



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA  
Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti  
Risorse naturali e Ambiente

Corso di laurea Scienze e Cultura della Gastronomia

La pratica del sovescio in orticoltura:  
effetti e prospettive

Relatore  
Prof. Carlo Nicoletto

Laureanda:  
Ilaria Vettore  
Matricola n. 2008256

ANNO ACCADEMICO

2022/2023



## Sommario

<b>RIASSUNTO</b> .....	4
<b>ABSTRACT</b> .....	6
1. INTRODUZIONE ALLA PRATICA DEL SOVESCIO .....	8
<b>1.1 Specie vegetali utilizzate per il sovescio</b> .....	9
2. PROFILO ECONOMICO: VANTAGGI E SVANTAGGI .....	10
3. NITRITI E NITRATI .....	14
<b>3.1 Cosa sono i nitrati e nitriti</b> .....	14
<b>3.2 Ciclo dell'azoto</b> .....	15
<b>3.3 Tossicità</b> .....	17
4. CONFRONTO TRA CONCIMAZIONE MINERALE TRADIZIONALE E COLTIVAZIONE CON SOVESCIO: TERRENO E COLTIVAZIONI .....	20
<b>4.1 Confronto</b> .....	20
<b>4.2 Scelta del sovescio</b> .....	21
<b>4.3 Agricoltura intensiva: benefici, difficoltà e svantaggi</b> .....	23
<b>4.4 Agricoltura intensiva ed inquinamento</b> .....	24
<b>4.4 Emissioni per unità di prodotto e unità di superficie: confronto tra agricoltura biologica ed intensiva</b> .....	28
5. LE ALTERNATIVE: I BIOFUMIGANTI .....	30
<b>5.1 Funzioni dei biofumiganti e pratica agricola del sovescio</b> .....	30
<b>5.2 Fattori per una biofumigazione efficace</b> .....	31
<b>5.3 Fumiganti chimici e biofumiganti: come influiscono nel ciclo dell'azoto</b> .....	32
<b>5.4 Malattie post-raccolta</b> .....	33
6. UTILIZZO DEL SOVESCIO IN SERRA .....	34
7. SOSTENIBILITA' E PERDITA DEI NUTRIENTI DEL SUOLO .....	36
<b>7.1 Cambiamento climatico e gas serra</b> .....	36
<b>7.2 Nutrienti e suolo</b> .....	37
<b>CONCLUSIONI</b> .....	40
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	42



## RIASSUNTO

Il sovescio è una pratica agricola chiamata anche “concimazione vegetale” e consiste nell’alternanza di normali colture orticole a colture specifiche, permettendo così la fertilizzazione del suolo e l’apporto di nutrienti allo stesso.

È anche una pratica sostenibile che riduce il degrado del suolo, l’inquinamento delle falde acquifere e l’azione di microrganismi patogeni, questo perché le colture utilizzate fungono da biocidi naturali grazie ai sistemi di difesa dell’apparato radicale che aiutano a combattere anche le malerbe.

Un minerale fondamentale che viene apportato al terreno attraverso la concimazione è l’azoto, utilizzato per l’accrescimento dei tessuti vegetali. Si riscontra quindi un accumulo di nitrati che si trasformano in nitriti: sostanze tossiche per cui sono stati definiti dei limiti di assunzione giornaliera. Le concimazioni che apportano più nitrati al terreno sono quella minerale e quella chimica, conseguenti al crescente utilizzo di input produttivi.

Il lato del negativo sovescio si riscontra però dal punto di vista economico: dove, a livello produttivo, le nuove pratiche agricole biologiche non riescono a soddisfare totalmente la domanda in costante aumento, causando anche l’aumento dei prezzi.



## **ABSTRACT**

Green manure is an agricultural practice also known as 'plant fertilisation' and consists of alternating normal horticultural crops with specific crops, thus fertilising the soil and supplying nutrients to it.

It is also a sustainable practice that reduces soil degradation, groundwater pollution and the action of pathogenic microorganisms, this because the crops used act as natural biocides thanks to the defence systems of the root system that also help combat weeds.

A fundamental mineral that is brought to the soil through fertilisation is nitrogen, which is used for the growth of plant tissue. This results in an accumulation of nitrates that turn into nitrites: toxic substances for which daily intake limits have been defined. The fertilisers that contribute the most nitrates to the soil are mineral and chemical fertilisers, resulting from the increasing use of productive inputs.

The downside of green manure, however, is on the economic side: where, on the production side, new organic farming practices fail to fully meet the ever-increasing demand, also causing prices to rise.





## 1. INTRODUZIONE ALLA PRATICA DEL SOVESCIO

Il sovescio, detto anche concimazione vegetale, è una pratica agricola che consiste nell'alternare la coltivazione di normali colture a coltivazioni di famiglie vegetali specifiche che presentano particolari caratteristiche, permettendo così l'aumento della fertilità del terreno. È considerato importante soprattutto per la gestione dell'azoto: attraverso i noduli radicali, in particolar modo quelli delle leguminose, viene fissato l'azoto atmosferico ( $N_2$ ) e reso direttamente utilizzabile dalla pianta.

La coltura da sovescio non ha scopo alimentare e non deve arrivare all'uomo, ma funge da fertilizzante naturale per le coltivazioni successive, dopo essere trinciato e lasciato a degradare nel suolo dai microrganismi.

Oltre alla funzione fertilizzante, alla pratica del sovescio, vengono attribuite altri ruoli quali:

- a. protezione del suolo e della falda idrica;
- b. stabilità strutturale del terreno;
- c. azione biocida.

Il terreno in questo modo viene protetto dall'erosione e dagli agenti atmosferici grazie allo strato superficiale formato dai vegetali e all'azione dell'apparato radicale nel sottosuolo, che previene anche la perdita di sostanza organica e dei nutrienti. Le colture di copertura (*cover crops*), inoltre, trattengono l'azoto in eccesso, che altrimenti sarebbe lisciviato nei corpi idrici ipogei causandone inquinamento ed eutrofizzazione. Attività di ricerca hanno stimato che una cover crop trattiene in media circa 50-70 kg/ha di azoto.

Oltre al controllo delle malerbe, le colture da sovescio, fungono da fitofarmaci naturali contro microrganismi patogeni, grazie a sistemi naturali di difesa rilasciati dall'apparato radicale. Questo processo viene definito biofumigazione e consiste nel rilascio di molecole biocide, che non vanno ad intaccare la salubrità della pianta, a differenza dell'agricoltura intensiva che utilizza pesticidi con conseguente rilascio di ammoniacca nell'aria. Un esempio di danno atmosferico è stato causato dal bromuro di metile ( $CH_3Br$ ): fumigante per eccellenza, rilasciato nel terreno prima della piantagione ed oggi

eliminato dall'industria in quanto intaccava lo strato di ozono atmosferico riducendolo (protocollo di Montreal, 1997).

L'introduzione di questa pratica sostenibile permette quindi di aumentare la resa produttiva e l'attività enzimatica, mitigando gli effetti inquinanti derivati da agricoltura intensiva. La presenza di enzimi è un importante indicatore di qualità del suolo perché rivelano la presenza di nutrienti e di una vasta comunità microbica, responsabile di degradazione dei nutrienti e crescita delle piante.

### **1.1 Specie vegetali utilizzate per il sovescio**

Il sovescio svolge molteplici funzioni e ogni coltura provvede ad apportare al suolo e alle coltivazioni benefici diversi; va quindi studiato ed analizzato considerando molteplici fattori e come può condizionare la vita dell'uomo: dalle funzioni più importanti come apporto di nutrienti e contributo alla vita microbica del terreno, ma anche sotto un profilo che riguarda la sostenibilità, la vita e l'economia. Le specie maggiormente coltivate con il ruolo di sovescio appartengono alla famiglia delle Leguminose in grado di apportare azoto al terreno (lupino, trifoglio, lupinella, veccia, fava), delle Crucifere che hanno potenziale biofumigante (colza e senape) e delle Graminacee che trattengono l'azoto (segale, avena, orzo).

## 2. PROFILO ECONOMICO: VANTAGGI E SVANTAGGI

L'agricoltura biologica apporta notevoli migliorie al suolo, all'ambiente e all'alimento stesso in termini di qualità nutrizionale. Tuttavia, se si considera la capacità produttiva del terreno, non viene considerato un sistema valido dal punto di vista economico: un campo coltivato secondo agricoltura biologica produce di meno e, anche se gli input produttivi sono a costo zero o comunque minimi, il prodotto finale verrà venduto ad un prezzo maggiore rispetto ad un prodotto proveniente da agricoltura intensiva, dove viene utilizzata una significativa quantità di input con conseguente generazione di output maggiore. Questo perché in economia il costo per unità di produzione si abbassa all'aumentare dell'output aziendale, grazie anche agli investimenti che vengono fatti per migliorare la produzione dal punto di vista tecnologico.

I prodotti finali avranno prezzo più competitivo sul mercato e saranno acquistati dalla maggior parte della popolazione. Ne risulta quindi che l'agricoltura biologica produce meno facendo alzare i prezzi del mercato, mentre l'agricoltura intensiva riesce a produrre in grandi quantità mantenendo prezzi costanti. Inoltre è il mercato a decidere la quantità e i generi da produrre, in quest'ottica l'agricoltura intensiva sembra essere la soluzione più efficace. Va considerato poi che l'agricoltura biologica costituisce uno svantaggio anche per il produttore, che dovrà gestire un terreno con resa bassa e più vulnerabile ad agenti patogeni.

