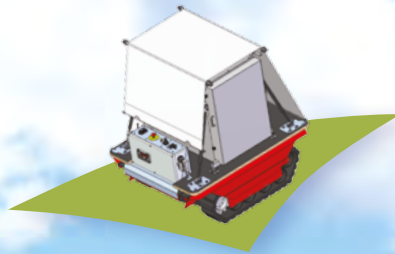




Improved flux Prototypes for N₂O
emission reduction from Agriculture

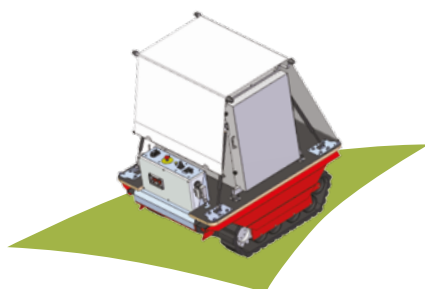


MANUALE DI BUONE PRATICHE

per la mitigazione delle emissioni
di Protossido di Azoto nei sistemi agricoli



LIFE11 ENV/IT/302
2012-2016



MANUALE DI BUONE PRATICHE

per la mitigazione delle emissioni
di Protossido di Azoto nei sistemi agricoli





**WEST
Systems**



REGIONE
TOSCANA



Realizzato con il contributo finanziario del programma LIFE+ dell'Unione Europea

- Importo del progetto 2.008.796 €
- Importo finanziato dall'Unione Europea 995.948 €

a cura di

Stefania Nuvoli - Regione Toscana

Simona Bosco, Iride Volpi, Nicoletta Nassi o Di Nasso, Ricardo Villani, Federico Dragoni,
Giorgio Ragagnoli, Cristiano Tozzini, Enrico Bonari - Istituto di Scienze della Vita, Scuola Superiore Sant'Anna

con la collaborazione di

Luigi Fabbrini, Marco Quattrucci - Terre Regionali Toscane

Giorgio Virgili, Federica Mattei, Elisabetta Giovenali, Ilaria Minardi - West Systems S.r.l.

Patricia Laville - Ecosys, INRA

Grafica e impaginazione di Nassi o Di Nasso Alessia

per Istos Edizioni Società Cooperativa - via Cocchi, 7 (Ospedaletto - Pisa) / tel. 050 6207633 • www.istosedizioni.com

INDICE

<i>PREMESSA</i>	5
IL PROGETTO LIFE+IPNOA	7
📌 I PRINCIPALI OBIETTIVI DEL PROGETTO IPNOA	8
1 I CAMBIAMENTI CLIMATICI ED I GAS AD EFFETTO SERRA	10
1.1 Quali sono i gas serra principali e come si formano	12
1.2 L'inventario regionale delle emissioni di gas serra	17
2 LE EMISSIONI DI GAS SERRA IN AGRICOLTURA	18
2.1 I processi di formazione di N ₂ O nei suoli agricoli	19
2.2 I fattori ambientali e agronomici che influenzano la formazione di N ₂ O	22
3 L'INVENTARIO DELLE COLTURE AGRARIE INTOSCANA	24
3.1 Le colture indagate	25
4 I RISULTATI DEL PROGETTO IPNOA	28
4.1 Le rese colturali	28
4.2 Le emissioni di N ₂ O	29
4.3 La fertilizzazione azotata	30
4.4 La lavorazione del terreno	30
4.5 L'irrigazione	31
4.6 Sintesi dei risultati delle prove sperimentali IPNOA	33
5 LE BUONE PRATICHE PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DI N₂O	34
5.1 Ottimizzare la fertilizzazione	35
5.2 Ottimizzare le lavorazioni del terreno	36
5.3 Ottimizzare l'irrigazione	37
5.4 La corretta gestione delle colture	38
5.5 Ottimizzare le sistemazioni idraulico-agrarie dei terreni	39
TABELLA DI SINTESI DELLE BUONE PRATICHE	40-41
6 LE AZIONI DEL PSR 2014-2020 PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DI N₂O	42
BIBLIOGRAFIA UTILE	46
CONTATTI	47

PREMESSA

Le attività condotte all'interno del **progetto LIFE+IPNOA** sono state finalizzate a migliorare le tecniche di monitoraggio delle emissioni di gas serra dai suoli agricoli, con lo scopo di individuare le buone pratiche per la mitigazione di protossido d'azoto (N₂O) dall'agricoltura, con particolare riguardo alla realtà toscana.

I principali fattori ambientali e agronomici che influenzano le emissioni di N₂O sono stati identificati a seguito di due anni di monitoraggio delle emissioni in prove di campo condotte in due siti della Toscana su alcuni dei principali sistemi colturali toscani. L'integrazione dell'esperienza nel campo della ricerca agronomica della Scuola Superiore Sant'Anna e dell'Istituto Nazionale francese di Ricerca Agronomica, le competenze della Regione Toscana nel governo del territorio e del coordinatore West Systems Srl nei monitoraggi ambientali ha permesso lo svolgimento del progetto e la redazione di questo manuale.

Integrando i risultati sperimentali del progetto con la più recente letteratura scientifica è stato

possibile identificare le migliori strategie di gestione dei sistemi colturali per la mitigazione delle emissioni di N₂O.

La riduzione delle emissioni di gas serra nei sistemi colturali rappresenta uno dei contributi che il settore agricolo può dare per la mitigazione dei cambiamenti climatici.

Il **MANUALE di BUONE PRATICHE** elaborato nell'ambito del progetto LIFE+IPNOA, propone a tecnici e operatori agricoli le pratiche colturali che possono favorire il contenimento delle emissioni di protossido di azoto dal suolo. L'adozione di queste tecniche allo stesso tempo concorre al mantenimento della fertilità del suolo e alla tutela delle risorse naturali, in primo luogo acqua e biodiversità.



IL PROGETTO LIFE+IPNOA

Per conseguire entro il 2020 l'obiettivo europeo di riduzione delle emissioni di gas serra del 20% rispetto ai valori di riferimento del 1990, è necessario operare un ridimensionamento della produzione di questi gas dalle loro principali fonti.

Anche l'agricoltura, che a livello nazionale produce circa il 7% delle emissioni complessive, può dare il suo contributo al raggiungimento di tale obiettivo. Le attività agricole infatti sono corresponsabili dell'emissione dei tre più importanti gas serra, l'anidride carbonica (CO₂), il metano (CH₄) e il protossido di azoto (N₂O).

In particolare, il 70% delle emissioni di N₂O in Italia derivano dal settore agricolo: in massima parte provengono dai suoli e sono connesse alla gestione delle fertilizzazioni azotate, per la restante parte derivano dalle deiezioni animali.

Per ottenere un contenimento delle emissioni del protossido di azoto nel settore agricolo è quindi opportuno favorire la diffusione di sistemi colturali e pratiche agronomiche che ne possano limitare la produzione, valutando il loro effetto in considerazione della grande variabilità spaziale e temporale delle emissioni di N₂O.

Il **progetto LIFE+IPNOA "Improved flux Prototype for N₂O emission reduction from Agriculture" (2012-2016)** ha avuto come obiettivo il miglioramento delle tecniche di monitoraggio delle emissioni di N₂O e degli altri principali gas serra prodotti dai suoli agricoli, grazie allo sviluppo di una avanzata strumentazione, capace di misurare in campo sia le variazioni spaziali che quelle temporali dei flussi di gas serra. Inoltre grazie alle tecnologie di monitoraggio messe a punto, il progetto ha testato in campo l'influenza che alcune pratiche agronomiche possono esercitare sulla riduzione delle emissioni di N₂O e, sulla base dei risultati ottenuti, ha prodotto un manuale di buone pratiche.



I PRINCIPALI OBIETTIVI DEL PROGETTO IPNOA SONO STATI:

- ➔ Lo sviluppo di una strumentazione per il monitoraggio dei flussi di N_2O , in grado di misurare le emissioni di questo gas serra direttamente in campo, in relazione alle pratiche agricole adottate.

Allo scopo sono stati messi a punto due strumentazioni:

- a) un sistema di monitoraggio in continuo dei flussi, per la valutazione delle variazioni temporali, installato su mais presso il Centro di Ricerche Agro-Ambientali "Enrico Avanzi" (CIRAA) - San Piero a Grado (Pisa) dell'Università di Pisa (Foto 1);
- b) uno strumento trasportabile per la valutazione delle variazioni spaziali delle emissioni, utilizzato sia presso il Centro per il Collaudo dell'innovazione di Terre Regionali Toscane (CATES) - Cesa (Arezzo) che presso il CIRAA (Foto 2).

- ➔ L'identificazione delle migliori pratiche di gestione dell'agro-ecosistema per ridurre le emissioni di gas serra dall'agricoltura nella Regione Toscana attraverso una serie di prove di campo, condotte su diverse tipologie di colture in due diversi siti della Toscana, caratterizzati da condizioni pedologiche e climatiche differenti.

- ➔ Elaborazione di un **MANUALE di BUONE PRATICHE**, sulla base dei risultati delle prove realizzate.

- ➔ Analisi di scenario a scala regionale per l'identificazione delle pratiche agricole che maggiormente possono contribuire alla mitigazione delle emissioni di N_2O .

Il presente manuale rappresenta una sintesi delle osservazioni effettuate, integrate con i più recenti risultati reperiti nella letteratura scientifica, e intende fornire un agevole strumento di consultazione per valutare nel contesto agricolo strategie di gestione dei sistemi colturali adeguate per la mitigazione delle emissioni di gas serra, in particolare di protossido di azoto.

LOCALIZZAZIONE DEI DUE CENTRI SPERIMENTALI NELLA REGIONE TOSCANA

1 CIRAA (Pisa)
(Centro di Ricerche Agro-Ambientali
"Enrico Avanzi", Università di Pisa)

2 CATES (Cesa)
(Centro per il collaudo
dell'innovazione di Terre
Regionali Toscane)



Foto 1. Stazione per il monitoraggio in continuo [CIRAA, Pisa]



Foto 2. Strumentazione mobile [CATES, Cesa]

Fasi del progetto IPNOA

- 1** INVENTARIO DEI SISTEMI CULTURALI IN TOSCANA
- 2** COSTRUZIONE DELLO STRUMENTO TRASPORTABILE E DI QUELLO FISSO
- 3** VALIDAZIONE DEGLI STRUMENTI
- 4** MONITORAGGIO DELLE EMISSIONI IN PROVE SPERIMENTALI (2 ANNI)
- 5** MODELLIZZAZIONE A SCALA REGIONALE, MANUALE DI BUONE PRATICHE

1 I CAMBIAMENTI CLIMATICI ED I GAS AD EFFETTO SERRA

L'innalzamento delle temperature medie, la maggiore discontinuità delle piogge e l'incremento dell'intensità degli eventi piovosi, la maggiore frequenza degli eventi meteorologici estremi (uragani, alluvioni, ondate di calore e siccità) sono i segnali più evidenti del cambiamento climatico in atto.

