

Ministeri dell'Economia e delle Finanze, dell'Istruzione, Università e Ricerca, dell'Ambiente della Tutela del Territorio, delle Politiche Agricole e Forestali

Fondo Integrativo Speciale per la Ricerca

PROGRAMMA STRATEGICO: B) SVILUPPO SOSTENIBILE E CAMBIAMENTI CLIMATICI

Progetto-Obiettivo: 1) Simulazioni, Diagnosi e Previsioni del Cambiamento Climatico

Titolo del Progetto:

Cambiamenti Climatici e Sistemi Produttivi Agricoli e Forestali: Impatto sulle Riserve di Carbonio e sulla Diversità Microbica del Suolo.

Acronimo: SOILSINK

Linea 2: Modelli di simulazione ed applicazioni territoriali.
(Capofila linea di ricerca: dr.ssa Rosa Francaviglia)

UO 9: Modelli matematici sul ciclo del carbonio e dell'azoto
Istituzione: CRA-SUI, responsabile scientifico dr.ssa Rosa Marchetti
Partecipanti alla ricerca: dr.ssa Gilda Ponzoni

Relazione sulle attività svolte nel 2° anno di attività (01/07/2007-30/06/2008)

Attività 1¹: Applicazione di un modello di ecosistemi alla valutazione delle variazioni di riserva di C nei suoli agricoli al variare della gestione colturale

Il modello scelto dall'UO3, con cui l'UO 9 agisce in stretta collaborazione nell'ambito della linea 2, è WINEPIC Environmental Policy Integrated Climate, ambiente Windows). Esso rappresenta un'evoluzione per applicazioni agroambientali e per ambiente Windows del modello originario EPIC (Erosion/Productivity Impact Calculator), sviluppato alla fine degli anni '80 da ricercatori della Texas Agricultural Experiment Station, Blackland Research and Extension Center (USA). Al fine di acquisizione delle conoscenze per un uso adeguato del modello alcuni partecipanti al progetto SOILSINK, tra cui la dr.ssa Gilda Ponzoni, in forze come assegnista presso questa U.O., hanno partecipato ad un workshop organizzato in Texas presso il Blackland Research and Extension Center.

Workshop sull'uso del modello colturale WinEPIC presso il Blackland Research and Extension Center, Temple, Texas.

Il corso sull'uso del modello di simulazione di sistemi colturali WinEPIC (EPIC per Windows) si è svolto dal 24/09/07 al 02/10/07 presso il Blackland Research and Extension Center (BREC), un'unità della Stazione Sperimentale Agraria del Texas (TAES).

Le attività di ricerca del Centro vengono svolte in cooperazione con il Grassland, Soil and Water Research Laboratory del Servizio di Ricerca in Agricoltura (ARS) e con il Natural Resources Conservation Service dell'USDA (Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti), presenti nella stessa struttura. Allo scopo di difendere e migliorare la qualità del suolo e delle risorse idriche vengono sviluppati e utilizzati modelli di simulazione per la valutazione delle ricadute, sia ambientali che economiche, derivanti dal tipo di scelte operate sulla gestione del territorio. Tra i software sviluppati ultimamente CropMan e WinEPIC, incentrati sul modello EPIC, permettono di evidenziare quali pratiche colturali possano ottimizzare sia la produttività delle colture che i profitti, date le condizioni ambientali e climatiche del luogo, salvaguardandone le risorse.

¹ Numerazione corrispondente a quella riportata nel Progetto Esecutivo

All'inizio del corso, tenuto dal Prof. W. Harman e dalla Dr.ssa E. Steglich con la consulenza informatica del Dr. L. Francis, è stato fornito il CD contenente 1) CroPMan software, 2) WinEPIC software, 3) Crop Weather Analyzer software, 4) database, 5) Weather files, 6) CroPMan e WinEPIC manuals (in formato pdf), 7) Irrigation Cost Calculator, 8) CroPMan Weather.xls.

