

# **DIGIWOMEN**

## **IO3 VET CURRICULUM**

### **MODULE 3**

#### **AGRICULTURAL LITERACY**

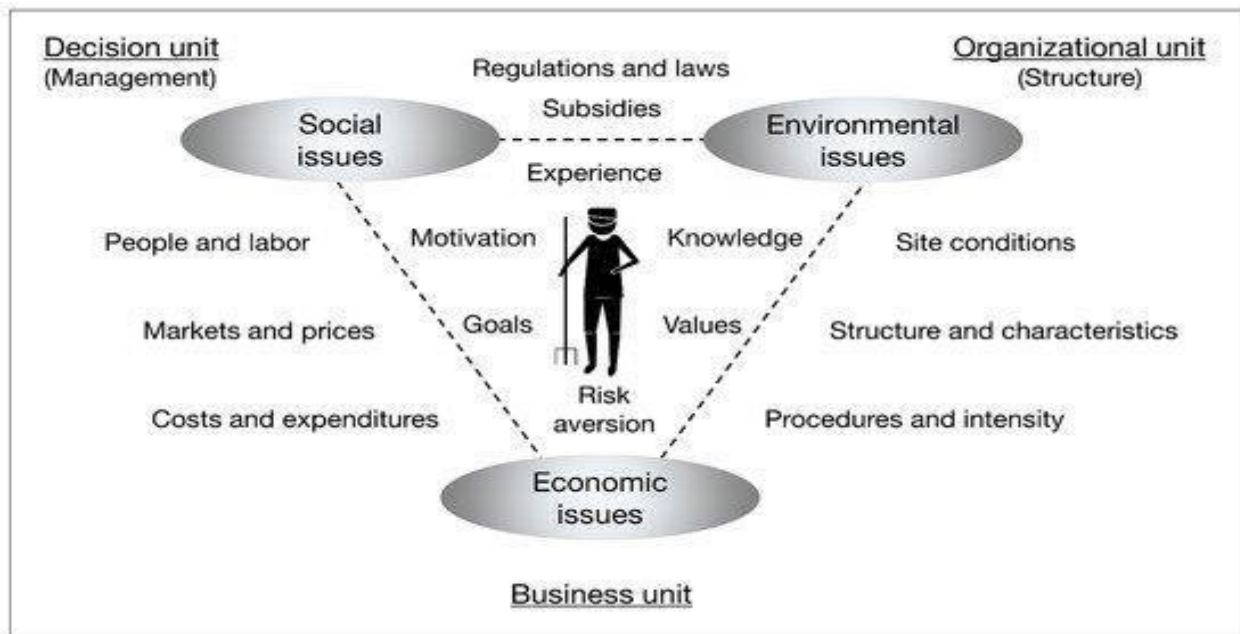
##### **LESSONS**

## **Lezione 1. Agricoltura generale**

I termini "agricoltura" e "sistema agricolo" sono ampiamente utilizzati per includere vari aspetti della produzione di materiale vegetale e animale per alimenti, fibre e altri usi. Per molti, i termini si limitano alla coltivazione del suolo e alla crescita delle piante. Per altri, invece, i termini includono anche il finanziamento, la trasformazione, la commercializzazione e la distribuzione dei prodotti agricoli, l'approvvigionamento della produzione agricola e le industrie di servizi, la salute, la nutrizione e il consumo di cibo, l'uso e la conservazione della terra e delle risorse idriche e le relative caratteristiche economiche, sociologiche, politiche, ambientali e culturali del sistema alimentare e delle fibre. Pertanto, l'agricoltura coinvolge, oltre alla biologia, anche l'economia, la tecnologia, la politica, la sociologia, le relazioni internazionali e il commercio, nonché le problematiche ambientali.



Negli ultimi anni è cresciuta la richiesta di un contenuto più multidisciplinare e olistico per la ricerca e lo sviluppo agricolo. Le risposte a questa richiesta includono la ricerca sui sistemi agricoli, lo sviluppo rurale integrato, l'analisi dei sistemi agricoli, l'analisi degli ecosistemi agricoli e la valutazione dei sistemi di produzione alimentare. Sebbene la maggior parte di questi approcci utilizzi quadri di riferimento con sufficiente flessibilità per l'interazione interdisciplinare, c'è poco accordo sul significato di "agricoltura". Le definizioni di agricoltura variano a seconda della dimensione (ad esempio, base di risorse, produzione di colture, gestione ed economia, comunità rurale) e della scala spaziale (ad esempio, appezzamento, campo, azienda agricola, regione) che vengono considerate.



## Interventi in ambito territoriale

### **Fertilizzazione**

I principali prodotti agricoli possono essere, in maniera ampia, raggruppati in alimenti, fibre, combustibili e materie prime (come la gomma). Le classi di alimenti comprendono cereali (granaglie), ortaggi, frutta, oli, carne, latte, uova e funghi. Oltre un terzo dei lavoratori del mondo è impiegato in agricoltura, secondo solo al settore dei servizi, anche se negli ultimi decenni continua la tendenza globale alla diminuzione del numero di lavoratori agricoli, soprattutto nei paesi in via di sviluppo e con la meccanizzazione che porta un enorme aumento della resa.



I **fertilizzanti** e gli ammendanti **organici** possono essere derivati da origine animale e vegetale, trasformati in conformità alle norme di certificazione biologica pertinenti. Due dei processi approvati per trasformare i materiali organici in fertilizzanti organici sono:

Digestione aerobica

- La trasformazione aerobica dei rifiuti organici dà luogo a una sostanza stabilizzata, ricca e simile all'umico, generalmente caratterizzata da un lento tasso di mineralizzazione nel suolo.

Digestione anaerobica

- Il digestato anaerobico è composto da sostanze organiche in forma chimicamente ridotta e a basso peso molecolare che, a seconda delle caratteristiche dei materiali di partenza, possono fornire N e altri nutrienti a tassi di mineralizzazione maggiori rispetto al compost.

Diversi studi hanno mostrato risultati promettenti in termini di resa dall'applicazione di compost, rifiuti solidi urbani e digestati anaerobici per diverse specie di colture.

### **Fertilizzazione verde**

Le colture di copertura svolgono un ruolo importante nella concimazione verde e, in sistemi di rotazione adeguatamente progettati, sono in grado di fornire servizi ecologici fondamentali per migliorare la sostenibilità degli ecosistemi agricoli. Infatti, il suolo ricoperto di piante è un modo efficace per arrestare la crescita delle erbe infestanti e ridurre l'erosione del suolo e la lisciviazione dei nutrienti, aumentando al contempo la materia organica del suolo, sostenendo la fertilità del suolo e la produzione vegetale a lungo termine. Le colture di copertura di leguminose sono fonti di N (azoto) e possono ridurre o sostituire i fertilizzanti N (di azoto) extra-agricoli. In particolare, l'uso della veccia comune (*Vicia sativa* L.) come coltura

di copertura può migliorare la fertilità del suolo e aumentare la resa delle colture successive nella rotazione. Questi effetti positivi possono essere il risultato delle radici e/o della biomassa vegetale fuori terra, che contengono una notevole quantità di N (azoto) e un rapporto carbonio/azoto (C/N) relativamente basso che determina un rapido rilascio di N (azoto) disponibile per la pianta. Per consentire la produzione tempestiva delle colture successive, il ciclo colturale di questo tipo di coltura viene interrotto prima della normale maturazione con metodi chimici o meccanici. In agricoltura biologica, l'interruzione della coltura di copertura avviene tramite taglio meccanico o aratura.

### **Fertilizzazione inorganica**

I fertilizzanti chimici (inorganici) sono spesso accusati di qualsiasi cosa, dall'avvelenamento del suolo alla produzione di alimenti meno gustosi e nutrienti. I fertilizzanti chimici forniscono solo nutrienti e non esercitano alcun effetto benefico sulle condizioni fisiche del suolo. L'avvento dei sali di fertilizzanti inorganici granulati e chimicamente uniformi, ad alto contenuto di nutrienti, ha ridotto la manodopera durante l'applicazione (non c'era bisogno di incorporare con la lavorazione del terreno) rispetto ai fertilizzanti organici.

### **Metodi di coltivazione**

#### **Macchine per la coltivazione**

Si è diffusa l'adozione della raccolta meccanizzata, in cui i residui del raccolto non vengono più bruciati, ma lasciati sulla superficie del terreno. Tuttavia, i moderni macchinari possono provocare la compattazione del suolo. Gli agenti causali specifici sono:

- Aumento del numero di passaggi delle macchine nello stesso luogo,
- l'elevato carico per asse delle macchine,
- il traffico su terreni umidi.

La degradazione della struttura del suolo è una delle principali conseguenze negative della modernizzazione dei sistemi agricoli e della coltivazione intensiva.

#### **Coltivazione intensiva**

L'agricoltura intensiva è il metodo più tipico di coltivazione del suolo. Si basa sulla raccolta di grandi raccolti con un forte e spesso estremo sfruttamento del terreno e con fattori di produzione altrettanto estremi. I principali vantaggi dell'agricoltura intensiva includono forniture alimentari sufficienti a prezzi accessibili. Tuttavia, i vantaggi non sono mai gratuiti. L'aumento dell'applicazione di prodotti chimici è pericoloso sia per la natura che per il corpo umano. L'agricoltura intensiva causa l'inquinamento dell'ambiente e provoca gravi problemi di salute a causa degli agenti velenosi.

#### **Non coltivazione**



Negli ultimi anni è stata dimostrata la possibilità di coltivare senza alcun disturbo del suolo. Su molti tipi di suolo la resa delle colture è rimasta inalterata e talvolta ha mostrato un leggero aumento rispetto alla coltivazione tradizionale. I vantaggi della non coltivazione includono:

- la possibilità di aumentare l'uniformità delle colture e la resa grazie all'utilizzo di interfile più ravvicinate e di metodi di produzione delle colture completamente nuovi,
- evitare di danneggiare le radici che si nutrono in superficie
- riduzione del rischio di gelo
- facilità della raccolta meccanica di alcune colture.

### **Rotazione delle colture**

La rotazione delle colture è la pratica agronomica che consiste nel coltivare in sequenza le colture sullo stesso campo. Ha diversi benefici per il suolo e per i sistemi colturali. Gli effetti benefici includono una minore incidenza di erbe infestanti, insetti e malattie delle piante, nonché il miglioramento delle proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo. La scelta delle colture utilizzate nelle rotazioni è spesso determinata dal prezzo del prodotto. Gli agricoltori spesso ritornano a sistemi di coltivazione continua nonostante i numerosi vantaggi offerti dalla rotazione delle colture, soprattutto se i prezzi delle colture specifiche sono elevati. Questa decisione si è rivelata un errore nel lungo periodo. Le rese dei raccolti sono diminuite nei sistemi a coltura continua e sono aumentate le richieste di input, con conseguente riduzione della redditività complessiva dell'azienda.

### **Bibliografia**

Singh, R. P. (2012). *Fertilizzanti organici: Tipi, produzione e impatto ambientale*. Nova Science Publishers.

Lazcano, C., Gómez-Brandón, M., Revilla, P., & Domínguez, J. (2013). Effetti a breve termine di fertilizzanti organici e inorganici sulla struttura e sulla funzione della comunità microbica del suolo. *Biologia e fertilità dei suoli*, 49(6), 723-733.

