

MODELLIZZAZIONE DEL RUSCELLAMENTO, DELL'EROSIONE E DELLA QUALITÀ DEL DEFLUSSO IN AMBIENTE COLLINARE.

Maria Cristina Velardo¹, Marco Acutis¹, Pietro Gallina¹, Antonella Gentile¹, Simone Orlandini²,
Marco Napoli², Alessia Perego¹, Francesco Savi¹, Camillo Zanchi².

¹: Dipartimento di Produzione Vegetale, Università degli Studi di Milano, Via Celoria 2, 20133 Milano, Italia.

²: Dipartimento di Scienze Agronomiche e Gestione del Territorio Agroforestale - Università di Firenze, Piazzale delle Cascine 18, 50144 Firenze, Italia.

Abstract

Nell'ambito del progetto Prin "Definizione e mappatura dell'impatto idrometrico per lo studio degli effetti del suolo" è stato sviluppato un modello deterministico per la simulazione di eventi di ruscellamento, di erosione e di contenuto in nutrienti del deflusso. A seguito di una valutazione preliminare di alcuni modelli relativi alla tematica in analisi, sono stati implementati in un nuovo codice .Net algoritmi relativi alla stima sia quantitativa di acqua ruscellata e suolo eroso sia qualitativa, in termini di concentrazione di azoto e fosforo nel trasporto solido e in soluzione. È stata testata la bontà del modello sviluppato applicandolo allo scenario del sito sperimentale del progetto, situato a San Casciano (FI), costituito da tre parcelle di vigneto distinte per sistemazione del terreno e lavorazioni effettuate, e dove, nel 2006-2007, sono stati misurati gli eventi di ruscellamento ed erosione, a seguito di ogni evento piovoso, e calcolate inoltre le concentrazioni di azoto e fosforo del deflusso.

Introduzione

La dinamica dei fenomeni erosivi e di ruscellamento rappresenta un ambito di indagine rilevante in modo particolare in ambiente collinare.

Dal punto di vista della fisica e della chimica del processo, la perdita dovuta al runoff di azoto avviene attraverso due meccanismi, il primo del quale è legato all'allontanamento dell'azoto nitrico, ammoniacale e organico presente in soluzione nei primi millimetri di terreno ed, eventualmente, nell'acqua immagazzinata in depressioni superficiali; il secondo con l'allontanamento dell'azoto organico legato alle particelle più fini.

Il fosforo asportato dai sistemi agricoli, si trova in parte in soluzione ma è prevalentemente legato alla sostanza organica e alle particelle minerali asportate.

Un approccio modellistico risulta essere uno strumento utile nella stima quantitativa e qualitativa di tali fenomeni, in grado di fornire valutazioni sulle possibili agrotecniche e sistemazioni del terreno attuabili in un ambiente viticolo collinare.

Il lavoro è stato caratterizzato da due ambiti di indagine, uno sperimentale e uno modellistico, quest'ultimo improntato sulla valutazione di modelli relativi al ruscellamento e all'erosione e al successivo sviluppo di un software in cui sono stati implementati algoritmi per stime qualitative e quantitative di runoff, erosione e contenuto nel deflusso di P e N.

Materiali e metodi

Tra i vari modelli erosivi disponibili è stato preso come punto di partenza della revisione modellistica il modello EUROSEM (Morgan, 1998). EUROSEM è un modello a base fisica, capace di simulare il distacco, il trasporto e la deposizione di sedimenti in piani e canali. Il modello opera a scala di singolo evento piovoso e può simulare il ruscellamento e l'erosione in singoli appezzamenti e piccoli bacini. Al fine di effettuare le simulazioni il modello richiede la definizione dell'intensità di pioggia di

un singolo evento con il maggior dettaglio possibile, la rappresentazione della superficie del suolo in termini di piani e canali raccordati, la descrizione delle proprietà idrauliche e meccaniche del suolo, della proprietà fisiche, della vegetazione (coltura ed eventuali infestanti), oltre alla definizione dei parametri generali di calcolo.

Sono simulati i processi di ripartizione delle precipitazioni al suolo, stimando quale percentuale di piogge impatta direttamente sul suolo o indirettamente, attraverso la copertura vegetale, la dinamica dell'infiltrazione dell'acqua, l'effetto dello scheletro sull'infiltrazione, la dinamica di scorrimento dell'acqua sulle superfici (con l'algoritmo dell'onda cinematica). Sono disponibili diversi approcci per la simulazione del distacco, trasporto e deposizione delle particelle di suolo.

