



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE E AMBIENTALI
PRODUZIONE, TERRITORIO, AGROENERGIA



Accademia dei
Georgofili

"Razionalizzazione dei sistemi
colturali e zootecnici per la
salvaguardia ambientale".

Agricoltura e servizi ecosistemici.

Marco Acutis marco.acutis@unimi.it

Servizi Ecosistemici (SE):

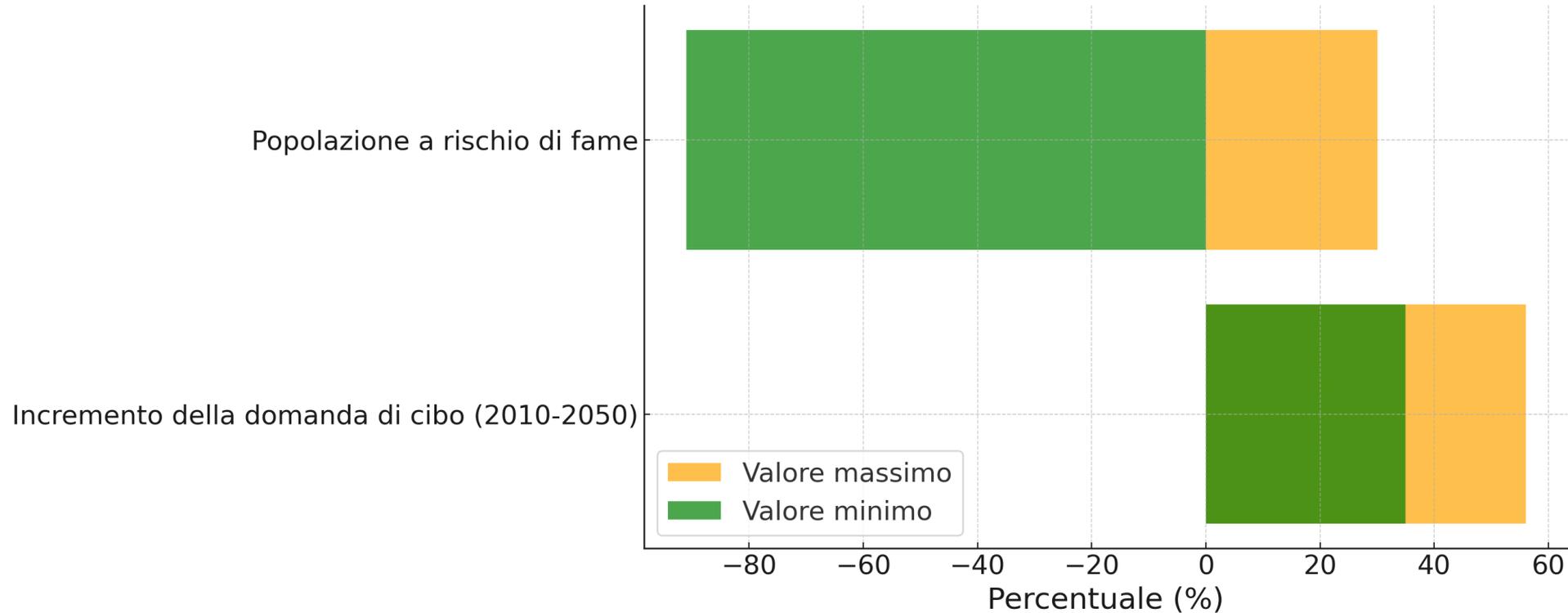
- Sono i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano. (Agenzia Europea dell'Ambiente all'interno della Common International Classification of Ecosystem Services - CICES)



- I SE sono divisi in 4 categorie: approvvigionamento, regolazione, supporto, cultura

Il quadro generale

Proiezioni Sicurezza Alimentare al 2050



- **Nel 2050 l'incremento numerico e di benessere della popolazione richiederà globalmente un aumento fino al 60% della produzione di cibo (situazione migliorata rispetto al 2009).**

• Sfide e soluzioni necessarie

- **Intensificazione sostenibile e stop a pratiche a bassa sostenibilità**
 - La maggior produzione richiesta può derivare solo dall'intensificazione delle produzioni delle aree più fertili attualmente coltivate (si stanno già abbandonando le aree meno produttive a favore della rinaturalizzazione). Occorrono però tecniche di gestione sostenibile. Troppi territori agricoli rischiano cadute di produttività e desertificazione
- **Riduzione degli sprechi alimentari.**
- **Politiche e investimenti mirati per ridurre il rischio di fame e favorire una crescita inclusiva.**
- ***Promozione di diete a base vegetale. (vanDijk et al., NatureFood 2021)***
- **C'è il potenziale perché gli agroecosistemi offrano sicurezza alimentare, abbiano poco impatto sugli altri ecosistemi e offrano servizi ecosistemici.**



• Vegetale vs Animale

Pro delle Diete Animali

- Fonte di proteine complete e nutrienti essenziali (vitamina B12, ferro eme, omega-3).
- Tradizionalmente radicate nelle culture e cucine di molti paesi.
- Minor rischio di carenze nutrizionali se consumate in modo equilibrato.
- Produzione spesso più economica e accessibile nei paesi sviluppati.

Contro delle Diete Animali

- Elevato impatto ambientale: emissioni di gas serra, consumo di acqua e uso del suolo.
- Rischi per la salute associati all'alto consumo di carne rossa e trasformata.
- Produzione intensiva spesso associata a questioni etiche e di benessere animale.

Pro delle Diete Vegetali

- minori emissioni di gas serra, consumo d'acqua e uso del suolo.
- Associata a un ridotto rischio di malattie croniche.
- Promozione della biodiversità e della sostenibilità agricola.
- Potenziale per una distribuzione più equa delle risorse alimentari.