Montemurro, F., Fiore, A., Campanelli, G., Tittarelli, F., Ledda, L., & Canali, S. (2013). Concimazione organica, sovescio e pacciamatura di vecchia per migliorare la resa e la qualità delle zucchine biologiche. *HortScience*, 48(8), 1027-1033.

MANUALE, A. P. (2009). Rotazione delle colture.

Yunlong, C. e Smit, B. (1994). La sostenibilità in agricoltura: una rassegna generale. *Agricoltura, ecosistemi e ambiente*, 49(3), 299-307.

Kordas, R., Dumbrell, A., & Woodward, G. (2016). *Ecologia su larga scala: sistemi modello a prospettive globali*. Academic Press.

<https://cvfoodfarmnetwork.org/wp-content/uploads/2021/04/cover-crops-in-no-till.jpg>

[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fstudy.com%2Facademy%2Flesson%2Fwhat-are-natural-fertilizers-examples-lesson-](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fstudy.com%2Facademy%2Flesson%2Fwhat-are-natural-fertilizers-examples-lesson-quiz.html&psig=AOvVaw1OKew3Lb_8NgPAxWQsE2mn&ust=1646394107020000&source=images&cd=vfe&ved=OCAsQjRxqFwoTCLiBlJTUqfYCFQAAAdAAABAD)

[quiz.html&psig=AOvVaw1OKew3Lb\\_8NgPAxWQsE2mn&ust=1646394107020000&source=images&cd=vfe&ved=OCAsQjRxqFwoTCLiBlJTUqfYCFQAAAdAAABAD](https://www.mdpi.com/sustainability/sustainability-12-03853/article_deploy/html/images/sustainability-12-03853-g003.png)

[https://www.mdpi.com/sustainability/sustainability-12-](https://www.mdpi.com/sustainability/sustainability-12-03853/article_deploy/html/images/sustainability-12-03853-g003.png)

[03853/article\\_deploy/html/images/sustainability-12-03853-g003.png](https://www.mdpi.com/sustainability/sustainability-12-03853/article_deploy/html/images/sustainability-12-03853-g003.png)

## **Lezione 1. Agricoltura generale**

### **Quiz**

- 1) I termini "agricoltura" e "sistema agricolo" sono ampiamente utilizzati per includere cosa?**
  - a) L'agricoltura comprende economia, tecnologia, politica, sociologia, relazioni internazionali e commercio, nonché problemi ambientali.**
  - b) L'agricoltura comprende la biologia.
  
- 1) I fertilizzanti organici possono essere di origine animale e vegetale. Quali sono i processi sviluppati per trasformare i materiali organici in fertilizzanti organici?**
  - a) Digestione aerobica.**
  - b) Con interventi chimici.
  - c) Digestione anaerobica.**
  
- 2) La rotazione delle colture è la pratica agronomica di coltivare in sequenza le colture sullo stesso campo. Presenta diversi vantaggi, tra cui una minore incidenza di erbe infestanti, insetti e malattie delle piante, oltre a migliorare le proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo.**
  - a) Sì**
  - b) No

## Lezione 2. Introduzione all'agricoltura di precisione.



L'agricoltura di precisione è un nuovo metodo di gestione dei campi secondo il quale gli input (pesticidi, fertilizzanti, sementi, acqua di irrigazione) e le pratiche colturali vengono applicati in base alle esigenze del suolo e delle colture, che variano nello spazio e nel tempo.

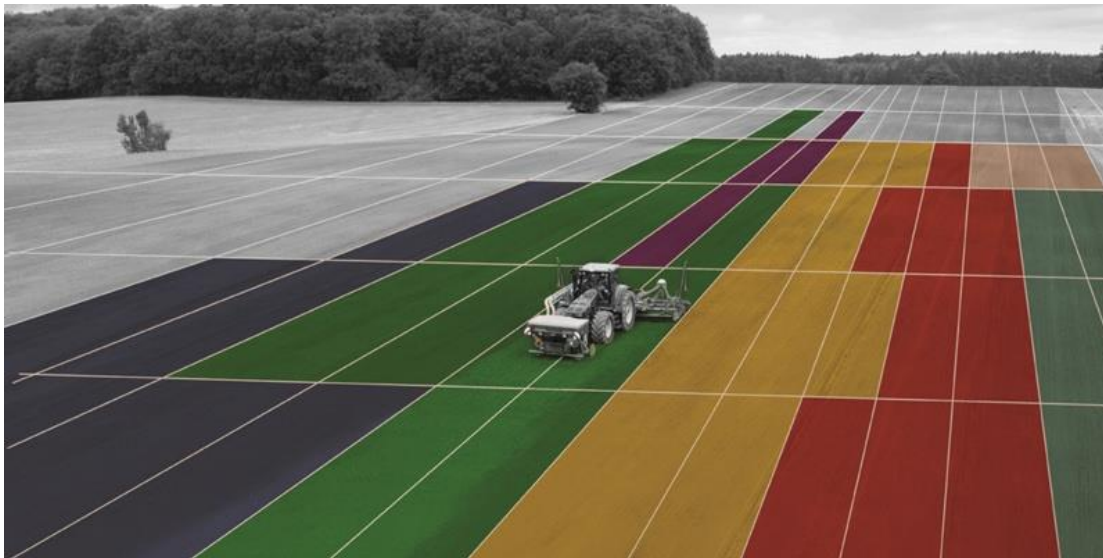
Gli obiettivi principali dell'agricoltura di precisione sono:

- Aumento della resa dei raccolti,
- Miglioramento della qualità dei prodotti realizzati,
- Uso più efficiente dei prodotti agrochimici,
- Risparmio energetico,
- Protezione del suolo e delle acque dall'inquinamento

L'idea di gestire le parti del campo come unità separate non è nuova. È quello che facevano gli agricoltori di un tempo, quando seminavano ogni pianta a mano. Oggi le aree coltivate sono aumentate grazie alle possibilità offerte dalla meccanizzazione, quindi per essere gestite a livello vegetale è necessaria una tecnologia avanzata. Lo sviluppo della tecnologia e dell'elettronica ha dato impulso allo sviluppo dell'agricoltura di precisione.

Il prerequisito per l'applicazione dell'agricoltura di precisione è la conoscenza della variabilità spaziale. La variabilità spaziale è la variabilità delle caratteristiche misurate della coltura e del suolo. La variabilità esiste in tutti i campi e può essere osservata nella fertilità del suolo, nell'umidità, nella composizione meccanica del suolo, nella topografia, nella crescita delle piante e nelle popolazioni di parassiti e malattie.





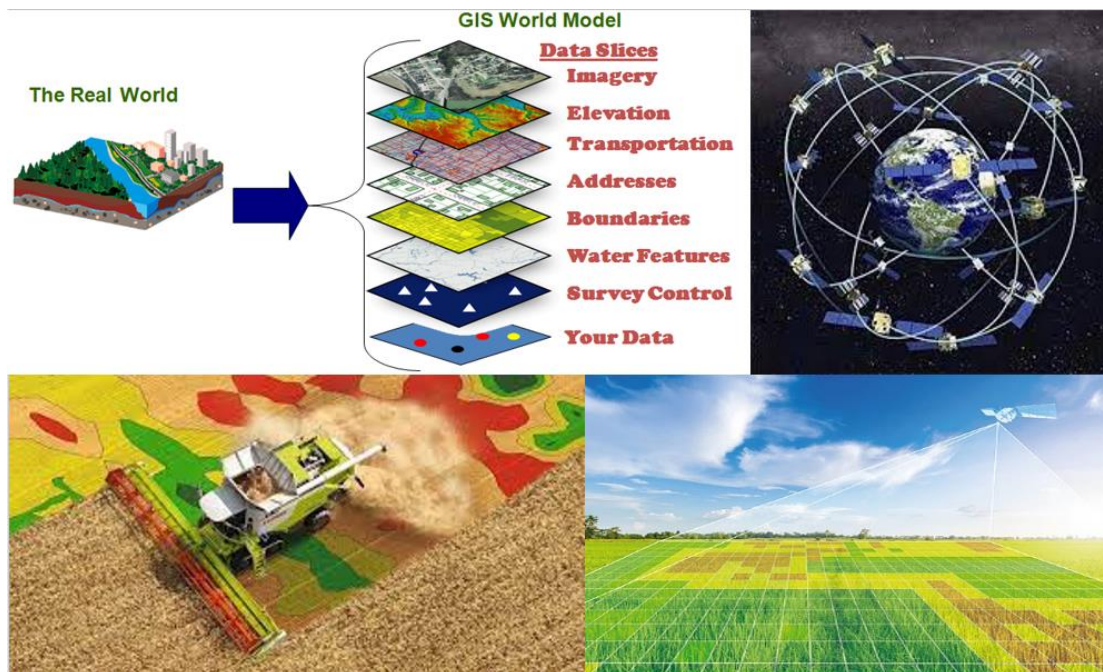
Oltre che spaziale, la variabilità può essere anche temporale. Ad esempio, alcune proprietà del suolo sono stabili nel tempo o cambiano leggermente da un anno all'altro, come la materia organica e la composizione meccanica del suolo. Altre proprietà, come i livelli di nitrati e l'umidità del suolo, possono cambiare notevolmente nel tempo. Inoltre, le condizioni della coltura possono cambiare nel giro di poche ore.

L'economia è una delle ragioni più importanti per passare dall'agricoltura tradizionale a quella di precisione. L'agricoltura di precisione può influire sui costi di produzione e sulle rese dei raccolti. Esiste quindi la possibilità di ottenere rendimenti più elevati utilizzando gli stessi input ma ridistribuiti, di ottenere gli stessi rendimenti con input ridotti o di ottenere rendimenti più elevati con input ridotti. Il produttore deve decidere il metodo di gestione più appropriato. È noto che la mancanza di nutrienti può ridurre la crescita delle piante e peggiorare la qualità del prodotto. D'altra parte, l'eccesso di nutrienti può portare a una scarsa qualità dei frutti, oltre a causare problemi nella piantagione (inclinazione dei chicchi, suscettibilità ad agenti 'nemici').

Tuttavia, il fatto che un campo presenti variabilità non sempre significa che abbia senso applicare l'agricoltura di precisione. È necessario innanzitutto misurare l'entità della variabilità, quindi individuare le cause di questa variabilità e infine trovare un modo per gestirla. Gli input attualmente applicati in dosi variabili sono i fertilizzanti, i pesticidi, l'acqua di irrigazione e le sementi.

Un altro obiettivo importante dell'implementazione di apporti a dose variabile è la protezione dell'ambiente. Ad esempio, l'applicazione di azoto a dose variabile può ridurre l'azoto applicato e ridurre l'azoto nelle aree sensibili, senza ridurre la produzione e possibilmente con un risultato economico migliore. Inoltre, con l'applicazione di insetticidi ed erbicidi a dose variabile si possono ridurre le quantità da applicare, poiché vengono applicati solo dove sono necessari.

