanno subito danni per il passaggio del fuoco, la cui intensità è stata limitata dalla scarsa quantità di combustibile presente sotto forma di residui secchi di specie erbacee. È verosimile che in presenza di una maggiore quantità di residui secchi, l'effetto negativo del fuoco sul grado di ricoprimento autunnale e sulla composizione floristica del pascolo potesse essere più accentuato, anche se appare improbabile che si possa arrivare ad un aumento del deflusso e dell'erosione paragonabile a quello indotto dalle lavorazioni. Il fuoco inoltre non ha ostacolato il reinsediamento della cotica erbosa a seguito delle prime piogge autunnali, permettendo al pascolo bruciato di raggiungere in tempi brevi il grado di copertura del pascolo non bruciato. Per i terreni arati a rittochino il periodo a maggior rischio di erosione appare essere concentrato nei mesi autunnali, quando si verificano abbondanti piogge ad elevata intensità prima che si abbia un sufficiente grado di copertura vegetale. In primavera i processi di deflusso e di erosione sono ridotti o nulli per l'effetto protettivo esercitato dalla coltura. Un risultato simile è stato descritto anche per gli ambienti litorali appenninici da Boschi *et al.* (l.c.).

I risultati mettono in discussione il vantaggio della coltivazione degli erbai in terreni a forte pendenza; il pascolo infatti, se caratterizzato da una buona composizione floristica e adeguatamente concimato, può fornire elevate produzioni autunnali e invernali in annate piovose e, allo stesso tempo, favorire il rapido reinsediamento autunnale del cotico erboso che garantisce una efficace protezione dall'erosione.

L'impiego del fuoco controllato sul pascolo a fine estate non ha influito negativamente sulla qualità e la produttività del cotico. Questa pratica trova giustificazione in modo particolare se la quantità di residui secchi è tale da ostacolare la ripresa vegetativa autunnale. Nel caso specifico, poiché l'utilizzazione primaverile è avvenuta con pascolo simulato, la limitata presenza di residui nel non bruciato può aver ridotto gli effetti positivi del fuoco sulla produttività e qualità del pascolo. Una razionale applicazione del fuoco controllato nelle zone in pendio appare quindi utilizzabile per eliminare i residui secchi del pascolo e le infestanti evitando l'aratura.

Poiché i terreni in pendio sono per lo più caratterizzati da scarsa potenza e fertilità decrescente con la profondità, l'asportazione anche di pochi millimetri di suolo superficiale può significare in molti casi una drastica riduzione del contenuto in sostanza organica, della fertilità chimica e della capacità di ritenzione idrica.

L'intensificazione foraggera delle aree in pendio dovrebbe perciò essere effettuata con la concimazione e l'eventuale miglioramento della composizione floristica dei pascoli con specie perenni o annue autorisemianti che, opportunamente gestite, possono garantire nel tempo livelli produttivi soddisfacenti senza il ricorso all'aratura ogni anno (Bullitta e Casu, 1980; Bullitta *et al.*, 1989).

Ringraziamenti

Si ringrazia il Prof. Giuseppe Rivoira per i preziosi suggerimenti forniti nella fase di impostazione della prova e di elaborazione e stesura del manoscritto.

Si ringraziano il p.a. Salvatore Nieddu, il Sig. Piero Saba del Centro Pascoli CNR e il p.a. Anton Pietro Stangoni, che hanno eseguito le operazioni di installazione dei dispositivi, le operazioni colturali e il campionamento dei dati. Si ringraziano inoltre il Sig. Antonio Cunico dell'Istituto di Agronomia generale e Coltivazioni erbacee di Sassari e la p.ch. Maria Maddalena Sassu, che hanno eseguito le analisi di laboratorio.

