

Acutis, Marco; Argenti, Giovanni; Bersani, Laura; Bullitta, Pietro; Caredda, Salvatore; Cavallero, Andrea; Giordani, Cesare; Grignani, Carlo; Pardini, Andrea; Porqueddu, Claudio; Reyneri, Amedeo; Roggero, Pier Paolo; Sulas, Leonardo; Talamucci, Paolo; Zanchi, Camillo (1996) *Effetti di tipologie di suolo e colture foraggere sulle perdite per ruscellamento di azoto, fosforo e potassio in differenti areali italiani*. Rivista di agronomia, Vol. 30 (3 Suppl.), p. 329-338. ISSN 0035-6034.

<http://eprints.uniss.it/4479/>

RIVISTA DI

AGRONOMIA

ANNO XXX - N. 3 SUPPL. - LUGLIO-SETTEMBRE 1996

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 XXIX CONVEGNO ANNUALE DELLA SIA SU:
«L'AGRONOMIA DEL TERRITORIO»
PALERMO, 27-29 giugno 1995



Consiglio Direttivo:

LUIGI CAVAZZA - Presidente
LUIGI POSTIGLIONE - Vice Presidente
PIETRO CARUSO - Membro
ANDREA CAVALLERO - Membro
CARLO FAUSTO CERETI - Segretario tesoriere

© 1996 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) - 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. 06/4288.10.98-4288.12.22. Internet web site: www.agriline.it/edagri Internet e-mail: ag@edagricole.agriline.it

Direttore responsabile: Prof. Paolo Talamucci - Reg. Tribunale di Bologna n. 3236 del 12-12-1966 - Comma 26 art. 2 L. 28-12-1995 n. 549. Abbonamenti e prezzi Italia (c e postale 366401): Abbonamento annuo L. 69.000 - Un numero L. 17.250 - Arretrati e numeri doppi L. 34.500 - Annate arretrate L. 100.000 - Estero: Abbonamento annuo L. 85.000 - Con spedizione via aerea L. 110.000 - Rimovo 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)

SOMMARIO

- 297 L'Agronomia del territorio: il ruolo delle scienze agronomiche nella formazione professionale
Riccardo Sarno e Pietro Caruso
- 310 Agronomia aziendale e agronomia del territorio
Luigi Cavazza
- 320 Strategie di scelta di specie e di varietà in ambiente mediterraneo
Luigi Stringi e Alfonso Sciortino
- 329 Effetti di tipologie di suolo e colture foraggere sulle perdite per ruscellamento di azoto, fosforo e potassio in differenti areali italiani
Marco Acutis, Giovanni Argenti, Laura Bersani, Pietro Bullitta, Salvatore Caredda, Andrea Cavallero, Cesare Giordani, Carlo Grignani, Andrea Pardini, Claudio Porqueddu, Amedeo Reyneri, Pier Paolo Roggero, Leonardo Sulas, Paolo Talamucci e Camillo Zanchi
- 339 Flussi di azoto da colture foragere nell'areale padano: interazioni con la tipologia di suolo
Carlo Grignani, Marco Acutis, Amedeo Reyneri, Andrea Cavallero e Gianpiero Lombardi
- 350 Adattabilità e produttività di frumento tenero (*Triticum aestivum* L.) in ambiente mediterraneo
Grazia Maria Lombardo, Giuseppe Di Prima, Giulia Gallo e Massimo Palumbo
- 355 Aspetti bioagronomici e produttivi di varietà di grano duro (*Triticum durum* Desf.) in Molise. Risultati del triennio 1990-93
Francesco Basso, Francesco Mucci, Fabrizio Quaglietta Chiarandà, Michele Pisante e Bruno Basso
- 367 Un Sistema Informativo Geografico per lo studio della risicoltura in Pianura Padana. Il caso dell'azoto
Stefano Bocchi, Mario A. Gomasasca, Sergio Strobelt e Tommaso Maggiore
- 374 Valutazione della sensibilità del modello CERES *Sorghum* alla variabilità delle caratteristiche del terreno in un'area meridionale
Annamaria Castrignanò, Donato Ferri, Nicola Losavio e Matteo Stelluti
- 384 Variazione dei fabbisogni irrigui della barbabietola da zucchero (*Beta vulgaris* L.) a semina autunnale nei diversi ambienti del territorio pugliese
Angelo Calciandro, Pietro Rubino, Maurizio Catalano e Alberto Mario Mastro
- 393 Per una valutazione della suscettività del territorio al drenaggio sotterraneo. I. Proposta metodologica
Luigi Giardini, Maurizio Borin, Paolo Ceccon e Romano Giovanardi
- 401 Il bacino idrografico come unità di indagine territoriale
Paola Rossi Pisa, Alberto Vicari, Ciro Gardi e Pietro Catizone
- 408 Primi risultati sulla possibilità di riequilibrio di sistemi pastorali attraverso la transumanza tra ambienti mediterranei e alpini
Giovanni Argenti, Paolo Talamucci, Nicolina Staglianò e Fausto Gusmeroli

- 414 Influenza della tipologia di allevamento e dell'ordinamento colturale sul bilancio di elementi nutritivi di aziende padane
Carlo Grignani
- 423 Le specie officinali per la valorizzazione e difesa delle aree interne: valutazione di ecotipi siciliani di origano (*Origanum vulgare*)
Claudio Leto, Alessandra Carrubba, Piero Trapani, Roberto Zironi, Lanfranco Conte e Francesco Battistutta
- 436 Definizione delle limitazioni alla fertilità dei suoli mediante l'applicazione del sistema FCC: un esempio per i suoli dell'altopiano ragusano
Carmelo Dazzi, Giovanni Fierotti e Salvatore Raimondi
- 449 Studio sulla potenziale contaminazione da fitofarmaci nella pianura padana
Luigi Giardini
- 461 Il potere di disinquinamento dell'aria quale criterio di scelta delle specie ornamentali per il verde urbano
Giuseppe La Malfa, Daniela Romano e Cherubino Leonardi
- 470 Influenza delle tecniche di lavorazione del terreno sull'erosione idrica dei terreni argillosi della collina toscana
Enrico Bonari, Marco Mazzoncini, Marco Ginanni e Stefano Menini
- 478 Utilizzazione del modello «GLEAMS» per la simulazione del ruscellamento superficiale e dell'erosione da tecniche alternative di lavorazione del terreno nella collina toscana
Enrico Bonari, Paolo Barberi, Marco Mazzoncini e Nicola Silvestri
- 488 Per una valutazione della suscettività del territorio al drenaggio sotterraneo. II. Esempio applicativo
Maurizio Borin, Luigi Giardini, Paolo Ceccon e Romano Giovanardi
- 500 La rete fenologica del mais (*Zea mays* L.) nella Pianura Veneta. I. Caratteristiche e rappresentazione spaziale
Maurizio Borin, Claudio Palchetti e Antonella Schiavon
- 506 La qualità delle acque per uso irriguo nella Pianura Padana
Luigi Giardini e Maurizio Borin
- 521 Confronto fra modelli per la previsione a livello territoriale del ruscellamento
Marco Acutis, Massimo Rossi, Paola Rossi Pisa, Francesca Ventura e Giuliano Vitali
- 529 Il ruolo dell'irrigazione nello sviluppo del territorio in Sicilia
Vito Lombardo e Antonino Davì
- 535 Rilievi su alcuni parametri della crescita della vegetazione erbacea in alcune zone del bacino del Sauro
Celestino Ruggiero, Michele Pisante, Massimo Fagnano, Giuseppe Landi e Franco Carone
- 540 Analisi preliminare della variabilità spaziale della temperatura in un ambiente collinare toscano
Lorenzo Seghi, Marco Bindi, Bernardo Gozzini, Giampiero Maracchi e Simone Orlandini

