



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## MONITORAGGIO E CONTROLLO AVANZATO DEGLI STRESS DELLE COLTURE

**LORENZO COTROZZI**

Anno accademico **2023/24**  
CdS **SISTEMI AGRICOLI SOSTENIBILI**  
Codice **560GG**  
CFU **6**

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
MONITORAGGIO E CONTROLLO AVANZATO DEGLI STRESS DELLE COLTURE	AGR/08,AGR/12	LEZIONI	64	LORENZO COTROZZI GIOVANNI RALLO

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Al termine del corso, lo studente avrà acquisito solide conoscenze di base e capacità di comprensione relative all'utilizzo di sensori e modelli per il monitoraggio dello stato funzionale del sistema colturale, alla valutazione della risposta delle colture a stress biotici/abiotici tramite strumentazioni basate sulle interazioni energia-materia e ai limiti di funzionamento, dell'effetto scala di osservazione dei processi biofisici oggetto del monitoraggio, nonché sull'importanza delle procedure di calibrazione e validazione degli strumenti studiati. Il bagaglio culturale comprende: la capacità di usare il linguaggio specifico della disciplina; l'uso appropriato di libri di testo avanzati e di banche dati, in modo da impiegarli in contesti quotidiani per la ricerca e per la professione; la possibilità di seguire gli aggiornamenti normativi, scientifici e tecnologici del settore.

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

L'accertamento della preparazione avviene mediante esame orale finale, con votazione in trentesimi.

#### *Capacità*

Lo studente sarà messo nelle condizioni di utilizzare in autonomia le conoscenze acquisite (e quelle che svilupperà con lo studio indipendente e l'autoapprendimento) nei campi applicativi del monitoraggio e controllo avanzato degli stress delle colture, con particolare attenzione alle pratiche ecosostenibili, alle tematiche della tutela dell'ambiente e della sicurezza del cittadino e dell'operatore, in un'ottica orientata al *problem solving*. Elementi centrali del processo formativo sono l'apprendimento teorico e pratico degli strumenti e l'interpretazione di dati raccolti. Lo studente si renderà capace di comunicare in forma orale, scritta e multimediale, con esposizione in forma compiuta del proprio pensiero per scambio di informazioni generali, presentazione di dati o di una relazione tecnica, dialogo con esperti di altri settori o con il committente, e conseguente capacità di lavorare in team multiprofessionali. Fondamentale è pure la capacità di raccogliere, analizzare e interpretare dati in modo accurato e di pianificare gli interventi attuativi per la mitigazione e/o gestione degli stress e di valutare le performance dei relativi protocolli.

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Sono previste esercitazioni, che prevedono momenti di interazione attiva tra docenti e studenti, i quali sono stimolati a esplorare in dettaglio e in maniera critica i temi del corso e le varie ipotesi di gestione e controllo opportunamente adattate per ogni specifico caso.

#### *Comportamenti*

Il livello di apprendimento delle conoscenze dovrà essere associato all'acquisizione di capacità di interpretazione critica dei dati forniti dalle attività di monitoraggio e controllo avanzato degli stress delle colture. Il bagaglio comportamentale include abilità comunicative, in termini di scambio di informazioni, idee, problemi e soluzioni; fondamentale è la capacità di spiegare anche a persone non competenti, in maniera semplice, immediata ma esauriente, le conoscenze acquisite, nonché di sapersi interfacciare con i soggetti portatori di interesse (es. committenza) e con il cittadino.

#### *Modalità di verifica dei comportamenti*

La verifica dell'acquisizione di un adeguato livello di attività comportamentale sarà effettuata durante le esercitazioni di serra e di campo e nel corso della verifica orale finale.



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Per seguire il corso in modo proficuo, lo studente dovrebbe possedere abilità/capacità in merito alla statistica e analisi dei dati, meccanica dei fluidi, fondamenti di elettronica ed elettromagnetismo, pedologia ed ecofisiologia vegetale.

### Indicazioni metodologiche

Le lezioni frontali si svolgono in aula con l'ausilio di diapositive in formato *Power Point*, che sono rese disponibili (mediante chiave di accesso) a inizio corso sul portale e-learning o la piattaforma MS-Teams. Le esercitazioni pratiche in serra hanno luogo anche presso le sedi distaccate del Dipartimento (es. San Piero a Grado). I docenti sono costantemente disponibili per ricevimenti in persona o online finalizzati a chiarimenti e/o delucidazioni sugli argomenti trattati.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

**Introduzione sugli stress biotici e abiotici delle colture:** aspetti generali, il Panel Intergovernativo sul Cambiamento Climatico (IPCC), descrizione dei principali stress biotici e abiotici nell'era del cambiamento climatico (fitopatie, elevate temperature e radiazione solare, carenza o eccesso idrico, salinità, inquinamento atmosferico).