Viene naturale allora chiedersi perché uno degli obiettivi dell'Agenda 2030 (accordo delle Nazioni Unite per il raggiungimento della sostenibilità) è proprio quello di convertire il 25% della superficie agricola totale dell'UE da convenzionale a biologica? Come verrà intaccata l'economia?

Secondo lo studio *Ecological Economics*<sup>1</sup> viene affermato che la produzione biologica può essere incentivata utilizzando schemi di politica monetaria, quindi attraverso decisioni prese dalla banca centrale per influenzare il costo e la disponibilità della moneta corrente.

---

<sup>1</sup> Leduc, 2023

La risposta va ricercata quindi nei valori finanziari, non dell'azienda produttrice, che tengono in considerazione l'etica, la sostenibilità e la salute umana.

In gioco entra anche l'UE che per promuovere l'agricoltura biologica dispone nuove norme, permettendo alle aziende di convertirsi al biologico, aumentando la fiducia nei consumatori e regolamentando importazione ed esportazione. Nell'ultimo decennio la conversione di terreni agricoli da convenzionali a biologici negli Stati membri UE è stata in costante aumento e si prevede una crescita sempre maggiore.

Considerando i costi si ricorda che l'agricoltura intensiva necessita di macchinari, fitofarmaci, fertilizzanti, forza lavoro e si concentra su poche colture, ricavando maggiore produttività da minimo sforzo e trasformando l'ambiente secondo le necessità della produzione. L'agricoltura biologica invece non utilizza input esterni ma solamente ciò che si trova in natura e adegua la produzione a ciò che offre l'ambiente.

Nel ragionamento è altrettanto importante tenere in considerazione la popolazione mondiale in costante aumento, questo provoca una crescente domanda che l'offerta riesce a soddisfare principalmente con l'intensificazione dell'agricoltura ed aumentando sempre di più la produzione.

È quindi necessario distinguere l'economia di mercato e i costi di produzione: per mantenere i prezzi fissi e bilanciare la domanda e l'offerta risponde meglio l'agricoltura intensiva, mentre a livello di costi di produzione il biologico riutilizza le risorse naturali e ciò che ha a disposizione appoggiandosi a processi di autoproduzione di risorse.

L'Unione Europea fornisce dei sussidi volti a preservare l'ambiente e promuovendo import ed export di merci alimentari, intercettando nicchie di mercato particolari con la quasi totale assenza di concorrenza, con conseguente apertura di nuovi canali di vendita.

A livello di prezzo bisogna considerare il contesto geografico in cui si vende: i Paesi in via di sviluppo cercano grandi quantità di cibo a basso prezzo, richiesta che soddisfa l'agricoltura intensiva, mentre nei Paesi ricchi si riscontra una domanda più diversificata dove i vari tipi di agricoltura possono trovare una nicchia su cui agire. Tuttavia dal 2014 la vendita di prodotti biologici è in costante aumento.

Infine, guardando ad una prospettiva generale e a lungo termine, l'agricoltura intensiva rappresenta un costo notevole anche per la salute pubblica; degli studi hanno affermato

che pesticidi e fertilizzanti intaccano il sistema nervoso e immunitario dei neonati, aumentano così l'incidenza di malattie come diabete, morbo di Parkinson, malattie cardiovascolari, ipertensione e sviluppo di alcuni tipi di cancro<sup>2</sup>. L'agricoltura biologica invece fornisce prodotti genuini con la quasi totale assenza di elementi nocivi, una nota importante per il benessere e la salute umana.

Sulla base di quanto trattato bisogna tenere in considerazione molteplici fattori per capire quale tra i due tipi di agricoltura è più efficace da un punto di vista economico: da un lato l'agricoltura intensiva risponde alle esigenze della popolazione e del mercato, ma l'agricoltura biologica produce mantenendo la fertilità del terreno a lungo termine. Il ragionamento non tiene in considerazione solamente la domanda e l'offerta, ma analizza come il mercato risponde all'introduzione di nuove pratiche agricole, anche nel lungo termine. Anche se il biologico al momento alza i prezzi sul mercato, la conversione dei terreni e gli aiuti europei incrementeranno l'acquisto di questi prodotti.

---

<sup>2</sup> Mic et al., 2017



### 3. NITRITI E NITRATI

#### 3.1 Cosa sono i nitrati e nitriti

I nitrati, ( $\text{NO}_3$ ), sono composti da azoto e ossigeno e sono fondamentali per l'accrescimento dei tessuti della pianta. L'azoto viene apportato al terreno, in particolare modo grazie alla concimazione che viene regolamentata da livelli massimi di concentrazione di nitrati mg/kg, giocando un ruolo fondamentale per la costituzione di proteine ed enzimi.

La presenza di nitrati nel terreno e conseguentemente nei tessuti vegetali, aumenta con l'utilizzo di input produttivi. Risulta infatti che gli ortaggi contengono la più alta percentuale di mg/pro-capite.

Gli ortaggi e l'acqua sono le fonti più comuni di nitrati, dove l'accumulo anormale negli alimenti è dovuto soprattutto all'uso di fertilizzanti. Fortunatamente la tossicità dei nitrati non è elevata, il problema reale si riscontra nel momento in cui i nitrati vengono ridotti e convertiti in nitriti ( $\text{NO}_2$ ). I sintomi più comuni di intossicazione sono: dolori addominali, respirazione difficoltosa e membrane mucose cianotiche<sup>3</sup>.

Prima di poter essere utilizzato dalla pianta, l'azoto deve subire una trasformazione e da azoto ammoniacale ( $\text{NH}_4^+$ ) viene trasformato in azoto nitrico ( $\text{HNO}_3$ ), per poi essere assorbito.

L'eccessivo apporto di azoto negli ortaggi (soprattutto a foglia larga) può influire negativamente sullo sviluppo della pianta causandone ritardo e dipende anche da:

- umidità: è importante lasciar essiccare il concime verde prima di interrarlo;
- temperatura: l'aumento della temperatura provoca l'accumulo di nitrati;
- luce solare: in caso di scarse radiazioni solari l'accumulo di nitrati è maggiore (a rischio soprattutto le coltivazioni in serra). Conseguentemente anche la stagionalità influisce molto in quanto nel periodo autunno-inverno la presenza di raggi solari è minore;

---

<sup>3</sup>Cabras e Martelli, 2004

- precipitazioni: determinano la lisciviazione di alcuni minerali;
- genetica delle piante: le specie vengono suddivise in base alla loro capacità di accumulo di azoto;
- inquinamento delle acque sotterranee;
- attività di nitrato reductasi: particolarmente alta in caso di elevata presenza di azoto;

La concimazione rimane il fattore che apporta più azoto nel terreno e, in particolar modo, la concimazione minerale è la causa principale di accumulo di nitrati negli ortaggi.

È stato riscontrato<sup>4</sup> che le coltivazioni biologiche, in particolare quelle che utilizzano la pratica del sovescio, sono quelle con minor percentuale di nitrati, rispetto a coltivazioni tradizionali e idroponiche (gli ortaggi a foglia coltivati in sistemi idroponici presentano la percentuale più alta in accumulo di nitrati).

Nell'accumulo di queste sostanze vale molto anche il fattore tempo: le coltivazioni tardive ne presentano un minor accumulo. Nello studio di Handy e Yan (2023) si è dimostrato infatti che utilizzando i fertilizzanti azotati la pianta presentava maggior concentrazione di nitrati durante il periodo di crescita<sup>5</sup>.

Inoltre nei sistemi dove viene praticato il sovescio, anche in caso di forti precipitazioni, la lisciviazione del terreno rimane minima. In questo modo solamente lo strato superficiale sarà ricco di nitrati.

Gli effetti del sovescio sull'apporto di azoto al terreno vanno guardati nel lungo periodo, per almeno un ciclo di rotazione, in base anche al lento rilascio dovuto alla degradazione della biomassa.

### **3.2 Ciclo dell'azoto**

L'azoto atmosferico (organico) non può essere assimilato dalla pianta ma solamente trattenuto, deve essere quindi convertito in N-ammoniacale ( $\text{NH}_4^+$ ) grazie all'attività microbica. Attraverso la nitrificazione viene trasformato in N-nitroso ( $\text{NO}_2^-$ ) e successivamente in N-nitrico ( $\text{NO}_3^-$ ) assimilabile e precedentemente conservato nei

---

<sup>4</sup> Hosseini et al., 2023

<sup>5</sup> Ecotossicologia e sicurezza ambientale, 2023



vacuoli e utilizzato durante la formazione di proteine attraverso l'enzima nitrato reduttasi. Questo enzima è attivo quando è presente una buona intensità luminosa, in caso di scarsa luminosità, ad esempio in serra o nel periodo autunno/invernale, il processo rallenta e si verifica un accumulo di nitrito.

In mancanza di ossigeno avviene la denitrificazione in N-elementare ( $N_2$ ) e ossidi di azoto, rilasciati in atmosfera. La differenza tra i due composti si può ricercare nelle molecole di ossigeno e nella rispettiva tossicità.