ERRATA CORRIGE

Nel frontespizio del n. 3 - Luglio-Settembre 1996, sotto la testata è stato indicato erroneamente anno XXIX anziché anno XXX.

Effetti di tipologie di suolo e colture foraggere sulle perdite per ruscellamento di azoto, fosforo e potassio in differenti areali italiani⁽¹⁾

Marco Acutis, Giovanni Argenti, Laura Bersani, Pietro Bullitta, Salvatore Caredda, Andrea Cavallero, Cesare Giordani, Carlo Grignani, Andrea Pardini, Claudio Porqueddu, Amedeo Reyneri, Pier Paolo Roggero, Leonardo Sulas, Paolo Talamucci e Camillo Zanchi⁽²⁾

Riassunto

Le colture foraggere svolgono un ruolo importante in molti areali italiani. Per una corretta pianificazione del territorio agricolo è necessario approfondire la conoscenza non solo delle caratteristiche produttive di queste colture, ma anche dei loro rapporti con l'ambiente.

Questo lavoro prende in considerazione le perdite di azoto, fosforo e potassio dovute al ruscellamento in colture foraggere a diverso livello di intensificazione (dal pascolo alla coltura di erba medica, dal mais al doppio ciclo di mais e loiessa) in tre ambienti italiani: la Pianura Padana nord-occidentale, l'Appennino Toscano e la pianura sarda, con suoli varianti da franco-sabbioso a franco-argilloso.

Il monitoraggio quanti-qualitativo del ruscellamento è stato fatto per periodi variabili da due a sei anni. La pendenza era dello 0,5% per gli appezzamenti in Piemonte e Sardegna e del 10% in Toscana.

Per quanto riguarda l'azoto i rilasci sono risultati più bassi nei terreni più pianeggianti, anche per i ridotti volumi di ruscellamento registrati, non superando mai $15 \text{ kg di N ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$. Nei terreni in pendenza si sono invece registrati valori più elevati, con un massimo annuale di circa $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ di azoto, in relazione anche all'elevato ruscellamento ed erosione di un evento eccezionale. Per il fosforo solo in pochi casi si sono raggiunte perdite di $5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$, mentre nella maggior parte dei casi non sono stati superati $2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$. In Sardegna i rilasci di tale elemento sono da considerarsi pressoché trascurabili. Le perdite di potassio sono risultate minime in Sardegna e massime in Piemonte, dove si sono registrati valori dell'ordine di $10 \text{ kg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$.

Ove era possibile il confronto, si è verificato che le colture prative riducono il rilascio di elementi nutritivi rispetto alla coltura del mais e che la qualità delle acque di superficie appare legata piuttosto alle tecniche colturali che alla tipologia di suolo.

Parole chiave: erosione, mais, pascoli, *Medicago sativa*, *Lolium multiflorum* Lam.

Summary

INFLUENCE OF SOIL TYPOLOGY AND FORAGE CROPS ON LOSSES OF NUTRIENTS IN WATER SURFACE RUNOFF IN DIFFERENT ITALIAN AREAS

Fodder crops play an important role in many Italian environments. The knowledge of the main productive characteristics of these crops is as important as their relationships with the environment, especially for a proper territorial management.

This paper compares nitrogen, phosphorous and potassium contents in runoff of some forage crops of different intensity (pasture, lucerne, silage maize, Italian ryegrass/maize double cropping) in different Italian environments (north-western plain of Piemonte, Apennines hills of Tuscany and Mediterranean plain of Sardegna) on different typology of soils.

⁽¹⁾ Comunicazione presentata al XXIX Convegno annuale della SIA su: «L'agronomia del territorio». Palermo, 27-29 giugno 1995.

Ricerca effettuata con il contributo CNR PF-RAISA, sottoprogetto 1. Pubblicazione CNR PF-RAISA n. 2720. Coordinatore della ricerca Prof. Andrea Cavallero.

⁽²⁾ Rispettivamente del Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del Territorio, Università di Torino il 1°, 6°, 8° e 11° Autore; del Dipartimento di Agronomia e Produzioni Erbacee, Università di Firenze il 2°, 9°, 14° e 15° Autore; del Laboratorio della Camera di Commercio di Torino il 3° Autore; del Centro di Studio sui Pascoli Mediterranei, CNR Sassari il 4°, 5°, 10° e 13° Autore; dell'Istituto Agronomico per l'Oltremare, Firenze il 7° Autore; del Dipartimento di Biotecnologie Agrarie e Ambientali, Università di Ancona il 12° Autore. Il lavoro è da attribuirsi in parti uguali ai diversi Autori per le rispettive località. P.P. Roggero ha collaborato alla ricerca svolta a Sassari. M. Acutis e G. Argenti hanno curato inoltre l'elaborazione collegiale dei dati.

Runoff data have been collected for periods ranging between two and six year, from plots of different extension and slope (0,5% in the plains, 10% in Apennine hills).

Nitrogen losses, for the small amount of runoff, have been quite low from flat fields, being always less than $15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$. Losses from slope fields have been higher, with a maximum of $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$, due to very high level of runoff and erosion in a conspicuous episode. Phosphorous losses only in a few cases were higher than $5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$, while mostly they have been less than $2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$. In the Mediterranean plain such losses have been quite insignificant. Minimum potassium losses were recorded in the Mediterranean plain, while in north-western plain they reached about $10 \text{ kg}^{-1} \text{ year}^{-1}$.

Maize was, on average, the crop with highest nutrient losses, while quality of the runoff water was more related to agricultural practices than to soil types.

Key words: erosion, maize, pastures, *Medicago sativa*, *Lolium multiflorum* Lam.