**Alterazioni fisiologiche e funzionali indotte dagli stress:** alterazioni di bilancio del carbonio, metabolismo fenolico, crescita e differenziazione, bilancio idrico; valutazione della gravità e dei danni dello stress; accertamenti diagnostici tradizionali.

**Fisica del sistema continuo suolo pianta-atmosfera.** Stato massiccio ed energetico dell'acqua. Idrostatica e idrodinamica dell'acqua nel suolo e nella pianta. Rapporti acqua-terreno-pianta. Bilancio energetico della coltura. Micrometeorologia. Sistemi naturali, agrari e funzioni di stato. Interazione energia-materia e risposte elettrica ed elettromagnetica del suolo e della vegetazione.

**Metrologia.** Accuratezza del dato e/o della serie dati misurati e/o stimati. Protocolli di calibrazione/validazione dei sensori e dei modelli agroidrologici. Metodi di acquisizione e database pubblici dei dati territoriali, ambientali e delle informazioni satellitari. Zonazione con analisi geostatistica dei dati misurati a terra e/o delle immagini spettrali acquisite da remoto. Procedure di scaling dell'informazione e topologia della rete di sensori senza fili (WSN). Indicizzazione degli stress abiotici.

**Sensori per la diagnostica fitopatologica delle colture.** Sensori e sistemi per la rilevazione; misura degli scambi gassosi fogliari per il monitoraggio dello stato funzionale della coltura; misura della vitalità della pianta per mezzo della fluorescenza della clorofilla; spettroscopia e tecnologie di analisi: analisi multispettrale e iperspettrale, *imaging*.

**Applicazione di sensori e modelli per la diagnostica fitopatologica delle colture.** Pianificazione delle campagne sperimentali e raccolta dei dati; uso di analizzatori portatili per la misura degli scambi gassosi fogliari; uso di fluorimetri PAM per la misura della fluorescenza della clorofilla; uso e sviluppo di indici spettrali per la valutazione delle condizioni di salute della pianta, uso e sviluppo di modelli multivariati iperspettrali per la stima di noti marker di stress (patologici, fisiologici, biochimici), *machine-learning* iperspettrale per la classificazione/discriminazione delle condizioni di salute/stress della pianta.

**Sensori e modelli per il monitoraggio agro-idrologico.** Modelli di massa e/o energetici fisicamente basati ed empirici per la stima flussi evapotraspirativi. Funzione di risposta della coltura allo stress idrico e/o salino. Misura dell'evapotraspirazione effettiva tramite tecniche micrometeorologiche, atmometri e lisimetri. Modelli matematici ed empirici per la stima dello stato idrico del suolo e della pianta: SWAP (Alterra), Hydrus2D/3D (Pc progress) e AQUACROP (FAO). Sensori per la misura dello stato idrico del suolo e della pianta. Le tecniche della Riflettometria nel Dominio del Tempo (TDR) e della Frequenza (FDR) per la misura del contenuto idrico del suolo. Le tecniche a base termica per la misura dei flussi idrici xilematici e la stesura del bilancio energetico di superficie. Sistemi di proprietà e open-source per la raccolta, organizzazione, analisi e comparazione dei dati.

**Applicazione di modelli e sensori per la misura dello stato idrico delle colture.** I) Calibrazione/validazione in campo e laboratorio di sensore di umidità del suolo; II) Calibrazione/validazione di un termometro ad infrarosso (IRT) ad alto grado di precisione (research grade); III) set-up di un sistema Atmometro-FDR-IRT per il rispettivo monitoraggio delle forzanti atmosferiche, dello stato idrico del sistema suolo-pianta; IV) Studio della dinamica degli indici di deficit idrico del suolo e dello stress idrico della coltura; V) Implementazione di un protocollo di gestione esperta della risorsa idrica aziendale.

### Bibliografia e materiale didattico

Matta et al. Fondamenti di patologia vegetale. Pàtron Ed., Bologna, 2017.

Rallo. Dispensa Idrologia del sistema continuo suolo-pianta atmosfera.

Jones. Plants and Microclimate: A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology. 2014. 3rd edition. Cambridge University Press.

Cooper. Soil Water Measurement: A Practical Handbook. 2016. Wiley-Blackwell.

Moene, van Dam. Transport in the Atmosphere-Vegetation-Soil Continuum. 2014. Cambridge University Press.

### Indicazioni per non frequentanti

Gli studenti impossibilitati a frequentare possono seguire lo svolgimento delle lezioni utilizzando il materiale didattico messo a disposizione dal docente all'inizio del corso sul sito di *e-learning* e seguendo il registro elettronico delle lezioni.

### Modalità d'esame

Esame orale finale, con voto in trentesimi.

Ultimo aggiornamento 08/09/2023 09:44