

RUOLO ATTIVO DELL'AGRICOLTURA NEI PROCESSI DI MITIGAZIONE DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO GLOBALE

LETIZIA POMPILI (*), LUIGI NISINI (*) e ANNA BENEDETTI (*)

*Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, Roma

INTRODUZIONE

I suoli rappresentano il maggiore serbatoio terrestre di carbonio organico. Stime riportate in letteratura attribuiscono al suolo un contenuto all'incirca di 1400-1500 Pg di C, rispetto ai circa 700 Pg presenti nell'atmosfera ed ai 500-600 Pg stimati per gli organismi viventi terrestri (Houghton R.A., 1995). E' opinione diffusa che le attività agricole contribuiscono ad alimentare il contenuto atmosferico di CO₂, ma la situazione reale è che attualmente non si è in grado di definire esattamente le dimensioni dei flussi di carbonio attraverso le piante, e quindi attraverso il suolo.

Effettivamente, osservando le stime riportate nella Seconda Comunicazione Nazionale per la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici (1997), appare evidente che il settore agricolo contribuisce largamente alle emissioni antropogeniche di CH₄ e N₂O, soprattutto a livello nazionale, dove rappresentavano rispettivamente il 46% ed il 49% del totale nel 1990 (30% e 38% a livello globale). Ci si riferisce ai dati del 1990 perché anno base del Protocollo di Kyoto e lo stesso IPCC stimava per il 1996 che l'agricoltura avrebbe contribuito al 50% ed al 70% delle emissioni antropogeniche su scala globale, rispettivamente di CH₄ e N₂O, e che sarebbe stata causa di un quinto dell'aumento annuale delle emissioni di gas serra (UN-FCCC, 1997; OECD, 1997).

CENNI STORICI E STATO DELL'ARTE DEL PROTOCOLLO DI KYOTO

Alla fine degli anni '70, a Ginevra, si tenne la Prima Conferenza sul Clima, organizzata dalla World Meteorological Organization (WMO), che portò alla stesura di un Programma Mondiale per il Clima, inteso allo studio dei cambiamenti climatici provocati dall'uomo. Successivamente, durante gli anni '80, si tennero in tutto il mondo una serie di conferenze che condussero alla formazione di un organismo per la ricerca delle cause dell'effetto serra, l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change - Gruppo Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici). Il risultato di questi incontri fu un Primo Rapporto sul Clima, utile per iniziare a discutere sulle possibilità di modificare le emissioni di CO₂, prima causa dell'effetto serra (Min. Ambiente, 2000). Nel 1990 a Ginevra ci fu la Seconda Conferenza sul Clima e nel giugno del 1992, a Rio

de Janeiro, nel corso del "Vertice della Terra", Conferenza Mondiale sull'Ambiente e lo Sviluppo, è stata approvata la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici delle Nazioni Unite (UN-FCCC), che divenne operativa in Italia nel 1994. Nell'aprile del 1995 a Berlino si svolse la prima Conferenza delle Parti durante la quale è stato deciso di elaborare un protocollo, per l'attuazione della Convenzione, allo scopo di definire gli impegni per la riduzione delle emissioni di gas serra da parte di tutti i Paesi aderenti alla Convenzione. Tale protocollo è stato reso ufficiale nella terza Conferenza delle Parti, convocata a Kyoto nel dicembre 1997.

IL PROTOCOLLO DI KYOTO ED IL SETTORE AGRICOLO

Nella già citata Comunicazione Nazionale, quando si parla di emissioni dall'agricoltura, si intendono tutte le emissioni di gas serra connesse all'attività agricola, fatta eccezione per le emissioni dovute alla combustione del carburante utilizzato nelle macchine agricole, ed alle emissioni da liquami, comprese rispettivamente nel settore energetico e dei rifiuti. Le emissioni del settore agricolo sono state distinte in sei categorie principali:

- fermentazione enterica: produzione di *metano* nel corso della digestione di animali erbivori ruminanti: quella dei non ruminanti è esigua;
- gestione delle deiezioni: *metano* e *protossido di azoto* generati dalla decomposizione delle deiezioni in condizioni anaerobiche o di scarsità di ossigeno;
- coltivazione del riso: la decomposizione anaerobica del materiale organico delle coltivazioni di riso soggette ad inondazione produce *metano*, che si propaga in atmosfera per ebollizione lungo la colonna d'acqua, per diffusione attraverso l'interfaccia acqua/aria e per trasporto attraverso le piante di riso;
- suoli agricoli: le pratiche di irrigazione, le variabili climatiche, la temperatura e l'umidità del suolo influenzano i suoi livelli di emissione ed assorbimento di gas serra, soprattutto CH_4 e N_2O . In queste categorie sono comprese anche le emissioni di protossido d'azoto dovute all'uso di fertilizzanti azotati nella coltivazione del riso. *Non ci sono a tutt'oggi dati ufficiali da cui risultino le emissioni di CO_2 dai suoli;*
- incendi controllati: generalmente questo fenomeno è tipico dei climi tropicali e viene utilizzato per la conversione delle foreste a pascolo o suolo agricolo. Di solito sono fenomeni positivi: controllano la crescita della vegetazione, rimuovono i parassiti e le erbe infestanti, favoriscono i cicli dei nutrienti e stimolano la crescita di nuova vegetazione per il pascolo. Nonostante ciò, determinano emissioni di CH_4 , CO , N_2O e NO_x , nonché CO_2 , che però non viene considerata in quanto si assume che la stessa quantità emessa dall'incendio sia poi riassorbita dalla vegetazione ricresciuta l'anno successivo. In Italia, però, gli incendi sono fenomeni non naturali attribuibili ad azioni antropiche che portano conseguenze gravi (perdita di biomassa vegetale, facilità di dilavamento dei nutrienti, perdita di humus, in sintesi degradazione del substrato terrestre);
- bruciatura dei residui agricoli: anche in questo caso e per lo stesso motivo riportato sopra si considerano soltanto le emissioni *non- CO_2* e comunque se i residui agricoli sono usati come combustibile, devono essere riportati nel settore energetico.

In *figura 1* si possono osservare rispettivamente, la distribuzione delle emissioni antropogeniche di gas serra (GHG) relativamente ai vari settori (a) e specificamente per il settore agricolo, dovute alle diverse attività (b).

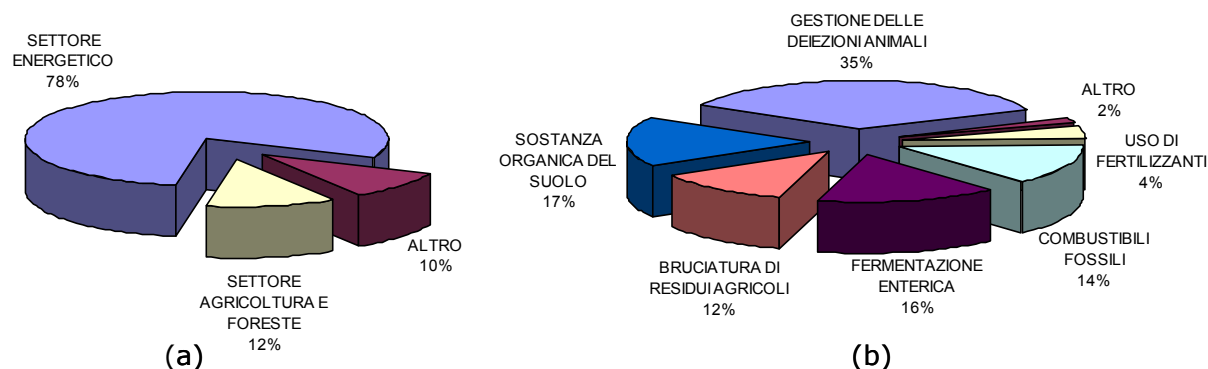


Fig. 1 – (a) Rappresentazione percentuale della distribuzione nei diversi settori delle emissioni dei gas serra in Italia; (b) Rappresentazione percentuale delle emissioni di gas serra connesse alle attività agricole.