Contro delle Diete Vegetali

- Potenziale rischio di carenze nutrizionali.
- Accesso limitato ad alcuni alimenti vegetali in regioni meno sviluppate.
- Costi elevati per prodotti vegetali specializzati.
- Difficoltà nell'adozione per ragioni culturali e abitudini alimentari.



La Comunità Europea spende il 30% del suo budget per l'agricoltura

per 4 funzioni di cui 3 sono Servizi Ecosistemici riconosciuti TUTTI di alto valore

- **servizi di fornitura di prodotti:** agricoltura competitiva nei mercati mondiali (riduzione del sostegno attraverso il mercato) ma anche agricoltura di alta qualità in termini di qualità dei prodotti e di sicurezza alimentare (food safety e food security).
- **Funzioni ambientali:** agricoltura che produce effetti positivi, che minimizza le esternalità negative e che contribuisce alla sicurezza ambientale.
- **Funzioni rurali:** agricoltura che conserva il paesaggio, le tradizioni culturali locali e contribuisce allo sviluppo socio-economico delle comunità rurali, rendendo fruibile l'ambiente rurale
- **Funzioni sociali:** (non è un servizio agroecosistemico) agricoltura che contribuisce a migliorare la qualità della vita locale per persone a più bassa contrattualità di estrazione rurale ed urbana

Tratto da UNIVERSITA' DI PISA – LABORATORIO DI STUDI RURALI "SISMONDI"



In Italia

- Legge n. 221 del 2015 all'art. 67 ha disposto l'istituzione del Consiglio del Capitale naturale e la realizzazione dell'annuale Rapporto sullo stato del Capitale naturale in Italia. All'art. 70 la stessa legge aveva inoltre disposto una delega al Governo per l'introduzione di un sistema di "Pagamento dei Servizi Ecosistemici e Ambientali" (PSEA) che non è stata esercitata.

Art 9 Costituzione. La Repubblica promuove lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica. Tutela il paesaggio e il patrimonio storico e artistico della Nazione. Tutela l'ambiente, la biodiversità e gli ecosistemi, anche nell'interesse delle future generazioni. (8 febbraio 2022)

Legge 28 febbraio 2024, n. 24

Disposizioni per il riconoscimento della figura dell'agricoltore custode dell'ambiente e del territorio e per l'istituzione della Giornata nazionale dell'agricoltura



Legge 28 febbraio 2024, n. 24

.. sono agricoltori custodi dell'ambiente e del territorio gli imprenditori agricoli.. ai sensi dell'articolo 2135 CC ...

- a) manutenzione del territorio** attraverso attività di sistemazione, di salvaguardia del paesaggio agrario, montano e forestale e di pulizia del sottobosco, .. cura e mantenimento dell'assetto idraulico e idrogeologico e difesa del suolo e della vegetazione da avversità atmosferiche e incendi boschivi;
- b) custodia della biodiversità** rurale intesa come conservazione e valorizzazione delle varietà colturali locali;
- c) allevamento di razze animali** e coltivazione di varietà vegetali locali;
- d) conservazione e tutela di formazioni vegetali** e arboree monumentali;
- e) contrasto all'abbandono delle attività agricole**, al dissesto idrogeologico e al consumo del suolo;
- f) contrasto alla perdita di biodiversità** attraverso la tutela dei prati polifiti, delle siepi, dei boschi, delle api .. insetti impollinatori e coltivazione di piante erbacee di varietà a comprovato potenziale nettario e pollinifero.



Ecosistema naturale - Agroecosistema

Ecosistema naturale

= 0 ≠

Agroecosistema



Ecosistemi naturali e Agroecosistemi:

- Gli ecosistemi naturali si sono andati riducendo sempre più, e gli agroecosistemi si sono espansi.
- La visione è cambiata, una volta si pensava solo a produrre, l'agroecosistema oggi deve fornire servizi ecosistemici.
- Va evitato in ogni modo il degrado del territorio, sfruttamento, desertificazione.
- Va incrementata la biodiversità perché migliora resilienza e resistenza degli Agroecosistemi.
- **Resilienza** = capacità di recuperare dopo uno stress ("corpo elastico")
- **Resistenza** = capacità di non peggiorare quando sottoposto a stress esterno



Ecosistema naturale e Agrosistema

Ecosistema naturale:

- ecosistemi che si sviluppano in maniera naturale, e che da soli raggiungono il loro equilibrio ecologico, definito climax.

Agroecosistema:

- ecosistemi il cui sviluppo, seppur basato sulle regole generali degli ecosistemi naturali, presentano un imprescindibile e elevato controllo antropico che risulta finalizzato alla produzione di materia che sarà allontanata, in quantità parziale o totale, dallo stesso.

Ecosistema naturale – Agrosistema: Analogie

- entrambi localizzati in un biotopo (ambiente fisico) contraddistinto da un insieme di fattori ambientali di natura non biotica (suolo, clima, idrologia)
- comprendono una biocenosi articolata secondo il modello delle piramidi alimentari (più livelli trofici)
- caratterizzati da un certo grado di biodiversità.
- flusso energetico principale in ingresso: radiazione solare
- flusso di energia e materia che genera, attraverso scambi trofici, una più o meno complessa rete alimentare.

Ecosistema naturale – Agrosistema: Analogie

- tendono ad evolversi in una successione ecologica consente la genesi di equilibri che consentono, al loro interno, la conversione della disponibilità energetica in biomassa, in funzione alle condizioni climatiche e pedologiche.
- salvo alcune e ormai rare eccezioni, sono soggetti ad interferenze dirette o indirette da parte dell'uomo.