Dopo una breve introduzione sulla struttura dei file e sull'installazione del programma tramite CD, sono state illustrate le diverse sezioni in cui vengono inserite le informazioni necessarie per descrivere il sistema oggetto di simulazione (clima, suolo, colture e gestione colturale) e il significato dei parametri e dei dati in input richiesti dal modello. Il database utilizzato (su Microsoft Access) era stato già predisposto dagli organizzatori del workshop, compilato con le informazioni ricevute in precedenza dalla Dr.ssa R. Francaviglia e denominato Italy Marche. La prova sperimentale di Agugliano, detta "lavorazioni", e quella dei bacini di Serra dei Conti (AN), hanno rappresentato infatti il sistema oggetto di simulazione sui quali, nei giorni successivi, sono state condotte le esercitazioni sulle procedure di inserimento dei dati.

Una giornata è stata riservata ad incontri su temi specifici come il progetto SOILSINK, con la presentazione da parte della Dr.ssa R. Francaviglia del progetto stesso, e il modello SWAT, illustrato dal Dr. J. Arnold, ai quali sono seguite visite nei campi sperimentali adiacenti al Centro di Ricerca con la guida del Dr. J. Kiniry e del Dr W. Polley.

Nelle giornate successive si è proceduto 1) all'affinamento dei valori inizialmente attribuiti ai parametri colturali, 2) alla validazione dei risultati delle simulazioni così ottenute per il sistema Marche, 3) impostazione del database per il sistema sardo, individuando anche per il vigneto, lavorato o inerbito, possibili valori per i parametri richiesti dal modello.

Gli incontri con il Dr. M. Di Luzio, sull'uso di SWAT, e con il Dr. P. Dyke, Dr. P. Duckworth e Dr. L. Francis, per la presentazione di APEX GIS, sviluppato dal dr J. Williams, hanno concluso il corso.

Al termine del workshop è stata consegnata su CD la versione finale aggiornata del database (02/10/2007).

Documentazione fornita: WinEPIC workshop Notes, The EPIC Model in Computer Models Of Watershed Hydrology (1995), EPIC-Erosion/Productivity Impact Calculator. 1. Model Documentation (1990).

Pubblicazioni in formato .pdf sulla qualità delle acque e determinazione di alcuni dei parametri colturali sono state fornite dal Dr. R. D. Harmel e dal Prof. A. R. Kemanian.

Attività relative all'uso di WINEPIC

Per ragioni di efficienza nella ripartizione del lavoro tra UO3 e UO9, nell'ambito della linea 2, l'attività dell'UO9 si è incentrata su aspetti riguardanti la definizione dei criteri per l'attribuzione dei parametri di simulazione e per la compilazione dei file, intrecciandosi in questo con l'attività di cui al punto successivo (Attività 3) cui si rimanda, mentre le simulazioni con WINEPIC sono state eseguite esclusivamente dall'UO3.

Attività 3¹: Valutazione di un modello per la simulazione dei flussi e delle riserve di C nei suoli agricoli, sul breve periodo

Dei sistemi identificati nel primo anno di attività come possibile oggetto di simulazione l'attenzione nel secondo anno di attività è stata rivolta al dispositivo "Lavorazioni" di Agugliano (AN). Gli agroecosistemi dell'ambiente sardo (Berchidda), i cui rilievi di caratterizzazione si vanno completando in quest'anno di attività, verranno esaminati nel terzo anno.

Simulazioni per il dispositivo di Agugliano

Si ricorda che l'obiettivo di simulazione era la valutazione dell'effetto sul *C sink* di gestioni agricole diversificate (interazione lavorazione×concimazione, per 3 colture in rotazione), a scala di campo. L'analisi è partita dai sistemi colturali di Agugliano, per i quali sono state nel frattempo rese disponibili tutte le informazioni necessarie all'esecuzione delle simulazioni.

A3.1: Stima delle variazioni della riserva di C organico e dei flussi azotati a seguito di introduzione di modalità di gestione a basso input (non lavorazione e nessuna fertilizzazione azotata).