### **Tecnologie per l'agricoltura di precisione.**



Le tecnologie utilizzate dall'agricoltura di precisione riguardano tutte le fasi della produzione, dalla semina al raccolto. Queste sono:

- GPS e GIS. Si tratta di sistemi che consentono una mappatura accurata dei campi e l'interpretazione della loro variabilità.
- Mappatura della resa. La mappatura della resa raccoglie i dati di produzione da punti specifici del campo.
- Mappatura delle proprietà del suolo con cui viene registrata la fertilità dei campi.
- Mappatura della conducibilità elettrica del suolo. La conducibilità elettrica del suolo unifica un insieme più ampio di fattori che influenzano la produzione di una coltura.
- Telerilevamento. Il modo più semplice per spiegare il significato di telerilevamento è la raccolta di informazioni su un oggetto senza contatto. I due metodi più comuni di telerilevamento sono la fotografia aerea e le immagini satellitari.
- Tecnologia di applicazione a rateo variabile. Con questa tecnologia gli input vengono applicati al campo in dosi diverse a seconda delle esigenze di ogni specifica area del campo.

### **Agricoltura di precisione vs. agricoltura convenzionale.**

Le principali differenze tra agricoltura convenzionale e agricoltura di precisione sono:

#### **1. Gestione del campo in parti più piccole in base alla variabilità del campo stesso**

Con l'agricoltura convenzionale i produttori sfruttano il loro terreno nel suo complesso, senza conoscere le peculiarità e le diverse esigenze di ciascuna parte di esso. Nello stesso campo il tipo di suolo, i nutrienti, l'acqua e il drenaggio, ecc. possono essere diversi. L'agricoltura di precisione utilizza nuove tecnologie e fornisce informazioni per la gestione del campo su scala ridotta. Queste tecnologie forniscono dati di elevata analisi spaziale e temporale, cioè

informazioni sulla variabilità e sulle esigenze del campo in ogni punto, in modo che l'applicazione degli input sia più accurata ed efficiente.

## **2. Raccolta di informazioni più dettagliate, accurate e frequenti**

Attualmente, tutte le informazioni sulla fertilità del suolo, sullo stato nutrizionale delle piante e sul loro quadro clinico in termini di parassiti sono ottenute sulla base di campionamenti e riguardano l'intero campo. Nella maggior parte dei casi il metodo di campionamento utilizzato dai produttori non è sempre corretto e le tecniche analitiche nella loro forma attuale sono lente e costose, rendendo proibitivo un campionamento denso e frequente. Al contrario, con le tecniche di mappatura i dati che si ottengono evidenziano la variabilità di ogni parte del campo. In questo modo, l'agricoltura di precisione riduce l'incertezza dei produttori nel prendere decisioni, perché la raccolta e l'analisi dei dati sono più frequenti e più dettagliate. Pertanto, la soluzione è tempestiva e specifica. Inoltre, l'agricoltura di precisione consente di quantificare le prestazioni della gestione.



## **3. Riduzione degli input colturali**

Nell'agricoltura convenzionale, l'applicazione degli input alle colture (acqua, sementi, fertilizzanti, pesticidi, ecc.) si basa sul campionamento. Il campo viene quindi trattato come un tutt'uno e le dosi applicate rappresentano le medie. Di conseguenza, l'applicazione di input è superiore alla quantità necessaria, aumentando i costi di produzione e gravando sull'ambiente. Al contrario, l'agricoltura di precisione affronta la variabilità del campo e applica l'apporto appropriato, dove necessario, alla dose giusta e al momento giusto. In questo modo si ottiene una riduzione degli input colturali e quindi una riduzione dei costi di produzione.

## **4. Aumento dell'efficienza produttiva e miglioramento della qualità dei prodotti**

La suddivisione del campo in zone in base alla loro variabilità e alle loro esigenze e, rispettivamente, l'applicazione corretta degli input a livello spaziale e temporale, portano allo sviluppo di piante robuste e più produttive, perché le loro esigenze vengono soddisfatte

esattamente. D'altra parte, l'applicazione degli input nel giusto dosaggio fornisce prodotti di qualità adatti alle moderne esigenze dei consumatori, aumentando il reddito del coltivatore.

## 5. Protezione dell'ambiente

Negli ultimi anni, lo spreco di acqua, fertilizzanti e pesticidi ha causato enormi effetti negativi sull'ambiente. Tra questi, il degrado del suolo fino ad arrivare alla desertificazione, la riduzione delle risorse idriche nelle falde, la penetrazione dell'acqua marina nelle zone costiere, la salinizzazione e l'inquinamento dei suoli e infine la produzione di prodotti di qualità inferiore e in molti casi pericolosi per il consumo. Con l'agricoltura di precisione il rapporto e l'interdipendenza tra agricoltura e ambiente è diretto e dinamico. La corretta gestione e implementazione degli input riduce al minimo gli effetti nocivi dell'agricoltura sull'ambiente e sulla salute umana.

In conclusione, l'agricoltura di precisione può aiutare gli agricoltori a sfruttare al meglio le loro risorse senza aumentare il loro carico di lavoro. Contribuisce a ridurre i costi dell'agricoltore riducendo la necessità di fertilizzanti, pesticidi ed erbicidi. Considerando che la pressione per ottenere rese più elevate sta aumentando rapidamente, un investimento nell'agricoltura di precisione sarebbe una decisione saggia per gli agricoltori, in quanto porterebbe in ultima analisi a un aumento dei profitti, a un clima sano e alla promozione di un'agricoltura sostenibile.

## Bibliografia

- Davis, G., Casady, W. W., & Massey, R. E. (1998). *Agricoltura di precisione: An Introduction* (1998).
- Fountas, S., & Gemtos, TA. (2015). *Agricoltura di precisione* (in greco)
- Rafael, José & Marques Da Silva, José. (2021). *Lezioni di agricoltura di precisione per non specialisti* (versioni EN e PT). 10.6084/m9.figshare.14159723.
- Shannon, D. K., Clay, D. E., & Kitchen, N. R. (2020). *Fondamenti di agricoltura di precisione* (Vol. 176). John Wiley & Sons.
- <https://www.farmmanagement.pro/wp-content/uploads/2018/09/precisionag2909-620x330.jpg>
- <https://www.admitnetwork.org/wp-content/uploads/2015/09/Capture9.png>

## Lezione 2. Introduzione all'agricoltura di precisione.

### Quiz

#### 1) Quali sono i principali obiettivi dell'agricoltura di precisione?

- a) Mira ad aumentare la produzione di colture senza tenere conto dei costi ambientali.

- b) Gli obiettivi principali sono: l'aumento della resa dei raccolti, il miglioramento della qualità dei prodotti ottenuti, l'uso più efficiente dei prodotti agrochimici, il risparmio energetico e la protezione del suolo e delle acque dall'inquinamento.**
- 2) Le tecnologie utilizzate dall'agricoltura di precisione riguardano tutte le fasi della produzione, dalla semina al raccolto?**
- a) Sì
  - b) No
- 3) Le principali differenze tra agricoltura convenzionale e agricoltura di precisione sono: Gestione del campo in parti più piccole in base alla variabilità del campo, tutela dell'ambiente, riduzione degli input colturali.**
- a) Sì
  - b) No

### Lezione 3. Strumenti e metodologie per l'agricoltura di precisione

#### Sistema di posizionamento globale (GPS)



Il GPS è un sistema satellitare per la localizzazione della posizione, della velocità e della distribuzione del tempo. Questo sistema utilizza segnali radio provenienti da satelliti in orbita attorno alla Terra.

Lo scopo principale del sistema era quello di controllare il movimento di veicoli, navi e aerei su scala globale e inizialmente per scopi militari. Tuttavia, con il passare del tempo e con il miglioramento dell'accuratezza del sistema, le sue applicazioni si sono estese ad altri settori, come il monitoraggio dei movimenti della crosta solida terrestre (Geodinamica), il monitoraggio di piccoli movimenti di grandi progetti tecnici (Geodesia), applicazioni idrografiche, applicazioni nelle scienze spaziali, applicazioni nei trasporti, ecc.

Il GPS fornisce:

- Copertura 24 ore su 24 in tutto il mondo
- Posizionamento 3D ad alta precisione
- Un sistema di reporting globale
- Funzionamento continuo in tempo reale
- Utilizzo senza restrizioni

- Uso civile con precisione leggermente ridotta, ma adatto a molte applicazioni

Il GPS è composto da tre parti: la parte satellitare, la parte di controllo e la parte utente.

La sezione satellitare è composta da 24 satelliti che orbitano intorno alla Terra a una distanza di 20.200 km dalla superficie terrestre. Ogni satellite orbita intorno alla Terra ogni 12 ore. I satelliti seguono 6 orbite con 4 satelliti in ogni orbita. Questa disposizione dei satelliti garantisce che almeno 4 satelliti inviino un segnale a qualsiasi parte della Terra 24 ore al giorno.

La sezione di controllo è costituita da stazioni a terra di tre tipi: una stazione di controllo centrale, 5 stazioni di monitoraggio e 3 stazioni di controllo. Le stazioni di monitoraggio sono dotate di ricevitori che ricevono i segnali trasmessi continuamente dai satelliti, che dopo una certa elaborazione vengono trasmessi alla stazione di controllo centrale. La stazione di controllo centrale utilizza queste informazioni per calcolare le orbite esatte dei satelliti e aggiornare i segnali di navigazione.

La sezione utenti è composta da civili e militari che utilizzano il GPS per determinare la posizione di una persona o di un veicolo sulla terra. I ricevitori GPS utilizzati dai cittadini non hanno bisogno di una licenza, perché non inviano segnali ma li ricevono soltanto. Inoltre, l'utilizzo dei segnali satellitari GPS non comporta alcun costo.

### **Applicazioni GPS nell'agricoltura di precisione**

Esistono diverse applicazioni del GPS nell'agricoltura di precisione, come il tracciamento dei campi, il monitoraggio delle colture, la mappatura del suolo e la mappatura della resa.

Per creare un profilo del campo, il produttore deve semplicemente camminare o guidare intorno al campo con il GPS e un computer portatile per registrare i dati.

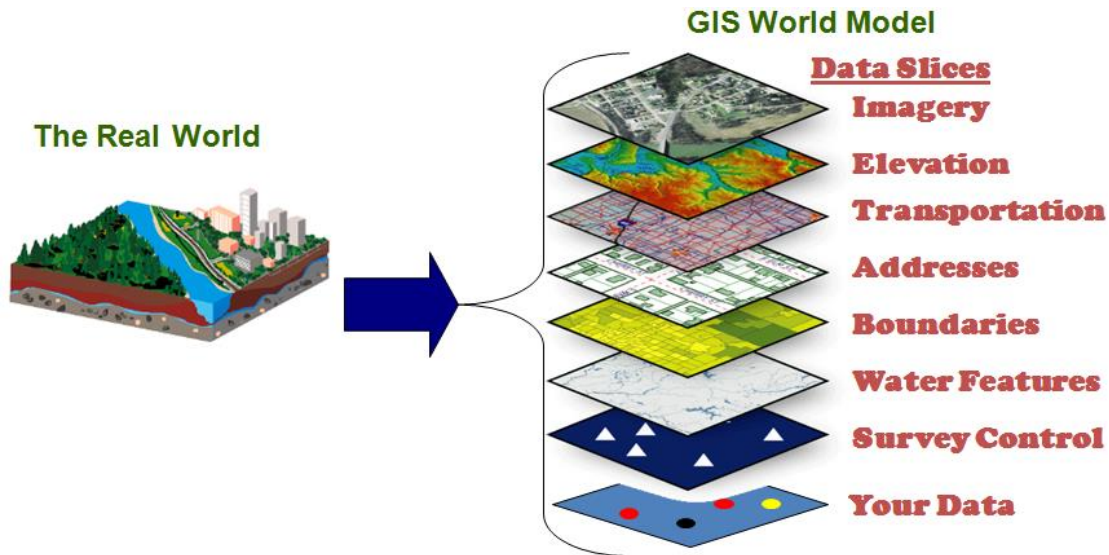
Con la stessa attrezzatura utilizzata per il profilo, il produttore cammina sul campo e registra durante la stagione di crescita le aree in cui sono presenti erbacce, problemi di nemici e malattie o problemi di carenza di nutrienti. Registrando l'ubicazione dei suddetti problemi, l'agricoltore può tornare ad applicare l'agrofarmaco appropriato o altre cure colturali.