Agroecosistema

Variabili guida

Clima

- radiazione
- temperatura
- precipitazioni

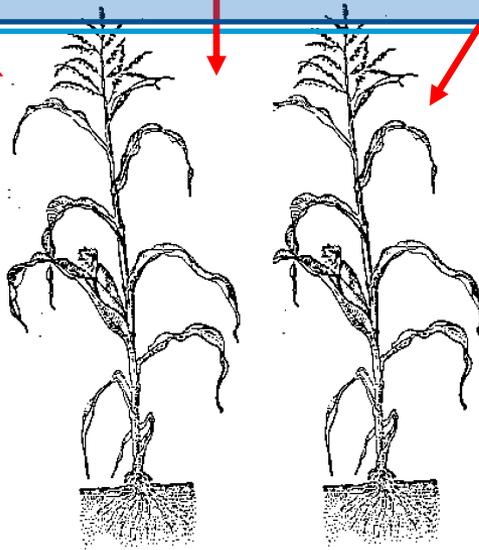
Atmosfera

- Composizione
- Inquinamento

Aspetti economici e sociali

Ambiente biologico

- infestanti
- microbiologia del suolo
- crittogame
- animali



Interventi agronomici

- Scelte organizzative
- lavorazioni
- irrigazione
- diserbo
- difesa fitosanitaria

Pianta

- genotipo
- produttività
- Adattabilità all'ambiente

Suolo

- caratteristiche fisiche e chimiche
- Acqua
- aria
- elementi chimici e loro dinamica
- temperatura

OUTPUT

- SO (prodotti e flussi economici)
- CO₂ (suolo e piante)
- NH₃ (volatilizzazione)
- CH₄ (atmosfera)
- NO₃ (lisciviazione e ruscellamento)
- NO_x (in atmosfera)
- N₂O (in atmosfera)
- fitofarmaci (in falda e atmosfera)
- Erosione (ruscellamento)
- P (erosione e ruscellamento)
- Paesaggio fruibilità

Servizi Ecosistemici (SE):

- 1) Supporto:

l'impatto sulle persone è a lungo termine

- Questi SE sostengono la crescita delle piante e animali, offrendo nutrimento, possibilità riproduttive, mantenimento di processi evolutivi (su base fenotipica e/o genetica) e di biodiversità, rifugio per animali stanziali e in migrazione. (includono la formazione di suolo, il ciclo dei nutrienti ecc.)



Servizi Ecosistemici (SE) – servizi di supporto

Agroecosistemi ben gestiti e diversificati possono:

- riprodurre la diversità e la complessità degli ecosistemi naturali creando habitat per molte specie.
- Fornire alti rendimenti garantendo al contempo una produzione a lungo termine. (Agroforestry, fasce tampone, corridoi ecologici ecc..)

Praterie semi naturali possono

- essere tra gli habitat con i più alti livelli di biodiversità, ospitando un pool unico di specie.
- La presenza di animali governati è l'unico modo per mantenere questi habitat. Sono minacciati dall'abbandono (per i meno produttivi) e dall'intensificazione (sovraccarico, conversione in arativi).



Servizi Ecosistemici (SE) – servizi di supporto

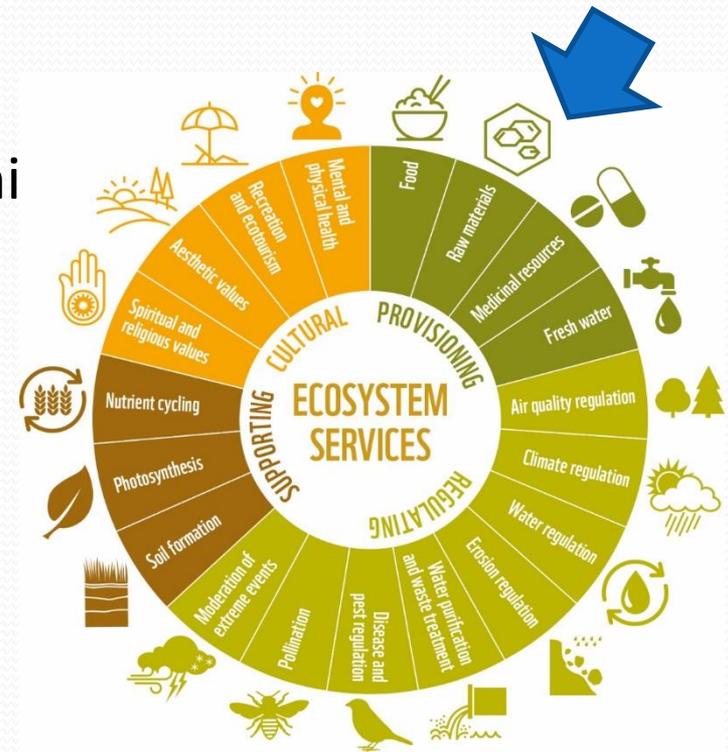
- A partire dal 1900, circa il 75% della diversità genetica vegetale è andato perduto poiché gli agricoltori di tutto il mondo hanno abbandonato varietà locali per varietà geneticamente uniformi e ad alto rendimento. Ci sono 250 000-300 000 specie vegetali commestibili conosciute, ma ne utilizziamo circa 200... Riso, mais e grano forniscono il 60% delle calorie e delle proteine vegetali. (media mondiale di produzione di frumento 3 t ha⁻¹)
- Attualmente oltre il 20% delle razze è stato identificato come a rischio di estinzione. Negli ultimi cinque anni sono state perse 60 razze, una media di una razza al mese.



Servizi Ecosistemici (SE): servizi di fornitura

La produzione alimentare ha mostrato una costante tendenza al rialzo ma ha anche creato erosione e desertificazione di terreni fertili. Il concetto di intensificazione sostenibile ha circa 20 anni.

Il bestiame fornisce quasi un terzo del consumo di proteine dell'umanità. I ruminanti possono digerire la cellulosa dei foraggi e convertirla in proteine commestibili umane (il pascolamento è l'unico modo per produrre cibo in aree inadatte alla coltivazione).