Negli ultimi 50 anni in Toscana è stato registrato un aumento delle temperature sia massime che minime (media $+0.85^{\circ}\text{C}$); allo stesso tempo l'andamento delle precipitazioni degli ultimi due decenni mostra un trend in generale negativo rispetto al trentennio precedente, con valori medi regionali di -12% (Consorzio Lamma) con una significativa diminuzione del numero di giorni piovosi. Inoltre negli ultimi 20 anni è aumentata la siccità invernale che ha provocato una riduzione della copertura vegetale in primavera ed in estate. L'effetto sinergico dell'innalzamento delle temperature e della contrazione delle precipitazioni ha determinato negli ultimi due decenni una estensione delle aree a carattere semiarido soprattutto verso l'interno.

Un altro rilevante segnale del cambiamento climatico in atto in Toscana è l'incremento della frequenza e dell'intensità degli eventi atmosferici estremi, che generano fenomeni di siccità, alluvioni, dissesto idrogeologico e determinano gravi danni sul territorio.



BOX 1

I SEGNALI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI IN TOSCANA

19 GIUGNO 1996 - Alluvione dell'Alta Versilia, oltre 500 millimetri di pioggia in sole 6 ore - circa un terzo di quanta ne cade in media in un intero anno

23 SETTEMBRE 2003 - Carrara, circa 400 millimetri in un solo giorno

LUNIGIANA 2011 - 542 mm di pioggia in 6 ore sulla provincia di Massa Carrara

12 NOVEMBRE 2012 - Maremma (GR): in un'ampia zona della provincia di Grosseto sono stati registrati nell'arco di 24 ore cumulati di pioggia superiori ai 300 mm con punte di 370mm/24 ore

ESTATE 2003 e 2012 - In diverse province della Toscana c'è stato il riconoscimento dello Stato di calamità naturale a seguito delle condizioni di siccità

OTTOBRE 2013 - Allagamenti diffusi in Toscana, esondazione di numerosi fiumi e torrenti

OTTOBRE/NOVEMBRE 2014 - Alluvione area Albegna e Massa Carrara

24 AGOSTO 2015 - Alluvione province Pisa e Siena

Dati Consorzio Lamma

ALBINIA (NOVEMBRE 2012) - SERRE ALLAGATE

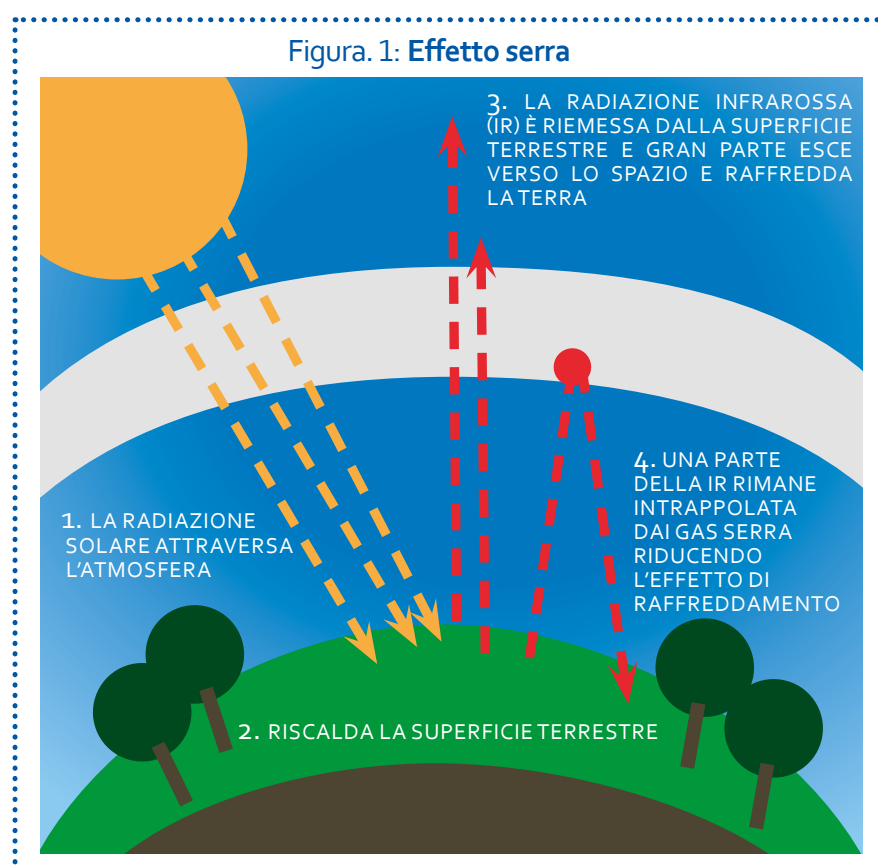


1.1 QUALI SONO I GAS SERRA PRINCIPALI E COME SI FORMANO

Per gas serra si intendono quei gas, presenti nell'atmosfera, che trattengono parte dell'energia riflessa dalla superficie terrestre a seguito dell'irraggiamento solare e riscaldano quindi l'atmosfera, determinando il cosiddetto effetto serra (Fig. 1). La comunità scientifica è ormai concorde nel ritenere che la causa dell'effetto serra, ovvero il fenomeno del riscaldamento dell'atmosfera terrestre, sia da attribuire alle attività antropiche.

L'effetto serra è anche un fenomeno naturale che si genera per la presenza in atmosfera di alcuni gas, quali vapore acqueo e anidride carbonica, capaci di assorbire la radiazione solare e di riscaldare l'atmosfera della Terra; si stima infatti che in sua assenza la temperatura sarebbe inferiore di circa 30 °C. Ma l'attuale concentrazione di CO₂ è la più alta mai misurata negli ultimi 420 mila anni e l'incremento della concentrazione anche di metano, protossido di azoto e degli alocarburi sta provocando un eccessivo riscaldamento del pianeta.

I principali gas serra regolamentati dal Protocollo di Kyoto sono: l'anidride carbonica (CO₂), il metano (CH₄), il protossido di azoto (N₂O) e gli alocarburi (CFC, HCFC, HFC).



L'aumento di questi gas è strettamente connesso alle attività antropiche ed in particolare all'impiego di combustibili fossili (carbone, petrolio, etc.) a scopi energetici (per la produzione di energia, i processi industriali, i trasporti, il riscaldamento domestico).

I gas serra sono prodotti principalmente dalle seguenti attività umane:

CO₂ ⇒ uso di combustibili fossili (petrolio, carbone...), a scopo energetico, per il riscaldamento degli edifici, nei sistemi di produzione industriale e nei trasporti

CH₄ ⇒ smaltimento dei rifiuti, coltivazione del riso e gestione delle deiezioni degli allevamenti animali

N₂O ⇒ impiego di fertilizzanti azotati in agricoltura e gestione delle deiezioni degli allevamenti animali

Alocarburi ⇒ settore industriale

BOX 2

I GAS SERRA A CONFRONTO

GWP o Global Warming Potential, il potenziale di riscaldamento dell'atmosfera di ogni gas serra

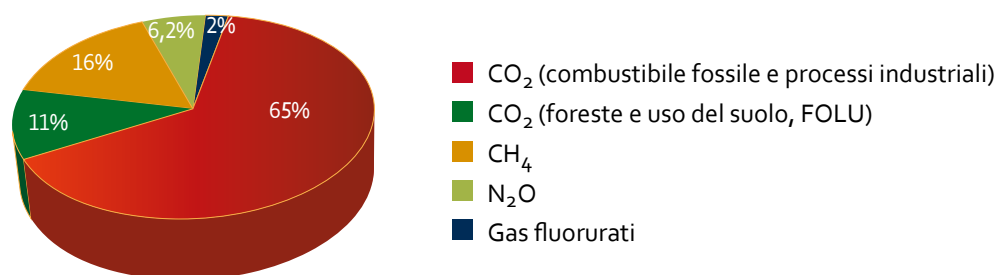
I diversi gas serra hanno effetti differenziati sul riscaldamento della troposfera nel lungo termine. Per riportarli ad un'unica unità di misura, sono utilizzati dei coefficienti di conversione basati sul potenziale di riscaldamento indotto da ogni gas rispetto a quello della CO₂, usata quindi come unità di riferimento. Questo indice è ponderato sul tempo di permanenza in atmosfera e sulla capacità di assorbire la radiazione infrarossa emessa dalla Terra ed è calcolato dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

TABELLA 1
Potenziale di riscaldamento globale (GWP) dei principali gas serra.

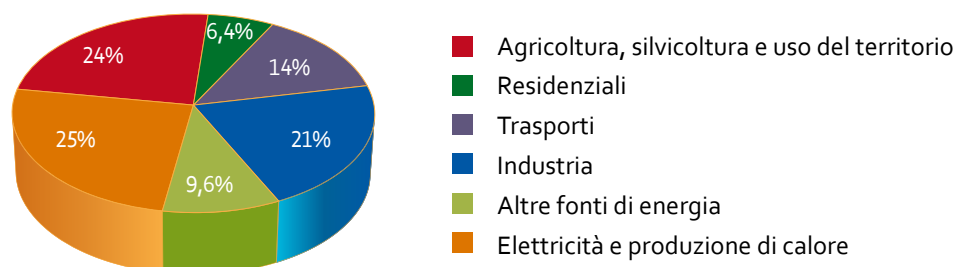
GAS SERRA	ANNI DI PERMANENZA IN ATMOSFERA	GWP
CO ₂	200	1
CH ₄	12,4	28
N ₂ O	121	298
CFC	45-1.020	5.820-13.900
HCFC	1 - 12	1 - 1.980
SF ₆	3.200	23.500

Fonte: IPCC, 2014

Nei due grafici (grafico a - b) è rappresentato il contributo per gas e per settore al totale delle emissioni di gas serra a scala mondiale.

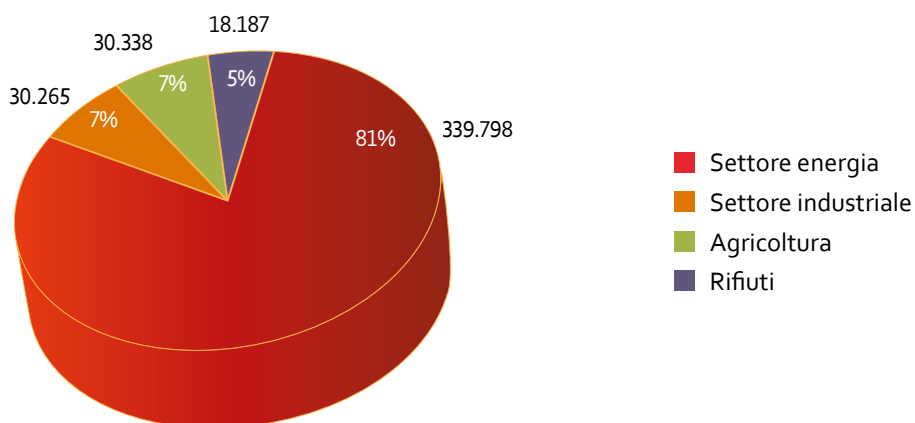


a) Contributo dei vari gas ad effetto serra alle emissioni globali;



b) Contributo dei vari settori al totale delle emissioni a scala globale; (Fonte: IPCC, 2014).