Non avendo a disposizione dati relativi alle emissioni di anidride carbonica dai suoli, si sono finora limitate le considerazioni sulle emissioni riguardanti il settore agricolo al metano ed al protossido di azoto, per quanto riguarda le sostanze, mentre, per quanto riguarda le fonti, alla fermentazione enterica, alle risaie e alla bruciatura delle biomasse, lasciando nell'ombra la gestione del territorio ed i suoi effetti sul ciclo del carbonio.

Alcuni studiosi segnalano l'esigenza di soffermarsi sul fatto che a causa della continua diminuzione del mantello vegetale terrestre operata dai continui disboscamenti, e dell'azione erosiva sul suolo da parte delle pratiche agricole, la quantità di C nei suoli agrari si riduce sempre più (*figura 2*). Tale situazione comporta da un lato una drastica diminuzione degli assorbimenti di CO_2 ad opera della biomassa vegetale eliminata, e dall'altro una sempre crescente perdita di humus dai suoli lavorati (ben l'1% nel periodo 1978- 1998 – Zucconi, 1999). Una possibile conseguenza di tale fenomeno potrebbe essere un'emissione latente di CO_2 , per aumento della velocità di mineralizzazione della sostanza organica, accentuata nei suoli agrari. In effetti si tratta di una fonte di gas serra non contemplata nella stesura del protocollo di Kyoto e che in questo momento focalizza l'attenzione di molti studiosi i quali tendono a stabilire quale sia il peso di tale fenomeno sul totale delle emissioni antropogeniche di anidride carbonica nell'atmosfera, non esistendo attualmente a livello italiano dati sistematici ed organizzati in grado di confermare tali supposizioni.

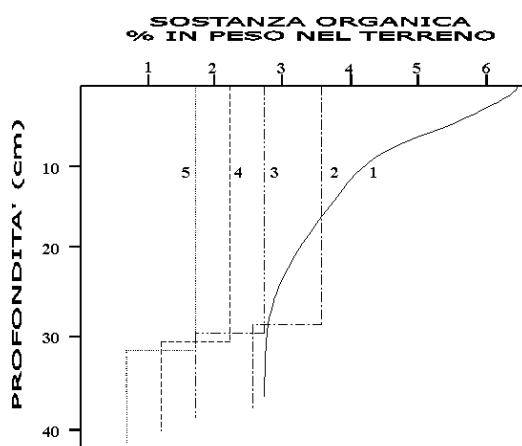


Fig. 2 – Esempio di variazione del contenuto in sostanza organica con la lavorazione del terreno. Così si può presentare tipicamente, la situazione in un terreno a prato-pascolo che venga investito a mais. 1, la situazione preesistente; 2, dopo la prima lavorazione; 3, dopo 5 anni di lavorazione; 4, dopo 10 anni di lavorazione; 5, dopo 15 anni di lavorazione. Modificato da Sequi (1979). [Sequi P. 1979-“Lavorazioni e struttura del terreno” L'Italia agricola, 116, (2), 135-159]

IMPEGNI DELL'ITALIA PER L'ATTUAZIONE DEL PROTOCOLLO DI KYOTO

Gli impegni che l'Italia si è assunta nell'ambito del protocollo di Kyoto, sono stati resi ufficiali dalla Delibera CIPE 137/98. La stessa delibera conferma quanto espresso nell'articolo 2 della Convenzione, ossia: "...contribuire al raggiungimento dell'obiettivo ultimo della Convenzione, ovvero di raggiungere la stabilizzazione delle concentrazioni in atmosfera di gas ad effetto serra ad un livello tale da prevenire interferenze antropogeniche pericolose al sistema climatico; tale livello dovrebbe essere raggiunto in un tempo sufficiente per permettere agli ecosistemi di adattarsi naturalmente ai cambiamenti climatici, in modo da assicurare che la produzione di cibo non sia messa in pericolo ed in modo da permettere allo sviluppo economico di procedere in maniera sostenibile".