Servizi Ecosistemici (SE) - servizi di fornitura

Materiali grezzi:

- Legname
- Biofuel
- Fibre vegetali
- Lana
- Pellame
- Sottoprodotti della macellazione

Medicinali

- Prodotti per la medicina naturale
- Le case farmaceutiche hanno cercatori di piante e cacciatori di artropodi nelle aree meno note al mondo, alla ricerca di principi attivi sconosciuti.
- Aboca: 1000 ha in biologico



Servizi Ecosistemici (SE): servizi di fornitura

Medicinali

“Plant Molecular Pharming” **Le piante non hanno patogeni umani !**

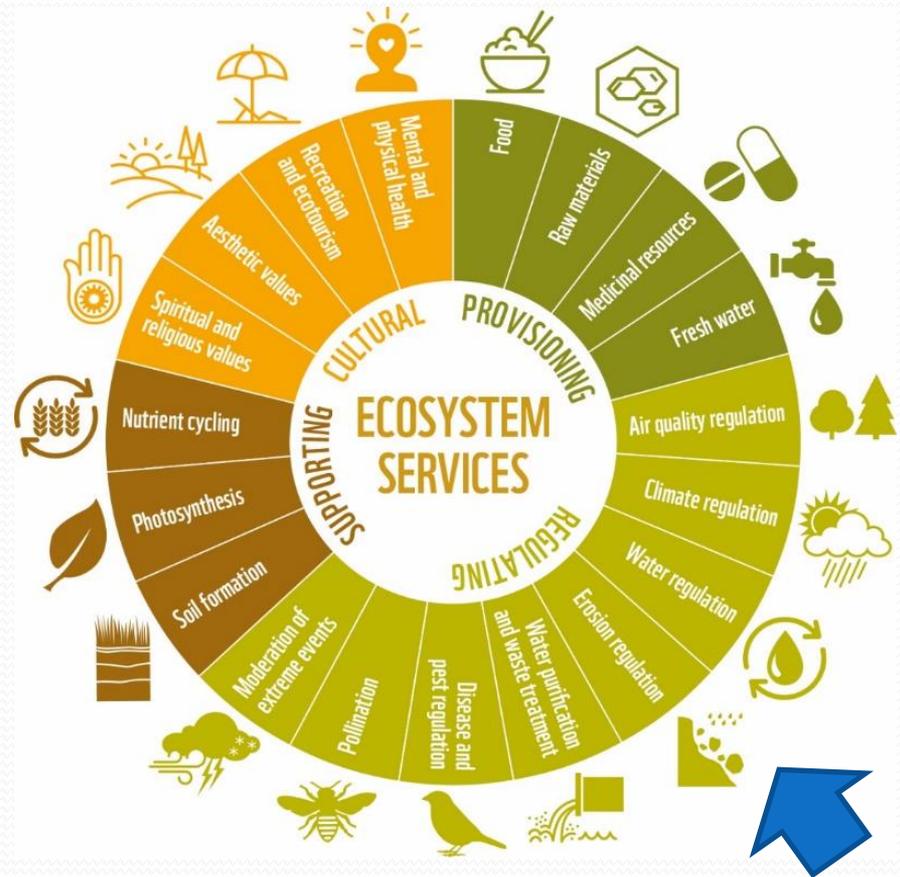
- Esempi:
 - - Elelyso (taliglucerase alfa): cellule di carota per trattare la malattia di Gaucher. (il primo, approvato nel 2012)
 - - ZMapp: anticorpi da tabacco per l’Ebola.
 - - Vaccino COVID-19 di Medicago: VLP in Nicotiana benthamiana.
- Non sembrerebbe che però si siano realizzate molte applicazioni commerciali



Servizi Ecosistemici (SE) - regolazione

- mantenimento della qualità dell'aria
- qualità del suolo
- controllo delle inondazioni
- Controllo delle malattie
- Controllo erosione
- Impollinazione delle colture

Servizi «invisibili» dati per scontati.
Quando sono danneggiati, le perdite risultanti possono essere notevoli e difficili da ripristinare.



Servizi Ecosistemici (SE) - regolazione

- **Controllo dell'erosione:** Pratiche agricole come le fasce tampone, le siepi e la copertura vegetale riducono l'erosione del suolo causata dal vento e dall'acqua, proteggendo la stabilità del terreno.
- **Regolazione del clima:** Le colture agricole contribuiscono alla regolazione del clima assorbendo e sequestrando anidride carbonica (CO₂), aiutando a mitigare i cambiamenti climatici.
- **Controllo biologico dei parassiti:** Una maggiore biodiversità nei sistemi agricoli favorisce il controllo naturale dei parassiti attraverso predatori naturali, riducendo la necessità di pesticidi chimici.
- **Regolazione della qualità dell'acqua:** Le zone umide e le fasce vegetative nelle aree agricole filtrano nutrienti e inquinanti, migliorando la qualità dell'acqua.
- **Regolazione della qualità dell'aria:** Le colture agricole assorbono CO₂ e trattengono sostanze inquinanti, contribuendo a migliorare la qualità dell'aria nelle zone agricole.



Servizi Ecosistemici (SE) - regulating services

- Gli inquinanti atmosferici (O_3) danneggiano le colture agricole ma queste hanno anche un potenziale per pulire l'aria. Ad esempio, alberature su un bordo del campo possono proteggere dalla deriva dei fitofarmaci i campi adiacenti.
- Alberate stradali fermano il PM10 e il PM2.5
- Il bosco verticale rappresenta un incredibile incremento di biodiversità
- Gli allevamenti emettono ammoniaca e metano