Per la mappatura del suolo si usa il GPS per registrare la posizione in cui vengono prelevati i campioni di suolo e poi, dopo averli analizzati nel laboratorio del suolo, si creano le mappe corrispondenti usando un software di mappatura appropriato.

Per la mappatura della produzione, il GPS, insieme ai sensori di flusso di materiale sulla macchina di raccolta, può registrare la produzione in qualsiasi punto del campo e quindi creare le mappe di produzione corrispondenti.

Oltre a registrare la posizione di un veicolo, il GPS può essere utilizzato per aiutare la navigazione e la guida di un veicolo sul campo. Nell'agricoltura di precisione, i sistemi di guida automatica supportano i trattori. In questo modo, i prodotti agrochimici possono essere applicati sul suolo e sulle colture, senza lacune o stratificazioni. Quest'ultimo aspetto porta a un'applicazione eccessiva che ha come conseguenza l'aumento dei costi, la distruzione delle colture e il rischio di inquinamento ambientale.

## Sistemi di informazione geografica (GIS)



I sistemi informativi geografici sono sistemi per la gestione dei dati territoriali e delle proprietà ad essi associate. Raccolgono, gestiscono e analizzano i dati relativi a specifiche località geografiche con l'aiuto di un software. Forniscono una mappa interattiva dei dati per una posizione geografica (mappa tematica) che può riguardare l'altitudine, la pendenza, le precipitazioni annuali, la temperatura e l'umidità medie, le colture, i nutrienti, la conducibilità elettrica del suolo, ecc. Con l'aiuto di questi sistemi, l'agricoltore può monitorare la produzione e tenere un registro degli input e dei risultati in ordine spaziale.

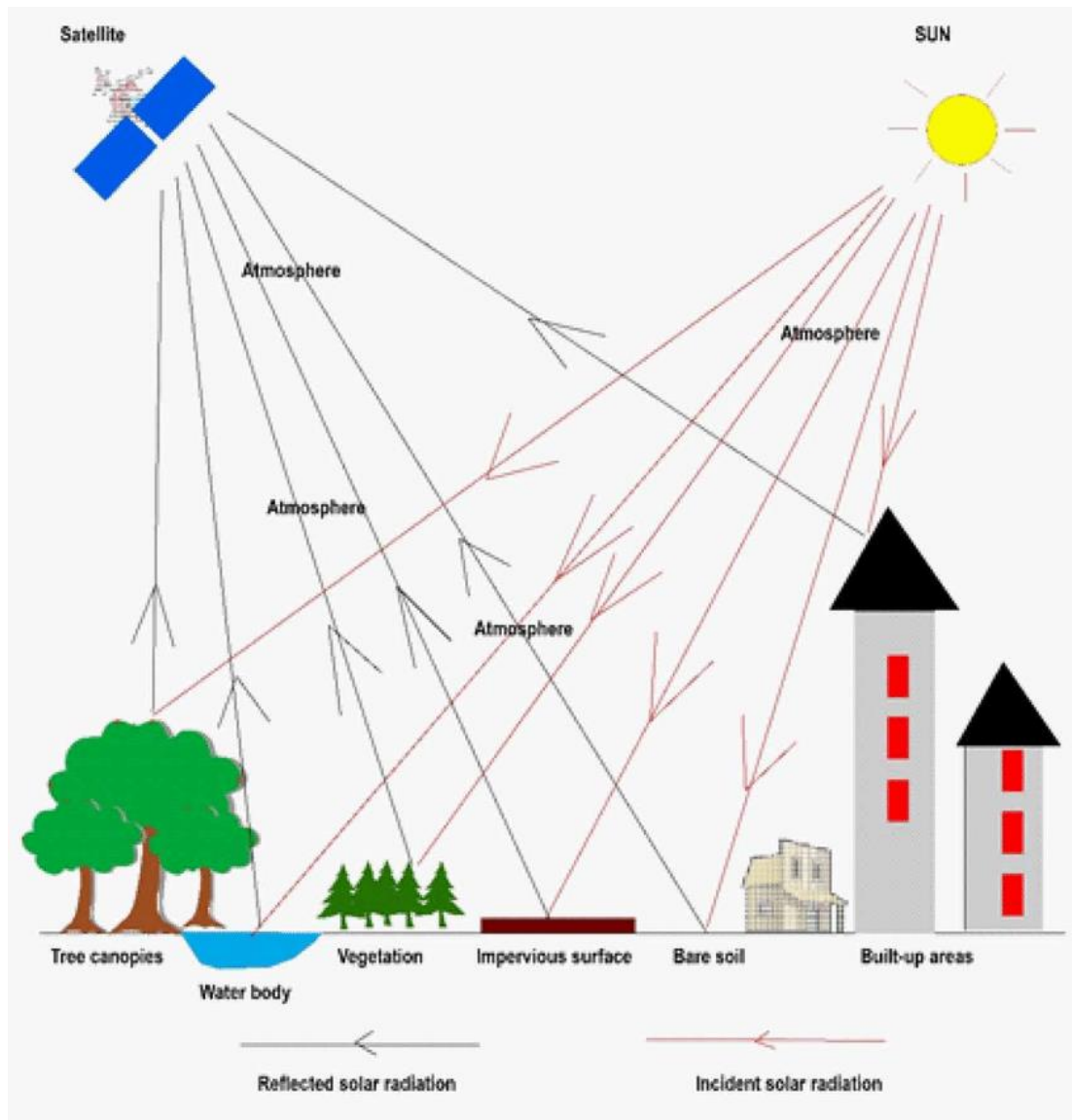
Il risultato dell'elaborazione dei dati da parte di un programma GIS viene visualizzato sotto forma di mappa per una migliore comprensione da parte dell'utente. Il vantaggio principale dell'uso dei GIS rispetto alle mappe semplici è che i dati interagiscono con le mappe a comando dell'utente. In questo modo, possiamo elaborare i dati di un campo e il risultato dell'elaborazione apparirà direttamente sulla mappa.

I software GIS specializzati offrono all'utente funzionalità quali:

- La capacità di prevedere la produzione.
- L'uso più efficiente dei fattori produttivi (fertilizzanti, irrigazione) che porta alla riduzione dei costi di produzione e alla sostenibilità.
- La capacità di raccogliere secondo gli standard di qualità, migliorando il reddito del produttore.
- Contribuire a garantire la qualità secondo i vari protocolli (ISO, HACCP).
- Gestione di grandi quantità di dati in modo semplice e rapido.



## Telerilevamento (RS – Remote Sensing)



Il telerilevamento è la scienza che osserva e studia le caratteristiche della superficie terrestre a distanza con l'aiuto della radiazione elettromagnetica. Ad esempio, può registrare, con mezzi aerei o satellitari, come la vegetazione riflette le diverse lunghezze d'onda della luce solare. Ogni agricoltore può ottenere informazioni utili dalle immagini digitali scattate con il telerilevamento, sulle sue colture, sullo stato di salute delle piante e su come affrontare eventuali problemi. L'obiettivo è catturare in questo modo la variabilità spaziale del campo, in modo da localizzare le pratiche colturali e gli input (fertilizzazione, protezione delle piante, irrigazione, raccolta). Quando i dati vengono organizzati in un Sistema Informativo Geografico (GIS) insieme ad altri tipi di dati, abbiamo uno strumento importante che ci aiuta a prendere decisioni sulle colture e sulle strategie agricole.

### Sistemi ad applicazione variabile (VRA o VRT)



I sistemi ad applicazione variabile sono sistemi di ingegneria agricola che vengono installati sulle macchine agricole e modificano la quantità di applicazione degli input (acqua, sementi, fertilizzanti, pesticidi, ecc.). Inoltre, sono in grado di cambiare il tipo di input (varietà di sementi, tipo di fertilizzante) nello stesso momento in cui vengono applicati, in base alle esigenze di ciascun punto del campo. Questa tecnologia si basa su tecniche di mappatura o sensori.

### Sistema di monitoraggio della resa



I sistemi di monitoraggio della resa sono sistemi per misurare e registrare la resa di una coltura al momento del raccolto. I dati ottenuti, in combinazione con il sistema di posizionamento globale (GPS) e i sistemi informativi geografici (GIS), forniscono importanti informazioni sul rendimento di ogni punto del campo a seconda della posizione (mappa di produzione). I sistemi di monitoraggio della resa sono costituiti da sensori, un ricevitore GPS e una console di gestione/computer.

## Sensori per colture e suolo



I sensori sono meccanismi di campionamento automatico e di misurazione rapida. Esistono diverse categorie di sensori, come i sensori per le colture, i sensori per i campi, i sensori per il suolo, i sensori per le piante, i sensori per le erbacce o le infestazioni. I sensori speciali vengono collocati nei campi e raccolgono informazioni su temperatura, umidità, condizioni meteorologiche, malattie, ecc. Utilizzando questi sensori, ogni agricoltore può avere accesso diretto a una serie di informazioni cruciali relative alla crescita normale e alle esigenze delle colture.

L'adozione di nuove tecnologie apre nuove strade in agricoltura. Con l'aiuto della tecnologia, la visualizzazione digitale di una mappa diventa uno strumento utile per fornire informazioni per la gestione ottimale dell'azienda agricola.

## Bibliografia

- Fountas, S., & Gemtos, TA. (2015). Agricoltura di precisione (in greco)
- Shannon, D. K., Clay, D. E., & Kitchen, N. R. (2020). *Fondamenti di agricoltura di precisione* (Vol. 176). John Wiley & Sons.
- <http://idmarcellin.files.wordpress.com/2011/05/const1.jpg>
- <https://www.admitnetwork.org/wp-content/uploads/2015/09/Capture9.png>

- <https://www.researchgate.net/profile/Ugonna-Nkwunonwo/publication/342452174/figure/fig2/AS:906374565359616@1593107944418/The-operational-procedure-of-remote-sensing-technology.ppm>
- <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fpmrpressrelease.com%2Fglobal-smart-agriculture-sensors-market-size-country-level-shares%2F&psig=AOvVaw0NNXhWOYyoIXFdI2W-gJz2&ust=1646396177446000&source=images&cd=vfe&ved=0CAsQjRxqFwoTCNiRl-31qfYCFQAAAdAAABAK>

### **Lezione 3. Strumenti e metodologie per l'agricoltura di precisione**

#### **Quiz**

- 1) Quali sono gli scopi principali del sistema GPS nell'agricoltura di precisione?**
  - c) Contornatura dei campi, tracciamento delle colture, mappatura del suolo, mappatura della resa.**
  - d) Raccogliere informazioni su temperatura, umidità, condizioni meteorologiche, malattie.
  