Introduzione

Le nuove concezioni ambientali hanno dato un'importanza sempre maggiore alla quantificazione dei rilasci agricoli di fitofarmaci e fertilizzanti. Si è infatti fatta strada la convinzione che l'intensificazione della pratica agricola, pur permettendo rese sempre maggiori, non debba spingersi a livelli non compatibili con la sanità ambientale (King, 1990). Per quanto riguarda le perdite di nutrienti attraverso le acque di ruscellamento, che possono rivestire un ruolo importante per l'eutrofizzazione e la potabilità delle acque (Sharpley *et al.*, 1995), la maggior parte degli studi si sono rivolti a quantificare l'intensità dei rilasci provenienti soprattutto da terreni gestiti con tecniche agronomiche intensive (McDowell *et al.*, 1980; Edward e Owens, 1986; Giardini *et al.*, 1989; Acutis *et al.*, 1992 b; Sharpley *et al.*, l.c.) mentre minor interesse è stato rivolto a colture erbacee più estensive (Timmons e Holt, 1980), studiate spesso esclusivamente in condizioni di elevata pendenza (Boschi e Chisci, 1978; Zanchi, 1989; Cooper *et al.*, 1992).

In considerazione della grande diffusione sul territorio nazionale delle colture foraggere, appare necessario studiarle in modo più approfondito, anche per quel che concerne il loro rapporto con l'ambiente, in modo da proporre una gestione del territorio tecnicamente efficiente e allo stesso tempo a ridotto impatto. In particolare per quanto riguarda le acque di ruscellamento superficiale, in precedenti note erano stati quantificati e modellizzati ruscellamento ed erosione in terreni coltivati a specie foraggere (Acutis *et al.*,

1994 a,b). In questo lavoro ci si propone di quantificare le perdite di macronutrienti asportati dalle acque di ruscellamento da diverse tipologie di suolo e colture foraggere, in tre areali diversificati.

Materiali e metodi

Le località prese in esame per la sperimentazione sono state Carmagnola (TO), nella pianura padana nord-occidentale, Borgo S. Lorenzo (FI), nella conca interappenninica del Mugello, e Bonassai (SS), nella pianura sarda nord-occidentale. In figura 1 sono riportati i climodiagrammi secondo Walter e Lieth delle località di prova, mentre in tabella 1 sono riassunte le principali caratteristiche dell'andamento pluviometrico dei siti sperimentali durante i periodi di prova.

I dati di qualità delle acque di ruscellamento sono stati raccolti da quattro diversi tipi di terreno. In Piemonte si è operato su un suolo franco (F) e uno franco-sabbioso (FS) sui quali erano presenti mais ed erba medica. In Toscana, su di un suolo franco-argilloso (FA), le colture poste a confronto sono state erba medica e pascolo polifita permanente, a base di graminacee e leguminose perenni utilizzato da bovini da latte. In Sardegna si è operato su di un suolo franco-argilloso (FA) con tre colture: pascolo (a base di specie annue autoriseminanti e utilizzato con ovini da latte), erba medica e doppio ciclo di erbai (mais seguito da loiessa). Le diverse tipologie di suolo prese in esame hanno interessato terreni ben differenziati per dotazione di

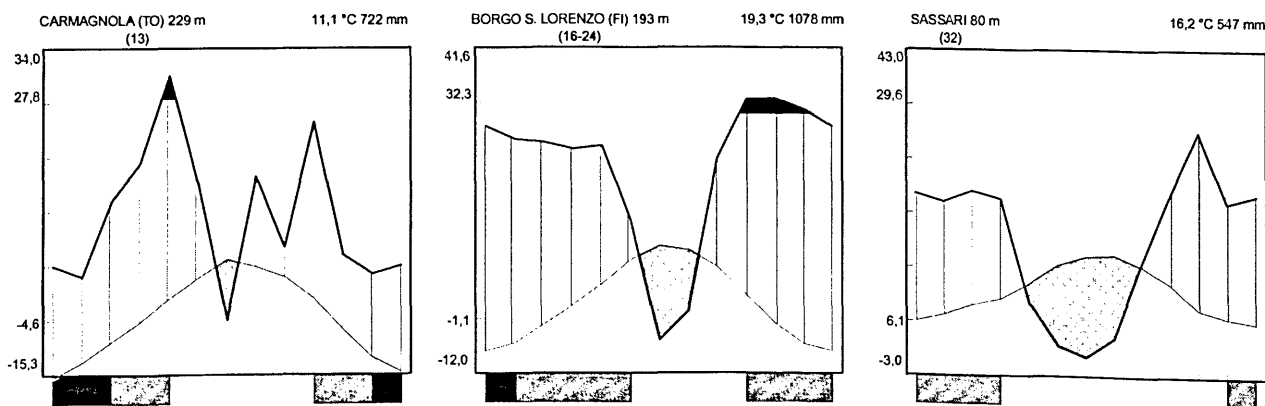


Fig. 1 - Climodiagrammi di Walter e Lieth dei siti sperimentali.

Fig. 1 - Walter and Lieth climodiagrams of the experimental sites.

TABELLA 1 - *Principali caratteristiche delle precipitazioni annuali.*

TABLE 1 - Main characteristics of the annual rainfall.

Località	Anno	Totale annuo (mm)	Giorni piovosi (n)	Eventi > 12,5 mm (n)
Carmagnola	1989	502	47	11
	1990	640	56	14
	1991	760	52	21
	1992	759	68	17
	1993	998	70	29
Borgo S. Lorenzo	1994	1007	71	21
	1992	1165	83	24
	1993	717	88	21
Bonassai	1994	916	81	23
	1993	546	63	16
	1994	487	62	9

elementi chimici (tab. 2) e per le principali caratteristiche idrologiche (tab. 3). Gli interventi di concimazione effettuati nei diversi casi sono illustrati in tabella 4.

Le rilevazioni sono state eseguite in appezzamenti idraulicamente isolati di dimensioni variabili tra 480 m² (Borgo S. Lorenzo) e 2250 m² (Carmagnola e Bonassai), con pendenza trasversale nulla e longitudinale compresa fra 0,5% (Carmagnola e Bonassai, dove i terreni erano sistemati a spianata) e 10% (Borgo S. Lorenzo). Nella sezione posta a valle di tutti i dispositivi una canaletta convogliava l'acqua di scorrimento superficiale agli strumenti di misura e di campionamento. Il volume di acqua ruscellata è stato misurato mediante stramazzi triangolari a norme ISO (1438/1, 1980), dotati di idrometrografo ad asta rigida. Dell'acqua di ruscellamento così raccolta veniva effettuato un campionamento automatico a base oraria, attraverso campionatori automatici tipo *Bulher* (PB MOS). Le

TABELLA 2 - *Principali caratteristiche chimico-fisiche dei terreni dei siti sperimentali.*

TABLE 2 - Main chemical-physical characteristics of the soils of the experimental fields.