L'“Inventario Nazionale delle emissioni di gas serra 1990-2012”, redatto secondo le linee guida IPCC per il 2014, evidenzia che in Italia il settore agricolo rappresenta, tra i diversi comparti, la seconda fonte di emissione, a pari merito con il settore industriale, pari al 7% dell'intera quota nazionale. Di questa quota, somma delle emissioni di metano e di protossido di azoto, più del 60% è prodotta dall'allevamento degli animali, in particolare dalla fermentazione enterica e dalla gestione delle deiezioni, e circa il 30% è emessa dai suoli agricoli (grafico c).



c) Contributo dei diversi settori alle emissioni di gas a effetto serra a scala nazionale inclusivo del settore di cambiamento di uso del suolo e forestale (Land Use, Land Use Change and Forestry - LULUCF). I valori sono espressi in migliaia di tonnellate di CO₂ equivalente e in % . (Fonte: Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - ISPRA, 2014).



TABELLA 2

Inventario regionale delle sorgenti di emissione in atmosfera espresse in t di CO₂ eq all'anno al 2010 suddivise per macrosettore. (Fonte: IRSE 2010. Elaborazioni: Regione Toscana).

MACROSETTORE	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq	%
Combustione industria dell'energia e trasformazione fonti energetiche	6.397.240	310	76	6.427.168	18,2
Impianti di combustione non industriali	7.108.975	21.591	258	7.642.246	21,7
Impianti di combustione industriale e processi con combustione	3.792.900	595	62	3.824.491	10,8
Processi produttivi	3.082.038	1.613	0	3.115.916	8,8
Estrazione e distribuzione combustibili fossili	1.827.232	14.595	0	2.133.733	6,0
Uso di solventi	0	0	0	0	0
Trasporti stradali	7.771.479	1.327	604	7.986.582	22,6
Altre sorgenti mobili	736.872	50	195	798.489	2,3
Trattamento e smaltimento rifiuti	432.413	95.162	128	2.470.451	7,0
Agricoltura*	0	13.613	1.921	881.342	2,5
Altre sorgenti / Natura	5.587	458	7	17.504	0
TOTALE	31.154.735	149.314	3.250	35.297.922	

*Il settore agricoltura considera le emissioni dai suoli agricoli e dagli allevamenti animali (CH₄ e N₂O), mentre non include i flussi di CO₂ dal suolo. Inoltre, le emissioni della combustione dei mezzi agricoli sono considerate nella voce Altre Sorgenti Mobili.

1.2 L'INVENTARIO REGIONALE DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA

Scendendo di scala e analizzando la situazione a livello di Regione Toscana, l'ultimo inventario regionale delle emissioni (IRSE, 2010) riporta un contributo del settore agricoltura alle emissioni GHG complessive, pari a circa il 2,5% del totale regionale.

Stime più recenti (Progetto Satregas, 2012) confermano che la quantità di gas serra emessa dal settore agricolo, inclusiva anche delle emissioni dei mezzi impiegati, è inferiore a 1 milione di t di CO₂ equivalente, di cui 400.000 t di CO₂ eq dalle produzioni vegetali e meno di 300.000 t dal sistema delle produzioni animali. In Toscana, quindi, la quantità delle emissioni del settore agricolo-forestale rispetto al totale risulta inferiore alla media nazionale, in relazione alla scarsa consistenza del numero di capi allevati e alla ridotta estensione delle colture intensive.

Nel decennio 2000-2010 in Toscana (dati ISPRA) le emissioni di protossido di azoto si sono ridotte del 33% presumibilmente per la contrazione delle superfici coltivate nonché per la riduzione del quantitativo di fertilizzanti distribuiti connesso anche ad una più attenta gestione della concimazione azotata, soprattutto nelle zone vulnerabili ai nitrati e nelle aziende che praticano l'agricoltura integrata e biologica; di contro, parallelamente, è aumentato il consumo di fertilizzanti organici.

2 LE EMISSIONI DI GAS SERRA IN AGRICOLTURA

A differenza degli altri settori che emettono gas serra, il settore agricolo-forestale può svolgere un ruolo attivo nel riequilibrio del bilancio delle emissioni di gas serra, sia attraverso l'assorbimento diretto di anidride carbonica da parte della vegetazione nei sistemi forestali, sia attraverso lo stoccaggio di carbonio organico nei terreni agricoli e forestali.

In particolare le foreste, che coprono circa il 50% della superficie regionale toscana, hanno la capacità di assorbire quasi un terzo (in media oltre 10 milioni di tonnellate di CO₂) della quantità totale di emissioni della Regione.

Al riguardo, anche la coltivazione di specie perenni a destinazione energetica può costituire un'interessante opportunità per la mitigazione delle emissioni nel settore della produzione energetica, da un lato operando uno stoccaggio di carbonio nel suolo, dall'altro riducendo le emissioni derivanti dall'impiego dei combustibili fossili.

Il suolo rappresenta il principale serbatoio di carbonio, capace di stoccare circa il doppio del carbonio presente in atmosfera e il triplo di quello sequestrato dalla vegetazione.

L'incremento della quota di carbonio nel suolo è quindi una strategia importante in agricoltura anche per la mitigazione delle emissioni, considerando poi che la sostanza organica in esso contenuta svolge molteplici funzioni fisiche, chimiche e biologiche ai fini della fertilità, nonché della stabilità dei terreni e della capacità di trattenere le acque, aspetti questi di particolare rilevanza per i sistemi agricoli toscani.

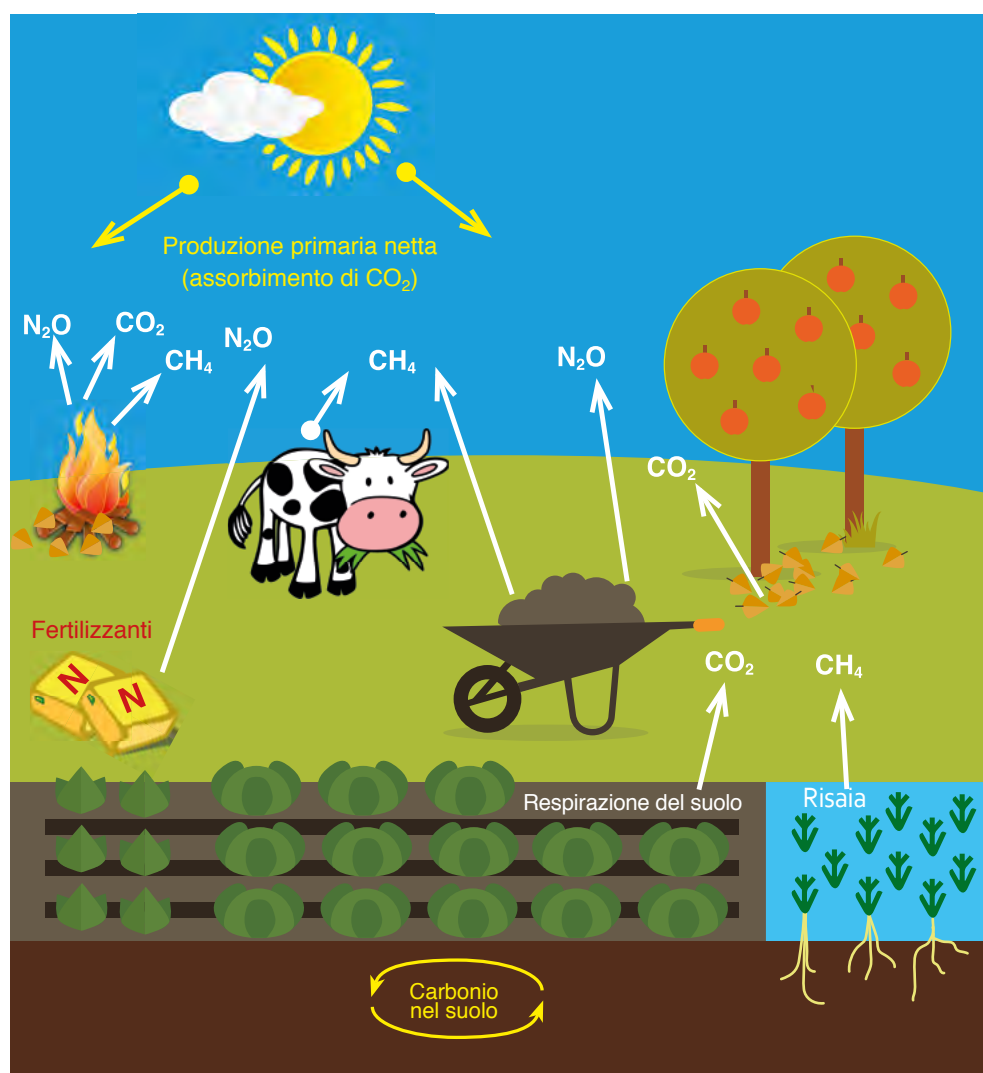


2.1 I PROCESSI DI FORMAZIONE DI N₂O NEI SUOLI AGRICOLI

È già stato ricordato come il protossido di azoto (N₂O) di origine agricola rappresenti circa il 70% del totale delle emissioni di questo gas a livello nazionale; una parte di queste proviene dalle deiezioni zootecniche (20%), ma la quota più consistente (80%) deriva dai suoli agricoli (ISPRA, 2016).

La formazione del protossido di azoto nel suolo è causata dall'attività microbica di metabolizzazione e mineralizzazione dell'azoto presente nel terreno e di quello introdotto con la fertilizzazione minerale (urea, ammoniaca, sali di ammonio o nitrato) o organica (effluenti di allevamento o fertilizzanti organici di varia matrice) (Fig. 2).

Fig. 2: Rappresentazione schematica dei flussi di gas serra nell'agroecosistema



I due principali processi biochimici che determinano la produzione di protossido di azoto sono la nitrificazione e la denitrificazione (Fig. 3-4):

- a) in presenza di ossigeno (condizioni aerobiche), l' N_2O si forma come prodotto secondario del processo di nitrificazione;
- b) in condizioni di scarsa disponibilità di ossigeno (anaerobiosi), l' N_2O si forma come prodotto intermedio del processo di denitrificazione.