- 2) I sistemi di monitoraggio della resa sono sistemi per misurare e registrare la resa di una coltura al momento del raccolto?**
  - c) Sì**
  - d) No
  
- 3) Il GIS è un sistema satellitare che fornisce: copertura 24 ore su 24 in tutto il mondo, posizionamento 3D con elevata precisione, un sistema di reporting globale, funzionamento continuo in tempo reale, utilizzo senza restrizioni, uso civile con precisione leggermente ridotta, ma adatto a molte applicazioni.**
  - c) Sì**
  - d) No**

#### **Lezione 4. Vantaggi economico-aziendali**

Sebbene l'agricoltura di precisione (PA) abbia un enorme potenziale per ridurre l'impronta ambientale dell'agricoltura, sta crescendo la consapevolezza delle implicazioni sociali della tecnologia e l'adozione diffusa della PA dipende dagli aspetti economici. L'agricoltura è un'attività commerciale e la tecnologia viene adottata se fornisce benefici all'agricoltore e all'azienda agricola. A volte questi benefici sono qualitativi (ad esempio, più tempo per le attività ricreative, riduzione della fatica, meno stress), ma spesso sono in termini monetari (ad esempio, un flusso di cassa più stabile, profitti più elevati e meno variabili). L'agricoltura è soggetta a quella che è stata definita "fisica economica", nel senso che qualcuno deve pagare le bollette indipendentemente dal quadro ideologico in cui opera l'agricoltore, così come tutti sono soggetti alla gravità, che la approvino o meno o che la ritengano giusta. Il lavoro e il capitale devono essere compensati. Il rapporto utilità-costi della terra e delle altre risorse naturali deve essere coperto. La compensazione può essere in denaro o in beni.

L'agricoltura di precisione può caratterizzarsi come una soluzione che porta alla riduzione degli input agrochimici e alla riduzione degli impatti ambientali negativi dell'agricoltura, dove i benefici fondamentali per l'agricoltore sono visti nell'area economica (riduzione dei costi grazie all'applicazione controllata degli input agricoli), nell'aumento delle rese (gestione mirata della variabilità del campo) e, infine, in un impatto ambientale favorevole nel senso di un'applicazione precisa dei prodotti agrochimici.

L'agricoltura di precisione è uno dei modi per aumentare la competitività dell'agricoltura, combinando meglio l'applicazione dei risultati scientifici e delle tecniche direttamente nelle aziende agricole. In questo modo aiuta a eliminare i punti deboli dell'agricoltura (in particolare la riduzione dei costi di produzione) e contribuisce ad aumentare la redditività/competitività delle aziende.



I costi di investimento e di capitale dei macchinari utilizzati per l'agricoltura di precisione sono molto diversi. Alcune tecnologie (come lo sterzo automatico o la mappatura della resa) sono di solito una dotazione standard delle nuove macchine e comportano costi di capitale molto bassi. Alcune nuove tecnologie (ad esempio la tecnologia GreenSeeker, le tecnologie di irrorazione con telecamera) sono associate a investimenti più elevati. La tecnica dell'agricoltura di precisione comporta una serie di effetti positivi nella pratica. Contribuisce, ad esempio, a ridurre la compattazione del suolo grazie a spostamenti mirati dei macchinari negli appezzamenti e a metodi di controllo del traffico più efficienti, e comporta un risparmio di tempo e di costi spesi per le singole operazioni di lavoro. In sintesi, le tecniche in questione contribuiscono anche ad aumentare la produttività del lavoro.

I benefici derivanti dall'uso delle tecnologie PA derivano da molti fattori chiave, come i costi operativi annuali e di capitale associati all'acquisizione della tecnologia, l'impatto della tecnologia sulla domanda di manodopera, l'impatto sulla resa, la qualità del prodotto, i risparmi sui costi, i benefici ambientali, ecc. La redditività della PA e i benefici derivanti dalle tecnologie della PA variano da azienda ad azienda, in linea con le preferenze degli agricoltori e le circostanze.

**Gli impatti dell'agricoltura di precisione sulla produzione agricola sono:**

- Risparmio di tempo: evidente in diverse operazioni di lavoro, in particolare nella raccolta, nella preparazione del terreno e nell'irrorazione.
- Risparmio sui costi di manodopera (raccolta, preparazione del terreno, irrorazione, semina, concimazione), sui costi delle attrezzature, sui prodotti chimici per la protezione delle piante, sulle scorte di sementi, sui fertilizzanti, sui carburanti.
- Aumento della resa dei raccolti.

**L'obiettivo primario di questa lezione è fornire una simulazione dell'impatto dell'agricoltura di precisione (PA) sull'economia della produzione vegetale. L'obiettivo primario viene raggiunto attraverso obiettivi secondari:**

- Descrizione delle tecniche e delle operazioni di lavoro in PA
- Studio della struttura dei costi di produzione delle colture agricole
- Simulazione degli effetti di tecniche selezionate PA sull'economia di produzione

### **Analisi e gestione dello sfruttamento**

L'agricoltura di precisione è un'intersezione in cui si incontrano alte tecnologie, conoscenza della terra, del suolo, del clima e buone pratiche nell'attività agricola. Gli aspetti economici dell'agricoltura di precisione sono legati all'introduzione di quelle pratiche che possono aiutare a migliorare l'ottimizzazione dei costi e a ottenere prodotti di qualità superiore e migliori tassi di raccolta dei raccolti. Per introdurre le pratiche e le tecniche dell'agricoltura di precisione sono necessari investimenti specifici in: assicurazione delle informazioni, procedure agrotecniche, servizi di monitoraggio e uso di dispositivi GPS per la mappatura del campo e la pianificazione del processo produttivo in base alle esigenze specifiche dell'azienda agricola. Esiste un'ampia varietà di tecniche che potrebbero essere introdotte nel processo produttivo, ma solo in alcuni casi queste pratiche potrebbero essere redditizie e potrebbero portare a un reale ritorno in un periodo di tempo ragionevole e, naturalmente, potrebbero portare la produzione agricola a livelli di ottimizzazione, riducendo i costi di sfruttamento e migliorando i bilanci dell'azienda.





L'agricoltura di precisione è strutturata su diversi principi che sono alla base della gestione dell'azienda agricola:

- Ottenere informazioni sullo stato delle risorse naturali: caratteristiche climatiche e microclimatiche, stato della copertura del suolo delle aree, stato dell'indice di vegetazione delle colture vegetali, monitoraggio delle condizioni di detenzione degli animali negli edifici agricoli (temperatura, umidità, illuminazione).
- Sistematizzazione dei dati raccolti in tabelle statistiche e loro aggregazione in modelli matematici.
- Presentazione dello stato dell'azienda agricola, il più chiaramente possibile attraverso l'uso di mappe e grafici che indicano lo stato dell'azienda.
- Tecnologie per l'applicazione di fertilizzanti e prodotti fitosanitari con possibilità di "tasso variabile" in base alle informazioni raccolte.
- Monitoraggio in tempo reale dell'azienda agricola, utilizzando stazioni meteorologiche mobili - controllo di temperatura, umidità e precipitazioni in punti specifici del terreno agricolo. Prelievo periodico di un "campione medio" per monitorare le condizioni del suolo.
- Opportunità di attuare misure tempestive e adeguate utilizzando risorse ottimali e preservando la vitalità delle risorse naturali il più a lungo possibile.

Uno degli aspetti più ambiziosi e interessanti che emergono dalla PA è, quindi, il tentativo di coniugare due obiettivi apparentemente divergenti: massimizzare la produttività riducendo sia i costi ambientali che quelli economici. Per perseguire questo obiettivo, è necessaria una conoscenza dettagliata dei parametri colturali, topografici e meteo ambientali.

### **Pianificazione e processo decisionale**

L'applicabilità economica della produzione di colture di precisione dipende da diversi fattori. Tra essi, vanno sottolineati i seguenti aspetti:

- Le dimensioni dell'azienda agricola, le caratteristiche della struttura produttiva, gli attuali prezzi input-output e le loro tendenze, gli investimenti necessari.
- Per la transizione alla tecnologia di precisione e la sua fonte di capitale, il livello di conoscenza professionale e le attitudini manageriali dell'azienda agricola.

La maggior parte delle aziende agricole caratterizzate da una maggiore produzione e dimensione può basarsi su attrezzature proprie, ma si può anche presumere che le aziende più piccole possano rivolgersi all'agricoltura di precisione non basandosi su investimenti propri. Possono acquistare il servizio tecnico da fornitori, possono stabilire una cooperazione tra produttori, ad esempio nell'ambito di associazioni.

A una certa dimensione dell'azienda e a una certa intensità di coltivazione, la produzione di colture di precisione è una strategia agricola reale ed ecologica, con la quale l'azienda può raggiungere guadagni che coprono almeno le condizioni economiche della semplice riproduzione.

## Pianificazione finanziaria

Con un'implementazione efficace delle tecniche di agricoltura di precisione, si ottengono ottimizzazioni in agricoltura sotto due aspetti. Da un lato, si ottiene un miglioramento delle entrate grazie al raggiungimento di livelli più elevati del potenziale biologico delle colture. Dall'altro, si ottengono risparmi tangibili nella parte di spesa dell'azienda agricola grazie alla riduzione dell'uso di carburanti, fertilizzanti e materiali fitosanitari.



Nel settore delle colture, questi "piccoli cambiamenti" nel costo per acro di terreno coltivabile possono portare a grandi differenze nei costi totali e quindi avere un effetto positivo sulle finanze dell'azienda agricola. Le sfide principali nel settore delle colture sono quelle di raggiungere la scala di attività necessaria affinché i cambiamenti nel modo di coltivare e i costi investiti nel processo di produzione abbiano uno scopo commerciale. È inoltre molto importante che l'agricoltore disponga di macchinari agricoli moderni per poter integrare le informazioni raccolte sull'azienda agricola nel sistema di navigazione delle macchine.

Da un lato, la scala è necessaria per poter effettuare investimenti nel campo dell'agricoltura di precisione e, dall'altro, i benefici e i risparmi per portare a una reale ottimizzazione delle entrate e delle uscite nell'economia.

## Bibliografia

Penev, N. e Petrov, M. (2021). ASPETTI ECONOMICI E SFIDE DELL'AGRICOLTURA DI PRECISIONE. *Trakia Journal of Sciences*, 19(1), 162-167.

Pánková, L., Aulová, R. e Jarolímek, J. (2020). Aspetti economici dei sistemi di agricoltura di precisione. *AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics*, 10(665-2021-564), 59-67.

Guardo, E., Di Stefano, A., La Corte, A., Sapienza, M., & Scatà, M. (2018). Un framework iot basato sul fog computing per l'agricoltura di precisione. *Journal of Internet Technology*, 19(5), 1401-1411.

Takacs-Gyorgy, K. (2012). Aspetti economici di un'innovazione agricola - la produzione di colture di precisione. *APSTRACT: Applied Studies in Agribusiness and Commerce*, 6(1033-2016-84060), 51-59.