In condizioni aerobiche l'ammoniaca presente viene convertita in nitrato e successivamente in nitrito con rilascio di  $N_2$ . L'azoto rilasciato viene poi assorbito ed utilizzato dalla pianta attraverso il processo di nitrificazione operato dai batteri nitrificanti, che ossidano l'ammoniaca in ioni  $NO_2$  e  $NO_3$ .

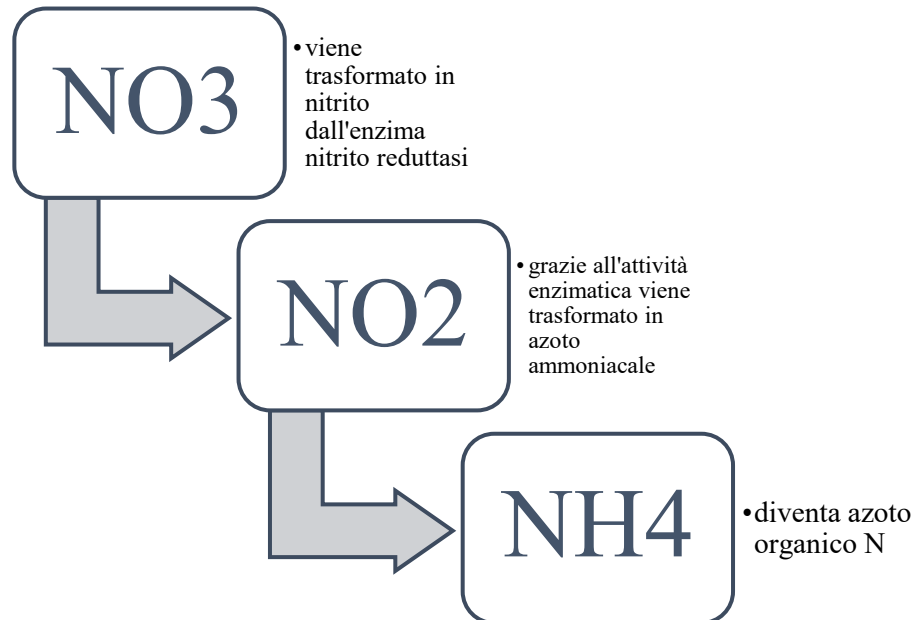


Figura 1 Le tre fasi del ciclo dell'azoto.

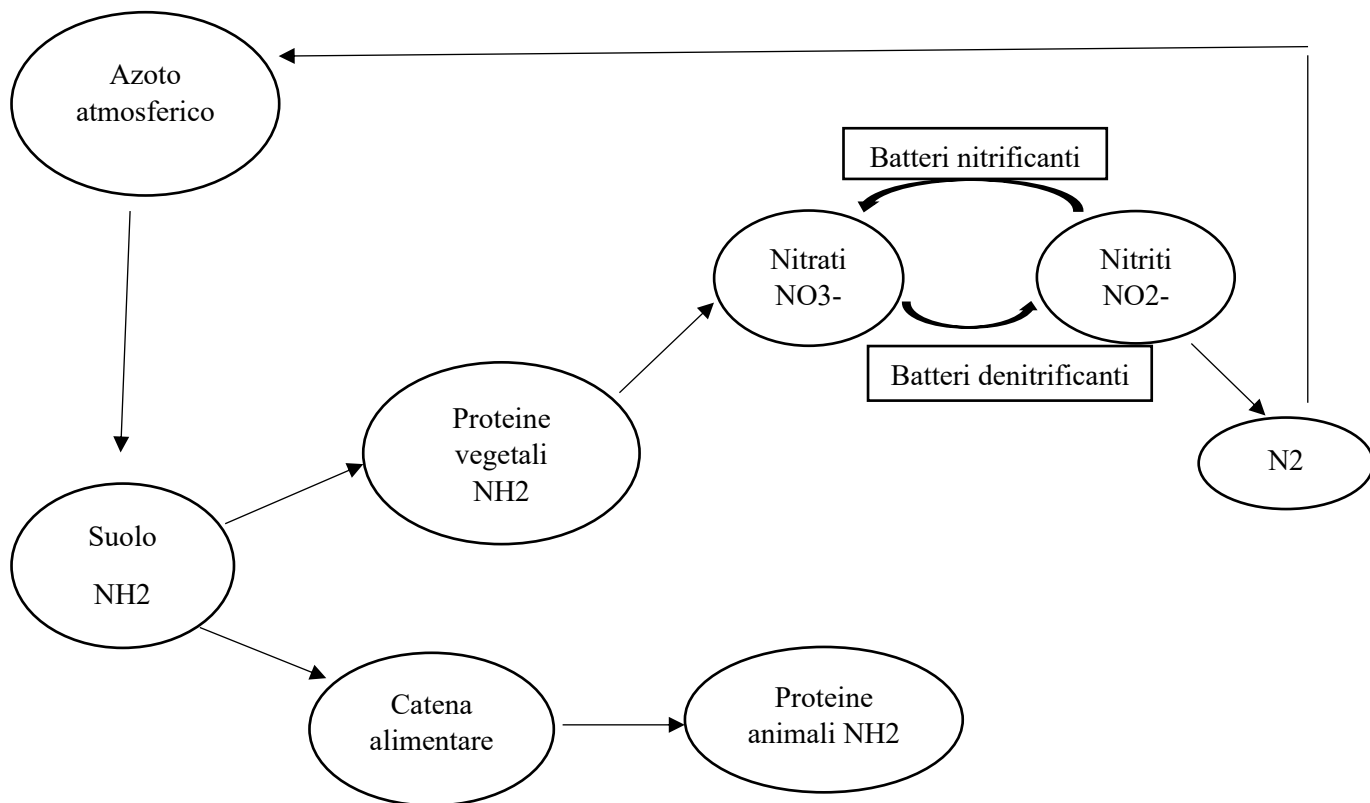


Figura 2 Il ciclo dell'azoto.

Il ciclo dell'azoto può essere quindi diviso in tre parti: fissazione di N<sub>2</sub>, nitrificazione e denitrificazione, all'interno di questo ciclo coesistono altri flussi di trasformazione.

I microrganismi nitrificatori ossidano l'ammoniaca a nitrito, ossidato successivamente a nitrato. Attraverso la denitrificazione in condizioni anaerobiche si ritorna alla forma base N<sub>2</sub>.

### 3.3 Tossicità

La presenza di nitriti è difficile da rilevare e misurare perché la loro formazione avviene prevalentemente in seguito al processo di masticazione e digestione dell'organismo, per

questo motivo bisogna tenere sotto osservazione i nitrati, cioè i precursori, che non vengono considerati tossici. I nitriti però possono causare:

- formazione di nitrosammine, sostanze che si formano nello stomaco quando il nitrito si lega alle ammine, alcune delle quali cancerogene. Possono formarsi anche in seguito a lavorazione e trasformazione degli alimenti.
- ossidazione di emoglobina e successiva trasformazione in metaemoglobina.

La dose giornaliera accettabile di nitrato, più presente e stabile rispetto a  $\text{NO}_2$ , è di circa 220 mg/d e per i nitriti è di 4.2 mg/d. Questi ultimi se entrano in circolazione possono intaccare il sistema cardiovascolare e causare la formazione di tumori. Essi possono trovarsi sia negli alimenti sia nei mangimi, aggiunti anche sotto forma di additivi; oggi le dosi sono sottoposte a leggi speciali per la commercializzazione.

L'eccesso di azoto, causato dall'esagerato utilizzo di fertilizzanti, risulta tossico anche per l'ambiente causando inquinamento di suolo, acqua e aria, comportando inoltre un costo non indifferente. Il sovescio apporta la giusta quantità di sostanza organica, riuscendo a trattenere ed utilizzare l'azoto nel modo adeguato, sempre grazie al prezioso contributo dei microrganismi già presenti nel suolo, per nutrire la pianta ed evitando che venga disperso.

Oggi l'inoculo di microrganismi fissatori sta prendendo piede, per aiutare il suolo a gestire la perdita di azoto.

Le specie orticole con maggior accumulo di nitrati sono:

- bietola, sedano, rape, spinaci, lattuga sono le specie orticole che contengono maggiori quantitativi di nitrati;
- finocchio, verza, zucchine sono le specie orticole che contengono medie quantità di nitrati;
- cavolfiore, broccolo, cicoria, melanzane, cipolla, asparagi, pomodori sono le specie orticole che contengono minori quantità di nitrati;

I nitrati si accumulano maggiormente nelle foglie rispetto che nelle radici, per questo è importante prestare attenzione ad ortaggi a foglia larga.

Limitare la fertilizzazione chimica e minerale, promuovendo la concimazione verde è necessario per fermare l'accumulo di azoto e la formazione di nitriti nell'uomo, per salvaguardare la salute umana e animale, ma anche l'ambiente.