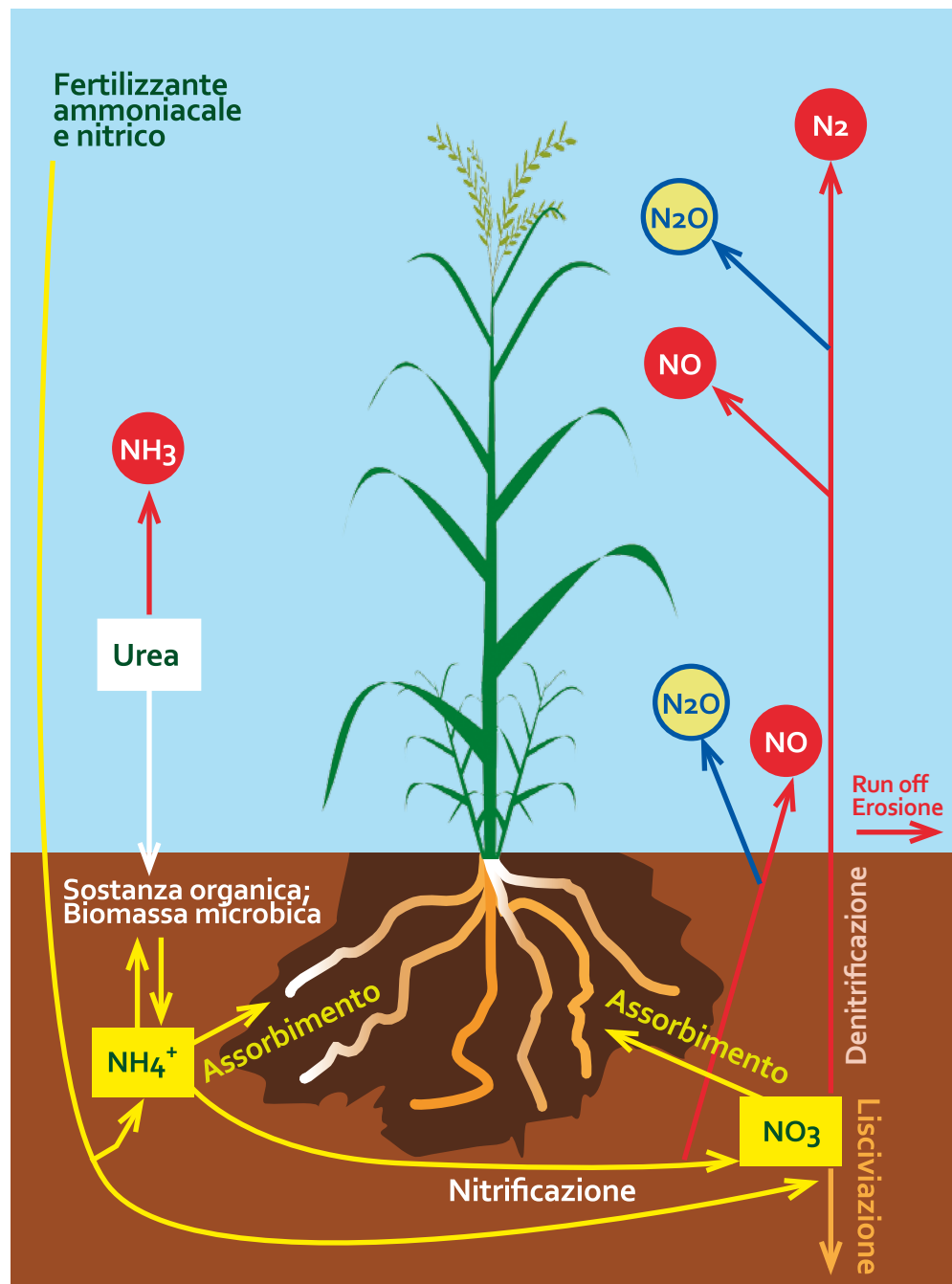


Fig. 3: I processi che regolano la produzione di protossido di azoto nel suolo.

La composizione della comunità microbica del suolo e le condizioni ambientali influenzano la predominanza tra i due processi.

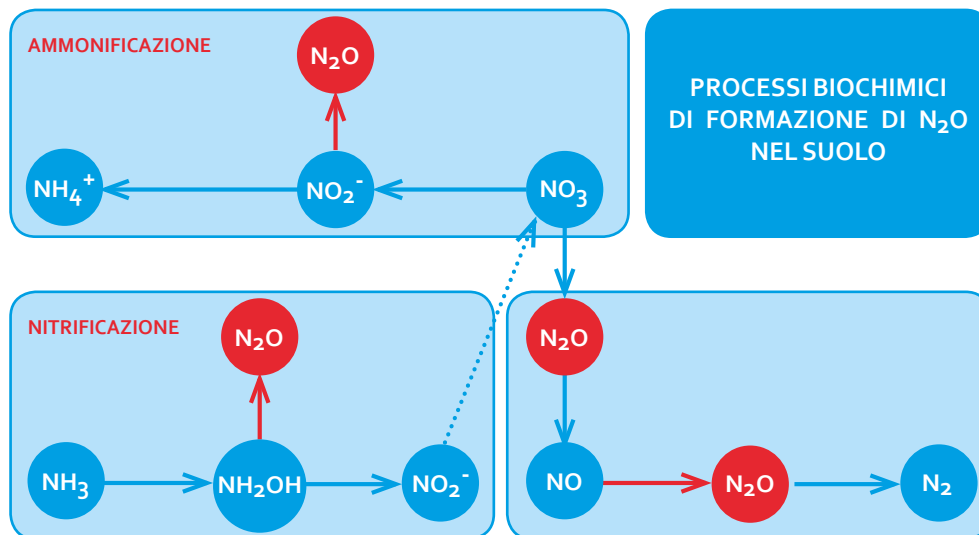


Fig. 4: I processi che regolano la produzione di protossido di azoto nel suolo.

Sebbene il contributo della nitrificazione alle emissioni di N₂O possa risultare talvolta piuttosto significativo, si ritiene che generalmente il contributo maggiore alla produzione di protossido di azoto sia determinato dai processi di denitrificazione, che si generano nel suolo coltivato in particolare dopo la fertilizzazione, in questo caso si parla di emissioni dirette.

Quando l'azoto distribuito viene allontanato dal sistema agricolo e le emissioni di N₂O si generano a seguito di fenomeni di lisciviazione (trasporto dell'azoto da parte delle acque) e di deposizione al suolo di azoto volatilizzato, si parla di emissioni indirette.

2.2 I FATTORI AMBIENTALI E AGRONOMICI CHE INFLUENZANO LA FORMAZIONE DI N₂O

L'entità delle emissioni dirette ed indirette di protossido di azoto è regolata da molteplici variabili tra loro strettamente interconnesse, sia di tipo ambientale (suolo e clima), che di tipo agronomico (coltura e tecniche di produzione, gestione del terreno e delle fertilizzazioni azotate). Si tratta quindi di un fenomeno molto complesso, caratterizzato da una alta variabilità spaziale e temporale e dipendente da vari fattori sito specifici, di seguito sintetizzati:

- **il contenuto di azoto nel suolo:** questo fattore, in particolare la quota di azoto minerale, in stretta connessione con le pratiche di fertilizzazione azotata, influenza positivamente sia il tasso di nitrificazione che il tasso di denitrificazione;
- **la tessitura:** influenza la densità apparente del terreno, il rischio di compattamento e quindi la disponibilità di ossigeno. In suoli con tessitura fine (tendenzialmente limosi o argillosi), soggetti a ristagni idrici e a fenomeni di asfissia, è favorito il processo anaerobico di denitrificazione, mentre in quelli con tessitura grossolana (tendenzialmente sabbiosi) è favorito il processo aerobico della nitrificazione. Inoltre alla tessitura sono connesse anche le caratteristiche idrologiche del terreno, in primo luogo la capacità di trattenere l'acqua e quindi i rapporti acqua/aria;
- **l'umidità del suolo:** l'umidità del terreno è un fattore determinante nell'emissione di N₂O dal suolo. In condizioni medie di umidità del terreno (20-30%) l'N₂O si genera per effetto di processi di nitrificazione; a livelli di umidità molto elevati (~40%) le emissioni sono invece generate da processi di denitrificazione;
- **la temperatura del suolo:** alla temperatura del suolo è positivamente correlato il tasso di attività dei microrganismi responsabili dei processi di nitrificazione e di denitrificazione;
- **il pH:** una maggiore concentrazione di ioni idrogeno (H⁺) nel terreno (valori di pH più bassi) crea un ambiente più riducente e quindi più favorevole allo sviluppo dei microrganismi denitrificanti.

Tra i fattori agronomici che influenzano maggiormente le emissioni di N₂O sono in primo luogo da evidenziare:



* LA COLTURA

La specie coltivata condiziona le emissioni di protossido sia in funzione della sua capacità di assorbire l'azoto che in relazione al tipo di pratiche colturali che essa richiede. Alle colture che necessitano un maggior livello di fertilizzazioni azotate o più frequenti lavorazioni del terreno è in generale associato un livello di emissioni più elevato. Anche le specie leguminose, per effetto della loro capacità di fissare azoto atmosferico nel suolo, possono dare luogo ad emissioni di protossido durante il ciclo colturale, soprattutto dopo l'interramento dei loro residui colturali ricchi in azoto;

* LA FERTILIZZAZIONE AZOTATA

Al riguardo molteplici sono gli aspetti da considerare:

1. **la quantità di fertilizzante azotato complessivamente distribuita**: la dose di azoto costituisce il principale fattore che influenza la quantità di protossido di azoto emessa dal suolo;
2. **la modalità di frazionamento del fertilizzante azotato**: un opportuno frazionamento della dose complessiva di azoto, corrispondente alle effettive esigenze nutritive della coltura nelle varie fasi di sviluppo e alle asportazioni, può determinare una riduzione delle emissioni di N₂O;
3. **la tipologia di fertilizzante azotato distribuito**: la forma chimica e il titolo.

* LE LAVORAZIONI

La modalità di lavorazione del terreno può influenzare il livello di emissioni di protossido di azoto. La profondità della lavorazione principale, infatti, condiziona la struttura del suolo, la capacità di infiltrazione dell'acqua e di conseguenza l'umidità e la concentrazione di ossigeno. Inoltre la riduzione delle lavorazioni contiene la mineralizzazione della sostanza organica e la lisciviazione dell'azoto, oltre che ridurre il consumo di carburante per l'esecuzione degli interventi.