In base al suddetto articolo l'Italia ha adottato le "Linee Guida" per la realizzazione di politiche e misure nazionali per la riduzione delle emissioni dei gas serra. Le "Linee Guida", approvate il 19 novembre 1998 dal Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica, individuano come obiettivi entro l'anno 2008 - 2012, la riduzione del 6,5% delle emissioni di CO₂ rispetto a quelle del '90. Le "Linee Guida" prevedono una serie di misure di mitigazione (sei azioni nazionali in tutto), tra cui, interessanti per i nostri scopi, la riduzione delle emissioni nei settori non energetici e l'assorbimento delle emissioni di carbonio dalle foreste. I contenuti e le prospettive delle azioni individuate dalle "Linee Guida" rendono chiaro come il protocollo di Kyoto rappresenti, anche per l'Italia, una possibilità per orientare le scelte del prossimo secolo su uno sviluppo di qualità.

OBIETTIVI DELLA RICERCA

Date queste premesse e considerate le effettive necessità a livello nazionale di uno studio approfondito sulle conseguenze delle variazioni climatiche sull'agricoltura in Italia e del ruolo stesso dell'agricoltura sul bilancio globale della CO₂, l'Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante ha proposto, nell'ambito del Progetto Finalizzato "Climagri", la tematica riportata in questo lavoro, nell'intento di offrire un contributo nella costruzione di uno strumento utile per la pianificazione dell'uso del suolo in funzione anche della sostenibilità ambientale.

Le motivazioni di questa ricerca si fondano, dunque, sulla necessità di:

- 1) definire quantitativamente, per l'ambiente mediterraneo, il ruolo dell'agricoltura e del tipo di gestione del suolo sul bilancio globale della CO₂ e sui cambiamenti climatici globali;
- 2) sviluppare un'analisi concreta delle potenzialità dell'agricoltura come mezzo per la riduzione della concentrazione di CO₂ nell'atmosfera;
- 3) finalizzare l'agricoltura e la gestione dei suoli italiani ad un uso non dissipativo delle risorse, tale da risultare sostenibile ai fini della conservazione degli equilibri globali e dei singoli ecosistemi.

Più in dettaglio gli obiettivi della ricerca prevedono:

Studiare l'impatto dei differenti tipi di gestione del territorio sul ciclo del carbonio e le emissioni di anidride carbonica dal suolo, quantificando il fenomeno per diverse tipologie di ambiente (copertura forestale naturale, pratiche di riforestazione, coltivazioni, set-aside, zone marginali, etc.) e clima.

Individuare, per l'ambiente mediterraneo ed in particolare per i suoli italiani, un modello statistico-matematico che permetta di stimare il coinvolgimento dei differenti comparti ambientali (biotici ed abiotici) nel ciclo della sostanza organica e, nello specifico, nel processo di mineralizzazione del carbonio organico. Il modello potrà costituire un'indispensabile chiave di lettura per comprendere il ruolo dei suoli di ambiente mediterraneo nello stoccaggio di carbonio organico e quindi nel sequestro del carbonio dal comparto atmosferico.

Fornire dati validi sul contenuto in carbonio organico dei suoli italiani e sulle dimensioni dei fenomeni di mineralizzazione/accumulo che hanno avuto luogo in questo secolo e che caratterizzeranno i differenti ecosistemi presenti sul territorio nei prossimi secoli.

Pervenire all'individuazione delle pratiche e degli schemi di gestione dei suoli che maggiormente permettano, da una parte, di ridurre le emissioni di CO₂ e, dall'altra, di aumentare la potenzialità dei suoli di sequestrare e conservare il carbonio in forma umificata.