<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQMkASp2-Hesf0lvFfGdeHRP5876PHnVD8nsQ&usqp=CAU>

<https://www.immaculata.edu/wp-content/uploads/FinancialPlanning-stock-1080x675.jpg>

## Lezione 4. Vantaggi economico-aziendali

### Quiz

- 1) **Gli impatti dell'agricoltura di precisione sulla produzione agricola sono?**
  - a) **Risparmio di tempo: evidente in diverse attività, soprattutto nella raccolta, nella preparazione del terreno e nell'irrorazione.**
  - b) **Risparmio sui costi di manodopera (raccolta, preparazione del terreno, irrorazione, semina, concimazione), sui costi delle attrezzature, sui prodotti chimici per la protezione delle piante, sulle scorte di sementi, sui fertilizzanti, sui carburanti.**
  - c) **Metodi di coltivazione (coltivazione intensiva, coltivazione ridotta, non coltivazione).**
  
- 2) **Quali sono gli aspetti economici legati all'agricoltura di precisione?**
  - a) **Fornire ai partecipanti una conoscenza generale dell'agricoltura di precisione.**
  - b) **Può migliorare l'ottimizzazione dei costi e l'ottenimento di prodotti di qualità superiore e di tassi di raccolta migliori.**
  
- 3) **Con un'implementazione efficace delle tecniche di agricoltura di precisione, si ottengono ottimizzazioni in agricoltura sotto due aspetti. Da un lato, si ottiene un miglioramento delle entrate grazie al raggiungimento di livelli più elevati del potenziale biologico delle colture. Dall'altro, si ottengono risparmi tangibili nella parte di spesa dell'azienda agricola grazie alla riduzione dell'uso di carburanti, fertilizzanti e materiali fitosanitari.**
  - a) **No**
  - b) **Sì**

## **Lezione 5. Benefici ambientali**



Negli ultimi anni lo spreco di acqua, fertilizzanti e pesticidi ha causato enormi effetti negativi sull'ambiente. Il degrado del suolo fino ad arrivare alla desertificazione, la riduzione delle risorse idriche, la penetrazione dell'acqua marina nelle zone costiere, la salinizzazione e l'inquinamento dei terreni e infine la produzione di prodotti di qualità inferiore che in molti casi sono pericolosi per il consumo, sono alcuni dei risultati.

L'agricoltura di precisione e la tutela della qualità ambientale sono indissolubilmente legate. Tuttavia, l'impatto dell'agricoltura di precisione sulla qualità dell'ambiente è stato scarsamente documentato e la maggior parte degli scienziati ritiene che l'applicazione oculata degli input agricoli solo quando e dove necessario ridurrà l'impatto sull'ambiente.

Sono stati identificati cinque benefici ambientali chiave da quantificare come risultato dell'adozione di tecnologie per l'agricoltura di precisione. Questi sono:

- Uso di fertilizzanti
- Uso di pesticidi / erbicidi / insetticidi
- Uso dell'acqua
- Uso del carburante
- Produttività

### **Uso di fertilizzanti**



L'azoto (N) e il fosforo (P) sono due elementi nutritivi che vengono applicati regolarmente alle colture agricole e ai giardini commerciali e residenziali. Fosforo e azoto sono i principali nutrienti che, in eccesso, possono causare effetti dannosi sull'ambiente. L'inquinamento agricolo deriva da apporti che non vengono utilizzati dalla coltura bersaglio.

L'azoto dei fertilizzanti può essere perso a causa delle emissioni gassose delle piante, della nitrificazione e denitrificazione del suolo, della volatilizzazione, del ruscellamento superficiale e della lisciviazione. Inoltre, il fertilizzante azoto può essere immobilizzato nella biomassa microbica e costruire la materia organica del suolo.

I nitrati di azoto non sono trattenuti saldamente dalle particelle del terreno e sono quindi vulnerabili al movimento dell'acqua di percolazione. I nitrati di azoto che si spostano al di sotto delle zone delle radici possono entrare nelle acque sotterranee, causando potenzialmente problemi di salute se consumati.

Il fosforo, essendo fortemente assorbito dalla matrice del suolo, viene generalmente perso attraverso l'erosione del suolo e il ruscellamento superficiale, anche se la lisciviazione del fosforo può verificarsi anche quando l'assorbimento del fosforo nel suolo è basso, come nei terreni sabbiosi, e con l'applicazione ripetuta di fertilizzanti al fosforo.

La gestione di precisione, o gestione dei nutrienti specifica per il sito (SSNM - Site-Specific Nutrient Management), comporta un migliore utilizzo degli apporti di fertilizzanti seguendo la regola delle 4 R (in inglese right nutrient source, at the right rate, at the right time, and in the right place), che in italiano equivale ad: applicare la giusta fonte di nutrienti, al giusto dosaggio, al momento giusto e nel posto giusto (International Plant Nutrition Institute, 2012). Per una gestione dei nutrienti specifica per il sito (SSNM) efficiente ed efficace, l'uso di dispositivi di rilevamento dello stato dei nutrienti del suolo e delle piante, il telerilevamento, i sistemi informativi geografici, i sistemi di supporto alle decisioni, i modelli di simulazione e le macchine per l'applicazione variabile dei nutrienti giocano un ruolo importante. Mentre la

pratica tradizionale degli agricoltori consiste nell'applicare la stessa gestione dei fertilizzanti su interi campi e persino su intere aziende agricole, la gestione dei nutrienti specifica per il sito (SSNM) riconosce l'intrinseca variabilità spaziale e temporale associata alla maggior parte dei campi, incorporando il maggior numero possibile di informazioni e impiegando gli strumenti e le tecnologie appropriate per tenere conto di questa variabilità. La corrispondenza dell'offerta con la domanda temporale e spaziale delle piante e il bilanciamento dell'applicazione dei fertilizzanti N (azoto), P (fosforo) e K (potassio) possono migliorare l'efficienza d'uso dei fertilizzanti, riducendo così il potenziale impatto ambientale. L'ottimizzazione di questi fattori contribuisce a garantire che i fertilizzanti siano utilizzati nel modo più efficiente ed efficace possibile. È stato dimostrato che l'agricoltura di precisione, grazie a un'efficiente corrispondenza tra l'applicazione dei fertilizzanti e l'effettivo fabbisogno di nutrienti del suolo, aumenta l'efficienza d'uso dei nutrienti e ne riduce l'impatto sull'ambiente. L'ottimizzazione degli apporti di nutrienti si traduce in molteplici benefici per l'ecosistema, tra cui una maggiore biodiversità acquatica, stock ittici più sani, miglioramento dell'acquacoltura, riduzione delle fioriture algali, riduzione della domanda biochimica di ossigeno e mantenimento dell'equilibrio dell'ecosistema.

### **Pesticidi / Erbicidi / Insetticidi**



I pesticidi sono sostanze chimiche che vengono applicate per controllare una serie di parassiti agricoli che danneggiano le colture e riducono la produttività dell'azienda. Nonostante i numerosi vantaggi dell'uso dei pesticidi, il loro impiego può avere conseguenze negative. Molti pesticidi sono in grado di danneggiare altre forme di vita oltre alla specie nociva bersaglio. Una volta applicato, un pesticida può essere assorbito dal parassita bersaglio, legarsi al suolo, degradarsi, volatilizzarsi o essere trasportato con l'acqua di percolazione nelle falde acquifere.

L'agricoltura di precisione offre una serie di tecnologie che consentono di ridurre i potenziali problemi ambientali derivanti dalla gestione dei parassiti. Queste tecnologie comprendono la guida automatica e il controllo automatico della sezione della barra su base cartografica delle

irroratrici agricole, che possono ridurre l'applicazione eccessiva di pesticidi disattivando le sezioni dell'apparecchiatura di applicazione quando la barra passa su aree precedentemente coperte o su aree al di fuori delle regioni coltivate del campo, come corsi d'acqua erbosi e fasce tampone.

Gli erbicidi sono sostanze chimiche utilizzate per controllare le erbacce e la vegetazione indesiderata. L'applicazione più frequente di erbicidi avviene nei campi agricoli, dove vengono applicati in pre-emergenza o in post-emergenza delle erbe infestanti. La gestione di precisione delle erbe infestanti abbina le condizioni specifiche del sito (ad esempio, la densità delle erbe infestanti e le proprietà del suolo) con l'erbicida e il tasso di applicazione adeguati, per ridurre il rischio di creare resistenza alle erbe infestanti e migliorare la qualità dell'ambiente. I vantaggi della gestione delle infestanti specifiche per il sito sono la riduzione dell'uso di erbicidi e una migliore corrispondenza dei prodotti chimici al problema. Controllando le erbe infestanti in modo specifico, le riduzioni di erbicidi possono essere ridotte fino al 100%. Come risultato di una significativa riduzione dell'uso di erbicidi, ci si aspettano effetti ecologici positivi dal controllo delle infestanti sito-specifico. Inoltre, la riduzione dell'uso di erbicidi è stata suggerita come mezzo per rallentare lo sviluppo della resistenza agli erbicidi nelle erbe infestanti.

La quantità di erbicida persa per lisciviazione è influenzata dalla struttura del terreno, dall'adsorbimento dell'erbicida ai colloidi del terreno e dal movimento dell'acqua nel terreno. In generale, gli erbicidi lisciviano di più nei terreni sabbiosi e a basso contenuto di materia organica che in quelli ad alto contenuto di argilla e/o materia organica. Pertanto, sarebbe opportuno non applicare erbicidi di pre-emergenza in sezioni di campo con un elevato contenuto di materia organica e argilla.

L'applicazione di insetticidi specifici per il sito ha dimostrato di riuscire a ridurre le applicazioni totali di insetticidi in numerosi campi. Gli studi hanno dimostrato che l'applicazione sito-specifica può ridurre l'uso totale di insetticidi dal 20 al 44% rispetto alle applicazioni uniformi, senza alcuna perdita di resa. Un altro effetto benefico dell'applicazione specifica di insetticidi è la creazione di spazio di rifugio di parassiti sensibili non esposti alle tossine e la conservazione di nemici naturali che rallentano il tasso di selezione delle popolazioni di parassiti resistenti, con conseguente riduzione della comparsa di popolazioni di parassiti resistenti.



## Uso dell'acqua



L'irrigazione è un elemento importante nella produzione agricola. Le terre irrigate producono circa il 40% del cibo totale del mondo sul 17% delle terre coltivate. I sistemi di irrigazione prelevano l'acqua da fiumi, laghi o corsi d'acqua e la distribuiscono su un'area per superare lo stress idrico. Le conseguenze dirette del movimento e della distribuzione dell'acqua sono la riduzione della portata dei fiumi a valle, l'aumento dell'evaporazione nelle aree irrigate, l'aumento della ricarica delle falde acquifere (drenaggio profondo o percolazione profonda) e l'aumento del livello della falda e del flusso di drenaggio. Altri effetti sono il ristagno dell'acqua e la salinizzazione del suolo.

L'irrigazione a portata variabile (VRI) è l'agricoltura di precisione applicata all'irrigazione. Si tratta di una gestione dell'acqua specifica per il sito, in modo che le singole parti di un campo ricevano la quantità appropriata per le condizioni specifiche del suolo e della coltura in quel luogo.

Il principale vantaggio del sistema VRI è la riduzione del volume totale di acqua irrigua utilizzata per la coltivazione dei campi. L'irrigazione a portata variabile consente agli agricoltori di non irrigare fossi, corsi d'acqua, zone umide e altre aree non coltivate all'interno del campo. Grazie all'uso di sensori elettromagnetici ed elettrici, informazioni topografiche e dati sulle proprietà del suolo, gli agricoltori hanno ora la possibilità di mappare con precisione i loro campi e creare zone di gestione dell'irrigazione per personalizzare l'applicazione dell'acqua.