Località	Scheletro (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	N. tot. (%)	P ₂ O ₅ ass (ppm)	K ₂ O scam. (ppm)	S. organica (%)	Clas. USDA	Pendenza (%)
Carmagnola FS	assente	68,7	26,8	4,5	0,18	21	134	1,6	FS	0,5
Carmagnola F	assente	50,8	33,2	16,0	0,12	41	72	1,2	F	0,5
Borgo S. Lorenzo	29,6	28,7	36,0	35,3	0,12	48	149	0,8	FA	10,0
Bonassai	7,6	38,9	24,8	36,3	0,12	18	375	2,8	FA	0,5

TABELLA 3 - *Principali caratteristiche idrologiche dei suoli dei siti sperimentali.*

TABLE 3 - Main hydrological characteristics of the soils of the experimental fields.

Località	Tipo	Capacità di campo (% peso)	Punto appassimento (% peso)	D. apparente (g cm ⁻³)	Ks (mm h ⁻¹)
Carmagnola	FS	20,3	5,2	1,25	9,0
Carmagnola	F	17,6	7,5	1,39	6,0
Borgo S. Lorenzo	FA	35,8	12,1	1,20	0,2
Bonassai	FA	27,1	14,3	1,45	5,0

TABELLA 4 - *Concimazioni apportate alla unità sperimentali (kg ha⁻¹ anno⁻¹).*TABLE 4 - Fertilizations of experimental sites (kg ha⁻¹ year⁻¹).

Località	Coltura	Tipo di concimazione	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Carmagnola	Mais	Impianto	145	185	220
		Copertura	100	—	—
	Medica	Impianto	200	240	260
		Copertura	—	150	150
Borgo S. Lorenzo	Medica	Impianto	60	150	150
		Copertura	—	40	—
	Pascolo	Impianto	60	150	150
		Copertura	—	40	—
Bonassai	Pascolo	Impianto	30	70	—
		Copertura	35	90	—
	Medica	Impianto	—	140	—
		Copertura	—	90	—
	Mais/Loiessa	Impianto	370	180	—
		Copertura	—	—	—

analisi chimiche sulle acque superficiali così raccolte hanno riguardato la determinazione del contenuto totale di azoto, fosforo e potassio, in modo da ottenere le perdite di tali macronutrienti per ogni evento di ruscellamento. La determinazione del contenuto totale di azoto è stata effettuata attraverso riduzione dei nitrati e nitriti ad ammoniaca, mineralizzazione, distillazione e successiva lettura con elettrodo specifico, mentre quella del contenuto totale di P_2O_5 e K_2O mediante spettrofotometria di emissione al plasma. La piovosità riguardante i siti di prova è stata registrata con pluviografi di precisione localizzati in prossimità dei dispositivi sperimentali descritti in precedenza. Maggiori dettagli di tipo impiantistico sono riportati in Acutis *et al.* (1992 a,b).

Risultati

Ruscellamento ed erosione

In tabella 5 sono riportati il numero di eventi critici di deflusso (maggiori di 0,5 mm) per le diverse colture e località di prova, ed i valori annui di acqua ruscellata e di erosione. Le altezze di ruscellamento sono risultate estremamente variabili nei tre ambienti considerati, presentando il valore annuale massimo (113,1 mm nel pascolo 1992) a Borgo S. Lorenzo, e minimo a Bonassai, dove i deflussi sono stati in ogni caso modestissimi, dell'ordine di pochi millimetri per ettaro, per la ridotta piovosità. Anche le quantità di terreno eroso hanno presentato estrema variabilità, variando da oltre 700 kg ha^{-1} a Carmagnola (su mais) ad appena 5 kg ha^{-1} per anno a Bonassai (su erba medica).

Analizzando i dati medi per coltura a Carmagnola e a Borgo S. Lorenzo, è da notare che il deflusso proveniente dall'erba medica è sempre più basso rispetto alle altre colture (sia che si tratti di seminativi che di pascoli); le perdite di suolo sono invece nettamente più basse nell'erba medica rispetto al mais a Carmagnola (su entrambi i tipi di terreno), mentre a Borgo S. Lorenzo il quantitativo medio di terreno eroso è più basso nel pascolo che nell'erba medica. Si può ipotizzare che nella Pianura piemontese le lavorazioni annuali del mais abbiano favorito il deflusso e le perdite di suolo, mentre in Mugello il calpestamento animale, compattando gli orizzonti superficiali del terreno, ha favorito il deflusso trattenendo però in maniera migliore le particelle di suolo, rendendolo cioè meno erodibile.

A Bonassai valori di deflusso e di erosione sono risultati praticamente paragonabili tra di loro: in tale ambiente l'effetto delle condizioni climatiche (ridotta piovosità) è preponderante rispetto a quello delle singole colture, producendo deflussi e perdite di suolo mai preoccupanti.

In tabella 6 sono riportati i coefficienti di correlazione risultati significativi tra i vari parametri studiati per tutti gli eventi in tutte le località (242 in totale). La quantità di pioggia caduta, le altezze di deflusso e la quantità di terreno eroso sono risultate tutte correlate tra loro: mediamente ogni mm di pioggia caduta comporta 0,17 mm di ruscellamento, mentre la quantità di terreno eroso per ogni mm defluito è pari a 4,1 kg ha^{-1} .

Perdite di azoto

I quattro terreni hanno rilasciato quantitativi annui di N notevolmente diversi. A Carmagnola i terreni F e FS hanno presentato rilasci medi rispettivamente di 5,9 kg ha^{-1} e 3,4 kg ha^{-1} (tab. 7). I rilasci medi a Borgo S. Lorenzo (8,4 kg ha^{-1}) si sono attestati su ordini di grandezza simili, mentre a Bonassai le medie sono risultate modeste (meno di 0,1 kg ha^{-1}), con valori molto minori rispetto alle altre due località.

A Carmagnola, analogamente a quanto osservato per il ruscellamento, su entrambi i tipi di terreno, le minori perdite di azoto si sono registrate per la coltura dell'erba medica. La presenza di mais ha determinato maggiori perdite di azoto tranne che nel 1991, anno d'impianto della coltura prativa, in cui probabilmente si è risentito della concimazione d'impianto. Le concentrazioni medie annue di azoto sono risultate paragonabili per le singole colture, con valori medi annui che solo saltuariamente hanno superato il livello di 10 ppm.

A Borgo S. Lorenzo le perdite di azoto sono risultate molto più basse nell'erba medica (in linea con i valori trovati a Carmagnola) rispetto al pascolo, dove si sono registrate perdite medie di 11,3 kg ha^{-1} : il motivo di tale differenza è da ricercare probabilmente nell'effetto delle deiezioni degli animali pascolanti. In entrambe le colture, che hanno ricevuto apporti azotati solo nell'anno d'impianto, si è registrata la progressiva diminuzione delle perdite nel corso degli anni. Le concentrazioni di azoto registrate a Borgo S. Lorenzo sono risultate più che doppie rispetto a quelle di Carmagnola, ma anche in questo caso non sono emerse differenze tra le due colture a confronto.