Costruire i modelli previsionali sull'evoluzione dei potenziali di sequestro del carbonio in suoli agrari e forestali ambientali, sulla base della integrazione di dati climatici, pedologici e biochimici.

LAVORO SVOLTO NEL CORSO DEL I ANNO DI ATTIVITA'

In generale il lavoro del I anno del Progetto, è stato quello di studiare gli scambi di anidride carbonica tra i microrganismi del suolo e l'atmosfera, attraverso l'osservazione approfondita degli indicatori biochimici, generalmente utilizzati per l'analisi della fertilità dei suoli. Sono stati trattati dati relativi a suoli agrari (lavorazione profonda e superficiale) e suoli forestali, a diversa copertura vegetale (aree naturali, riforestate, prati-pascoli, ecc.) relativi ad alcune aree del Nord, Centro e Sud Italia e corrispondenti a circa 160 campioni. Ognuno dei suoli considerati è stato classificato con un'opportuna scheda identificativa, che permette di ricavare informazioni relativamente al tipo di suolo, al sito di giacitura e alla coltura o specie vegetale presente, alla località e alla profondità in cui il prelievo è stato effettuato.

È stata inoltre effettuata una prima analisi statistica dei dati, suddivisi in base al sito ed alla profondità del prelievo, tesa a calcolare un insieme di indicatori statistici di tipo descrittivo (media campionaria e deviazione standard), supportati da misure di correlazione empirica, calcolate relativamente ad alcuni dei parametri rilevati (sostanza organica, misure di respirazione basale e cumulativa).

Il lavoro svolto durante il primo anno di attività del progetto Climagri è stato oggetto di una elaborazione presentata ad Erice (TP) nell'ambito del Convegno del Cinquantenario SISS – Società Italiana della Scienza del Suolo – "L'Emergenza Suolo" con il titolo: "*Protocollo di Kyoto: prime valutazioni a livello nazionali sul contributo di suoli agrari e forestali all'arricchimento di CO₂ dell'atmosfera*".

Le finalità del lavoro riprendevano il progetto originale e riguardavano:

- ◆ studiare gli scambi di anidride carbonica tra i microrganismi del suolo e l'atmosfera, analizzando gli indicatori biochimici di fertilità dei suoli (sostanza organica, misurata col metodo di Springer & Klee, 1954, respirazione basale e cumulativa, misurata col metodo di Isermayer, 1952);
- ◆ calcolare indicatori statistici descrittivi (media campionaria e deviazione standard), supportati da misure di correlazione empirica;

◆trasformare i dati sperimentali in dati di pieno campo e calcolare i tassi mensili ed annui di mineralizzazione della sostanza organica.

L'area di studio comprendeva:

(a) Suoli forestali del litorale laziale (Castelporziano, Roma): profilo separato negli strati, (0-20) e (20-40) cm.

(b) Suoli a prato pascolo del litorale laziale (Castelporziano, Roma): profilo separato negli strati, (0-20) e (20-40) cm.

(c) Suoli forestali dell'entroterra siciliano (monti Sicani, Ragusa): profilo separato negli strati (0-10) e (10-30) cm.

(d) Suoli agrari a lavorazione intensiva (Modena e Reggio Emilia): profilo trattato come campione unico (0-30) cm.

(e) Suoli agrari ad agrumeto (Catania e Siracusa): profilo a lavorazione profonda, campione unico (0-60)cm.

I risultati ottenuti hanno mostrato come i valori della sostanza organica variano con i siti e la profondità. I valori cumulativi di respirazione mostrano un andamento a volte meno correlato con il contenuto in sostanza organica. Ciò indica che i tassi di mineralizzazione della sostanza organica non dipendono dall'ammontare di questa, ma da altri fattori che influenzano le condizioni in cui si trovano i microrganismi. Ad esempio il sito (b) (0-20) cm, che con un contenuto in s. o. del 19,12% ha un tasso di mineralizzazione di circa sette volte inferiore rispetto al sito (c) (0-10) cm.