Bibliografia

- BASSO, F., POSTIGLIONE, L., CARONE, F., 1986. *Lavorazione del terreno in ambiente collinare dell'Italia Meridionale. Un triennio di prove sull'erosione del suolo e sulle produzioni di frumento*. Riv. di Agron., 20 (2-3), 218-225.
- BASSO, F., POSTIGLIONE, L., CARONE, F., 1987. *Influenza delle modalità di lavorazione di un terreno declive, sottoposto a rotazione: favino da seme-frumento duro. Erosione e risultati produttivi*. Riv. di Agron., 21, 4, 237-243.
- BAZZOFFI, P., CHISCI, G., MISSERE, D., 1989. *Influenza delle opere di livellamento e scasso sull'erosione del suolo nelle colline cesenati*. Riv. di Agron., 23, 3, 213-221.
- BOSCHI, V., CHISCI, G., GHELFI, R., 1984. *Effetto regimante del medicaio sul ruscellamento delle acque e l'erosione del suolo negli avvicendamenti collinari*. Riv. di Agron. 18 (3-4), 199-215.
- BULLITTA, P., CASU, S., 1980. *Risultati di una prova di intensificazione foraggera sui terreni marginali della collina sarda*. Riv. di Agron., 16, 126-128.
- BULLITTA, P., BULLITTA, S., ROGGERO, P.P., 1989. *Agronomic methods to increase pastureland production in Mediterranean marginal areas*. Proc. XVI Inter. Grassland Cong., Nice, France, 4-11 October 1989, 1591-1592.
- CHISCI, G., BOSCHI, V., GHELFI, R., 1985. *Ruscellamento superficiale ed erosione nei terreni declivi. Effetto delle arature a rittochino e per traverso combinate con fosse livellari*. Genio rurale, 10, 21-31.
- D'EGIDIO, G., BAZZOFFI, P., NISTRI, L., ZANCHI, C., 1981. *Prime valutazioni del ruscellamento superficiale, infiltrazione e perdite di suolo in pascoli soggetti a diversa gestione dell'Appennino lucano, mediante l'uso di un simulatore di pioggia da campagna*. Annali dell'Istituto Sperimentale per lo studio e la difesa del suolo, Firenze, XII, 245-260.
- LANDI, R., 1984. *Regimazione idraulico agraria e conservazione del suolo*. Riv. di Agron., 18 (3-4), 147-174.
- PORQUEDDU, C., ROGGERO, P.P., SITZIA, M., SULAS, L., 1994. *The soil conservation role of permanent pastures in the Mediterranean environment*. Proceedings of the 15th General Meeting of the European Grassland Federation, Wageningen, June.
- RIVOIRA, G., ROGGERO, P.P., BULLITTA, S., 1989. *Influenza delle tecniche di miglioramento dei pascoli sui fenomeni erosivi dei terreni in pendio*. Riv. di Agron., 23, 4, 372-377.
- ROSSI PISA, P., ARDIZZONI, E., GASPARI, N., PAGLIAI, M., 1986. *Effetti di diverse direzioni di lavorazione su alcune caratteristiche fisiche dei terreni in pendio*. Riv. di Agron., 20 (2-3), 329-355.
- TALAMUCCI, P., 1984. *Cotiche erbose e conservazione del suolo*. Riv. di Agron., 18 (2-3), 182-198.
- VALLENTINE, J.F., 1989. *Range Development and Improvements*. Academic Press, San Diego, CA, USA, pp. 524.
- WISHMEIER, W.H. e SMITH, D.D., 1978. *Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning*. USDA Agriculture handbook no. 537.
- ZACHAR, D., 1982. *Soil erosion*. Developments in soil science (serie) n. 10. Elsevier Sci. Pub. Company, pp 547.
- ZANCHI, C., 1978. *Previsione dell'erosione e della concentrazione delle torbide in funzione di alcune caratteristiche fisiche della pioggia e del ruscellamento*. Annali dell'Istituto Sperimentale per lo studio e la difesa del suolo, Firenze, IX, 217-230.
- ZANCHI, C., 1981. *Influenza del diverso carico di pascolamento bovino sul ruscellamento superficiale sul drenaggio e sulle asportazioni di suolo: esperienze pluriennali nel centro sperimentale di Fagna (FI)*. Annali Istituto Sperimentale Studio e Difesa del Suolo, Firenze, XII, 193-216.