A Bonassai, le differenze tra colture emerse dalla prova perdono di significato in relazione alla ridotta entità (poche decine di grammi per ettaro) dovuta allo scarso numero di eventi di ruscellamento. Le concentrazioni medie annue sono risultate anche in questo caso non troppo diverse tra le diverse colture, attestandosi su valori simili a quelli riscontrati a Carmagnola.

In questa località le perdite per unità di deflusso (valori del coefficiente angolare della retta di regressione tra deflussi e perdite) sono state di 0,07 kg $ha^{-1} mm^{-1}$ (fig. 2), e non differenziate per tipologia di terreno e di coltura. A Borgo S. Lorenzo le perdite unitarie sono risultate molto elevate, ma anche in questo caso non sono risultate differenti tra i due sistemi a confronto, con coefficiente di regressione comune di 0,26 kg $ha^{-1} mm^{-1}$. Il valore più alto registrato a Borgo S. Lorenzo può essere attribuito alla maggiore pendenza dell'appezzamento (con conseguente aumento dei deflussi) e agli apporti degli animali nel settore a pascolo. Per i risultati di Bonassai, elaborati separatamente per la ridotta entità delle perdite, la regressione comune (fig. 3) mette in evidenza la presenza di pochi eventi di un certo rilievo e la notevole concentrazione degli eventi verso valori molto bassi (intorno all'origine degli assi). Il coefficiente di regressione indica una perdita di circa 0,086 kg $ha^{-1} mm^{-1}$.

Nel complesso dei dati (tab. 6), le perdite di azoto sono risultate correlate, nell'ordine di importanza, con la quantità di acqua ruscellata, il livello di erosione e l'entità delle precipitazioni, mentre non è emersa una relazione significativa con la concentrazione dell'elemento nelle acque di ruscellamento.

In generale si può affermare che le colture che

TABELLA 5 - Caratteristiche degli eventi registrati per località, terreno, coltura e anno.

TABLE 5 - Characteristics of the recorded events by site, soil, crop and year.

Località	Coltura	Anno	Eventi (defl. > 0,5 mm) (*) (n.)	Deflussi (mm)	Erosione (kg ha ⁻¹)	
Carmagnola FS	Mais	1989	5	18,9	688	
	Mais	1990	6	23,0	456	
	Mais	1991	6	15,1	298	
	Mais	1992	8	81,3	718	
	Mais	1993	4	119,1	111	
	Mais	1994	5	74,7	119	
		Media		6	38,7	398
	Medica	1991	7	28,7	625	
	Medica	1992	6	60,9	112	
	Medica	1993	2	13,6	76	
	Medica	1994	1	43,2	45	
	Media		4	36,6	215	
	Media località		5	37,9	325	
Carmagnola F	Mais	1989	3	35,1	787	
	Mais	1990	9	64,8	650	
	Mais	1991	10	66,1	540	
	Mais	1992	7	93,3	764	
	Mais	1993	8	48,5	199	
	Mais	1994	5	88,4	181	
		Media		7	66,0	520
	Medica	1991	11	80,8	659	
	Medica	1992	8	55,4	146	
	Medica	1993	6	23,7	93	
	Medica	1994	3	45,0	49	
	Media		7	51,2	237	
	Media località		7	60,1	407	
Borgo S. Lorenzo	Medica	1992	6	54,1	433	
	Medica	1993	4	14,4	186	
	Medica	1994	3	3,3	6	
		Media		4	23,9	208
	Pascolo	1992	10	113,1	127	
	Pascolo	1993	10	28,6	157	
	Pascolo	1994	7	3,2	5	
		Media		9	48,3	96
		Media località		7	36,1	152
Bonassai	Pascolo	1993	1	1,7	41	
	Pascolo	1994	0	0,2	19	
		Media		1	1,0	30
	Medica	1993	2	3,1	29	
	Medica	1994	0	0,3	5	
		Media		1	1,7	17
	Mais/Loiessa	1993	0	0,1	20	
	Mais/Loiessa	1994	0	0,1	30	
		Media		0	0,1	25
	Media località		1	0,9	24	

(*) Le perdite di suolo di Bonassai provengono anche da eventi più bassi rispetto alla soglia prefissata.

TABELLA 6 - Matrice dei coefficienti di correlazione significativi ($p < 0,001$, $n = 242$) tra le principali variabili registrate per ogni evento di deflusso.

TABLE 6 - Matrix of the significant correlation coefficients ($p < 0,001$, $n = 242$) among principal variables of runoff events.

	Pioggia (mm)	Deflusso (mm)	Erosione (kg ha ⁻¹)	Perdite			Concentrazioni		
				N (kg ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	K ₂ O (kg ha ⁻¹)	N (ppm)	P ₂ O ₅ (ppm)	K ₂ O (ppm)
Pioggia	mm	1,000							
Deflusso	mm	0,399	1,000						
Erosione	kg ha ⁻¹	0,497	0,501	1,000					
N	kg ha ⁻¹	0,438	0,808	0,570	1,000				
P ₂ O ₅	kg ha ⁻¹		0,534	0,547	0,405	1,000			
K ₂ O	kg ha ⁻¹			0,426		0,811	1,000		
N	ppm						1,000		
P ₂ O ₅	ppm							1,000	
K ₂ O	ppm							0,950	1,000

favoriscono il deflusso per minor rugosità superficiale (mais a Carmagnola e pascolo a Borgo S. Lorenzo, in questo caso attribuibile al possibile effetto del calpestamento) presentano le perdite maggiori di azoto.

Perdite di fosforo

In media le perdite di fosforo (tab. 7) sono risultate di 1,1 kg ha⁻¹ anno⁻¹ a Carmagnola per il terreno FS, di 2,1 kg ha⁻¹ anno⁻¹ per il terreno F, di 0,5 kg ha⁻¹ anno⁻¹ a Borgo S. Lorenzo e minori di 0,1 kg ha⁻¹ anno⁻¹ a Bonassai.

A Carmagnola le perdite più elevate si sono registrate per la coltura del mais con 2,6 kg ha⁻¹ anno⁻¹ per il terreno F e di 1,4 kg ha⁻¹ anno⁻¹ per il terreno FS; l'erba medica ha presentato perdite più contenute, rispettivamente di 0,9 e 0,7 kg ha⁻¹ anno⁻¹ nei terreni F e FS. Le concentrazioni medie annue sono risultate nettamente più basse per l'erba medica rispetto al mais, mentre non sembrano esserci differenze notevoli fra i due tipi di terreno. Tali concentrazioni hanno raggiunto valori molto elevati e superiori a quelli ritenuti pericolosi per l'eutrofizzazione, pari a circa 0,25 ppm di P₂O₅ (US EPA, 1986).