## 4. CONFRONTO TRA CONCIMAZIONE MINERALE TRADIZIONALE E COLTIVAZIONE CON SOVESCIO: TERRENO E COLTIVAZIONI

### 4.1 Confronto

La sostanza organica del terreno è fondamentale per il trasferimento di minerali e altri componenti nutrizionali all'ortaggio, oltre che allo sviluppo, accrescimento e apporto di sostanze chimiche e biologiche alla pianta. Si stima che la concimazione organica (a base di sostanze organiche vegetali e animali) è quella che apporta più azoto e diverse famiglie microbiche al terreno. Non tutte le pratiche agricole riescono però a fissare in modo efficace l'azoto atmosferico nel terreno ed è importante tenere in considerazione l'impatto ambientale che la produzione di fertilizzanti minerali ha sull'atmosfera: il loro utilizzo infatti contribuisce al 2% di emissioni di gas serra.

La pratica del sovescio, basata sulla rotazione di colture per la fertilizzazione del terreno, è un'efficiente pratica agricola sostenibile dal momento che permette la conversione di sostanze organiche e il mantenimento del suolo. Secondo lo studio <<Adaptive evaluation of green manure rotation for a low fertility farmland system: Impacts on crop yield, soil nutrients, and soil microbial community>><sup>6</sup> hanno dimostrato l'aumento della produttività in seguito dell'introduzione di questa pratica, tra cui: aumento di nutrienti, di comunità microbiche e inibizione di batteri patogeni.

I fertilizzanti chimici utilizzati per il raggiungimento dei medesimi obiettivi hanno causato degradazione ed erosione del suolo, perdita di biodiversità e l'inquinamento delle falde acquifere con conseguente pericolo per la salute umana. A vantaggio dei fertilizzanti chimici rimane il fattore della crescente domanda d'acquisto, che agricoltore a rotazione non riescono a soddisfare totalmente, e l'importante relazione che clima e territorio hanno sulla produzione. Questo perché in situazione considerate "estreme" solamente una concimazione controllata, o intensiva, riesce ad ottenere importanti risultati a livello produttivo.

---

<sup>6</sup>Yang et al., 2023

È innegabile che a livello di produzione il fertilizzante chimico è più efficace, ma a livello di componenti e proprietà del suolo il sovescio apporta più nutrienti; anche se è stato dimostrato che negli anni il sovescio riesce ad aumentare la resa delle colture successive<sup>7</sup>.

Il sovescio di leguminose permette anche l'aumento di azoto totale nel suolo con conseguente fissazione e aumento della sostanza organica, cosa che non accade con semina continua, che invece ne provoca una riduzione.

Rispetto al tradizionale sistema di coltivazione continua, i sistemi basati su sovescio possono migliorare la qualità del suolo e rappresenta un sistema culturale sostenibile, efficace anche nei sistemi agricoli a bassa fertilità, causata da anni di agricoltura intensiva che hanno privato il terreno di nutrienti e sostanza organica. Tutto questo ha causato la richiesta sempre più insistente di input produttivi, entrando così in un ciclo di degradazione del suolo. Il sovescio vuole ripristinare il terreno, mantenendo l'efficienza produttiva e la sua integrità attraverso l'incorporazione di specifiche colture (in particolare leguminose e brassicacee) ad intervalli tra una coltivazione e l'altra. È una pratica diffusa anche in serra per la rigenerazione e l'apporto di nuove sostanze.

## 4.2 Scelta del sovescio

La scelta delle piante orticole dipende dalla genetica e dal tempo disponibile, in base agli obiettivi che si vogliono raggiungere. Lo scopo è quello di apportare un'elevata quantità di sostanza organica, dove la qualità della sostanza si ricava dal rapporto di carbonio e azoto (C/N). La decomposizione della materia avviene lentamente, per non andare incontro ad eutrofizzazione dei sistemi idrici, cosa che accade con concimazione minerale ed agricoltura intensiva.

Si considera quindi:

- stagionalità: i sovesci con semina autunnale hanno resa migliore e sviluppano un apparato radicale più resistente. Esistono sovesci con semina primaverile ed estiva, in quest'ultimo caso la pianta deve essere forte abbastanza da superare periodi di siccità.

---

<sup>7</sup> Yang et al., 2023

- coltura successiva e le esigenze che ne conseguono: in base alle caratteristiche delle colture si valuta di cosa necessita la pianta, correggendo se necessario il momento di trinciatura e interrimento ricordando che la pianta presenta un rapporto di C/N diverso nelle varie fasi di maturazione. Nel primo stadio di sviluppo il germoglio presenta un quantitativo maggiore di azoto che andrà diminuendo a favore del carbonio nello stadio finale di crescita.
- tipo di terreno: possono essere argillosi o sabbiosi, in base a questa caratteristica si decide la profondità di interrimento.
- diversificazione delle specie: le diverse specie utilizzate presentano funzioni differenti e diversa gestione. Ad esempio le leguminose sono ottime fissatrici di azoto, grazie all'apparato radicale; mentre le crucifere se lasciate maturare troppo possono risultare infestanti.

Lo studio di Li (2023)<sup>8</sup> ha dimostrato che il sovescio migliore è ottenuto dalla consociazione di due specie diverse per migliorare la resa negli anni, si consigliano infatti sovesci plurispecie nei quali sono presenti una decina di specie diverse.

In base alla necessità della coltura si sceglierà quindi quale famiglia da sovescio utilizzare: se il terreno presenta problematiche riguardanti infestanti e patogeni si andrà ad agire con delle piante biocide (rafano, senape, rucola, colza). Se il suolo invece presenta scarsità di azoto si opta per le leguminose e la loro azione di azoto fissatrici (favino, lupino, trifoglio). Infine se lo scopo è quello di aumentare l'*humus* o la struttura del suolo sono necessarie colture contenenti fibre e che presentano un alto apporto di C/N (brassicacee), se il rapporto è basso allora la biomassa vegetale sarà facilmente degradabile.

Grazie alle rotazioni il sovescio combatte anche le tossine fungine, più presenti in suoli trattati chimicamente da fungicidi che alterano le comunità fungine. La rotazione infatti permette a coltivazione considerate più resistenti di combattere la comunità microbica nociva, lasciando il terreno incontaminato per la coltivazione successiva.

---

<sup>8</sup> Li et al., 2023

### **4.3 Agricoltura intensiva: benefici, difficoltà e svantaggi**

L'agricoltura intensiva permette la sussistenza di gran parte una gran parte della popolazione sia dal punto di vista alimentare che lavorativo, garantendo benefici economici e sociali. Molti dibattono sull'efficienza sostenibile di questo tipo di agricoltura considerando che è causa di emissione di gas serra ed inquinamento in modo diretto ed indiretto: complice di disboscamento (scomparsa del 50% delle foreste tropicali), erosione del suolo, perdita di biodiversità e distruzione di habitat (vediamo distese di ettari di monoculture), inquinamento di aria, suolo e acqua dovuto all'utilizzo di prodotti fitosanitari e fertilizzanti.

Come detto nel II° capitolo, è il mercato a decidere la quantità da produrre ed è proprio l'agricoltura intensiva che meglio risponde, essendo la forma dominante di agricoltura (si estende su circa 1,5 miliardi di ettari che, oltre all'alimentazione umana, devono soddisfare anche la produzione di mangimi destinati agli allevamenti). L'agricoltore si trova davanti maggiori profitti su un piccolo appezzamento di terreno, mantenendo fissi i prezzi di produzione e vendita.

A livello di benefici l'agricoltura intensiva risponde al problema della fame mondiale, producendo in grandi quantità e arrivando in tutto il mondo, mantenendo i prezzi di mercato stabili.

A livello ambientale però si riscontrano per lo più svantaggi: vengono utilizzate grandi quantità di fitofarmaci che attraverso la catena alimentare arrivano al bestiame e poi all'uomo. Inoltre gli insetticidi colpiscono anche insetti utili all'ecosistema, danneggiando la biodiversità, complice anche la diffusione di monoculture.

Al terreno viene chiesta una resa sempre maggiore che incorre in deforestazione per la ricerca di nuove aree coltivabili, modificando gli habitat delle specie autoctone, inquinando poi aria, suolo e acqua intaccando la salute dell'uomo. L'agricoltura intensiva inquina quindi sia a livello diffuso che puntiforme, in base anche al reddito del Paese: un Paese con reddito alto inquina di più rispetto ad uno con reddito basso per consumo di energia ed emissioni.



## 4.4 Agricoltura intensiva ed inquinamento

### ➤ INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Le pratiche agricole intensive contribuiscono al 5% di emissioni di CO<sub>2</sub>, al 35% di N<sub>2</sub>O e al 43% di CH<sub>4</sub>. Il sovescio contribuisce solamente al 3% alle emissioni di gas serra. Secondo i dati ISPRA <sup>9</sup> l'agricoltura intensiva rappresenta il 7% di emissioni nazionali di gas serra e il 94% di emissioni nazionali di ammoniaca.