Gli alti valori di correlazione riportati negli scatter della figura in alto, mostrano un certo grado di dipendenza tra le due variabili in gioco, tipica di suoli forestali, già maturi. Al contrario i suoli agrari mostrano basse misure di correlazione, talvolta negative o prossime allo zero, le quali sembrano evidenziare una scarsa dipendenza tra le variabili oggetto di studio.

Tipologia di suolo	Profondità (cm)	Sostanza Organica (%) (1)	Respirazione cumulativa (mg C-CO ₂ /kg suolo) (2)	Respirazione basale (mg C-CO ₂ /kg suolo) (3)
(a)	(0-20)	3,01 ± 1,31	384	15
	(20-40)	1,25 ± 0,65	120	4
(b)	(0-20)	3,09 ± 0,91	317	12
	(20-40)	1,32 ± 0,38	103	3
(c)	(0-10)	13,04 ± 2,98	2120	67
	(10-30)	5,12 ± 0,58	617	16
(d)	(0-30)	1,87 ± 0,57	282	11
(e)	(0-60)	2,06 ± 0,77	486	17

(1)= grammi di sostanza organica su 100 grammi di suolo; (2)= valore cumulativo di mineralizzazione della sostanza organica al 14° giorno di incubazione; (3)= valore di respirazione basale dei microrganismi del suolo al 14° giorno di incubazione.

Tab. 1 - Medie e deviazioni standard dei valori relativi a sostanza organica, respirazione basale e cumulativa.

Successivamente si è proceduto alla trasformazione dei dati sperimentali in dati di campo tramite l'equazione $C_0 \cdot k \cdot Cu$ (Benedetti, 1985) che tiene conto dei parametri climatici.

Infatti:

Cu = coefficiente di umidità calcolato dai valori di capacità di ritenzione capillare, ricavati dalle medie mensili di piovosità ed evapotraspirazione;

k = costante cinetica di velocità di reazione, ricavata dall'equazione di Arrhenius della teoria cinetica dei gas, ed inversamente proporzionale alla temperatura, espressa in gradi Kelvin. ($k \propto \log_{10}(1/T)$).

C₀ = dato sperimentale mensile di respirazione basale (ottenuto moltiplicando x30 giorni il valore di respirazione del 14° giorno), espresso in mg C-CO₂ /kg suolo.

TRASFORMAZIONE IN DATI DI CAMPO

EQUAZIONE: $C_0 \cdot k \cdot Cu$ (Benedetti, 1985)

Mineralizzazione della sostanza organica nello strato (0-10) cm per i diversi siti	
CAMPIONI DI SUOLO PROFONDITÀ (0-10) CM	mgC-CO ₂ /kg suolo ANNUO
Suoli forestali del litorale laziale (Castelporziano – RM)	10,6
Suoli a prato pascolo del litorale laziale (Castelporziano – RM)	9,0
Suoli agrari a lavorazione intensiva (MO – RE)	3,5
Suoli agrari ad agrumeto (CT – SR)	5,0

(a) (0-20) cm	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
T (°C)	8,25	9,00	10,55	13,15	16,75	20,50	23,05	23,15	20,75	16,75	13,20	9,40
K (l/mol-t)	0,008	0,009	0,010	0,012	0,016	0,021	0,025	0,025	0,021	0,016	0,012	0,009
Cu	0,70	0,54	0,28	0,20	0,08	0,07	0,02	0,05	0,22	0,53	0,91	1,00
Mineralizzazione (mgC-CO ₂ /kg suolo)	2,65	2,30	1,44	1,37	0,71	0,74	0,24	0,47	1,50	2,70	3,43	3,59