Per il modulo qualitativo è stato utilizzato come riferimento il modello SWAT (Arnold et al., 1995); è un modello di tipo deterministico che stima la qualità del deflusso in termini di asporto di nutrienti di fosforo e azoto nelle diverse forme organiche e inorganiche. Al fine di effettuare le simulazioni il modello richiede la parametrizzazione del volume d'acqua mobile e dei sedimenti ad ogni time step e delle diverse forme di azoto e fosforo presenti nel suolo.

Sono stati, quindi, re-implementati gli algoritmi relativi alla dinamica dei nutrienti fosforo e azoto nelle diverse forme organiche ed inorganiche, collegandole alle uscite del modulo erosivo in termini di flusso d'acqua dovuto al runoff, e al volume di sedimenti trasportati ad ogni time step. Al fine di creare un database a supporto del modello sono stati effettuati dei campionamenti in parcelle sperimentali per poter determinare attraverso analisi chimico-fisiche i parametri utili per la simulazione e per un successivo confronto delle performance del modello stesso. Si è operato in due appezzamenti, Castellaccio e Colombaia, del sito sperimentale Montepaldi, San Casciano Val di Pesa (FI). Si tratta di due appezzamenti a

vigneto, uno sistemato a ritocchino (Colombaia) e uno a ripiani trasversali (Castellaccio, Ca). Il sito Colombaia presenta una lunghezza del versante di 89.5 m con pendenza variabile da 5.6% all'inizio del versante fino a 30.6% verso la base del versante; il sito Castellaccio presenta parcelle lunghe 114 m con pendenza del 10.2%. In entrambi i siti vengono effettuate due lavorazioni annue. A Colombaia il campionamento è stato effettuato sia su terreno lavorato (CL) sia su terreno inerbito (CI) a diverse distanze rispetto alla base del filare iniziale, in due repliche. Sono stati prelevati campioni di terreno ogni 10 cm fino ad una profondità massima di 50 cm, per un totale di 80 campioni. Le analisi chimico-fisiche sono state concentrate sugli strati più superficiali, in quanto più soggetti ad erosione e perdita di nutrienti per ruscellamento superficiale.. I due siti presentano una netta differenziazione per quanto riguarda la classe tessiturale: il sito Castellaccio presenta suoli franco argillosi mentre Colombaia principalmente argillosi. Sia il sito Colombaia che Castellaccio presentano suoli con una ricca dotazione in calcare, moderatamente alcalini e con scarsa dotazione in sostanza organica. I siti presentano entrambi una componente scheletrica abbondante, che influenza l'infiltrazione dell'acqua nel suolo e il distacco delle particelle negli eventi di deflusso. Il sito con percentuale più elevata di scheletro è Castellaccio, con punte del 25% nella parte centrale.

I dati degli eventi piovosi sono stati acquisiti con passo temporale di 30 minuti. Nel 2006 e nel 2007 i valori annuali di precipitazione sono stati rispettivamente 637 e 624 mm. I coefficienti di deflusso annuale nel 2006 sono risultati pari a 0.10, 0.06 e 0.11 rispettivamente per Ca, CL e CI. Nel 2007 i valori sono risultati simili, 0.08, 0.07 e 0.11.

Ai fini modellistici sono stati selezionati 16 eventi che hanno dato luogo a erosione e/o deflusso misurabile, con cui sono state effettuati i confronti con i dati sperimentali e valutate le prestazioni del software sviluppato..

I parametri pedologici, utili alle simulazioni, sono stati calcolati partendo da misure sperimentali effettuate in campo della conducibilità idraulica (K_{sat} , $mm\ h^{-1}$) e dello scheletro. Per i parametri che descrivono la copertura vegetale si è fatto riferimento sia a valori misurati in campo (% di copertura) sia a valori tabellari e bibliografici (angolo di inserzione delle foglie) Anche l'erodibilità e la coesione del suolo sono derivanti da valori tabellari.

Il contenuto in N e P nelle diverse forme organiche ed inorganiche del suolo utili al modulo qualitativo è stato determinato attraverso le analisi chimiche dei primi cm del suolo e delle torbide (sedimento e soluzione).