Il sistema simulato si riferisce all'esperimento condotto su un suolo argilloso sabbioso ad Agugliano (Ancona), nel periodo 1994-2006. I sistemi colturali erano rappresentati da colture non irrigue di frumento duro-girasole, dal 1994 al 2001; frumento duro-mais, dal 2002 al 2006. I

¹ Numerazione corrispondente a quella riportata nel Progetto Esecutivo

trattamenti messi a confronto erano stati: lavorazione (lavorazione vs. non lavorazione) x fertilizzazione azotata (fertilizzato vs. non fertilizzato), in un disegno sperimentale split-plot con due ripetizioni. I residui colturali venivano sempre lasciati sul campo. I dati climatici provenivano da serie pluriennali di misure prelevate ad Agugliano (43° 54' N, 13° 39' E; altitudine 255 m s.l.m.) e a Jesi (43° 32' N, 13° 17' E; altitudine 96 m s.l.m.). L'attribuzione dei valori ai parametri colturali si è basata sulle seguenti informazioni: misure di granulometria, di azoto (N Kjeldahl) e carbonio organico del suolo; misure dell'altezza delle colture al momento della raccolta; stime da esperto hanno fornito indicazioni sulla massima profondità raggiunta dagli apparati radicali. Gli altri parametri sono stati mantenuti ai valori suggeriti dalla libreria in dotazione al modello di simulazione. I parametri idrologici sono stati stimati attraverso pedofunzioni di trasferimento (Saxton e Rawls, 2006). Le condizioni iniziali del suolo sono state quelle di una coltura sottoposta alle lavorazioni e alle fertilizzazioni previste in una gestione convenzionale ed è stato simulato un profilo di suolo esteso fino alla profondità di 1.60 m. Il periodo simulato ha avuto inizio il 1 agosto 1994 e termine il 31 dicembre 2006.

Risultati: Secondo le simulazioni del modello, la riserva complessiva di carbonio organico, data dall'insieme del carbonio alla superficie del suolo e di quello contenuto nei primi 0.45 m di profilo (corrispondente alla profondità media dell'orizzonte Ap nel suolo dell'esperimento), ha subito una diminuzione, nel caso di mancata fertilizzazione azotata, sia nelle parcelle lavorate che in quelle non lavorate (Tabella 1). Nelle parcelle che hanno ricevuto il fertilizzante azotato è stato simulato un incremento netto del contenuto complessivo di carbonio organico (carboni superficiale + carbonio del suolo), maggiore nelle parcelle non lavorate (+0.90 t C ha⁻¹ anno⁻¹) rispetto a quelle lavorate (+0.15 t C ha⁻¹ anno⁻¹). Secondo il modello la sostanza organica proveniente dai residui colturali nelle parcelle non lavorate si è in parte accumulata sulla superficie del suolo come litter, in parte è stata incorporata nella biomassa microbica del suolo. Nelle parcelle non lavorate la quota di carbonio bioincorporata nel suolo è risultata maggiore, e la respirazione dovuta alla biomassa inferiore, rispetto a quelle lavorate.

Tabella 1. Voci del bilancio del carbonio organico (C_{org}) del suolo, nelle parcelle non lavorate (NT) e lavorate in modo convenzionale (CT), con e senza fertilizzazione azotata. Valori accumulati per il periodo 1994-2006, nello strato superficiale di 0.45 m di spessore, Agugliano (AN).

Componenti del bilancio del carbonio	NT	NT	CT	CT
	non fertilizzato	+ fertilizzante azotato	non fertilizzato	+ fertilizzante azotato
	-----Kg C ha ⁻¹ -----			
Superficie				
Carbonio nei residui superficiali	13,939	38,509	13,287	38,589
Bioincorporato dalla superficie	-13,296	-25,578	-9,654	-19,303
Rimosso dalla superficie con le lavorazioni	0	0	-3,633	-19,286
Variazione del C_{org} in superficie (finale - iniziale)	643	12,931	0	0
Suolo				
Bioincorporato nello strato di suolo	5,310	10,214	3,855	7,708
Radici morte aggiunte allo strato di suolo	3,769	9,611	3,584	9,461
Aggiunto al suolo con le lavorazioni	0	0	3,633	19,286
Respirazione della biomassa del suolo	-12,877	-21,522	-14,541	-34,552
Variazione del C_{org} (finale-iniziale)	-3,798	-1,697	-3,469	1,903
Variazione totale nella riserva di C_{org}	-3,155	11,234	-3,469	1,903