Servizi Ecosistemici (SE) - regulating services

A few figures on soil biodiversity

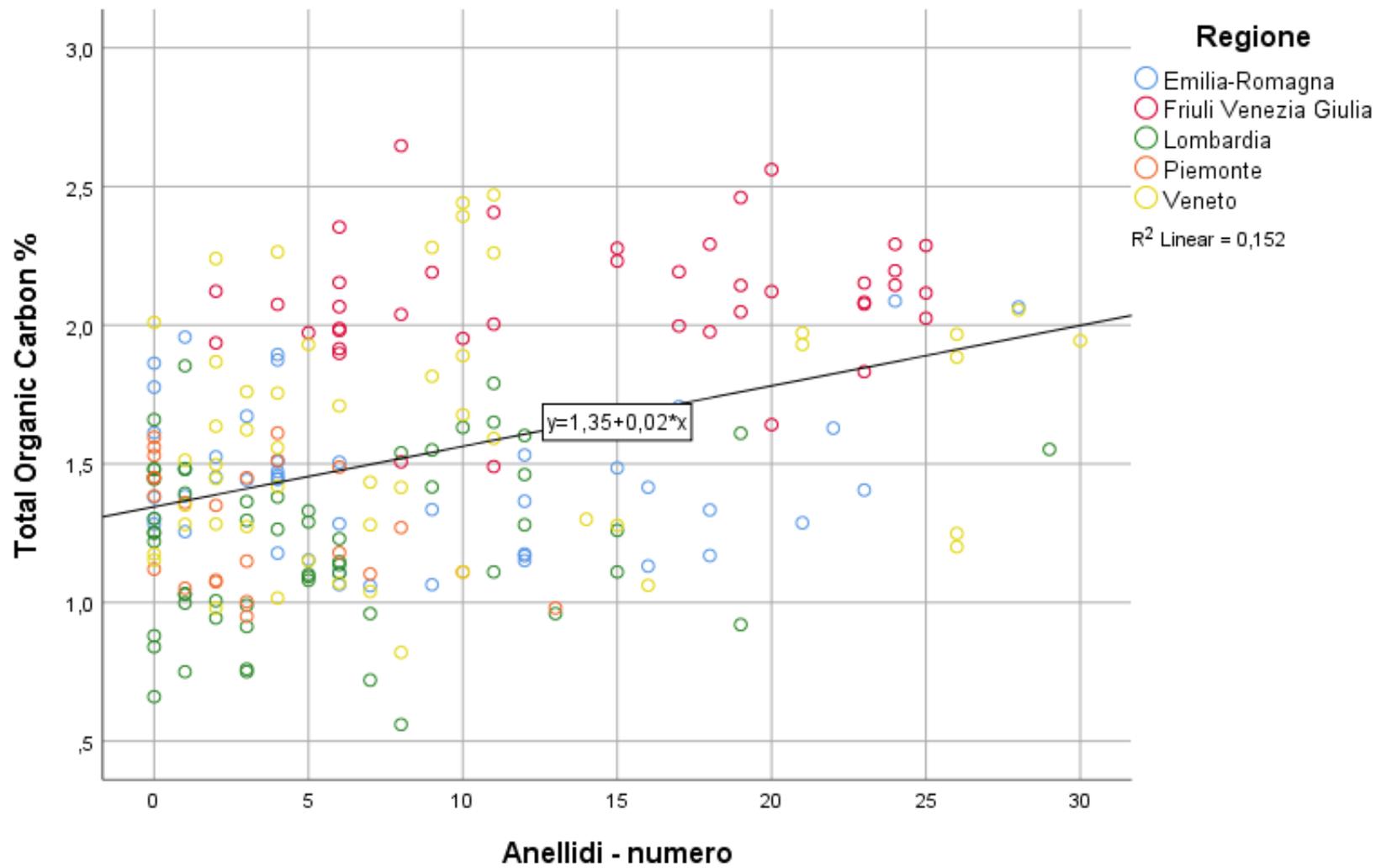
Nowhere in nature are species so densely packed as in soil communities. Soil biodiversity is characterized by:

- Over 1000 species of invertebrates may be found in a single m² of forest soils.
- Many of the world's terrestrial insect species are soil dwellers for at least some stage of their life-cycle.
- A single gram of soil may contain millions of individuals and several thousand species of bacteria.
- A typical, healthy soil might contain several species of vertebrate animals, several species of earthworms, 20-30 species of mites, 50-100 species of insects, tens of species of nematodes, hundreds of species of fungi and perhaps thousands of species of bacteria and actinomycetes.
- Soil contains the organism with the largest area. A single colony of the honey fungus, *Armillaria ostoyae*, covers about 9 km².

<http://www.fao.org/soils-portal/soil-biodiversity/facts-and-figures/en/>



C'è un nesso tra carbonio nel suolo e biodiversità ?



La mitigazione del climate change

E' scientificamente possibile incrementare la sostanza organica del suolo dello 0.4% annuo di quella esistente nei suoli agricoli per almeno 60 anni. Sembra nulla invece vuol dire in un solo anno, 46.2 milioni di tonnellate di CO₂ atmosferica, pari al 10% delle emissioni di gas serra del nostro paese.



Ossidare la sostanza organica (bruciarla) equivale a bruciare denaro

Incrementare i servizi ecosistemici offerti dal suolo .

Agricoltura Conservativa (rigenerativa): tecniche colturali nate già da fine anni '60. Sono costituite da:

- semina su sodo (zero tillage o sod seeding):
- minima lavorazione (minimum tillage):
- l'adozione di colture di copertura (cover crops),
- il mantenimento in campo di residui colturali
- la pratica di associazioni e rotazioni colturali diversificate
- **La sperimentazione e la pratica hanno mostrato rese inalterate, impatto ambientale ridotto, crescita della biodiversità e vantaggi economici per l'agricoltore.** Si può fare senza glyphosate e anche in biologico (prime applicazioni)



La semina su sodo

La semina su sodo (zero tillage o sod seeding): consiste nel seminare con una speciali seminatrici direttamente sul terreno che non ha subito nessuna lavorazione.

Le malerbe presenti vengono preventivamente trattate con diserbanti il più possibile privi di effetti residui; il prodotto più largamente utilizzato è il glyphosate, fuori Europa associato a OGM resistenti .

La semina diretta può essere adottata anche su un cotico erboso (prato, cover crop) preventivamente disseccato anche meccanicamente e lasciato sul posto con ulteriore vantaggio di non intaccare la struttura del suolo e di evitare fenomeni erosivi.