Risultati

Per quanto riguarda la parte modellistica, è stato applicato il prototipo software a diversi scenari, relativi ai principali eventi piovosi e di deflusso verificatisi nei due siti sperimentali. I risultati relativi al deflusso superficiale e al quantitativo di suolo eroso sono riportati rispettivamente in tab.1 (a,b).

Il modello ha fornito discrete prestazioni nella simulazione del deflusso, come dimostrano i valori di

rmse, che variano da 19.9 a 75%; la bontà predittiva nella stima dei valori del materiale eroso è risultata molto buona, con valori di rmse che si attestano su una media di 38.2%

a)

data	Castellaccio (Ca)		Colombaia (CL)		Colombaia (CI)	
	Mis.	Sim.	Mis.	Sim.	Mis.	Sim.
05/03/2006	8.16	3.75	5.37	4.51	9.75	4.51
09/12/2006	3.82	2.39	7.43	6.55	10.49	6.23
23-24/01/2007	0.36	0	1.81	1.76	0.24	0
06-07/02/2007	2.9	4.58	2.47	2.04	4.98	2.01
08-09/02/2007	4.99	3.26	2.01	1.75	0.21	0
12/02/2007	2.19	0.99	0	0	2	1.25
08/08/2007	9.97	6.8	0	0	0.41	0
	Rmse	2.55	Rmse	0.54	Rmse	3.04
	Rrmse	55.1	Rrmse	20	Rrmse	75.7
	slope	1.25	slope	1.15	slope	1.79

b)

data	Castellaccio (Ca)		Colombaia (CL)		Colombaia (CI)	
	Mis.	Sim.	Mis.	Sim.	Mis.	Sim.
05/03/2006	0.74	0.64	0.37	0.35	0.22	0.2
09/12/2006	0.04	0.07	0.07	0.05	0.04	0.02
23-24/01/2007	0.07	0.07	0.02	0.01	0.04	0.04
06-07/02/2007	0.04	0.12	0.16	0.1	0.01	0
08-09/02/2007	0	0	0.07	0.07	0.01	0
12/02/2007	0.02	0.16	0	0	0	0
08/08/2007	0	0	0	0	0.02	0
	Rmse	0.08	Rmse	0.01	Rmse	0.01
	Rrmse	59.1	Rrmse	28.7	Rrmse	26.6
	slope	1.17	slope	1.05	slope	1.05

Tab.1(a,b) – Confronto tra i dati misurati e osservati di valori di deflusso superficiale (a, mm) e di erosione (b, $t\ ha^{-1}$).

La prestazione del modulo erosivo-qualitativo può essere ritenuta molto buona, salvo che per l'N-NO₃, troppo dipendente dalla difficoltà di predire il contenuto nello strato superficiale di suolo, come risulta dagli indici statistici riportati in tab.2.

analita	Mis.		Sim.		Rmse	Rrmse	slope
	media	dev.st	media	dev.st			
P-PO ₄ ⁻³	0.09	0.05	0.08	0.06	0.02	20.4	0.84
P adsorbito	0.59	0.32	0.48	0.35	0.19	31	0.84
N-NO ₃	0.56	0.69	0.53	0.33	0.65	116.6	0.73
N organico	2.12	1.06	1.76	1.11	0.6	28.2	0.86

Tab.2 – Indici di fitting tra i dati misurati e osservati di valori di nutrienti asportati ($mg\ l^{-1}$).

Conclusioni

L'analisi dei campioni ha portato alla determinazione dei parametri principali utili ad effettuare le simulazioni modellistiche. Dal confronto tra i dati misurati e i dati simulati la prestazione del modulo erosivo-qualitativo può essere ritenuta soddisfacente, anche se è possibile un miglioramento della stessa. Attraverso la modellistica sarà inoltre possibile l'elaborazione di mappe di rischio erosivo e qualità del deflusso in funzione dei dati radar di cinetica di pioggia nell'ambito di diversi scenari.

Bibliografia

- Arnold, J.G., J.R. Williams, R. Srinivasan, K.W. King, and R.H.Griggs, 1995. SWAT - Soil and Water Assessment Tool. Draft UsersManual, USDA-ARS, Temple, TX.
- Morgan R. P. C., J. N. Quinton, R. E. Smith, G. Govers, J. W. A. Poesen, K. Auerswald, G. Chisci, D. Torri And M. E. Styczen, 1998. "The European Soil Erosion Model (EUROSEM): a dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments" Earth Surf. Process. Landforms 23: 527-544.