* L'IRRIGAZIONE

Il volume di acqua somministrato con l'irrigazione e la tecnica di distribuzione possono influenzare le condizioni idriche del suolo:

1. **irrigazioni con volumi eccessivi di acqua**, soprattutto in terreni compatti, favoriscono condizioni di ristagno e la creazione di un ambiente riducente che induce la denitrificazione;
2. **irrigazioni in condizioni di notevole carenza idrica** possono incrementare la produzione di protossido di azoto per l'intensificarsi dei processi di nitrificazione dell'azoto ammoniacale del terreno in ambiente ossidante. Lo stesso fenomeno si verifica a seguito di un intenso evento piovoso.

3

L'INVENTARIO DELLE COLTURE AGRARIE IN TOSCANA

La superficie agricola utilizzata (SAU) in Toscana è pari a ~754.300 ha, che corrisponde a circa il 33% della superficie totale regionale (ISTAT, 2010) (Fig. 5).

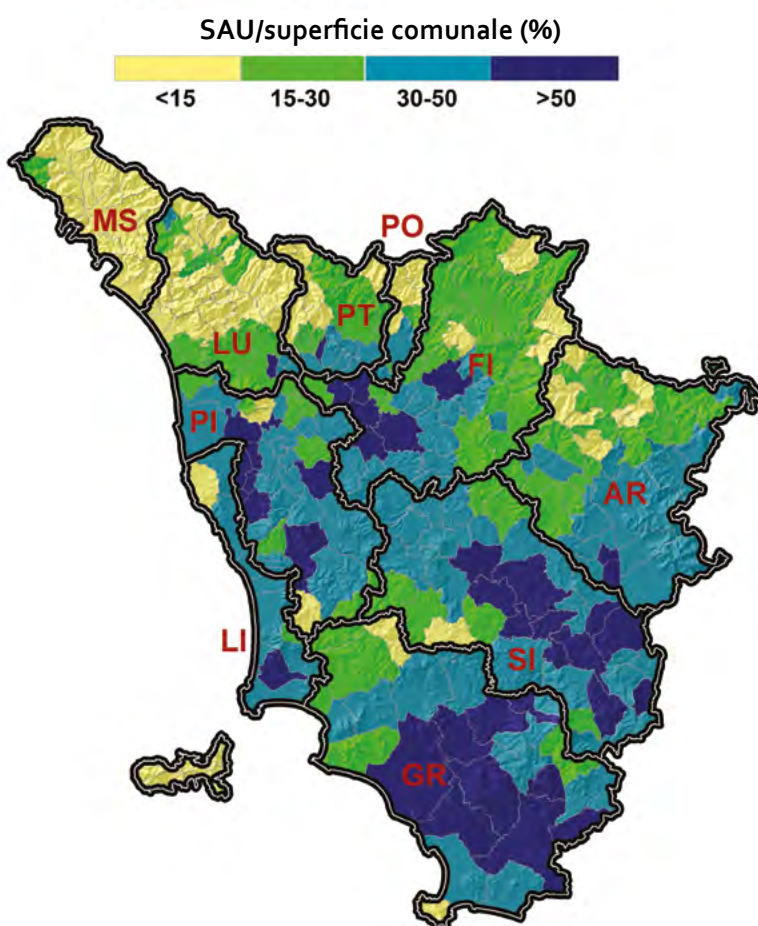
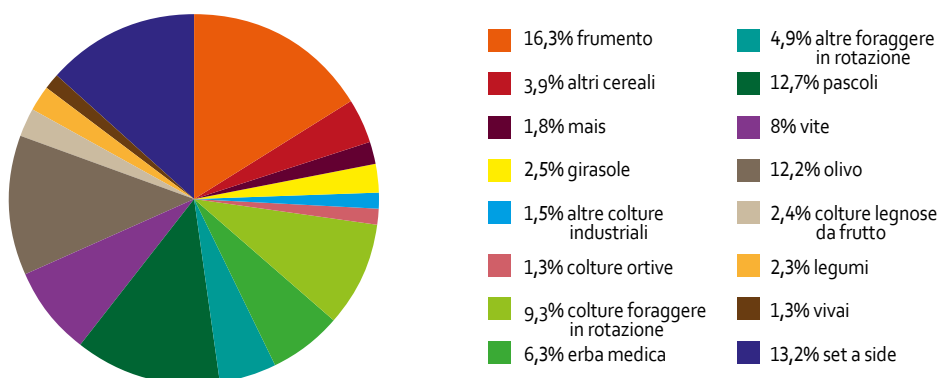


Fig. 5: Percentuale di SAU sulla superficie comunale nei comuni toscani (Fonte: ISTAT, 2010).



d) Composizione della SAU in Toscana (Fonte: ISTAT, 2010).

In media oltre il 60% della SAU regionale corrisponde a seminativi (~480.000 ha), nell'ambito dei quali prevale la coltivazione di cereali (~173.000 ha), di cui il frumento (duro e tenero) rappresenta circa il 70%, l'orzo e l'avena il 17% e il mais l'8%.

Le colture foraggere in rotazione (~150.000 ha), principalmente erba medica, mais da insilato e cereali da foraggio, rappresentano oltre il 30% dei seminativi.

Le colture industriali (~24.300 ha) coprono circa il 5% dei seminativi totali. Di queste, oltre il 70% della superficie è occupata dal girasole, mentre il restante 30% è suddiviso tra altre colture oleaginose (colza e soia), tabacco e colture da fibra.

Le colture ortive (10.000 ha) rappresentano circa il 2% dei seminativi. La coltura principale per questo settore è il pomodoro da industria o da consumo fresco.




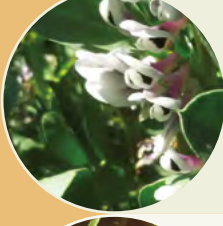

Le superfici destinate alle colture legnose (~170.000 ha) corrispondono a circa il 22% della SAU e sono rappresentate principalmente da vite e olivo (~150.000 ha) (grafico d).

3.1 LE COLTURE INDAGATE

In relazione all'ampia diffusione dei seminativi e alle tipologie colturali più rappresentative nel territorio toscano presso i due centri sperimentali di San Piero a Grado (Pisa) e di Cesa (Arezzo), sono state realizzate le prove sperimentali sulle colture riportate in tabella 3 ed è stato effettuato il monitoraggio delle emissioni di N₂O, CO₂ e CH₄, utilizzando le due strumentazioni sviluppate e testate durante il progetto.



TABELLA 3
Le prove sperimentali del progetto IPNOA

	COLTURA	Livello di lavorazione	Livelli di azoto (kg di N ha ⁻¹)	Trattamento dei residui	Livelli di irrigazione
	FRUMENTO	aratura leggera (30 cm) lavorazione minima (10 cm)	N ₀ =0 N ₁ =110 N ₂ =170	rimossi	
	MAIS ¹	aratura leggera (30 cm)	N ₀ =0 N ₁ =130 N ₂ =170	trinciati e interrati	irrigazione ² (80% ETP) ³ assenza di irrigazione
	GIRASOLE	aratura leggera (30 cm) lavorazione minima (10 cm)	N ₀ =0 N ₁ =80 N ₂ =140	trinciati e interrati	
	FAVINO ⁴	aratura leggera (30 cm) lavorazione minima (10 cm)		trinciati e interrati	
	POMODORO ¹	aratura	N ₀ =0 N ₁ =120 N ₂ =170	trinciati e interrati	50% ETP ⁵ 100% ETP ⁵

¹ solo presso CATES

² a goccia ;

³ ETP: evapotraspirazione potenziale

⁴ solo presso CIRAA

⁵ con fertirrigazione

4

I RISULTATI DEL PROGETTO IPNOA

4.1 LE RESE COLTURALI

I risultati delle prove sperimentali del progetto hanno evidenziato che la riduzione degli input ha comportato in certi casi una riduzione delle rese come riassunto in Tabella 4.

Questi valori trovano corrispondenza con i risultati di studi di lungo periodo condotti in diverse regioni italiane basati sul confronto tra metodi di coltivazione convenzionali e a basso impatto.

TABELLA 4

Rese colturali medie ad ettaro, confrontate in termini di differenza percentuale tra un livello di alto input (es. aratura, irrigazione al 100% dell'ETP) e un livello a input ridotti (es. lavorazione minima, irrigazione assente nel mais o ridotta nel pomodoro).

COLTURA	Resa utile	Alto input (t ha ⁻¹)	Basso input (t ha ⁻¹)	Differenze % Alto -> Basso
Frumento duro	Granella 13% umidità	4,7	3,5	-25%
Mais	Granella 15,5% umidità	13,5	11,8	-13%
Girasole	Granella 9% umidità	4,8	4,6	-3%
Favino	Granella peso secco	2,7	3,7	+35%
Pomodoro	Bacche peso fresco	136	111	-20%

4.2 LE EMISSIONI DI N₂O

I risultati delle misure effettuate in entrambi i siti nei due anni di sperimentazione hanno evidenziato l'elevata variabilità spazio-temporale delle emissioni di N₂O; in particolare, nei due anni il livello di N₂O emesso dal suolo è stato influenzato dalle caratteristiche chimico-fisiche del terreno e dall'andamento climatico, che ha fortemente condizionato l'entità delle emissioni. Durante tale periodo il livello più alto è stato rilevato in corrispondenza delle condizioni più piovose ma i risultati hanno rivelato evidenti differenze anche fra le diverse colture in termini di emissioni cumulate di N₂O (Tabella 5).

TABELLA 5

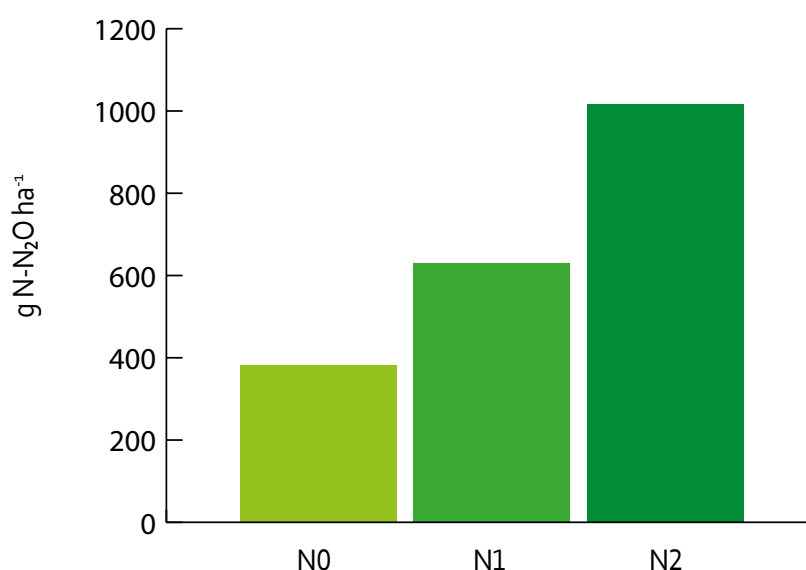
Livello delle emissioni cumulate registrate per le diverse colture durante il periodo di coltivazione nell'ambito del progetto IPNOA.