La semina su sodo



Minima lavorazione

La minima lavorazione (minimum tillage): consiste in lavorazioni meccaniche che riguardano solo i primi 5-10 centimetri di suolo e che si rivelano sufficienti per l'utilizzo delle normali seminatrici.

Vengono solitamente usate attrezzature diverse da quelle tradizionali.

Importante è non rovesciare il terreno. (una fresa a 20 cm non è conservativa)

E' meno efficace della semina su sodo, ma è più facile da «imparare»



Colture di copertura e residui colturali

Le colture di copertura sono colture che in genere precedono e seguono la coltura principale, per non lasciare mai il terreno nudo e apportare sostanza organica, contenere le infestanti, erosione ruscellamento e perdita di nutrienti in falda; talvolta danno anche produzioni.



La tecnica di mantenere in superficie i residui della coltura precedente, ha effetti benefici quali:

- La limitazione dell'evaporazione;
- La limitazione dell'erosione dovuta a pioggia e vento;
- Contenimento delle infestanti

Mais coltivato su sodo: residui della coltura precedente ancora visibili sul suolo sotto la copertura delle piante di mais

L'agricoltura di precisione: dare solo quel che serve, solo dove serve !!!!!!!

- L'attuale tecnologia (GPS, sensoristica, acquisizione di dati real time) consente di considerare il campo non come un'entità unica, ma di riconoscere all'interno di esso caratteristiche, a scala metrica:
- Mappe di produzione: si identificano le aree più e meno produttive, se ne capiscono le cause e ci si regola per la coltura successiva.
- Campionamento di insetti e patogeni, e trattamenti solo dove necessari.
- Telecamera che visualizza le infestanti: la botte del diserbo irroro l'erbicida solo dove ci sono malerbe.
- Analisi del terreno mentre avanza lo spandiconcime: lo spandiconcime regola la quantità sui fabbisogni della coltura considerando quanto può dare il terreno in termini di nutrienti (nitrato)
- **Perfettamente compatibile con l'agricoltura conservativa**



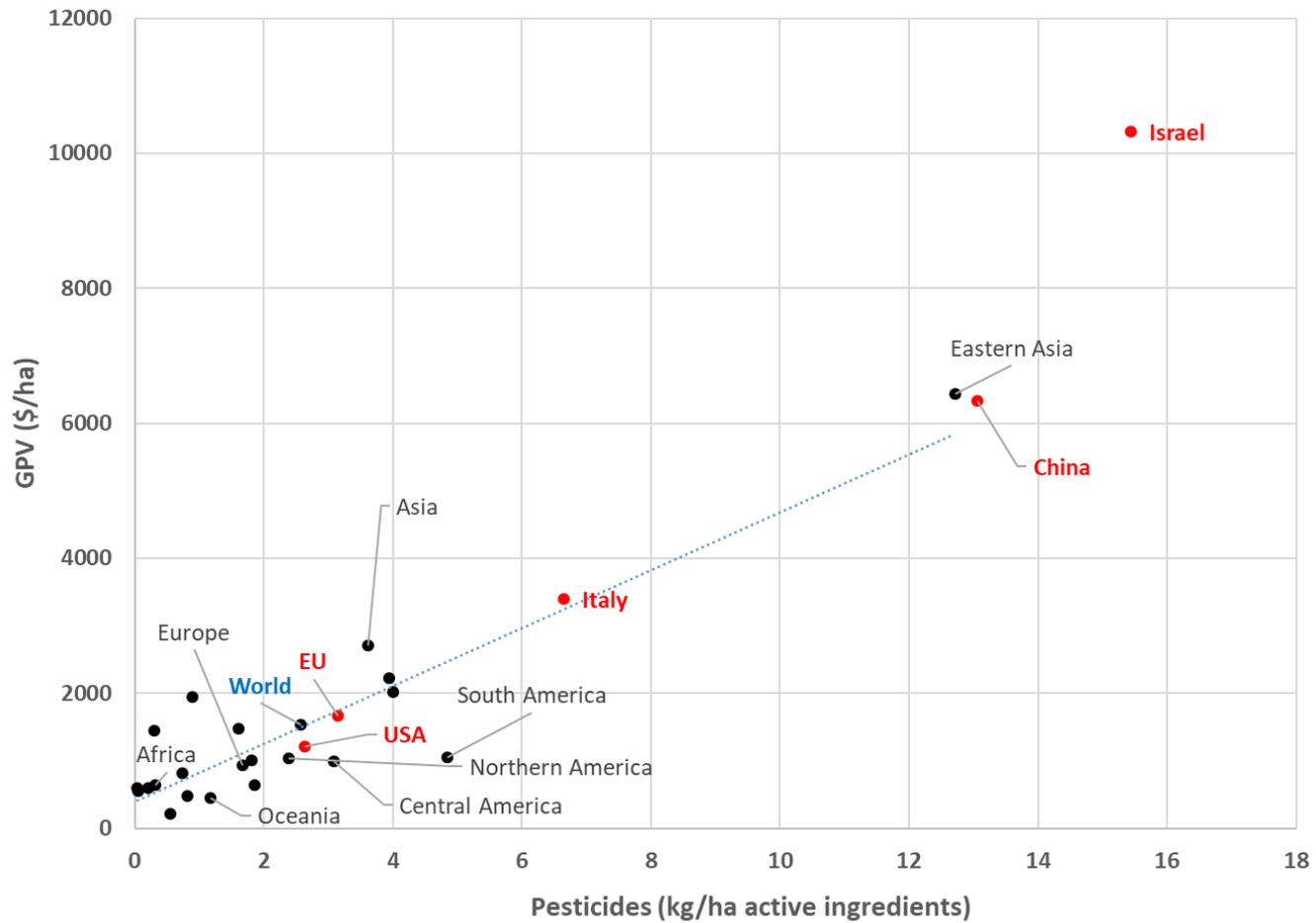
L'agricoltura di precisione: dare solo quel che serve, solo dove serve !!!!!!!