A Borgo S. Lorenzo le perdite di P₂O₅ sono risultate più elevate nel pascolo che nell'erba medica (0,8 vs 0,1 kg ha⁻¹ anno⁻¹), e, come nel caso dell'azoto, si nota una diminuzione progressiva delle perdite fosfatice. Per quanto riguarda le concentrazioni medie di P₂O₅, anche in questa località per l'erba medica sono stati registrati valori nettamente più bassi rispetto al pascolo, ma in ogni caso superiori rispetto al valore soglia di pericolo per l'eutrofizzazione evidenziato in precedenza.

A Bonassai invece le maggiori perdite di fosforo si sono riscontrate nella medica con una media di 0,02 kg ha⁻¹ anno⁻¹, dovute unicamente a un rilevante evento piovoso avvenuto in corrispondenza di una concimazione fosfatica in copertura, che, da solo, ha asportato 0,019 kg ha⁻¹. Notevolmente più ridotti, (dell'ordine di pochi grammi per ettaro e di conseguenza non riportati in tabella) sono apparsi gli asporti di P₂O₅ dal pascolo e dalla successione mais/loiessa. Le

concentrazioni medie in questa località sono apparse più basse rispetto a Carmagnola e Borgo S. Lorenzo, ma, tranne due casi (nel pascolo e nel doppio ciclo di erbai, nel 1994) anche in questo caso si è superato il valore soglia ricordato in precedenza.

Come già visto per l'azoto, a Carmagnola le altezze di ruscellamento sono correlate alle perdite di P₂O₅ ($b = 0,03 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, fig. 4). Per Borgo S. Lorenzo invece tale relazione non è risultata significativa.

In figura 5 è presentata la retta di regressione, comune per tutte le colture, per Bonassai: essa è caratterizzata da un coefficiente di regressione di circa 8 g ha⁻¹ mm⁻¹ e mette in evidenza la scarsità delle perdite di fosforo rispetto all'azoto.

Le perdite di fosforo (tab. 6) sono risultate significativamente correlate con l'entità del terreno eroso, la quantità di acqua ruscellata e con le perdite di azoto.

Perdite di potassio

Le maggiori perdite medie di potassio (tab. 7) si sono verificate a Carmagnola sul terreno franco rispetto a quello franco-sabbioso (6,7 kg ha⁻¹ vs 3,2 kg ha⁻¹). I valori ottenuti nella Pianura piemontese sono dello stesso ordine di grandezza di quelli ottenuti mediamente nel Mugello (2,8 kg ha⁻¹), mentre, come già verificato per gli altri elementi nutritivi, i risultati di Bonassai si sono attestati su valori nettamente inferiori (al di sotto di 0,1 kg ha⁻¹).

Le maggiori perdite di potassio a Carmagnola si sono registrate per la coltura del mais: per il terreno franco si sono avuti in media 9,9 kg ha⁻¹ anno⁻¹ (tale media è però influenzata da un unico evento verificatosi nel 1989 di 34,7 kg ha⁻¹), per quello franco-sabbioso 4,2 kg ha⁻¹ anno⁻¹. Perdite alquanto inferiori sono state ottenute dai terreni investiti a erba medica (2,0 e 1,6 kg ha⁻¹ anno⁻¹ rispettivamente per F e FS). Le concentrazioni sono risultate più basse nell'erba medica rispetto al mais: in quest'ultima coltura è da mettere in evidenza un'annata particolare (1989) che presenta valori nettamente differenziati rispetto agli altri anni.

A Borgo S. Lorenzo invece le perdite maggiori sono

TABELLA 7 - Perdite e concentrazioni di nutrienti.

TABLE 7 - Nutrients losses and concentrations.

Località	Coltura	Anno	Perdite di nutrienti (kg ha ⁻¹ anno ⁻¹)			Concentrazioni (ppm)			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Carmagnola FS	Mais	1989	0,45	2,10	8,60	2,4	11,1	45,6	
	Mais	1990	1,95	1,33	3,34	8,5	5,8	14,5	
	Mais	1991	2,72	0,69	2,53	18,0	4,6	16,8	
	Mais	1992	10,69	0,30	1,80	13,1	0,4	2,2	
	Mais	1993	1,40	1,00	2,80	7,3	5,2	14,7	
	Mais	1994	4,70	3,10	6,10	6,3	4,1	8,2	
		Media		3,65	1,42	4,20	9,4	3,7	10,8
	Medica	1991	5,09	0,72	2,26	17,7	2,5	7,9	
	Medica	1992	3,70	0,30	0,90	6,1	0,5	1,5	
	Medica	1993	0,70	0,30	1,50	5,1	2,2	11,0	
	Medica	1994	2,70	1,50	1,90	6,3	3,5	4,4	
		Media		3,05	0,71	1,64	8,3	1,9	4,5
		Media località		3,41	1,13	3,17	9,0	3,0	8,4
	Carmagnola F	Mais	1989	1,80	5,70	35,80	5,1	16,3	102,1
Mais		1990	5,84	5,13	8,87	9,0	7,9	13,7	
Mais		1991	9,02	1,06	3,71	13,6	1,6	5,6	
Mais		1992	15,10	1,70	2,80	16,2	1,8	3,0	
Mais		1993	3,30	1,30	3,90	6,8	2,7	8,0	
Mais		1994	5,03	0,70	4,30	5,7	3,1	4,9	
		Media		6,68	2,60	9,90	10,1	3,9	15,0
Medica		1991	13,14	1,14	2,42	16,3	1,4	3,0	
Medica		1992	2,10	0,20	0,90	3,8	0,4	1,6	
Medica		1993	1,20	0,50	2,20	5,1	2,1	9,3	
Medica		1994	2,20	1,70	2,40	4,9	3,8	5,3	
		Media		4,66	0,89	1,98	9,1	1,7	3,9
		Media località		5,87	1,91	6,73	9,8	3,2	11,2
Borgo S. Lorenzo		Medica	1992	12,48	0,27	2,53	23,1	0,5	4,7
	Medica	1993	3,24	0,10	1,57	22,5	0,7	10,9	
	Medica	1994	0,51	0,04	0,62	15,5	1,2	18,8	
		Media		5,41	0,13	1,57	22,6	0,6	6,6
	Pascolo	1992	28,62	1,94	10,35	25,3	1,7	9,1	
	Pascolo	1993	4,82	0,39	1,77	16,8	1,4	6,2	
	Pascolo	1994	0,52	0,05	0,07	16,2	1,6	2,3	
		Media		11,32	0,80	4,06	19,4	1,6	5,9
		Media località		8,36	0,46	2,82	23,2	1,3	7,8
	Bonassai	Pascolo	1993	0,09	0,01	0,03	5,5	0,5	1,9
Pascolo		1994	0,00	0,00	0,01	1,0	0,2	6,5	
		Media		0,05	0,00	0,02	3,3	0,4	4,2
Medica		1993	0,25	0,03	0,09	8,1	1,0	2,8	
Medica		1994	0,00	0,00	0,01	0,7	1,4	2,3	
		Media		0,13	0,02	0,05	4,4	1,2	2,6
Mais/Loiessa		1993	0,01	0,00	0,00	9,0	0,5	3,0	
Mais/Loiessa		1994	0,00	0,00	0,00	1,0	0,2	4,0	
		Media		0,01	0,00	0,00	5,0	0,3	3,5
		Media località		0,06	0,01	0,02	6,5	0,8	2,7