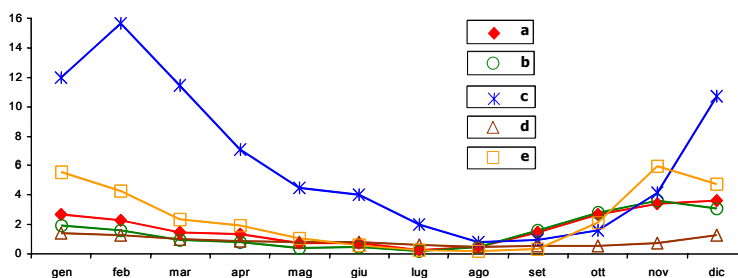


Fig. 3 – (a) tabella esemplificativa, per il suolo a, della matrice di dati sviluppati per ogni campione di suolo, con l'equazione $C_0 K C_u$. Il grafico rappresenta, invece, l'andamento del processo di mineralizzazione durante il corso dell'anno per ciascuno dei campioni di suolo. Nella tabella (b) sono riportati i valori finali di mineralizzazione della sostanza organica relativi ai primi 10 cm di profondità.

CONCLUSIONI

Questo studio non fornisce dati assoluti di emissioni nazionali di CO₂ da suoli agrari, ma richiama l'attenzione sull'entità dei tassi di mineralizzazione della sostanza organica in suoli agrari e forestali, tenendo conto delle variazioni di alcuni parametri climatici (temperatura e umidità). Le informazioni disponibili sono state ricavate da oltre 500 curve respirometriche di suoli a diversa gestione e provenienti dalla caratterizzazione routinaria della fertilità biologica dei suoli, effettuata in venti anni di ricerche condotte dalla Sezione di Nutrizione Azotata e Microbiologia del Terreno dell'ISNP. L'ampia raccolta di dati, utilizzata nell'ambito del Progetto Finalizzato "Climagri - Cambiamenti Climatici ed Agricoltura", permetterà di acquisire maggiori conoscenze sul ruolo dell'agricoltura nei processi di mitigazione delle emissioni di gas serra. Tale obiettivo sarà supportato dalla predisposizione di scenari futuri, in grado di descrivere quali potranno essere le trasformazioni che l'attività agricola dovrà subire per orientarsi verso uno sviluppo sostenibile.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- Benedetti A. (1985) Alcune note sulla concimazione azotata nell'ambito del modello della produttività potenziale. Vol. XIII- n° 5.
- CIPE 137/98, Linee guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni di gas serra.
- Framework Convention on Climate Change of United Nation (Kyoto, 1-10 December 1997) Kyoto protocol to the united nations framework convention on climate change.
- Houghton R.A. (1995). Balancing the Global Carbon Cycle with Terrestrial Ecosystem. In: Role of Nonliving Organic Matter in the Earth's Carbon Cycle. John Wiley and Sons Ltd. Ed. Capitolo 9.
- Isermeyer H. (1952). Eine einfache Methode sur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden. Z. Pflanzanernah Bodenk. 56: 26-38.
- Ministero dell'Ambiente (1997) Seconda Comunicazione Nazionale per la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici.
- Ministero dell'Ambiente in collaborazione con OASIS (2000) Clima e Ozono – Le sfide ambientali del XXI secolo. OASIS. Supplemento n° 1 al n° 5/00 pp.12, 18-22.
- OECD, Joint Working Party of the Committee for Agriculture and the Environment Policy Committee (22 August 1997) The climate implications of agricultural policy reform.
- Sequi P. (1979). Lavorazione e struttura del terreno. L'Italia agricola. 116 (2) 135-159.
- Springer U., Klee J. (1954). Prüfung der Leistungsfähigkeit von einigen wichtigeren Verfahren zur Bestimmung des Kohlenstoffs mittels Chromschwefelsäure sowie Vorschlag einer neuen Schnellmethode. Z. Pflanzenernähr. Dang. Bodenk. 64.
- Zucconi F. (1999). Energia dalle biomasse: progetti e utopie in un mondo in rapida trasformazione. Appunti Dip. Energetica, Facoltà di Agraria, Università di Ancona.