- Irrigazione, a grande scala: fino a 1 km di lunghezza, regolazione dell'acqua lungo il braccio e durante l'avanzamento, possono esserci diverse colture.



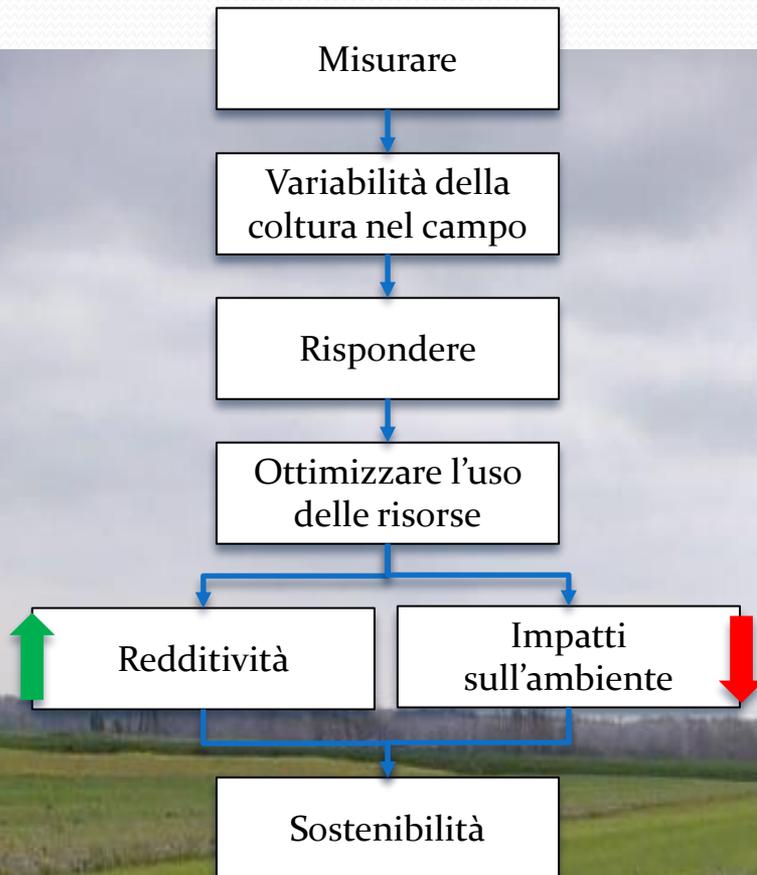
- E si può fare la stessa cosa e con ancor maggior efficienza con la microirrigazione

Uso Input tecnici - Pesticidi

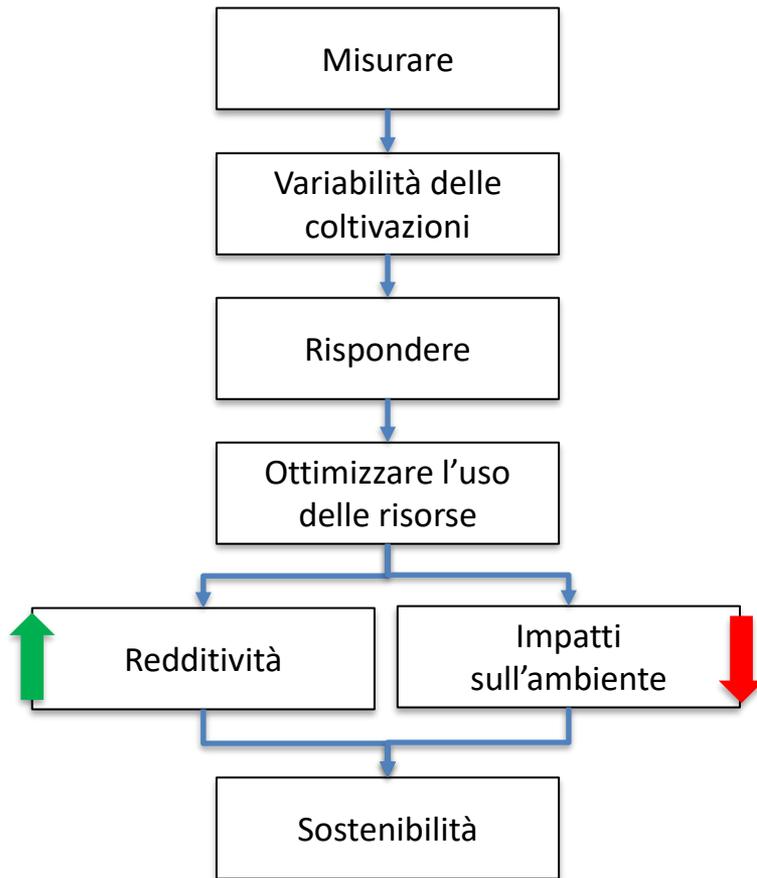


[FAOSTAT, 2016]

Cos'è l'agricoltura di precisione (Precision Agriculture - PA)?



Cos'è l'agricoltura di precisione (Precision Agriculture - PA)?