Secondo il modello, il passaggio alla non lavorazione ha comportato perdite maggiori di azoto per lisciviazione in forma nitrica, particolarmente nelle parcelle che avevano ricevuto fertilizzante azotato (25 kg di N nitrico persi in più, nelle parcelle non lavorate e fertilizzate). Questa quantità è comunque limitata, in assoluto e se rapportata al periodo (meno di 2 kg ha⁻¹ anno⁻¹). Gli asporti simulati di azoto da parte delle colture nelle parcelle fertilizzate sono stati più del triplo di quelli

nelle parcelle non fertilizzate, sia nel sodo, sia nel lavorato. Questo risultato non sembra corrispondere a quanto accade nella realtà e richiederà pertanto un'analisi di approfondimento.

A3.2: Confronto tra stime e misure delle rese colturali

Le rese colturali, stimate così come descritto al punto A3.1 (parametri di *default*, a parte altezza massima e massima profondità radicale), sono state confrontate con le misure disponibili. Un esame preliminare è stato condotto utilizzando i valori medi poliennali di resa per trattamento (trattamenti: lavorato e sodo con 0 e 75 kg di N ha⁻¹), forniti nel file dati-Daisy300108.xls.

Risultati: il modello ha complessivamente sovrastimato le rese ($rese_{stim}=1.12\ rese_{mis}$), con $n=16$ ed $R^2=0.44$). La sovrastima è stata più evidente per mais e girasole delle parcelle non lavorate e fertilizzate.

A3.3: Adeguamento dei parametri colturali. Poiché le librerie del modello non dispongono di file per la simulazione del girasole e del grano duro è parso opportuno adeguare i parametri colturali in modo che fossero più adatti a descrivere i cicli di crescita e sviluppo di queste due colture. Data la numerosità dei parametri previsti dal modello colturale, e la scarsità di informazioni bibliografiche specifiche per colture d'interesse, si è scelto di calibrare empiricamente una selezione di parametri considerati di maggior significato fisico, o riportati come di maggior rilievo da parte degli sviluppatori del modello (Tab. 2). Le variabili di stato di output, scelte per l'adeguamento dei parametri, sono state quelle sia considerate di maggior rilievo ai fini della variazione di riserva del C (ad es., sostanza secca nei residui), sia per le quali erano disponibili informazioni da misure, letteratura, o parere d'esperto (Tab. 3). I dati di sostanza secca dei residui colturali sono stati ricavati dalle informazioni su rese e *Harvest Index* misurati. L'effetto della variazione dei livelli dei parametri sulle risposte (output) è stato valutato mediante un *central composite design*.

Risultati: sono in corso di elaborazione

Tabella 2. Parametri colturali di Daisy scelti per la calibrazione delle colture di girasole, mais e grano duro.

Submodello	Parametro	Sigla e dimensioni
Parte epigeica (shoot), fenologico	Sommatoria dei gradi giorno all'emergenza	EmrTsum (°C d)
	Stadio di sviluppo I	DSRate1 (adim)
	Stadio di sviluppo II	DSRate2 (adim)
Parte epigeica (shoot), produzione netta	Tasso massimo di assimilazione	Fm (g CO ₂ /m ² /h)
Parte epigeica, chioma	Specific leaf area	SpLAI (m ² g ⁻¹)

Tabella 3. Variabili di output selezionate per la calibrazione delle colture

Submodello	Variabile
Parte epigeica (shoot), fenologico	Date di fioritura e di maturazione fisiologica
Parte epigeica (shoot), produzione netta	Sostanza secca alla raccolta (stem+leaf=residui, storage organs=granella); HI
Parte epigeica, chioma	LAI _{max} , altezza massima della pianta
Radice	profondità radicale massima
Azoto	Asportazione della parte epigeica

Attività 3.4: Valutazione delle prestazioni del modello mediante confronto fra stime e misure del contenuto di C organico nel profilo.