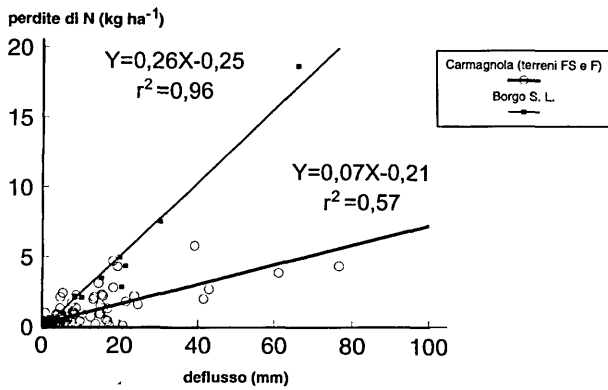


Fig. 2 - Relazione tra deflusso e perdite di N per Carmagnola e Borgo S. Lorenzo.

Fig. 2 - Relationship between surface runoff and N losses in Carmagnola and Borgo S. Lorenzo.

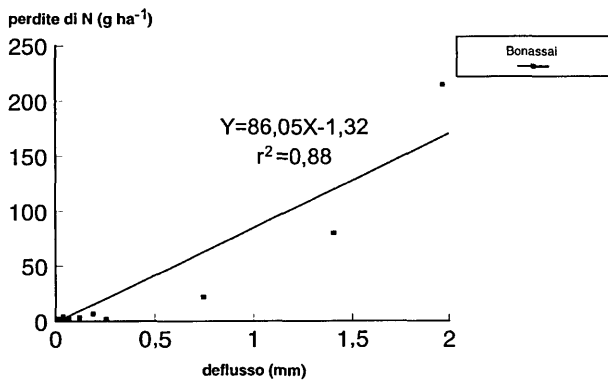


Fig. 3 - Relazione tra deflusso e perdite di N per Bonassai.

Fig. 3 - Relationship between surface runoff and N losses in Bonassai.

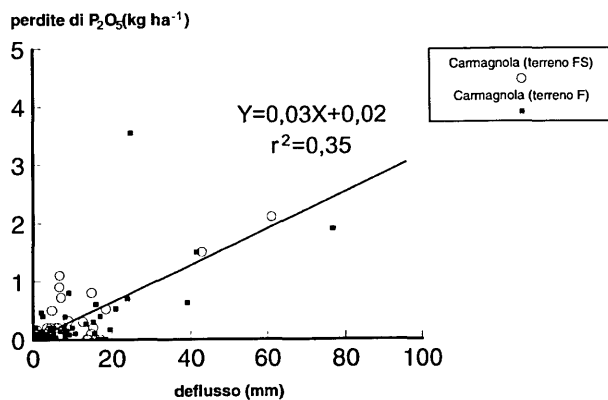


Fig. 4 - Relazione tra deflusso e perdite di P₂O₅ per Carmagnola.

Fig. 4 - Relationship between surface runoff and P₂O₅ losses in Carmagnola.

state ottenute nel terreno a pascolo, con una media del triennio di 4,1 kg ha⁻¹ anno⁻¹ (con una punta superiore ai 10 kg ha⁻¹ anno⁻¹), mentre la medica ha determinato perdite medie di 1,6 kg ha⁻¹ anno⁻¹, in entrambi gli

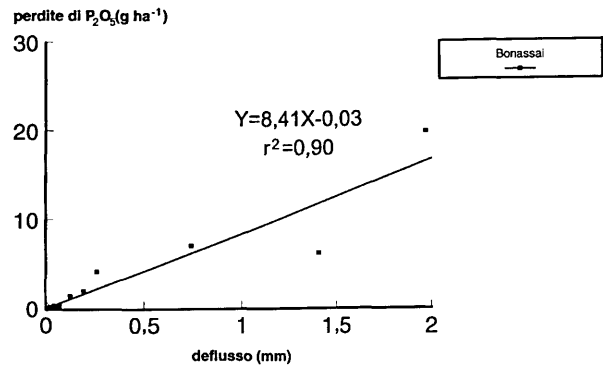


Fig. 5 - Relazione tra deflusso e perdite di P₂O₅ per Bonassai.

Fig. 5 - Relationship between surface runoff and P₂O₅ losses in Bonassai.

appezziamenti è stato confermato il progressivo decremento delle perdite potassiche nel tempo. Le concentrazioni medie annue sono risultate per l'erba medica inferiori a quelle registrate per il pascolo, però superiori a quelle di Carmagnola.

Anche per K₂O il ridottissimo livello di perdite ottenuto a Bonassai non permette di individuare differenze significative tra le singole colture presenti in Sardegna. Allo stesso modo non sono emerse differenze per quanto riguarda il valore medio delle concentrazioni, che si è sempre situato a livelli inferiori rispetto 6 alle altre due località.

A Carmagnola non è emersa una regressione significativa tra K₂O e deflusso, mentre ciò è avvenuto sia in Toscana che in Sardegna. In figura 6 è riportata la retta di regressione comune per le due colture ottenuta per Borgo S. Lorenzo, dove sono stati persi mediamente 0,05 kg ha⁻¹ mm⁻¹ di ruscellato.

La regressione comune per la località sarda (fig. 7) mette in evidenza la presenza di pochissimi eventi di una certa entità e l'addensarsi di molti eventi di ridotto rilievo intorno all'origine degli assi. Il coefficiente di regressione indica una perdita di circa 25 g ha⁻¹ mm⁻¹ di ruscellato.

Le perdite di K₂O (tab. 6) sono risultate significati-

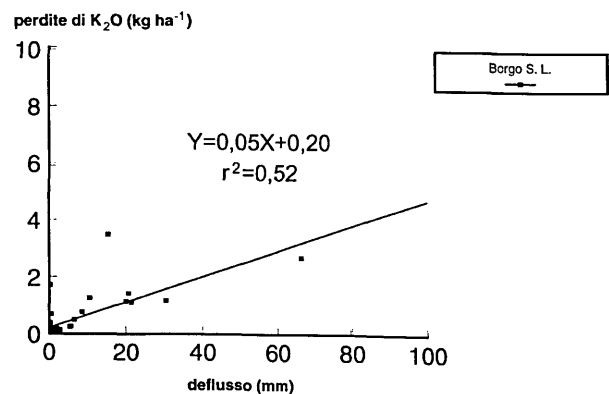


Fig. 6 - Relazione tra deflusso e perdite di K₂O per Borgo S. Lorenzo.

Fig. 6 - Relationship between surface runoff and K₂O losses in Borgo S. Lorenzo.