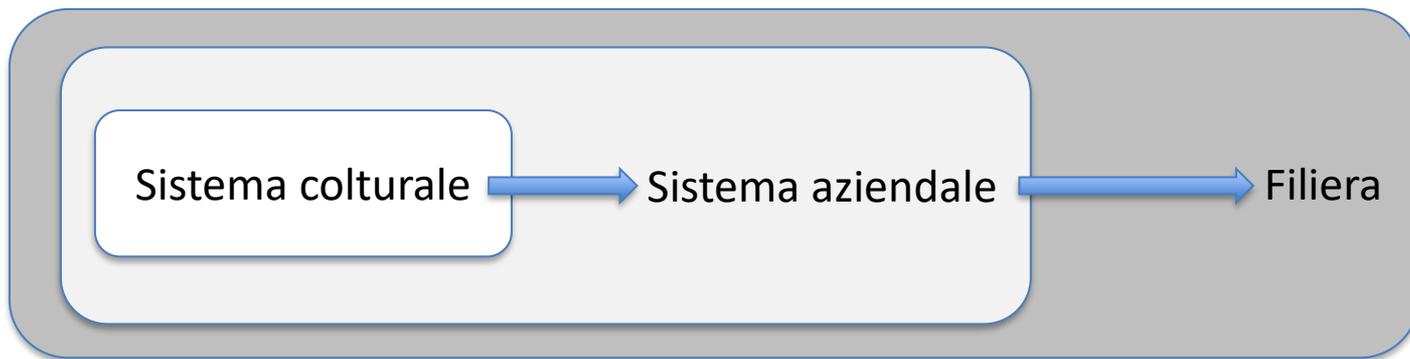


”un sistema agricolo basato su **informazione** e **produzione** progettato per incrementare nel **lungo periodo**, in maniera **sito specifica**, l'**efficienza** di produzione e la **redditività** dell'**azienda** agricola minimizzando gli **impatti** **sull'ambiente**”

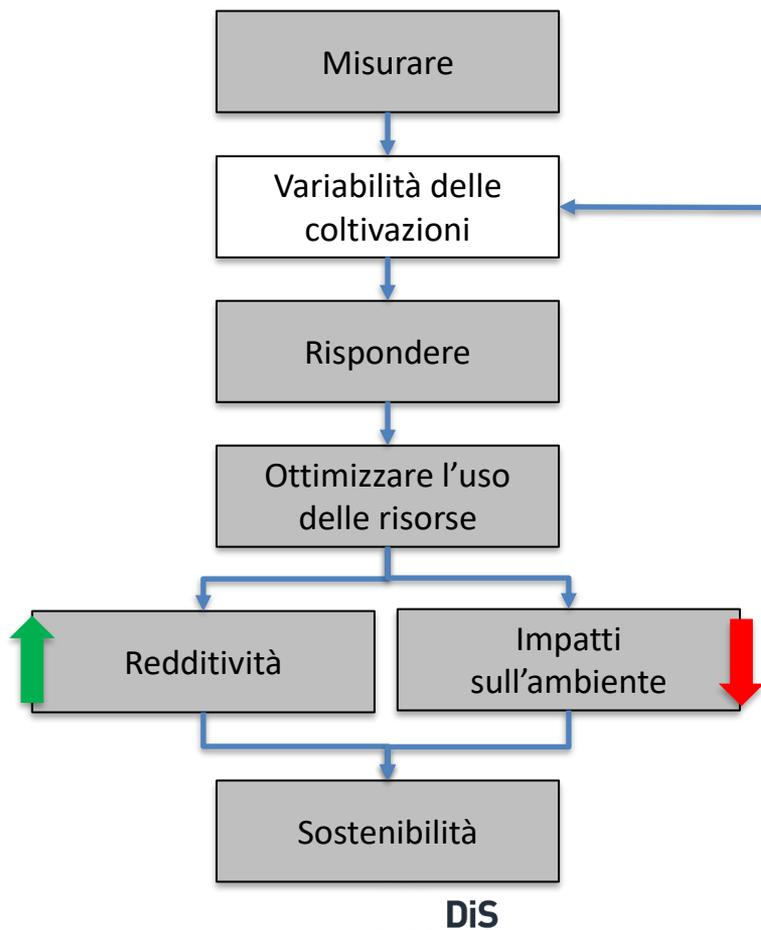
(US House of Representatives, 1996)

Cos'è l'agricoltura di precisione (Precision Agriculture - PA)?

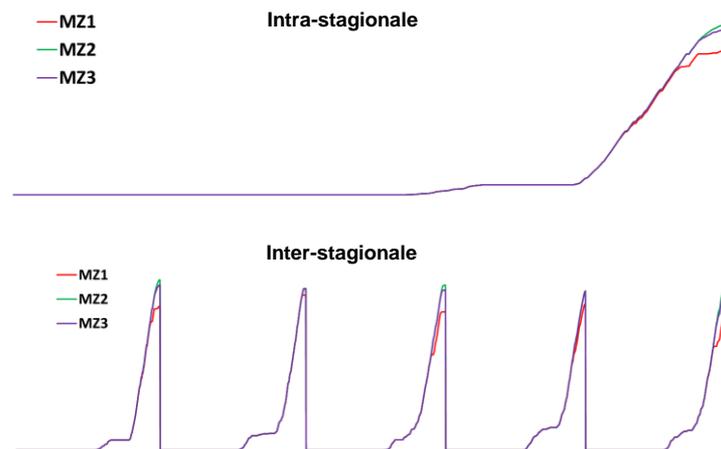
”un **sistema agricolo** basato su informazione e produzione progettato per incrementare nel lungo periodo, in maniera sito specifica, l'efficienza di produzione e la redditività dell'azienda agricola minimizzando gli impatti sull'ambiente”
(US House of Representatives, 1996)



Cos'è l'agricoltura di precisione (Precision Agriculture - PA)?



Variabilità: non solo lo spazio, ma anche il tempo



Conclusioni

Abbiamo le tecniche per ottenere cibo e migliorare l'ambiente e rendere sostenibile l'attività agricola, passano attraverso la conservazione e l'incremento della biodiversità e della sostanza organica con l'uso di tecnologie avanzate.

Occorre continuare la ricerca, non solo scientifica e tecnologica, ma anche quella per lo sviluppo partecipato che è il solo mezzo per rendere l'innovazione in linea con quello che vogliono le persone

Ricerca di base da sviluppare: capire sempre meglio i meccanismi dell'ambiente e della produttività per offrire migliori servizi ecosistemici

Il futuro che ci aspetta: climate change e bisogno di conoscenza per l'adattamento e mitigazione. Anche qui la tecnologia e la conoscenza ci aiutano





**Grazie
dell'attenzione!**