I valori di riserva di C organico nel terreno alla fine del periodo di simulazione, per i trattamenti considerati, sono stati confrontati con quelli misurati nelle parcelle del dispositivo di Agugliano in

ottobre 2006, e resi disponibili dall'U.O. 1. I dati misurati sono stati previamente sottoposti ad analisi di varianza, per verificare la significatività delle differenze fra trattamenti.

Risultati: E' stato possibile verificare che le differenze nelle misure di contenuto di C organico fra trattamenti, dopo 12 anni dall'inizio della prova, erano limitate per lo più all'orizzonte Ap1 (spessore medio: 7.2 cm per 15 profili; dal calcolo dello spessore è stato escluso un profilo che aveva un Ap1 eccezionalmente di 36 cm). Per l'orizzonte Ap1 il contenuto di C organico nelle parcelle non lavorate è risultato significativamente superiore a quello delle parcelle lavorate (+3.62 t C ha⁻¹, nei primi 4 cm di profilo, corrispondenti allo spessore minimo dell'Ap1¹; n=16). Non sono state osservate differenze significative dovute al fertilizzante azotato, benché le parcelle fertilizzate abbiano registrato un contenuto medio di C organico superiore a quelle non fertilizzate (+ 0.63 t C ha⁻¹). Non sono state osservate differenze significative fra trattamenti quando è stato considerato l'intero orizzonte Ap (costituito generalmente da Ap1+Ap2+Ap3 e, in due profili, anche da Ap4; spessore medio: 43.2 cm, arrotondato a 45 cm ai fini del calcolo della riserva di C organico). Pertanto, il C organico contenuto nei residui lasciati in superficie nelle parcelle non lavorate si è concentrato nei primi cm di superficie. Le simulazioni hanno riprodotto questa situazione di accumulo superficiale del C organico nel trattamento NT (Tab. 1). Nelle simulazioni tuttavia le differenze di variazione di riserva di C organico dovute all'apporto di fertilizzante sono state più marcate che nel sistema reale (Tab. 4).

Tabella 4. Misure (Agugliano, ottobre 2006) e stime col modello Daisy della variazione di riserva di C organico (C_{org}) associata al passaggio da lavorazione (CT) a non lavorazione (NT), in presenza (+N) o assenza (-N) di fertilizzazione azotata, con riferimento allo strato 0-45 cm.

Differenza di riserva di C _{org} tra CT e NT (t C ha ⁻¹)		
Fertilizzazione	Misure	Stime
-N	5.904	0.314
+N	4.157	9.331
Media	5.030	4.823

Le simulazioni dei sistemi colturali di Agugliano verranno completate da una valutazione dell'incertezza della stima associata alla variabilità spaziale e da simulazioni di lungo periodo (un cinquantennio).

San Cesario (MO),
25 luglio 2008

La responsabile dell'U.O. 9
(Dr.ssa Rosa Marchetti)

¹ Fa eccezione l'Ap1 del profilo 5, di 3 cm

Publicazioni

Ponzoni G., Marchetti R., Roggero P.P., Iezzi G., Seddaiu G., Corti G., Francaviglia R. 2008. Simulating changes of organic carbon content in soil following tillage intensity and fertilizer N rate reduction. Proceedings X ESA Congress, 15-19 settembre, Bologna

Incontri, riunioni e sopralluoghi a campi sperimentali

Data	Luogo	Motivazione (per l'U.O. 9)
14/01/08	Roma	Riunione di progetto (discussione sui criteri di calibrazione dei modelli e sulla scelta dei dati sperimentali da utilizzare per le simulazioni)
24/01/08	Milano	Incontro con un ricercatore danese (Bjorn Petersen), sviluppatore insieme ad altri del modello FASSET, per acquisizione informazioni sull'idoneità del modello a essere usato per sistemi agroforestali complessi
05/05/08	Roma	Riunione di progetto (presentazione dei risultati del secondo anno di attività)