COLTURA	Emissioni medie durante il ciclo colturale g N-N ₂ O ha ⁻¹	Intervallo delle emissioni* g N-N ₂ O ha ⁻¹
Frumento duro	825	619-1.095
Mais	1.570	1.070-1.961
Girasole	614	469-858
Favino	839	288-1.390
Pomodoro	465	327-722

*Per le colture fertilizzate sono mostrati i risultati relativi ai livelli di fertilizzazione N1 e N2, mentre per il favino è stata riportata la variazione legata all'intensità della lavorazione.

4.3 LA FERTILIZZAZIONE AZOTATA

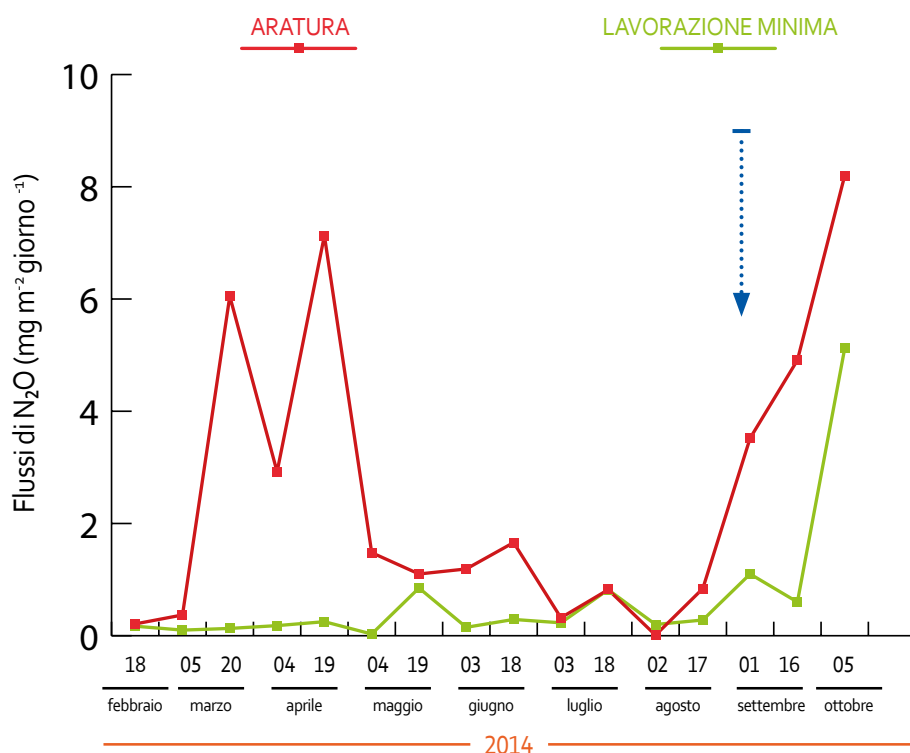
La fertilizzazione azotata è stato il fattore della tecnica colturale che ha maggiormente influenzato le emissioni di N_2O dal suolo in tutte le colture (grafico e); la riduzione del 30% della dose di fertilizzante ha determinato riduzioni delle emissioni del 30-40%.



e) Media delle emissioni di N_2O cumulate nei due siti e nei due anni di monitoraggio per il periodo di crescita di frumento duro in relazione alla dose di azoto applicata. NO: 0 kg N ha⁻¹, N1: 110 kg N ha⁻¹, N2: 170 kg N ha⁻¹.

4.4 LA LAVORAZIONE DEL TERRENO

L'effetto dell'adozione di pratiche di lavorazione più conservative, nel caso del progetto IPNOA una lavorazione minima (10 cm) rispetto a un'aratura leggera (30 cm), è fortemente influenzato sia dal tipo di terreno, che dall'andamento stagionale. La lavorazione principale del terreno non è risultata essere nel biennio un fattore importante per le emissioni di N_2O nelle colture studiate, con l'eccezione del favino. In questo caso, il trattamento con l'aratura ha registrato emissioni più elevate di quello con la lavorazione minima di circa il 60%. Le emissioni sono state più elevate sia dopo la lavorazione principale che a seguito dell'interramento dei residui (grafico f).



f) Andamento delle emissioni di N₂O dal suolo per favino gestito con due diverse tipologie di lavorazione principale del suolo (aratura vs minima lavorazione): le osservazioni sono state eseguite dalla semina della coltura (febbraio 2014) fino a tre mesi dopo la raccolta (30 giugno 2014). La freccia indica il momento della lavorazione per la coltura successiva.

Considerando l'elevata concentrazione d'azoto che caratterizza i residui colturali delle leguminose, è di fondamentale importanza adottare lavorazioni del suolo conservative per ridurre le emissioni derivanti dall'interramento dei residui di queste colture.

4.5 L'IRRIGAZIONE

L'irrigazione ha avuto un ruolo diverso nel determinare le emissioni di N₂O nelle due colture irrigue studiate (Fig. 6-7). Per il mais irrigato a goccia, non è stato evidenziato alcun aumento dei flussi di N₂O in corrispondenza dell'aumentare della disponibilità idrica del suolo. Nel caso del pomodoro, dove il fertilizzante e l'acqua sono stati distribuiti con la fertirrigazione, l'aumento del 50% del volume irriguo ha provocato un aumento delle emissioni di N₂O, variabile fra il 15% e il 40% nei due anni.

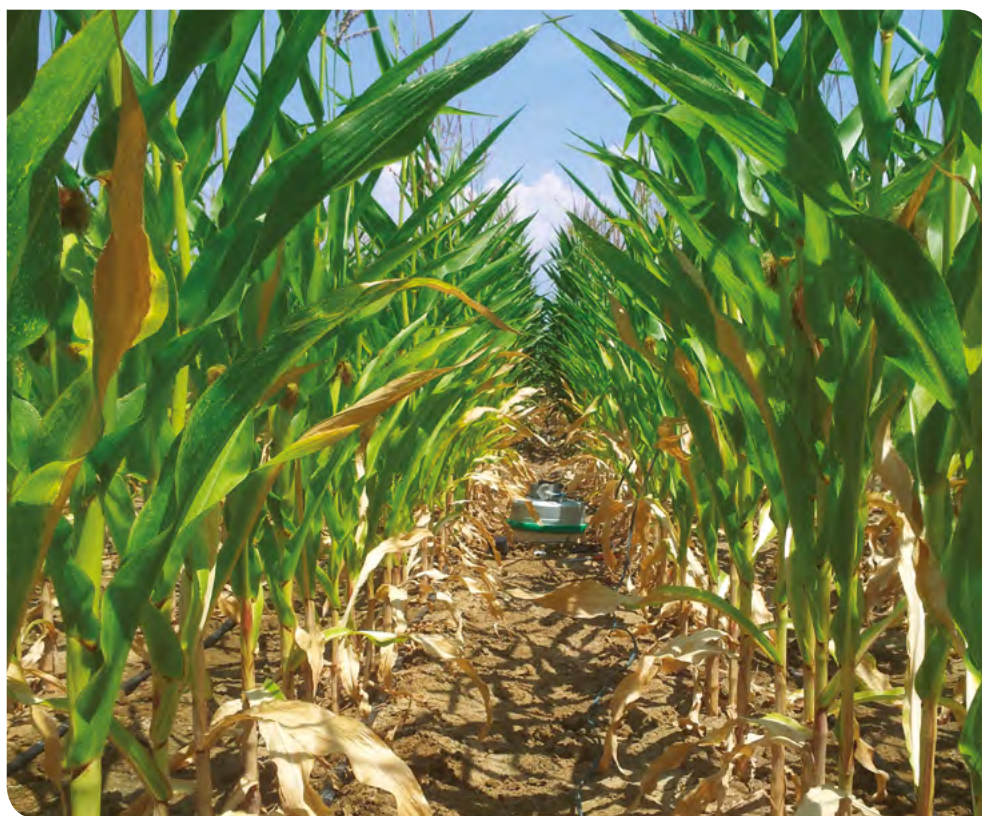


Fig.6: Monitoraggio su mais irriguo



Fig. 7: Monitoraggio su pomodoro

4.6 SINTESI DEI RISULTATI DELLE PROVE SPERIMENTALI IPNOA

TABELLA 6

Riduzione potenziale delle emissioni di N₂O cumulate nel periodo di crescita delle colture in funzione delle pratiche agricole.

COLTURA	Pratica agricola	Riduzione di N ₂ O
Mais	riduzione della fertilizzazione azotata: 170 -> 130 kg N ha ⁻¹	20%-40%
Favino	riduzione dell'intensità della lavorazione principale: aratura -> lavorazione minima	40%-90%
Frumento duro	riduzione della fertilizzazione azotata: 170 -> 110 kg N ha ⁻¹	10%-45%
Girasole	riduzione dell'intensità della lavorazione principale: aratura -> lavorazione minima	2%-45%
	riduzione della fertilizzazione azotata: 140 -> 80 kg N ha ⁻¹	25%-40%
Pomodoro	Riduzione del livello irriguo: 100% ETP --> 50% ETP	15%-45%

5

LE BUONE PRATICHE PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DI N₂O

La gestione complessiva di tutte le pratiche colturali deve in primo luogo essere volta a massimizzare l'efficienza d'uso dell'azoto, data dal rapporto tra la quantità di azoto utilizzata dalla coltura e quella introdotta nel sistema colturale, in modo da limitare per quanto possibile le quantità di azoto minerale non prontamente assimilabili contenute nel terreno e la formazione di eventuali perdite dal suolo.

Sono da promuovere quelle pratiche che favoriscono la conservazione della sostanza organica e ne riducono il tasso di mineralizzazione.

Inoltre, considerato il ruolo dell'umidità del terreno nella produzione di N₂O, è importante che i terreni agrari siano preparati in maniera da garantire, da un lato, l'allontanamento delle acque in eccesso, attraverso l'adozione di appropriate sistemazioni idraulico-agrarie e, allo stesso tempo, operare in maniera che la gestione dell'irrigazione non possa determinare ristagni idrici.

Un impegno concentrato solamente sulla gestione della fertilizzazione azotata può portare a buoni progressi nella mitigazione delle emissioni, ma l'ottimizzazione complessiva del sistema colturale, che tenga conto della rotazione delle colture, delle pratiche colturali e del livello di input, può garantire risultati più efficaci.

L'applicazione delle seguenti buone pratiche può non solo mitigare le emissioni di N₂O ma anche, grazie alla promozione di un più efficiente uso dell'azoto, contribuire a ridurre i costi di produzione.