La riduzione dell'uso dell'acqua può anche ridurre il fabbisogno energetico, con conseguente riduzione delle emissioni legate alla combustione. Le emissioni di CO<sub>2</sub> legate all'energia possono essere ridotte grazie al minor volume di pompaggio richiesto.

### **Uso del carburante**

L'adozione dell'agricoltura di precisione ha un grande vantaggio nel risparmio di carburante. È necessario un minor numero di passaggi sul campo per la lavorazione del terreno, l'applicazione di prodotti chimici, l'irrigazione, la fertilizzazione e il raccolto. Questa ottimizzazione delle macchine porta a una maggiore efficienza del carburante e, infine, a una riduzione dei costi economici e ambientali.

### **Produttività**

In base a tutti i benefici delle tecniche di agricoltura di precisione che abbiamo già analizzato, è più che evidente che la produttività dell'azienda agricola sta aumentando.

### **Agricoltura di precisione e cambiamento climatico**



Negli ultimi anni si è registrata una tendenza a ridurre le emissioni di gas a effetto serra (GHG - greenhouse gas) nel settore agricolo, ma è necessario compiere ulteriori sforzi in questa direzione per rispettare gli impegni assunti a livello globale in materia di clima. Infatti, il settore agricolo è ancora uno dei maggiori responsabili delle emissioni globali di gas serra, sia direttamente che indirettamente. L'agricoltura è responsabile dei cambiamenti climatici, in quanto le attività del settore rappresentano quasi il 13,5% delle emissioni antropiche totali di gas serra. I principali gas serra prodotti nel settore agricolo sono il metano (CH<sub>4</sub>), il protossido di azoto (N<sub>2</sub>O) e il biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>).

Le emissioni di anidride carbonica derivano dall'uso di energia prima e dopo l'agricoltura e dalle modifiche agli stock di carbonio sopra e sotto il suolo indotte dall'uso del suolo e dai cambiamenti di uso del suolo. Il metano è prodotto principalmente dalla decomposizione anaerobica della materia organica durante la fermentazione enterica e la gestione del letame, ma anche dalla coltivazione del risone. Il protossido di azoto deriva dalla trasformazione microbica dell'azoto (N) nei terreni e nei concimi.

Le tecnologie per l'agricoltura di precisione (PAT) ottimizzano l'uso degli input agricoli (ad esempio, fertilizzanti, carburante) tenendo conto della variabilità spaziale e temporale del campo. Hanno il potenziale per ridurre le emissioni di gas serra delle attività agricole e mantenere o migliorare la produttività.

### **Bibliografia**

- Fereres, E. e Connor, D. J. (2004). Gestione sostenibile dell'acqua in agricoltura. Le sfide delle nuove politiche idriche per il XXI secolo. Lisse, Paesi Bassi: AA Balkema, 157-170.
- Fleischer, S. J., Blom, P. E., & Weisz, R. (1999). Il campionamento nella difesa integrata di precisione: quando l'obiettivo è una mappa. *Fitopatologia*, 89(11), 1112-1118.
- Fountas, S., & Gemtos, TA. (2015). Agricoltura di precisione (in greco)
- Hong, N., Scharf, P. C., Davis, J. G., Kitchen, N. R., & Sudduth, K. A. (2007). Il tasso di azoto economicamente ottimale riduce il nitrato residuo nel suolo. *Journal of environmental quality*, 36(2), 354-362.
- Midgarden, D., Fleischer, S. J., Weisz, R., & Smilowitz, Z. (1997). L'impatto della lotta integrata sito-specifica sullo sviluppo della resistenza all'esfenvalerato nel coleottero della patata del Colorado (Coleoptera: Chrysomelida) e sulle densità dei nemici naturali. *Journal of economic entomology*, 90(4), 855-867.
- Rafael, José & Marques Da Silva, José. (2021). Lezioni di agricoltura di precisione per non specialisti (versioni EN e PT). 10.6084/m9.figshare.14159723.
- Raun, W. R., Solie, J. B., Johnson, G. V., Stone, M. L., Mullen, R. W., Freeman, K. W., ... & Lukina, E. V. (2002). Miglioramento dell'efficienza d'uso dell'azoto nella produzione di cereali con il rilevamento ottico e l'applicazione di dosi variabili. *Agronomy Journal*, 94(4), 815-820.
- Scharf, P. C., Shannon, D. K., Palm, H. L., Sudduth, K. A., Drummond, S. T., Kitchen, N. R., ... & Oliveira, L. F. (2011). Le applicazioni di azoto basate su sensori hanno superato i tassi scelti dal produttore per il mais in dimostrazioni in azienda. *Agronomy Journal*, 103(6), 1683-1691.
- Shannon, D. K., Clay, D. E., & Kitchen, N. R. (2020). *Fondamenti di agricoltura di precisione* (Vol. 176). John Wiley & Sons.
- Soto, I., Barnes, A., Balafoutis, A., Beck, B., Sánchez, B., Vangeyte, J., ... & Gómez-Barbero, M. (2019). Il contributo delle tecnologie dell'agricoltura di precisione alla produttività delle aziende agricole e alla mitigazione delle emissioni di gas serra nell'UE. Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea.
- [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQHkjFb-MrvLzJ\\_pideofClqsjohmHcXUgeJOMluhK0JzWsqDbz5T8jkSOUdUM3ct33m0&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQHkjFb-MrvLzJ_pideofClqsjohmHcXUgeJOMluhK0JzWsqDbz5T8jkSOUdUM3ct33m0&usqp=CAU)
- [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQYGKHTVD040M2bp9FGS5YgaLMYOL2Jay\\_JmA&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQYGKHTVD040M2bp9FGS5YgaLMYOL2Jay_JmA&usqp=CAU)
- <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRDAuMxWdGw4-nOR6VR1rfe2Pj6da1ZBgXeUgHmJuAwGe6Y92f9D7inHor2Apwop9rSiyc&usqp=CAU>
- <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTy5NArDbp-69FpAsFQc8jJdM2zuYRDs339Ww&usqp=CAU>

## **Lezione 5. Benefici ambientali**

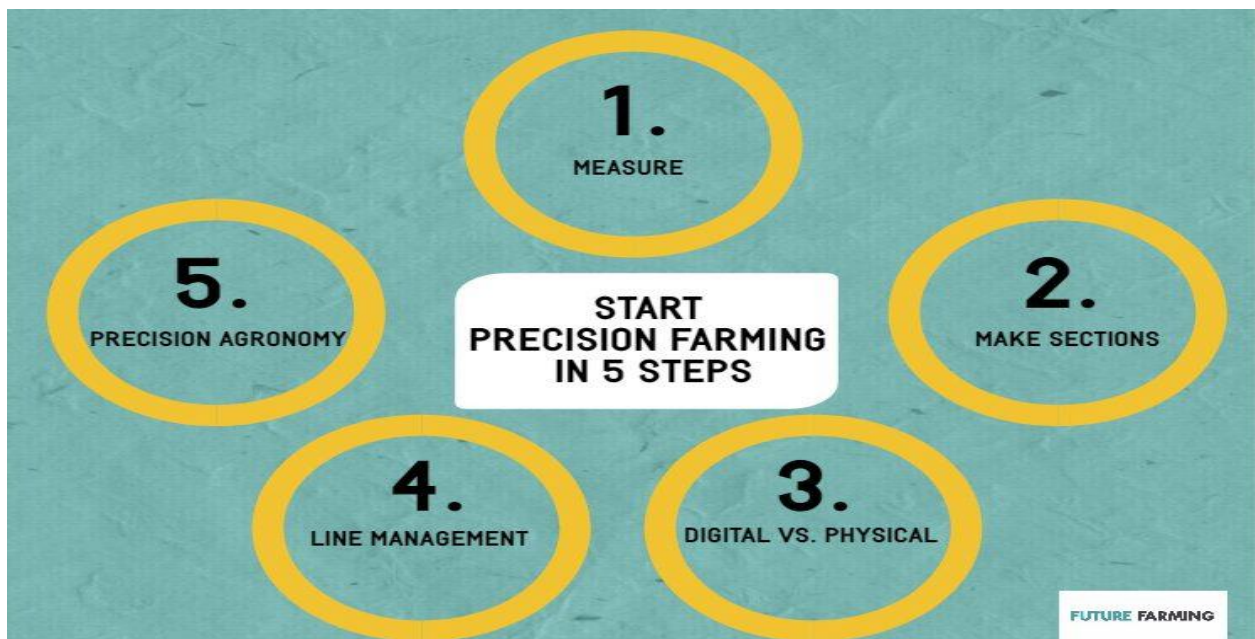
### **Quiz**

- 1) Quali benefici ambientali sono stati identificati per essere quantificati come risultato dell'adozione di tecnologie per l'agricoltura di precisione?**
  - a) Aumentare la produzione, aumentare la qualità.
  - b) Ridurre l'uso di fertilizzanti, l'uso di pesticidi/erbicidi/insetticidi, l'uso di acqua, l'uso di carburante**
  
- 2) L'agricoltura di precisione può fornire un insieme di tecnologie che aiutino a ridurre i potenziali problemi ambientali derivanti dalla gestione dei parassiti?**
  - a) Sì
  - b) No
  
- 3) Le tecnologie per l'agricoltura di precisione (PAT) hanno un impatto negativo sull'uso degli input agricoli (ad esempio, fertilizzanti e carburanti). Aumentano le emissioni di gas serra derivanti dalle attività agricole.**
  - a) Sì
  - b) No**

## **Lezione 6. Modi per introdurre l'agricoltura di precisione nelle coltivazioni**

L'adozione di nuove tecnologie in agricoltura è raramente immediata. Anche se si compiono molti sforzi per convincere gli utenti ad adottare nuovi strumenti TIC, l'adozione è un'attività complessa e molti fattori influenzano i processi decisionali. Gli aspetti più importanti che influenzano l'adozione delle tecnologie della PA sono:

- Dimensione dell'azienda agricola
- Riduzione dei costi o aumento dei ricavi per acquisire un beneficio positivo
- Reddito totale
- Proprietà fondiaria
- Educazione degli agricoltori
- Familiarità con i computer
- Accesso alle informazioni (tramite servizi di divulgazione, fornitori di servizi, venditori di tecnologia)