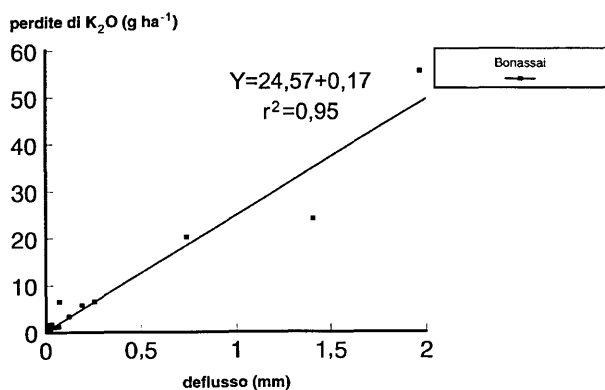


Fig. 7 - Relazione tra deflusso e perdite di K₂O per Bonassai.

Fig. 7 - Relationship between surface runoff and K₂O losses in Bonassai.

vamente correlate solo con il livello di erosione e con le perdite di P₂O₅.

Conclusioni

Dai dati ottenuti si possono trarre alcune indicazioni sul livello delle perdite di nutrienti in acque di ruscellamento da diverse colture foraggere in ambienti diversi.

Innanzitutto la variabilità delle perdite sembra essere in buona parte spiegata dal volume di acqua ruscellato, che si è dimostrato il parametro, tra quelli considerati, maggiormente correlato alle asportazioni di macronutrienti. In generale le perdite di nutrienti sembrano nel loro complesso piuttosto contenute, tenuto conto del grado di intensificazione cui le colture prese in esame erano sottoposte. Al contrario in alcuni casi, soprattutto per quel che riguarda il fosforo, le concentrazioni registrate hanno superato nettamente la soglia critica per l'eutrofizzazione. Nella pianura piemontese, dove era possibile il confronto tra mais e medica su due diversi tipi di terreno, si è constatato che la coltura prativa riduce sensibilmente le perdite di elementi nutritivi rispetto al mais, in virtù anche di una minore intensità di fertilizzazione; infatti, rispetto all'erbaio, le perdite negli appezzamenti a prato sono risultate del 25%, 63% e 74% inferiori, rispettivamente per N, P₂O₅ e K₂O. Il tipo di terreno sul quale sono state registrate le maggiori perdite è stato quello franco, in quanto il franco-sabbioso, favorendo l'infiltrazione dell'acqua, ha determinato un ridotto ruscellamento che, nella media delle due colture, è risultato nettamente inferiore nel terreno più sciolto (37,9 vs 60,1 mm anno⁻¹). A Borgo S. Lorenzo le perdite sono state di notevole entità per quel che riguarda l'azoto, soprattutto al primo anno. Su tali rilasci il pascolo ha fornito valori pressoché doppi rispetto a quelli della medica, caratterizzandosi pertanto come una coltura che produce maggiori perdite di tale elemento, sia a causa dell'aumento del ruscellamento in seguito al calpestamento che per le deiezioni residue dagli animali. I valori relativamente più elevati di perdite azotate nell'Appennino toscano devono anche attribuirsi alla maggiore pendenza

(circa 10%), sensibilmente più alta rispetto agli altri terreni oggetto di prova. Per quanto riguarda Bonassai, negli anni presi in esame le perdite di nutrienti sono state assai modeste (a volte pochi grammi ad ettaro in un anno) e tali da non destare preoccupazioni dal punto di vista ambientale. Anche in questo caso il ridotto volume dei deflussi ha provocato asportazione minima di nutrienti, quasi sempre concentrata in un unico evento autunnale. In tale ambiente non si sono registrate differenze di rilievo tra i sistemi foraggeri studiati.

In tutte le località, nelle situazioni esaminate per tutti gli elementi considerati, le perdite sono state concentrate almeno per il 25% in un solo evento, ma mediamente il principale evento di ogni anno ha rappresentato il 61%, il 58% e il 59% delle perdite totali rispettivamente di N, P₂O₅ e K₂O, indicando la dipendenza del fenomeno delle perdite di nutrienti per ruscellamento da pochi eventi importanti.

In ogni caso le perdite di elementi nutritivi dovute al ruscellamento non sembrano prevedibili sulla base delle sole caratteristiche fisico-chimiche dei suoli, disponibili attraverso le normali analisi, ma sembrano piuttosto legate alle tecniche colturali adottate.

Bibliografia

- ACUTIS, M., GRIGNANI, C., REYNERI, A., 1992 a. *Perdita di suolo e qualità delle acque ruscellate da terreni a spianata e coltivati a mais*. Riv. di Agron., 26, 4 Suppl., 648-654.
- ACUTIS, M., ALLAVENA, L., CAVALLERO, A., FERRARIS, S., 1992 b. *Ruscellamento da terreni sistemati a spianata e coltivati a mais*. Riv. di Agron., 26, 4 Suppl., 685-689.
- ACUTIS, M., BULLITTA, P., CAREDDA, S., CAVALLERO, A., GIORDANI, C., GRIGNANI, C., PARDINI, A., PORQUEDDU, C., REYNERI, A., ROGGERO, P.P., SULAS, L., TALAMUCCI, P., ZANCHI, C., 1994 a. *Surface runoff and erosion from forage crops in some Italian environments*. Proceedings of 3rd Congress of European Agronomy Society, Abano-Padova, 18-22 settembre.
- ACUTIS, M., BULLITTA, P., CAREDDA, S., CAVALLERO, A., GIORDANI, C., GRIGNANI, C., PARDINI, A., PORQUEDDU, C., REYNERI, A., ROGGERO, P.P., SULAS, L., TALAMUCCI, P., ZANCHI, C., 1994 b. *Validazione del modello CREAMS nella previsione del ruscellamento superficiale e dell'erosione da colture foraggere*. Riv. di Agron., 28, 2, 149-159.
- BOSCHI, V., CHISCI, G., 1978. *Influenza delle colture e delle sistemazioni superficiali sui deflussi e l'erosione in terreni argillosi di collina*. Genio Rurale, 4.
- COOPER, A.B., SMITH, C.M., BOTTCHE, A.B., 1992. *Predicting runoff of water, sediments and nutrients from a New Zealand grazed pasture using CREAMS*. Trans. of ASAE, 35, 1, 105-112.
- EDWARDS, W.M., OWENS, L.B., 1986. *Runoff, erosion, and nitrogen transport from tilled and non-tilled watersheds*. USDA-ARS, Coshoston, OH, Agronomy abstracts.
- GIARDINI, L., GIUPPONI, C., MARANI, A., TAMARO, M., 1989. *Modelli di simulazione per le scelte agronomiche in relazione alla qualità delle acque*. Riv. di Agron., 26, 4 Suppl., 714-720.
- KING, L.D., 1990. *Sustainable soil fertility practices*. In: Sustainable agriculture in temperate zone, Wiley & Sons., New York, 144-173.