5.1 OTTIMIZZARE LA FERTILIZZAZIONE

L'incremento dell'efficienza dell'azoto si può realizzare attraverso le seguenti pratiche:

- **Contenimento** della dose di azoto:

Utilizzare quantità di azoto (organico e minerale) strettamente correlate al fabbisogno della coltura e alla resa attesa, tenendo conto degli apporti naturali e delle dotazioni del terreno, in funzione delle caratteristiche climatiche e ambientali. Tali quantità vanno determinate attraverso un appropriato piano di concimazione (vedi Box3) e l'ausilio di adeguati supporti tecnici.

BOX 3

COME DETERMINARE I FABBISOGNI DI AZOTO DI UNA COLTURA

$$Q N = (Y * B) - (Nc + An + Np)$$

Dove :

- Q N** ⇒ quantità di azoto da distribuire
- (Y * B)** ⇒ fabbisogno in azoto della coltura
- Nc** ⇒ quantità di azoto resa disponibile o sottratta dalla coltura precedente
- An** ⇒ quantità di azoto derivante dalla mineralizzazione della sostanza organica del terreno
- Np** ⇒ eventuale quantità di azoto perduto per lisciviazione, nitrificazione o volatilizzazione

- **Frazionamento** della fertilizzazione:

a) miglioramento delle tecniche di distribuzione, attraverso l'ado-

zione di macchine e attrezzature più efficienti o tecnologie specializzate (agricoltura di precisione);

- b) frazionamento della distribuzione dell'azoto in corrispondenza delle fasi di maggiore necessità della coltura, per limitare le quantità di azoto minerale presente nel terreno non prontamente assimilabile dalle colture;
- c) tenere in considerazione la probabilità di pioggia nei 10 giorni successivi prima di effettuare la fertilizzazione azotata;
- d) evitare di distribuire elevate dosi di azoto su terreni molto umidi e con temperature medio/alte.

- **Scelta del fertilizzante:**

- a) La tipologia di fertilizzante può influenzare l'entità delle emissioni di N_2O dal suolo, anche se questo sembra risultare un aspetto secondario e meno certo a livello scientifico rispetto alla dose di azoto applicata. Alcuni studi hanno rilevato un livello di emissioni più alto dopo l'applicazione di fertilizzanti minerali rispetto a quelli organici, ed in particolare nel caso di impiego di concimi ammoniacali rispetto a quelli nitrici. Tuttavia non è facile confrontare le diverse fonti di azoto poiché spesso le differenze sono legate maggiormente alle diverse modalità di distribuzione del fertilizzante.
- b) L'utilizzo di fertilizzanti a lento rilascio o fertilizzanti addizionati con inibitori della nitrificazione e dell'ureasi può mitigare l'emissione di N_2O dal suolo. Gli inibitori della nitrificazione sono in grado di rallentare la trasformazione dell'azoto ammoniacale nella forma nitrica, mentre gli inibitori dell'ureasi interferiscono con la dissociazione dell'urea in ione ammonio. L'aggiunta di inibitori ai fertilizzanti, anche a quelli organici, può quindi aumentare l'efficienza d'uso di azoto, riducendo sia le emissioni dirette di N_2O che il rischio di lisciviazione.

5.2 OTTIMIZZARE LE LAVORAZIONI DEL TERRENO

Le lavorazioni del terreno, sia principali che secondarie e consecutive, intervengono sulle condizioni fisico-meccaniche del terreno e allo



stesso tempo condizionano le proprietà chimiche e biologiche del suolo, influenzando i processi di degradazione della sostanza organica, l'assorbimento radicale e dei nutrienti, la stabilità della struttura e la circolazione dell'aria e dell'acqua.

La riduzione delle lavorazioni preparatorie del terreno, in particolare di quelle principali, può rallentare la mineralizzazione della sostanza organica e favorirne il suo incremento nel suolo, soprattutto negli orizzonti più superficiali.

A seconda della natura dei terreni la gestione delle lavorazioni deve avvenire in modo da:

- 1) Assicurare un buon drenaggio superficiale** e prevenire il ristagno idrico, che favorisce la produzione di protossido di azoto per denitrificazione;
- 2) Evitare il compattamento del terreno:** una eccessiva riduzione della porosità e la diminuzione del volume dei micropori riducono gli scambi gassosi e creano condizioni di anaerobiosi favorevoli alla produzione di protossido di azoto;
- 3) Contenere il livello delle lavorazioni,** soprattutto la profondità della lavorazione principale, per evitare un eccessivo arieggiamento dei terreni, che può causare una intensa mineralizzazione della sostanza organica, condizione favorevole alla formazione di protossido di azoto per nitrificazione. L'adozione di tecniche conservative (minima lavorazione o semina su sodo) consente in generale di ridurre l'impatto meccanico sul terreno provocato dalle macchine operatrici e di preservare la struttura del suolo e la degradazione della sostanza organica; ne consegue inoltre un positivo effetto sulla fertilità biologica del terreno e una minore suscettibilità dello stesso a fenomeni di ruscellamento superficiali o erosione idrica ed eolica. Di contro, occorre anche considerare che nei terreni tenaci il ripetersi della non lavorazione può determinare una notevole compattazione dei suoli ed una eccessiva riduzione del volume di macropori, che porta alla diminuzione degli scambi gassosi.

5.3 OTTIMIZZARE L'IRRIGAZIONE

Le modalità di gestione dell'irrigazione possono influire sui fenomeni chimici e biologici che si svolgono nel suolo e condizionare sia l'entità delle emissioni dirette che di quelle indirette, derivanti principalmen-

te dal ristagno idrico e dalla lisciviazione, che si possono verificare in entrambi i casi per un eccesso nei volumi di acqua distribuiti. È quindi importante ai fini di una **efficiente irrigazione**:

- 1) **determinare i volumi irrigui** da distribuire sulla base delle effettive esigenze della coltura in relazione alle condizioni pedoclimatiche, attraverso l'adozione di bilanci idrici (programmi di supporto all'irrigazione).
- 2) **utilizzare sistemi irrigui** che garantiscano una buona uniformità di distribuzione dell'acqua e che permettano di mantenere un ambiente aerobico negli strati superficiali del suolo (<60% WFPS).

5.4 LA CORRETTA GESTIONE DELLE COLTURE

- 1) **Rotazioni:** L'adozione di rotazioni che prevedono l'uso di colture poliennali, come l'erba medica o altre colture foraggere, può contribuire alla riduzione delle emissioni di protossido, in quanto tali colture richiedono un minor apporto di fertilizzanti azotati rispetto a molte colture erbacee annuali. Inoltre, la copertura vegetale e lo sviluppo di un apparato radicale profondo garantiscono una riduzione delle perdite di azoto dal suolo;
- 2) **Introduzione di leguminose:** L'impiego di colture azoto-fissatrici può contribuire alla riduzione delle emissioni di protossido di azoto, in quanto richiedono un minor apporto di azoto e rappresentano una fonte di azoto per la coltura che segue. Come osservato anche nelle prove eseguite, occorre però porre attenzione alla gestione dei residui colturali e adottare lavorazioni del suolo conservative anche per la coltura successiva, al fine di garantire bassi livelli di emissioni;
- 3) **Cover crops:** Le colture di copertura a rapida crescita eseguite nell'intervallo tra due colture principali possono favorire la riduzione delle emissioni di gas serra, ed in particolare di protossido di azoto, attraverso il miglioramento della struttura del suolo, l'incremento del contenuto di sostanza organica e la riduzione del rischio di erosione del suolo e di lisciviazione dei nutrienti in eccesso lasciati dalla coltura principale;
- 4) **Residui colturali:** L'entità con la quale la gestione dei residui colturali può ridurre le emissioni di N₂O dipende dalla qualità del



materiale da incorporare nel suolo. Residui con alto rapporto C/N, come la paglia dei cereali, tendono ad favorire l'immobilizzazione di azoto nella materia organica del suolo, inducendo una riduzione delle emissioni di N₂O. Al contrario, l'aggiunta al suolo di residui colturali ricchi in azoto (es. sovesci di leguminose) può provocare emissioni di N₂O elevate.

5.5 OTTIMIZZARE LE SISTEMAZIONI IDRAULICO-AGRARIE DEI TERRENI

L'esecuzione delle operazioni che possono assicurare un'adeguata sistemazione dei terreni, quali **livellamento, baulatura, creazione e ripristino delle scoline**, assume fondamentale importanza al fine di garantire una appropriata areazione del terreno, evitare i ristagni idrici, limitare l'erosione e ridurre la lisciviazione di nutrienti.

In generale, **sono da promuovere le azioni per il ripristino ed il mantenimento delle sistemazioni idraulico agrarie** (ad esempio muretti a secco, fossi acquai) **che favoriscono idonee condizioni per la coltivazione dei terreni agricoli.**

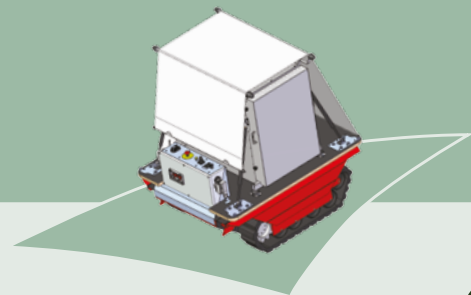


TABELLA DI SINTESI DELLE BUONE PRATICHE

In Tabella la prima colonna a sinistra rappresenta la **Tecnica colturale (T.C.)**

T.C.	ASPETTO SPECIFICO	EFFICACIA	TECNICA CONSIGLIATA
FERTILIZZAZIONE	Dose di fertilizzante azotato	***	Contenere le quantità di azoto rispetto alle effettive esigenze della coltura (piano di concimazione).
	Localizzazione del fertilizzante	**	Distribuire i fertilizzanti azotati in prossimità delle piante e provvedere, laddove possibile, al loro interrimento.
	Epoca di distribuzione	**	Distribuire i fertilizzanti azotati in corrispondenza delle fasi di attiva crescita della coltura.
	Scelta del fertilizzante	**	L'uso di fertilizzanti a lento rilascio e di fertilizzanti con inibitori della nitrificazione può ridurre sensibilmente le emissioni di N ₂ O.
LAVORAZIONE DEL TERRENO	Tecniche di lavorazione	**	Ridurre la profondità di lavorazione in terreni sciolti o franchi. Assicurare un buon drenaggio nei terreni argillosi, evitando il compattamento e i ristagni idrici.