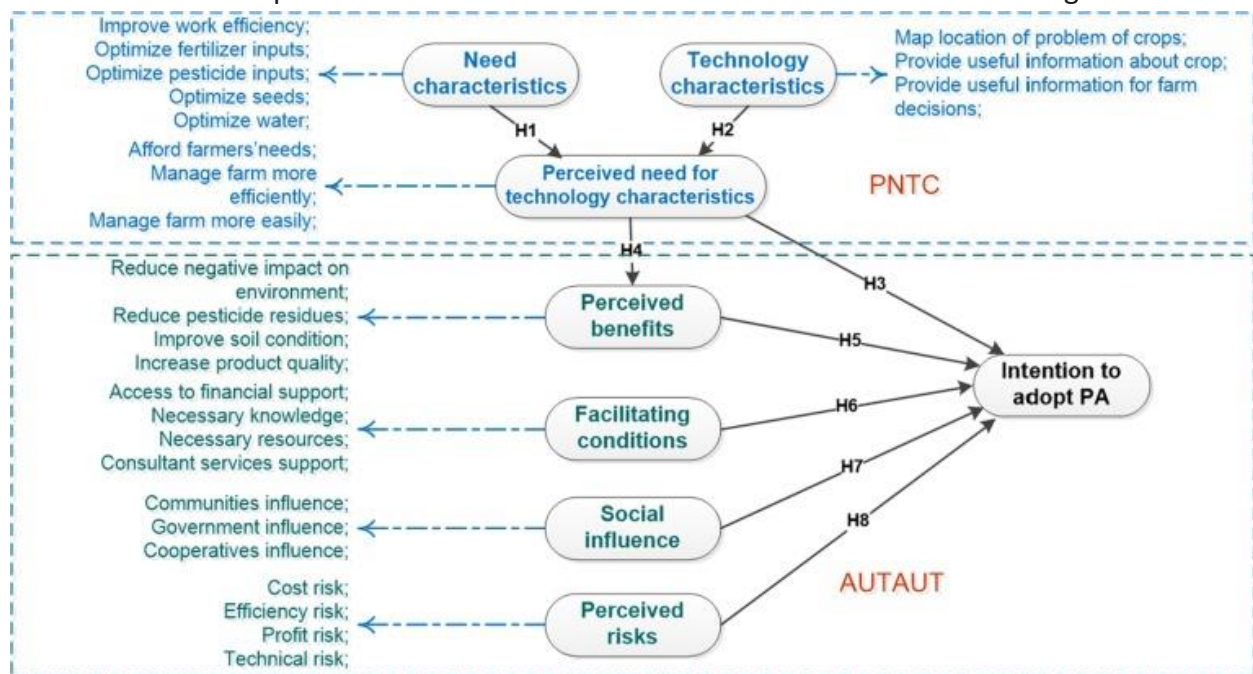
L'adottante tipico della PA è infatti rappresentato come un agricoltore istruito, proprietario di un'azienda agricola di grandi dimensioni con una buona qualità del suolo, che mira a implementare pratiche agricole più produttive per far fronte alle crescenti pressioni competitive. La dimensione dell'azienda agricola è il parametro più frequentemente citato per influenzare l'uso delle nuove tecnologie di PA. Sebbene in Europa le ricerche sull'adozione della PA siano meno diffuse, le evidenze sembrano sostenere che gli agricoltori più giovani (<50) e laureati delle aziende più grandi sono più propensi a utilizzare le tecnologie della PA, ribadendo così il ruolo delle dimensioni dell'azienda e dell'istruzione nel caratterizzare il potenziale utilizzatore della tecnologia della PA. Tuttavia, le piccole aziende agricole potrebbero adottare la PA grazie ai contoterzisti o alla cooperazione. L'utilità e la facilità d'uso

sono aspetti centrali per l'adozione della tecnologia, a condizione che non comportino un aumento significativo dei costi di produzione.

Gli ostacoli all'adozione della PA includono:

- Problemi tecnici con le apparecchiature
- Accesso al software di assistenza
- La mancanza di compatibilità delle attrezzature con le attuali operazioni agricole
- Preoccupazione per l'uso improprio dei dati agricoli da parte dei fornitori di servizi.
- Le sfide della gestione della quantità di dati della PA

L'aumento delle conoscenze dei partecipanti sono aumentate quando sono state insegnate le innovazioni della PA attraverso esperienze pratiche con il software, insieme all'istruzione guidata e autogestita dall'istruttore. La necessità percepita di una tecnologia dipende dall'allineamento tra le capacità percepite della tecnologia e i requisiti del compito. Un buon "adattamento al compito" promuoverà l'adozione da parte degli utenti, mentre un "cattivo adattamento al compito" diminuirà l'intenzione dell'utente di adottare la tecnologia.



I passi fondamentali per adottare l'agricoltura di precisione sono:

- Rilevamento della variabilità
- Gestione della variabilità
- Valutare le decisioni basate sulla gestione della variabilità

Il rilevamento della variabilità è la fase più critica dell'agricoltura di precisione, perché una gestione corretta e un migliore processo decisionale non possono essere effettuati senza una conoscenza adeguata. Dopo aver valutato adeguatamente la variabilità, è possibile gestirla adeguando gli input necessari nel contesto spaziale e temporale.

Grazie alla tecnologia PA possiamo monitorare l'efficienza degli input di risorse e ridurre l'uso di sostanze chimiche per evitare danni ambientali e produrre prodotti di alta qualità per soddisfare la crescente domanda di cibo. L'agricoltura di precisione è un approccio olistico e innovativo che aiuta gli agricoltori a gestire la variabilità delle colture e dei terreni per ridurre i costi, migliorare la qualità e la quantità delle rese e aumentare il reddito agricolo. La PA applica le pratiche agricole tradizionali con le nuove tecnologie, le pratiche e i fattori economici per migliorare la sostenibilità in un equilibrio dinamico. Garantire la quantità specifica di risorse di input agricoli necessari, come fertilizzanti, insetticidi, erbicidi, acqua per le piante e la riduzione delle attività di manodopera agricola sono le aree chiave in cui la tecnologia è efficace.

La PA dovrebbe ridurre il carico ambientale applicando fertilizzanti e pesticidi solo dove sono necessari, quando sono necessari. I benefici della PA per l'ambiente derivano da un uso più mirato degli input, che riduce le perdite dovute alle applicazioni in eccesso e alla riduzione delle perdite dovute agli squilibri dei nutrienti (la carenza di potassio riduce l'efficienza dell'azoto, ad esempio), alle fughe delle erbe infestanti, ai danni degli insetti, ecc.

Aumentando l'efficienza dei macchinari e l'uso degli input, l'agricoltura di precisione offre l'opportunità di ridurre l'impatto ambientale e di migliorare la produttività e i profitti dell'azienda agricola. Ad esempio, gli ausili alla navigazione possono ridurre la sovrapposizione di più passaggi dei macchinari agricoli, diminuendo così l'uso di combustibili fossili e di altri fattori produttivi. L'applicazione a velocità variabile di sostanze nutritive o pesticidi può potenzialmente ridurre l'uso di tali fattori, con conseguente risparmio sui costi e riduzione della quantità di deflusso nocivo nei corsi d'acqua.

L'impronta di carbonio comprende le emissioni dirette derivanti dal funzionamento dei macchinari agricoli e le emissioni indirette derivanti dalla produzione di fattori produttivi (fertilizzanti, erbicidi, insetticidi, sementi, ecc.).



### Vantaggi ambientali

I cinque principali benefici ambientali ottenuti grazie all'adozione di tecnologie per l'agricoltura di precisione sono:

- Benefici per la resa grazie all'aumento dell'efficienza.
- Riduzione del fertilizzante grazie a un posizionamento più preciso.
- Riduzione dei pesticidi grazie a un'applicazione più accurata.
- Risparmio di carburante grazie a minori sovrapposizioni e a un migliore monitoraggio.
- Risparmio idrico grazie a un rilevamento più accurato dei fabbisogni.

Con l'adozione delle tecnologie per l'agricoltura di precisione si potranno ottenere aumenti significativi dei raccolti e ulteriori risparmi sui fattori produttivi:

- Si stima che la produttività aumenti del 4% e che possa aumentare ulteriormente del 6% con un'adozione più ampia.
- L'agricoltura di precisione migliora l'efficienza di distribuzione dei fertilizzanti di circa il 7% e ha il potenziale per migliorare ulteriormente il 14%.
- L'uso di erbicidi viene ridotto di circa il 9% e ha un potenziale di ulteriore riduzione del 15% a piena adozione.
- L'uso di combustibili fossili diminuisce di circa il 6%, con un potenziale di ulteriore riduzione del 16%.
- L'uso dell'acqua diminuisce di circa il 4% grazie all'attuale adozione dell'agricoltura di precisione, con un potenziale di ulteriore riduzione del 21% in caso di piena adozione.

Le tecnologie per l'agricoltura di precisione migliorano la gestione dell'ambiente e forniscono un ritorno economico agli agricoltori. L'agricoltura di precisione sfrutta le tecnologie per migliorare la sostenibilità attraverso un uso più efficiente di fattori produttivi critici, come terra, acqua, carburante, fertilizzanti e pesticidi.

Gli agricoltori che utilizzano attrezzature per l'agricoltura di precisione consumano meno per coltivare di più.

### **Bibliografia**

Lee, C. L., Strong, R. e Dooley, K. E. (2021). Analisi dell'adozione dell'agricoltura di precisione in tutto il mondo: Una revisione sistematica degli studi sul periodo 1999-2020. *Sostenibilità*, 13(18), 10295.

Li, W., Clark, B., Taylor, J. A., Kendall, H., Jones, G., Li, Z.... & Frewer, L. J. (2020). Un approccio di modellazione ibrida per comprendere l'adozione delle tecnologie di agricoltura di precisione nei sistemi colturali cinesi. *Computer ed elettronica in agricoltura*, 172, 105305.

Pierpaoli, E., Carli, G., Pignatti, E., & Canavari, M. (2013). I driver dell'adozione delle tecnologie per l'agricoltura di precisione: una revisione della letteratura. *Procedia Technology*, 8, 61-69.



Mahmood, H. S., Ahmad, M., Ahmad, T., Saeed, M. A., & Iqbal, M. (2013). Potenzialità e prospettive dell'agricoltura di precisione in Pakistan: una rassegna. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 26(2).

Bongiovanni, R. e Lowenberg-DeBoer, J. (2004). Agricoltura di precisione e sostenibilità. *Agricoltura di precisione*, 5(4), 359-387.

Schieffer, J. e Dillon, C. (2015). Gli impatti economici e ambientali dell'agricoltura di precisione e le interazioni con la politica agro-ambientale. *Agricoltura di precisione*, 16(1), 46-61.

<https://www.researchgate.net/publication/339956565/figure/fig2/AS:869821486997504@1584393011068/Conceptual-framework-of-this-study-This-is-a-theoretical-model-of-intention-for-PA.png>

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.futurefarming.com%2Fsmart-farming%2F5-steps-to-start-in-precision-farming%2F&psig=AOvVaw1tQNMhyliCLnqYAfmiVkw&ust=1646404882971000&source=images&cd=vfe&ved=OCAsQjRxqFwoTCJig1qSWqvYCFQAAAAAdAAAAABAD>

## **Lezione 6. Modi per introdurre l'agricoltura di precisione nelle coltivazioni**

### **Quiz**

- 3) In che modo la conoscenza dei partecipanti può aumentare grazie alle innovazioni della PA?**
- a) Solo con la conoscenza teorica.
  - b) Attraverso esperienze pratiche con il software, abbinate a lezioni guidate e autogestite dall'istruttore.**
- 4) Quali benefici ambientali si ottengono con l'adozione dell'agricoltura di precisione?**
- a) Spreco di acqua.
  - b) Riduzione del fertilizzante grazie a un posizionamento più preciso.**
  - c) Riduzione dei pesticidi grazie a un'applicazione più accurata.**
- 5) Le tecnologie per l'agricoltura di precisione migliorano la gestione dell'ambiente e forniscono un ritorno economico agli agricoltori. L'agricoltura di precisione sfrutta le tecnologie per migliorare la sostenibilità attraverso un uso più efficiente di fattori produttivi critici, come terra, acqua, carburante, fertilizzanti e pesticidi.**
- a) Sì**
  - b) No