File di dati

Sono stati acquisiti i seguenti documenti e file di dati (riportati con esclusione di quelli relativi al modello WINEPIC, riportati nel paragrafo relativo):

Fonte	Data invio	Nome file	Sito/dispositivo sperimentale	Contenuto
Francaviglia R. (U.O. 3)	16/07/07	dati prova lavorazioni.xls	AN/Lavorazioni	<u>Dati</u> di gestione culturale, produzione e HI per girasole, mais e frumento duro (medie di periodo, 1995-2006)
Roggero P.P. (U.O. 1)	23/08/07	dati suolo per ISA MO.xls	AN/Lavorazioni	<u>Dati</u> di caratteristiche fisico-chimiche dei profili suolo loc. Agugliano
Roggero P.P. (U.O. 1)	23/08/07	Agugliano 17 ottobre 20061.doc	AN/Lavorazioni	<u>Documento</u> (studio pedologico di dettaglio dei suoli di Agugliano)
Francaviglia R. (U.O. 3)	05/11/07	SCHEDA SITI.doc	SS/Vigneto/Cronose quenza	<u>Documento</u> (gestione per vigneto lavorato e inerbito, Azienda zootecnica Casu, pascolo, erbaio, sughereta, vigneto abbandonato)
Francaviglia R. (U.O. 3)	05/11/07	Suoli Berchidda_UO.xls	SS/Vigneto/Cronose quenza	<u>Dati</u> di caratteristiche fisico-chimiche dei profili suolo loc. Berchidda
Francaviglia R. (U.O. 3)	05/11/07	soil_tillage_plots.xls	AN/Lavorazioni	<u>Dati</u> di caratteristiche fisico-chimiche dei profili suolo loc. Agugliano

Francaviglia R. (UO. 3)	05/11/07	Dati prova lavorazioni_ultimo.xls	AN/Lavorazioni	<u>Dati</u> di gestione colturale, produzione e HI per girasole, mais e frumento duro (medie di periodo, 1995-2006)
Seddaiu G. (U.O. 1)	31/01/2008	Daisy_Parametri colturali_AGU.doc	AN/Lavorazioni	<u>Documento</u> (sviluppo di mais, girasole e frumento duro a complemento di altre informazioni su e-mail)
Seddaiu G. (U.O. 1)	31/01/2008	dati_Daisy300108.xls	AN/Lavorazioni	<u>Dati</u> di LAI per frumento e mais 2007, altezza e rese per frumento, girasole e mais
Francaviglia R. (UO. 3)	29/02/08	Sostanza organica.xls	AN/Lavorazioni	<u>Dati</u> di sostanza organica al 26/08/1997
Roggero P.P. (U.O. 1)	05/05/08	Agugliano1998-2008.xls	AN/Lavorazioni	<u>Dati</u> clima (temperatura min/max/media, umidità min e media, precipitazioni, velocità max, raffiche, e direzione del vento)
Francaviglia R. (UO. 3)	27/06/2008	Berchidda schema riassuntivo Profili SoilSink da MGrazia.xls	SS/Vigneto/Cronose quenza	<u>Dati</u> di caratteristiche_fisico- chimiche dei profili suolo loc. Berchidda
Francaviglia R. (UO. 3)	27/06/2008	Profili Berchidda da Madrau.doc	SS/Vigneto/Cronose quenza	<u>Documento</u> (studio pedologico di dettaglio dei suoli di Berchidda)
Francaviglia R. (UO. 3)	27/06/2008	Clima_Monti.zip (Mont1985.GEN...Mont2006 .GEN)	SS/Vigneto/Cronose quenza	<u>Dati</u> clima (temperatura min/max, precipitazioni, radiazione globale ¹)