T.C.	ASPETTO SPECIFICO	EFFICACIA	TECNICA CONSIGLIATA
IRRIGAZIONE	Volumi irrigui	**	Determinare i volumi irrigui da distribuire in relazione alle effettive esigenze della coltura (bilancio idrico).
	Tecniche di irrigazione	**	Utilizzare tecniche di irrigazione che garantiscono una elevata uniformità di distribuzione ed una buona efficienza irrigua.
GESTIONE COLTURALE	Rotazioni colturali	**	Inserire nella rotazione colture poliennali (es. foraggere) e con un fabbisogno in azoto limitato (es. leguminose).
	Culture di copertura	*	Inserire colture di copertura tra due colture principali.
	Residui colturali	**	Interrare i residui colturali, evitando lavorazioni profonde nel caso di residui di leguminose.
SISTEMAZIONI IDRAULICO AGRARIE	Esecuzione di operazioni di manutenzione e ripristino	***	Mantenere l'efficienza delle opere per evitare i ristagni idrici e garantire il drenaggio nei suoli.

6

LE AZIONI DEL PSR 2014-2020 PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DI N₂O

In linea con la strategia Europa 2020 e con gli obiettivi generali della PAC, il tema dei cambiamenti climatici rappresenta uno dei tre obiettivi strategici di lungo termine della politica di sviluppo rurale dell'UE relativa al periodo 2014-2020 e costituisce, insieme all'innovazione e all'ambiente, uno dei tre obiettivi tematici del *Programma di Sviluppo Rurale (PSR) 2014-2020*.

Il PSR è il principale strumento con il quale le Regioni possono supportare il settore agricolo e forestale nell'introduzione di appropriate strategie di mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici, in considerazione degli impatti locali e della capacità di risposta dei diversi territori rurali: almeno il 20% del contributo totale di ciascun PSR deve essere impegnato per la lotta contro i cambiamenti climatici ed almeno il 30% è destinato ad azioni per la tutela dell'ambiente.

Alla mitigazione e all'adattamento ai cambiamenti climatici devono concorrere tutte e sei le priorità dello sviluppo rurale, ed in particolare la priorità (5) *"Incentivare l'uso efficiente delle risorse e il passaggio a un'economia a basse emissioni di carbonio e resiliente al clima"*.

Nell'ambito della priorità (5), le Focus area (5d) *"Riduzione delle emissioni di gas serra e di ammoniaca"* e (5e) *"Sequestro di carbonio nei suoli"* sono più strettamente connesse alla mitigazione dei cambiamenti climatici. In particolare, la Focus Area (5d) è quella alla quale più direttamente si collega la tematica oggetto del progetto LIFE+ IPNOA. Nel PSR 2014-2020 della Regione Toscana al raggiungimento della Focus Area (5d) *"Riduzione delle emissioni di gas serra e di ammoniaca"* concorrono le seguenti misure:

Misura 10 - Pagamenti agro-climatico-ambientali: la misura incoraggia gli agricoltori ad attuare pratiche agricole che favoriscono la mitigazione o l'adattamento ai cambiamenti climatici e che siano compatibili con la tutela e con il miglioramento dell'ambiente, del paesaggio, delle risorse naturali, del suolo e della biodiversità.

I pagamenti contribuiscono a compensare i costi aggiuntivi e il mancato guadagno derivanti dagli impegni assunti, che vanno al di là dei pertinenti criteri e requisiti obbligatori (Reg 1305/2013).

Nell'ambito di questa misura, sono previste alcune operazioni che supportano l'adozione di **pratiche culturali** che favoriscono impor-

tanti obiettivi ai fini della mitigazione e dell'adattamento ai cambiamenti climatici:

Operazione 10.1.1

Conservazione del suolo e della sostanza organica per la riduzione dell'impatto delle lavorazioni: l'operazione prevede un sostegno per la semina su sodo, l'incremento della copertura vegetale delle superfici a seminativo, soprattutto nel periodo invernale, e l'inerbimento delle colture arboree

Operazione 10.1.2

Miglioramento della gestione degli input chimici e idrici: favorisce la riduzione degli input di fertilizzanti, acqua e antiparassitari nei sistemi colturali, attraverso il supporto alla razionalizzazione delle tecniche di gestione.

Operazione 10.1.3

Miglioramento di pascoli e prati-pascolo con finalità ambientali : l'operazione supporta l'adozione di pratiche che consentono di tutelare l'integrità e la qualità ecologica dei pascoli e dei prati-pascolo.

Misura 11 - Introduzione e mantenimento dell'agricoltura biologica: le pratiche dell'agricoltura biologica prevedono l'esclusione di fertilizzanti e fitofarmaci di sintesi e tutelano la fertilità del terreno attraverso l'impiego della sostanza organica e di appropriate rotazioni.

Misura 4 - Investimenti produttivi e non produttivi: la misura supporta **investimenti** funzionali alla razionalizzazione delle pratiche colturali, in particolare lavorazione del terreno, fertilizzazione, irrigazione, distribuzione di fitofarmaci, e della gestione degli effluenti di allevamento. Nell'ambito di questa misura possono essere finanziati interventi finalizzati alla riduzione delle emissioni di protossido di azoto attraverso le seguenti operazioni:

Operazione 4.1.1

Miglioramento della redditività e della competitività delle aziende agricole: supporta investimenti nelle strutture e nelle attrezzature agricole finalizzate anche al miglioramento delle prestazioni ambientali: sono da ricomprendere l'acquisto di attrezzature per l'agricoltura di precisione, macchine per la riduzione delle lavorazioni del terreno, seminatrici per la semina su sodo, attrezzature per la distribuzione di fitofarmaci nonché la realizzazione di interventi per la gestione degli effluenti animali.

Operazione 4.1.4

Gestione della risorsa idrica per scopi irrigui da parte delle aziende agricole: supporta investimenti per migliorare la gestione dell'acqua a scopi irrigui, quali la realizzazione di piccoli invasi per l'accumulo delle acque meteoriche e superficiali o l'installazione di impianti di irrigazione ad alta efficienza.

Operazione 4.4.1

Conservazione e ripristino degli elementi caratteristici del paesaggio, salvaguardia e valorizzazione della biodiversità: favorisce il ripristino di sistemazioni idraulico-agrarie (es. muretti a secco) e di opere per la regimazione delle acque superficiali in eccesso.

Misura 1 - Trasferimento di conoscenze e azioni di informazione: supporta gli addetti del settore agricolo, agroalimentare e forestale, nell'acquisizione e lo scambio di conoscenze che consentono di migliorare la competitività aziendale, l'uso efficiente delle risorse e le prestazioni ambientali, nonché la sostenibilità ambientale dell'economia rurale.

Misura 2 - Servizi di consulenza, di sostituzione e di assistenza alla gestione delle aziende agricole: supporta gli imprenditori agricoli e forestali ad avvalersi dei servizi di consulenza per migliorare le prestazioni economiche e ambientali delle loro imprese, attraverso l'introduzione nelle aziende di pratiche, processi e tecnologie innovative che possano diminuire l'impatto dell'agricoltura sull'ambiente.

Misura 16 - Operazione 16.5: favorisce la realizzazione di azioni congiunte per la mitigazione dei cambiamenti climatici e l'adattamento ad essi.



BIBLIOGRAFIA

1. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
2. Volpi I., Bosco S., Nasso N., Triana F., Roncucci N., Laville P., Neri S., Virgili G., Bonari E., 2016. N₂O emissions from clover in the Mediterranean environment. *Italian Journal of Agronomy*, 11 (2), 728, pp. 133-136.
3. ISPRA, 2014 - Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2012. National Inventory Report 2012.
4. Laville P., Neri S., Continanza D., Vero L. F., Bosco S., Virgili G., 2015. Cross-validation of a mobile N₂O flux prototype (IPNOA) using micrometeorological and chamber methods. *Journal of Energy and Power Engineering*, 9, 375-385.
5. Mazzoncini M., Sapkota T.B., Bàrberi P., Antichi D., Risaliti R., 2011. Long-term effect of tillage, nitrogen fertilization and cover crops on soil organic carbon and total nitrogen content. *Soil and Tillage Research* 114 (2), pp. 165-174.
6. Mosier A., Kroeze C., Nevison C., Oenema O., Seitzinger S., van Cleemput O., 1998. Closing the global N₂O budget: nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle. OECD/IPCC/IEA phase II development of IPCC guidelines for national greenhouse gas inventory methodology. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 52: 225-248.
7. Bosco S., Volpi I., Nasso N., Triana F., Roncucci N., Tozzini C., Villani R., Laville P., Neri S., Mattei F., Virgili G., Nuvoli S., Fabbrini L., Bonari E., 2015. LIFE+IPNOA mobile prototype for the monitoring of soil N₂O emissions from arable crops: first year results on durum wheat. *Italian Journal of Agronomy* 2015; 10:669.
8. Smith P., Bustamante M., Ahammad H., Clark H., Dong H., Elsidig E. A., et al., 2014. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
9. Smith P., Martino D., Cai Z., Gwary D., Janzen H., Kumar P. et al., 2008. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*. 363 (1492): 789-813.
10. Snyder C.S., Davidson E.A., Smith P., Venterea R.T., 2014. Agriculture: Sustainable crop and animal production to help mitigate nitrous oxide emissions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 9-10: 46-54.
11. Venterea T.R., Halvorson D.A., Kitchen N., Liebig A.M., Cavigelli A. M., Del Grosso J.S., Motavalli P.P., Nelson A.K., Spokas A.K., Singh P.B., Stewart E.C., Ranaivoson A., Strock J., Collins H., 2012. Challenges and opportunities for mitigating nitrous oxide emissions from fertilized cropping systems. *Front Ecol. Environ.* 10 (10): 562-570.

CONTATTI

www.westsystems.com



www.santannapisa.it



www.inra.fr



www.regione.toscana.it



www.ipnoa.eu • info@ipnoa.eu



LINK UTILI

www.ipcc.org

www.lamma.rete.toscana.it

<http://www.isprambiente.gov.it>

http://ec.europa.eu/agriculture/climate-change/index_en.htm

<http://www.fao.org/climate-smart-agriculture/en/>

Finito di stampare
per conto della Istos Edizioni Società Cooperativa
Settembre 2016



WEST
Systems



Realizzato con il contributo finanziario del programma LIFE+ dell'Unione Europea

- Importo del progetto 2.008.796 €
- Importo finanziato dall'Unione Europea 995.948 €



Improved flux Prototypes for N₂O
emission reduction from Agriculture

La riduzione delle emissioni di gas serra nei sistemi colturali rappresenta uno dei contributi che il settore agricolo può dare per la mitigazione dei cambiamenti climatici. Il **MANUALE di BUONE PRATICHE** elaborato nell'ambito del progetto LIFE+ IPNOA, propone a tecnici e operatori agricoli le pratiche colturali che possono favorire il contenimento delle emissioni di protossido di azoto dal suolo. L'adozione di queste tecniche allo stesso tempo concorre al mantenimento della fertilità del suolo e alla tutela delle risorse naturali, in primo luogo acqua e biodiversità.