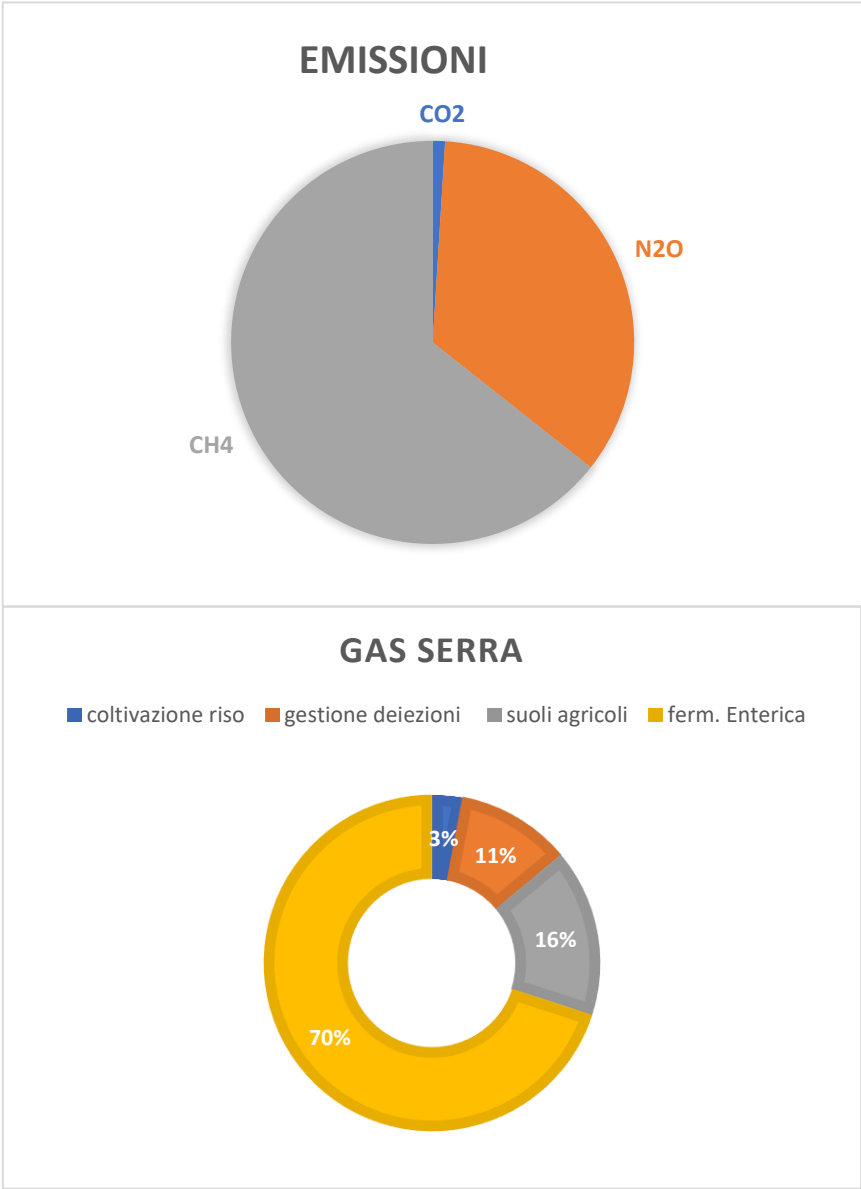
Per mitigare questo fenomeno è importante ridurre l'agricoltura intensiva e sostituire i fertilizzanti chimici con i fertilizzanti biologici oppure con nuove tecniche di fertilizzazione (concime verde), che favoriscano l'apporto di nutrienti al suolo e che siano a basso impatto ambientale.

Per quanto riguarda l'emissione di metano l'allevamento è la causa principale, ma l'agricoltura può aiutare la riduzione di emissioni fornendo foraggi di alta qualità facilmente digeribili per l'animale, riducendo quindi la fermentazione batterica ed eliminando dalla razione somministrata all'animale i concentrati, che aumentano le fermentazioni con rilascio di metano.

Gli ossidi di azoto, costituenti dei gas serra, vengono emessi per il 35% da agricoltura per l'utilizzo di fertilizzanti e pesticidi, causando nitrificazione e denitrificazione del suolo.

---

<sup>9</sup> Istituto Superiore di Protezione e Ricerca Ambientale, nonché organo tecnico-scientifico del Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio



Grafici 3 e 4 Dati ISPRA

## ➤ INQUINAMENTO DELLA FALDA ACQUIFERA

Causato dall'eccessiva presenza di sostanza organica e di azoto che provoca l'eutrofizzazione delle acque: una quantità eccessiva di nutrienti entra nel corpo idrico, stimolando così la crescita di alghe e biomassa marina. Si forma in superficie uno strato di fitoplancton che blocca la luce solare indebolendo o bloccando la fotosintesi delle piante acquatiche, l'eccesso di alghe si deposita sul fondo dove non vengono accuratamente smaltite dai batteri consumatori, provocando uno stato di anossia (assenza di ossigeno). Alcune famiglie di alghe formano uno strato verdastro sulla superficie e decomponendo la sostanza organica rilasciano tossine (anche neurotossine) e gas, nocivi per la vita marina ma anche umana dal momento che questo processo riduce drasticamente la disponibilità di acqua potabile.

Per ridurre l'eutrofizzazione delle acque è necessario ridurre l'utilizzo di fertilizzanti e migliorarne la gestione in agricoltura. Questo fenomeno è causato dall'eccesso di nutrienti, N e P, provenienti non solo da scarichi agricoli, ma anche da urbanizzazione, acque reflue e aumento della temperatura.

L'eutrofizzazione sta intaccando fiumi, laghi, mari ed oceani (si stima almeno il 30-40% di sistemi idrici intaccati in tutto il mondo), cambiando la vita marina e la biodiversità presente. Non attacca solamente fauna e flora marina, ma colpisce anche l'uomo su tutti i fronti: salute, benessere, nutrizione ed economia. Oggi per misurare i parametri di eutrofizzazione si considera acidità delle acque, presenza di metalli pesanti ed inquinanti, monitorando la biodiversità marina (presenza e dimensioni di fitoplancton).

Le figure 5 e 6 rappresentano lo stato di eutrofizzazione dei nostri mari nel 2017, in particolare le acque del nord sono quelle più contaminate.

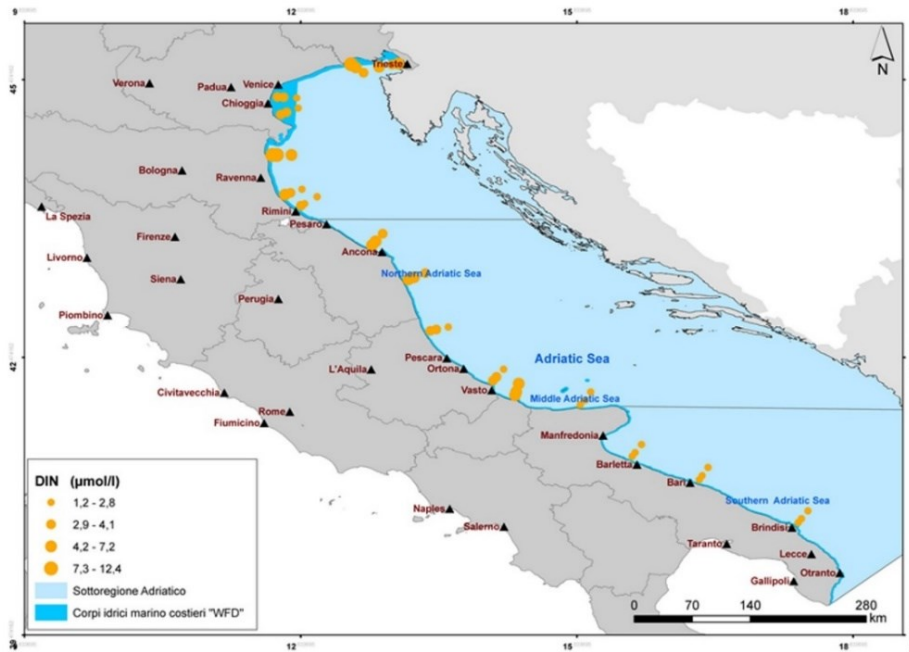


Figura 5 Eutrofizzazione Mar Adriatico, dati ISPRA 2017

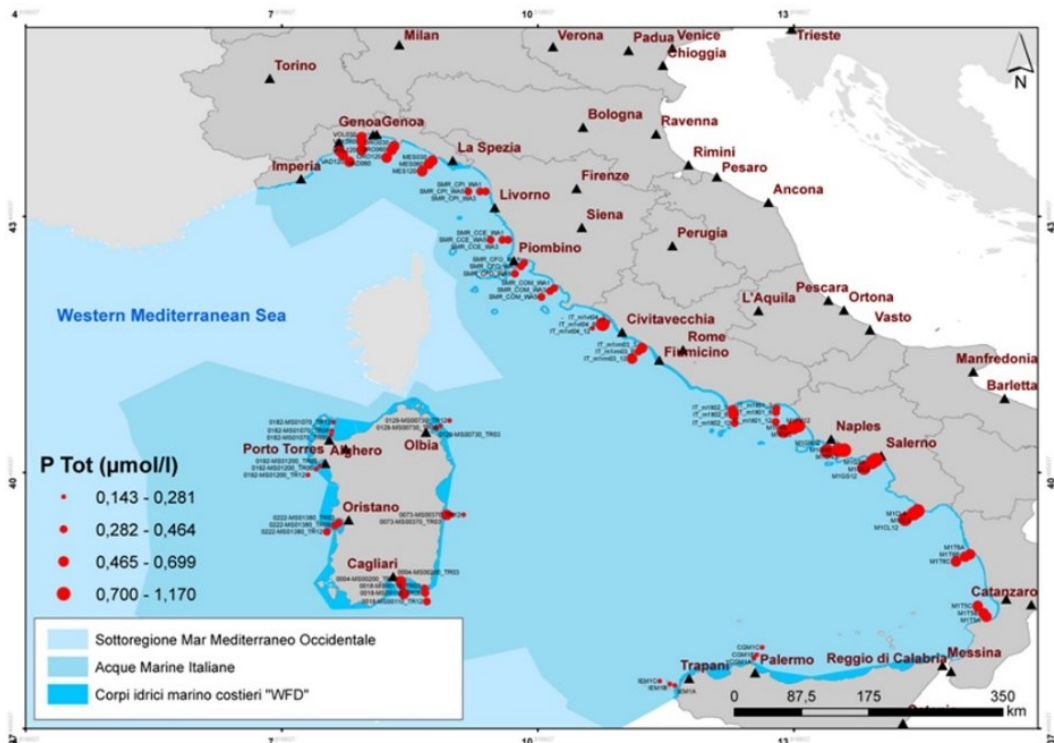


Figura 6 Eutrofizzazione Mar Mediterraneo, dati ISPRA 2017

#### **4.4 Emissioni per unità di prodotto e unità di superficie: confronto tra agricoltura biologica ed intensiva**

Paragonando le emissioni tra le due diverse modalità di agricoltura si può notare che per unità di superficie l'intensiva risulta più impattante a livello di rilascio di sostanza organica, contaminazione del suolo, perdita di azoto ed emissioni di ammoniaca; questo perché è la pratica maggiormente diffusa e che utilizza grandi quantità di input produttivi e tecnologie agricole di alto livello, volte ad ottenere grandi quantitativi di rese.

Calcolando le emissioni per unità di prodotto il sovescio risulta più impattante, per il semplice fatto che la quantità di prodotti finali ottenuti è minore rispetto alla coltivazione tradizionale, conseguentemente le emissioni possono sembrare maggiori. Questo vuol dire che le misurazioni fatte a livello di unità di prodotto indicano emissioni sostanzialmente elevate, che non coincidono con la resa di prodotto finale.

L'agricoltura convenzionale viene considerata come tesi di controllo (0.0). Valori positivi indicano l'efficacia del metodo di coltivazione tradizionale, mentre valori negativi indicano l'efficacia della coltivazione biologica (rappresentata dai rettangoli). Quindi per unità di superficie l'agricoltura biologica riscontra effetti benefici, ma non per unità di prodotto. Nel sistema BIO si riscontrano maggiori emissioni di azoto, protossido di azoto e ammoniaca per unità di prodotto, perché avendo meno quantità di produzione queste si caricano di sostanze di rilascio<sup>10</sup>

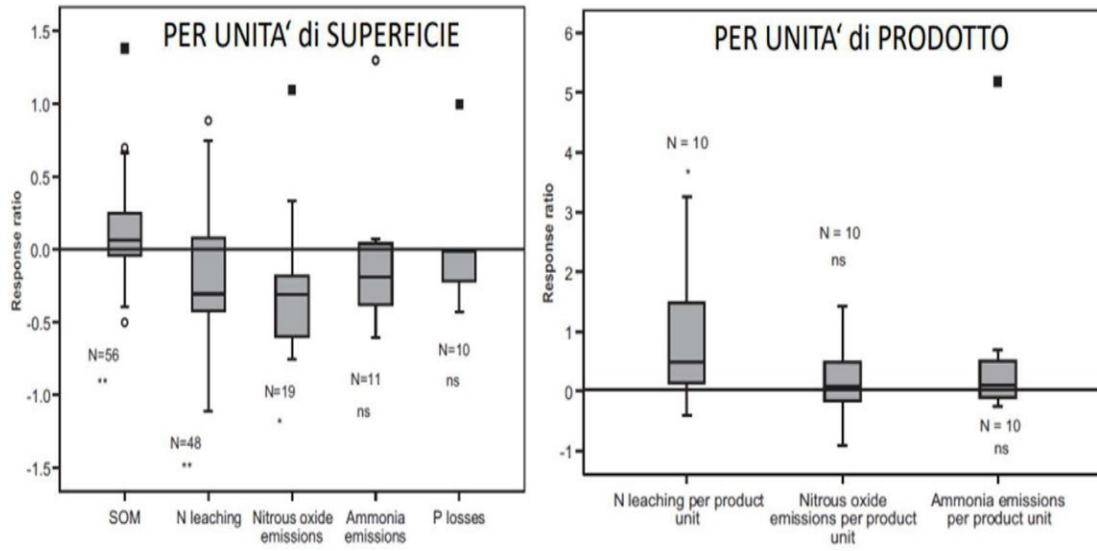
Questo confronto permette di esaminare dati concreti sull'impatto che l'agricoltura ha sul nostro pianeta, guardando vantaggi e svantaggi di intensificazione delle colture, focalizzandosi in particolar modo su inquinamento dell'atmosfera e dell'acqua.

In particolare l'ultimo grafico (figura 7) confronta la quantità di emissioni per superficie e prodotto, di entrambi i metodi di coltivazione, focalizzandosi su qual è il più efficiente e meno impattante.

---

<sup>10</sup> Fonte grafico: Tuomisto et al 2012

Figura 7: confronto tra agricoltura biologica e convenzionale per unità di emissioni



## 5. LE ALTERNATIVE: I BIOFUMIGANTI

### 5.1 Funzioni dei biofumiganti e pratica agricola del sovescio

Come già riportato in precedenza l'inquinamento causato da agricoltura intensiva deriva soprattutto dall'utilizzo di fitofarmaci usati per l'eliminazione di malerbe, parassiti ed insetti dannosi alla coltura. Negli anni molti fumiganti sono stati eliminati dal commercio perché nocivi per l'ambiente: Bromuro di metile in primis, seguito poi anche da dicloropropene.

La fumigazione chimica consiste nel rilasciare gas biocidi in un'area del terreno coltivato, per disinfestare da agenti patogeni. I gas, però, intaccano anche microrganismi utili al terreno ed inquinano atmosfera, suolo e falda acquifera.

Il sovescio può controllare i patogeni e i parassiti attraverso la *biofumigazione*, senza intaccare l'ecosistema o la biodiversità all'interno di esso.

Le piante infatti sono in grado di rilasciare dall'apparato radicale molecole volatili in grado di eliminare la vegetazione in competizione (malerbe) e i nematodi che possono attaccarle; quest'azione è svolta in particolar modo dalle *Brassicacee*: piante utilizzate come sovescio durante le rotazioni, interrate con l'obiettivo di sanificare il terreno.

L'azione delle *Brassicacee* viene favorita dal rilascio da parte dei loro tessuti vegetali di isotiocianato, un composto che si genera dalla scomposizione enzimatica di glucosinolati (composti da glucosio, zolfo, azoto e un amminoacido), la stessa molecola che si trova anche nei fumiganti chimici e che comincia ad avere effetto dopo trinciatura e interrimento. La presenza e il rilascio di queste molecole varia in base alla tipologia di pianta, all'apparato vegetativo e allo stadio di vita, normalmente l'attività di rilascio più alta è durante la fioritura.

Mantenere inalterata la biodiversità del suolo è estremamente importante perché le famiglie microbiche presenti sono necessarie per la crescita della pianta, grazie all'azione di trasformazione della materia organica che la rendono assimilabile. Inoltre anche i funghi e le micorrize forniscono nutrienti e proteggono le radici circondandole. La

riduzione di questi componenti fondamentali, enfatizzata da un'agricoltura industriale, causa carenze nutritive, problemi al terreno e aumento delle malattie.

Il sovescio ha il compito di rigenerare il terreno e prevenire tutte queste problematiche, apportando nuove sostanze e materia organica, contrastando i patogeni grazie al rilascio di sostanze biocide dopo la sua incorporazione nel terreno e conseguente scomposizione di glucosinolati, i precursori degli isotiocianati, considerati tossici da un'ampia gamma di microrganismi patogeni che attaccano le piante.

Oltre a prevenire malattie e contrastare agenti dannosi, la biofumigazione svolta dalle piante da sovescio apporta benefici alla comunità microbica già presente nel suolo, rendendola più produttiva ed incentiva l'accrescimento delle radici.

La biofumigazione fallisce solamente nel momento in cui si trova di fronte a strutture fungine particolari come sclerozi (massa fungina resistente a condizioni avverse) e/o cisti, che possono contaminare la coltura utilizzata come biofumigante. Un altro fattore limitante sono le condizioni meteorologiche avverse: in caso di siccità la piantagione potrebbe risentirne e l'effetto di biofumigazione potrebbe essere limitato per la scarsa presenza di glucosinolati nei tessuti.

La scelta e la gestione del sovescio quindi sono estremamente importanti, esso deve essere in grado di produrre una buona percentuale di glucosinolati ed essere interrato adeguatamente dopo un'accurata macerazione per favorire il rilascio di isotiocianati (dai 10 ai 14 giorni). Se fattibile è anche consigliato anche pacciamare la superficie per avere dei risultati migliori.

Infine la biofumigazione mantiene i suoi effetti nel tempo, è a costo zero e non intacca l'ambiente o la salute umana, mentre è necessario applicare fumiganti chimici all'inizio di ogni raccolto per ottenere dei risultati.

## **5.2 Fattori per una biofumigazione efficace**

Affinché la biofumigazione abbia successo bisogna tenere in considerazione una serie di fattori come clima, terreno (composizione, pH, disponibilità di acqua, di nutrienti, materia organica), metodo di incorporazione ma anche parassiti da combattere e piante da utilizzare.



Un suolo con pH neutro favorisce le reazioni enzimatiche, quindi la conversione di glucosinolati a isotiocianati. Mentre la presenza di acqua permette la crescita e il raggiungimento della fioritura di *Brassicaceae*.

Biofumigazione e temperatura presentano un effetto sinergico per le colture protette l'eliminazione dei patogeni risulta più efficace sopra i 35°C.

### **5.3 Fumiganti chimici e biofumiganti: come influiscono nel ciclo dell'azoto**

Il ciclo dell'azoto consiste in una serie di fasi dove N viene trasformato in una varietà di forme affinché sia disponibile ed utilizzabile, per poi essere restituito all'atmosfera. La biofumigazione può influenzare questo ciclo e la sua mineralizzazione attraverso nitrificazione e denitrificazione.

Secondo lo studio di Sennet et al. (2021)<sup>11</sup>, la fumigazione chimica ha un impatto maggiore sulla nitrificazione rispetto alla biofumigazione.

Entrambi i metodi aumentano la mineralizzazione dell'azoto, ma solamente il metodo chimico inibisce la nitrificazione e diminuisce la denitrificazione, rispetto all'azione biofumigante che, invece, aumenta la presenza di batteri denitrificanti per la presenza di residui vegetali che favoriscono la crescita dei microbi del terreno.

La nitrificazione avviene nel terreno ed è il processo biologico che comporta l'ossidazione dell'ammoniaca in nitrito, seguita poi dalla sua conversione in nitrato. In questa fase i batteri operano per rendere l'azoto assimilabile, partendo dall'ammoniaca.

Gli organismi convertono l'ammoniaca in nitrati, favorendo così la fuoriuscita di azoto nelle piante.

La denitrificazione invece riduce il nitrato in nitrito, che generalmente si traduce nella rimozione dell'azoto gassoso dall'aria. Anch'esso è un processo operato da batteri che permettono il rilascio di azoto.

---

<sup>11</sup> Soil Biology and Biochemistry

## 5.4 Malattie post-raccolta

L'utilizzo di piante biofumiganti previene anche la formazione di malattie post-raccolta, soprattutto sviluppo di muffa nella frutta. L'utilizzo di *Brassicacea* a rotazione permette il rilascio di composti naturali con attività biocida e fungicida contro i patogeni. In particolare coltivazioni di senape rilasciano sostanze in grado di inibire la formazione e germinazione di muffe, senza intaccare o modificare le coltivazioni successive dal punto di vista organolettico, nutrizionale e qualitativo.

Grazie alla biofumigazione non si perde parte del raccolto e, anche dopo confezionamento e trasporto, si garantisce qualità dei prodotti orticoli mantenendo sempre i medesimi valori nutrizionali e benefici, evitando così perdite economiche nel post-raccolta.

L'utilizzo incontrollato di pesticidi e fungicidi chimici ha comportato la nascita di nuovi ceppi microbici resistenti e immuni ai pesticidi di sintesi. L'antibiotico resistenza sviluppata in seguito a utilizzo di fertilizzanti e pesticidi è dovuto dal fatto che queste sostanze, oltre ai patogeni, uccidono anche i microrganismi benefici causando problemi alla pianta e all'assorbimento di nutrienti. I patogeni che sopravvivono producono spore in grado di resistere agli agenti di sintesi, mutando ed adattandosi al nuovo ambiente.

Oltre a questo fattore si aggiunge anche il problema dell'inquinamento e della sicurezza alimentare, che porta a scelte innovative come l'utilizzo di alternative biologiche e la biofumigazione per il post-raccolta. Questo metodo non entra direttamente in contatto con i frutti e l'effetto continuo dei composti volatili inibisce anche i batteri latenti, aumentando la shelf-life.

La concimazione è altrettanto importante nel *pre-raccolta*: una buona concimazione previene carenze nutrizionali, questo perché  $N_2$  sintetizza proteine, vitamine e migliora le caratteristiche organolettiche degli ortaggi.

La biofumigazione è quindi un'ottima alternativa contro nematodi e patogeni del terreno, una pratica che non intacca l'ambiente e la biodiversità, mantenendo la fertilità del terreno e la resa della produzione.

## 6. UTILIZZO DEL SOVESCIO IN SERRA

Le produzioni orticole in ambiente protetto sono per lo più a livello intensivo, risultando impattanti per l'eccesso di energia utilizzata per la climatizzazione delle strutture. Allo stesso modo anche le produzioni biologiche in serra risultano impattanti per il controllo della temperatura e dell'umidità, necessarie per contrastare la crescita di funghi.

La diffusione della serricoltura nasce soprattutto dal bisogno di aumentare la qualità dei prodotti grazie al controllo di temperatura, umidità e luce, grazie a questa tecnologia è possibile garantire il commercio di prodotti fuori stagione.

Quando si parla di coltivazioni biologiche in serra, anche se meno diffuse rispetto alle coltivazioni in campo aperto, è importante rispettare tutti i principi che vengono applicati in campo: non utilizzare prodotti di sintesi e praticare delle rotazioni con semina ed interrimento di colture da sovescio. Inoltre, per legge, essendo stato abolito l'apporto di  $N_2$  inorganico, l'azoto organico utilizzato se di derivazione animale deve provenire solamente da allevamenti biologici (gli animali devono essere nutriti con foraggi coltivati secondo il metodo biologico).

In serra normalmente non si ricorre frequentemente alla pratica del sovescio. In alcuni casi si utilizzano soprattutto *Graminacee* e *Brassicacee* che presentano una capacità di crescita rapida, in questo modo competono con le piante infestanti impedendone la crescita e lasciando il terreno coperto privo di malerbe. Queste due famiglie inoltre apportano sostanza organica al terreno rendendolo più fertile, favoriscono la produzione di humus per lo scambio di nutrienti e aumentano la capacità idrica del campo.

Grazie all'utilizzo di questa pratica efficace e sostenibile, in serra è possibile diversificare le colture invece che soffermarsi in monoculture come accade per le coltivazioni intensive. Normalmente anche le famiglie botaniche usate durante la rotazione per arricchire il terreno appartengono a più specie, anche in serra quindi il sovescio composto da plurispecie rappresenta la migliore soluzione, scegliendo tra leguminose, brassicacee e graminacee.

Ad ogni modo per prolungare la resa di produzione della serra, al concime verde è accompagnata sempre l'irrigazione controllata.

Infine allo stesso modo sia in serra che in campo la coltura da sovescio funge da biofumigante e da trappola.

L'introduzione di graminacee in serra massimizza la produzione di sostanza organica, dovuto alla lenta decomposizione, migliorando la biodiversità. Inoltre questa famiglia di piante differisce molto da quelle orticole, questo fa sì che non vengano condivisi malattie e parassiti.

Secondo quanto trattato il sovescio in serra ha la stessa efficacia e resa del sovescio in campo aperto, permette di controllare la coltivazione ma utilizzando risorse energetiche che in campo non sarebbero necessarie. Con la coltivazione in serra si rischia anche di andare contro i principi della coltivazione biologica, producendo ortaggi fuori stagione. È una pratica che va tenuta in considerazione, anche contro lo sfruttamento intensivo dei terreni agricoli, ma non può e non deve sostituire la classica agricoltura in campo aperto.

## 7. SOSTENIBILITA' E PERDITA DEI NUTRIENTI DEL SUOLO

Per lo sviluppo dell'agricoltura il sovescio costituisce una chiave fondamentale per la sostenibilità e il mantenimento dell'ambiente. Permette la salvaguardia del terreno evitandone la degradazione grazie all'apparato radicale delle colture di copertura, contrastando anche disboscamento e desertificazione; questo perché le colture da sovescio fungono da copertura proteggendo il suolo da erosione e lo arricchiscono di sostanza organica lasciando il tempo di rigenerare humus e nutrienti, facendo in modo che non vi sia sovrasfruttamento. Inoltre utilizzando più colture da sovescio si arricchisce il suolo di nuovi microrganismi diversificando l'ecosistema ed apportando migliorie continue.

L'importanza che ha la biodiversità del suolo raggiunge l'uomo dal punto di vista salutare ed alimentare, essa infatti fornisce elementi nutrizionali di alto livello contrastando inquinamento e cambiamento climatico, grazie al sequestro di carbonio e al lavoro che i microrganismi attuano per convertire la sostanza organica e renderla assimilabile. Infine le deiezioni di lombrichi o insetti che vivono all'interno del terreno coltivato forniscono azoto, fosforo e potassio.

### 7.1 Cambiamento climatico e gas serra

Per contrastare il cambiamento climatico bisogna minimizzare gli input produttivi ripristinando il sistema fino all'equilibrio, permettendo quindi il rimboschimento affinché la CO<sub>2</sub> emessa venga nuovamente riassorbita biologicamente e convertita in carbonio. In genere 1 kg di biomassa vegetale secca lega 2 kg di CO<sub>2</sub> e libera 1.5 kg di O<sub>2</sub>.

I gas prodotti da agricoltura sono principalmente anidride carbonica, gas metano, protossido di azoto ed idrocarburi, che vanno a contribuire all'effetto serra. Causa scatenante di maggiori emissioni è la deforestazione attuata per fare spazio a nuove aree coltivabili, in questo modo si toglie la possibilità all'anidride carbonica di essere nuovamente assorbita. A causa della deforestazione molti habitat vengono distrutti o frammentati e le nuove specie invasive entrano in competizione con le specie autoctone, causando in questo modo perdita di biodiversità.

Utilizzando la pratica del sovescio, in particolare le piante della famiglia delle *Graminacee*, per il ripristino del suolo si otterrà un aumento della produzione del 50%; anche nelle aree più aride il concime verde è un'ottima alternativa al concime animale, che produce metano.

Con l'utilizzo del sovescio l'agricoltura non avrà bisogno di input esterni ma utilizzerà solamente quello che la natura offre, arrivando a consumare fino al 30% in meno di energia fossile e il 45% di energia totale in meno rispetto all'agricoltura convenzionale.

L'agricoltura biologica e la pratica delle rotazioni forniscono beni e servizi indispensabili all'uomo come cibo, risorse idriche non inquinanti, biodiversità, disponibilità di habitat e regolazione del clima e di agenti atmosferici.

## **7.2 Nutrienti e suolo**

Normalmente molti nutrienti, soprattutto azoto, fosforo, potassio e magnesio, vengono persi a causa della lisciviazione del suolo, ma le colture da copertura riescono a catturare i nutrienti immagazzinandoli nello strato superiore trasferendoli poi alla coltura successiva, facendoli così arrivare all'uomo attraverso l'alimentazione.

L'interramento delle colture aiuta anche a trattenere l'acqua, evitando così che venga dispersa, grazie alle radici che permettono all'acqua piovana di infiltrarsi facilmente. In questo modo si mantiene l'umidità nel suolo combattendo la siccità.

La maggior parte di agricolture estensive, causa di sottrazione di boschi e foreste, servono principalmente per pascoli o coltivazioni da foraggio. Il sovescio può essere utilizzato per incrementare il mangime dato al bestiame, in questo modo si ridurrebbero le emissioni di metano, anidride carbonica e la perdita di habitat. Oltre al bestiame, le piante da sovescio con i loro fiori garantiscono una fonte di sopravvivenza anche alle api e altri insetti impollinatori. La biomassa rappresenta quindi un'importante fonte sostenibile a costo zero.

Lavorare il terreno artificialmente in maniera limitata, lasciando alla natura il tempo di compiere il suo ciclo permette la riduzione di emissioni (CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O) e l'aumento di sostanza organica di qualità. Il sovescio permette anche la riduzione di anidride carbonica nell'atmosfera attraverso il sequestro del carbonio dal suolo, quindi sottoforma di

carbonio organico; lavorazioni industriale o intensive possono invece alterare la struttura e composizione chimica del terreno che causano perdita di nutrienti, generando ortaggi di basso valore nutrizionale e qualitativo.

È importante mantenere ed arricchire la sostanza organica nel suolo per migliorare le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche del terreno, permettendo alle piante di utilizzare l'acqua in modo efficiente e trattenere i nutrienti. Il concime verde aiuta anche in questo, donando al terreno nutrimento, minerali e diversità microbica. Lavorazioni intensive del terreno invece sottraggono sostanza organica, impoverendo il suolo di nutrienti e microrganismi.

Quando la vegetazione da sovescio viene lasciata essiccare sul suolo, i batteri cominciano una "pre-digestione" aerobica della biomassa, permettendo così di ridurre l'impatto delle emissioni di gas serra.

Anche la biodisponibilità di fosforo, componente essenziale per la germinazione delle piante, viene intaccata da colture intensive e sfruttamento del suolo.

La gestione del terreno con sovescio come coltura intermedia rende disponibile il fosforo minerale e gli enzimi che trasformano P rendendolo disponibile, garantendo una resa maggiore nella coltura successiva grazie al riciclaggio dei nutrienti.

Il cambiamento climatico è un problema che oggi ci tocca particolarmente, il sovescio e l'agricoltura biologica possono contrastare l'inquinamento riducendo la pratica intensiva e mantenendo l'ecosistema inalterato.





## CONCLUSIONI

Concludendo risulta evidente che, nel lungo periodo, la pratica del sovescio è un'adeguata soluzione che garantisce la fertilità continua del terreno ed una resa maggiore rispetto all'agricoltura intensiva che, nel tempo, riduce la fertilità. La riduzione di fitofarmaci, soprattutto con l'impiego di sovesci soppressivi, rende questa pratica sostenibile dal punto di vista economico, sociale ed ambientale, assicurando sicurezza alimentare sia alla popolazione che al bestiame, promuovendo il benessere e la salvaguardia dell'ecosistema. Nonostante si sia ampiamente dimostrata l'utilità agronomica nell'adottare la pratica del sovescio, in molti contesti tale operazione non è frequentemente effettuata poiché riduce il numero di cicli delle cash-crop. Tale dinamica è ancora più complicata in ambiente serricolo dove, l'elevata intensificazione dei cicli produttivi e la necessità di coltivare tutto l'anno, rende complesso intervenire con la tecnica del sovescio. Attualmente tale strategia è però impiegata con crescente interesse per gli indubbi vantaggi che comporta.



## BIBLIOGRAFIA

Brennan, Corcoran, Wick, Hashemi, 2020. Biofumigation: An alternative strategy for the control of plant parasitic nematodes. *Journal of Integrative Agriculture*, Pages 1680-1690.

Bhattacharyya, Dorilêo Leite, France, Adekoya, Ros, de Vries, Melchor-Martínez, Iqbal, Parra-Saldívar, 2022. Soil carbon sequestration, greenhouse gas emissions, and water pollution under different tillage practices. *Science of The Total Environment*.

Cabras, Martelli, 2004. *Chimica degli alimenti*.

Hosseini, Dezhangah, Esmi, Gharavi-nakhjavani, Hashempour-baltork, Alizadeh, 2023. A worldwide systematic review, meta-analysis and meta-regression of nitrate and nitrite in vegetables and fruits. *Ecotoxicology and Environmental Safety*.

ISPRA.

Leduc, Billaudet, Engström, Hansson, Ryan, 2023. Farmers' perceived values in conventional and organic farming: A comparison between French, Irish and Swedish farmers using the Means-end chain approach, *Ecological Economics*.

Li, Fan, Q. Wang, G. Wang, Yin, Zhao, Yu, Cao, Chai, Hu, 2023. Green manure and maize intercropping with reduced chemical N enhances productivity and carbon mitigation of farmland in arid areas, *European Journal of Agronomy*.

Marín, Gil, Flores, Hellín, Selma. Microbial Quality and Bioactive Constituents of Sweet Peppers from Sustainable Production Systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.

Mayer, Leifeld, Szidat, Mäder, Krause, Steffens, 2023. Dynamic stability of mineral-associated organic matter: enhanced stability and turnover through organic fertilization in a temperate agricultural topsoil, *Soil Biology and Biochemistry*.

Michel (Agroscope, Svizzera), Cara García (IFAPA, Spagna). Biofumigazione: informazioni pratiche, vantaggi e svantaggi, *Best4soil*.

Mie, Andersen, Gunnarsson, Kahl, Kesse-Guyot, Rembiałkowska, Quaglio, Grandjean. Human health implications of organic food and organic agriculture: a comprehensive review.

Ranalli, 2019. *L'agricoltura per il contrasto ai cambiamenti climatici*.

Stei, Klotz, 2016. *Il ciclo dell'azoto* Volume 26, Pagine R94-R98.

Sennett, Burton, Goyer, Zebarth, 2021. Influence of chemical fumigation and biofumigation on soil nitrogen cycling processes and nitrifier and denitrifier abundance. *Soil Biology and Biochemistry*.

Tian, Yang, Song, Zhao, Ye, Xu, Hu, Shen, Dou. Biofumigation by Mustard Plants as an Application for Controlling Postharvest Gray Mold in Apple Fruits.

Tesi. Colture fuori suolo in orticoltura e floricoltura, Edagricole- Edizioni Agricole de New Business media s.r.l.

Yang, Wu, Hao, He. Mechanisms and assessment of water eutrophication.

Walker, Powell, Tegg, Doyle, Hunt, Wilson, 2022. Soil microbial community dynamics during ryegrass green manuring and brassica biofumigation. *Applied Soil Ecology*.

Walker, Powell, Tegg, Doyle, Hunt, Wilson, 2023. Ten years of green manuring and biofumigation alters soil characteristics and microbiota. *Applied Soil Ecology*.

Xavier, Nagaraj, Muthaiah, Chauhan, E. Patki, 2021. Data on the detection of toxic metals, essential nutrients, and microbial load of *Solanum lycopersicum* L. (tomato) and *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench (okra) in Southern India and their impact on human health—A comparison between organic and conventional vegetables. *Chemical Data Collections*.

Yang, Song, Chen, Du, Kong, 2023. Adaptive evaluation of green manure rotation for a low fertility farmland system: Impacts on crop yield, soil nutrients, and soil microbial community, *CATENA* Volume 222.