

## Laurea magistrale in BIOTECNOLOGIE AGRARIE VEGETALI

## Programmi degli insegnamenti - Syllabus

**Attività formativa: AGR/01 Economia e politica delle biotecnologie in agricoltura**

Aree	
<b>Conoscenze e abilità da conseguire</b>	<p>Al termine del corso lo studente conosce e comprende gli aspetti teorico pratici relativi all'utilizzo degli strumenti per valorizzare le competenze scientifiche facilitando il loro orientamento verso l'utilizzo efficace delle biotecnologie da un punto di vista economico e manageriale; conosce l'utilizzo dei derivati dell'innovazione biotecnologica sugli ecosistemi agrari, nonché i modelli di intervento pubblico che ne regolano la loro applicazione; possiede le competenze per analizzare i modelli di gestione e governance del processo innovativo all'interno del management aziendale e di sistema, mediante l'approccio Responsible Research and Innovation, i meccanismi di regolazione e brevettazione delle biotecnologie applicate al settore agricolo vegetale, nonché le modalità organizzative del trasferimento delle conoscenze alle imprese agricole (EIP-AGRI, AKIS); è in grado di utilizzare metodi di valutazione economico-finanziarie relative alle performances gestionali delle imprese biotecnologiche, metodi di valutazione economica degli investimenti e le forme attrattività dei capitali destinati all'innovazione biotecnologica; conosce infine le tematiche relative all'accettabilità delle nuove tecnologie da parte dei consumatori, i relativi comportamenti di acquisto e le conseguenze per la gestione delle filiere.</p>
<b>Contenuti</b>	<p>1- Introduzione: specificità delle biotecnologie da un punto di vista economico e organizzativo</p> <p>2- Domanda, offerta, mercati e filiere  2.1 Le scelte dei consumatori, la domanda e la domanda derivata  2.2 Le funzioni di costo aziendali e l'offerta di mercato  2.3 Le forme di mercato</p> <p>3 -Politiche per le biotecnologie  3.1 L'intervento pubblico in agricoltura  3.2 I diversi strumenti di policy  3.3 I meccanismi di regolazione e brevettazione delle biotecnologie applicate al settore agricolo vegetale</p> <p>4 - Elementi di management e gestione aziendale  4.1 Forme organizzative dell'impresa  4.2 Strumenti informativi gestionali e supporto alle decisioni  4.3 Valutazione delle scelte di investimento  4.4 I meccanismi di integrazione e organizzazione: contratti, filiere, network e sistemi</p> <p>5- Governance e sistemi dell'innovazione  5.1 I modelli di governance del processo innovativo (modelli lineari, circolari, Responsible Research and Innovation  5.2 Le modalità organizzative del trasferimento delle conoscenze alle imprese agricole nell'UE (EIP-AGRI, AKIS).</p>

<b>Testi / Bibliografia</b>	<p>Testo di riferimento: Begg D., Vernasca G., Fischer S., Dornbusch R. (2018). <i>Economia</i>. McGraw-Hill (capitoli indicati dal docente)</p> <p>Articoli indicati dal docente</p>
<b>Metodi didattici</b>	<p>Lezione frontale</p> <p>Esercitazione</p> <p>Discussione di casi di studio tratti dalla letteratura</p>
<b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b>	<p>Esame Orale</p>
<b>Strumenti a supporto della didattica</b>	<p>Materiali forniti dal docente</p> <p>costituiti da presentazioni ed esercizi svolti</p>

**Attività formativa: AGR/02 Produzioni vegetali sostenibili e tecnologie del seme**

(CI: Produzioni agrarie sostenibili e tecnologie del seme)

Aree	
<b>Conoscenze e abilità da conseguire</b>	Al termine del corso lo studente conosce i principi delle produzioni di colture erbacee con interesse in ambito biotecnologico. In particolare conosce le caratteristiche, le esigenze ambientali e la tecnica agronomica di specie erbacee appartenenti a diverse famiglie botaniche e idonee a fornire feedstock differenziati (i.e. carboidrati, cellulosa, oli e grassi, e proteine, ecc.) per l'industria biotech. Inoltre, lo studente conosce gli elementi di base di biologia e tecnologia delle sementi e gli aspetti agronomici e genetici della loro produzione; comprende i diversi aspetti della qualità del seme, i fattori che li influenzano e le metodiche analitiche per la loro determinazione; conosce le basi della protezione varietale e il sistema della certificazione.
<b>Contenuti</b>	<p>Modulo 1 (Produzioni vegetali sostenibili) <i>Unità didattica teorica (24h)</i> Caratteristiche delle principali specie vegetali a destinazione biotech: colture per la produzione di olio, di biomassa lignocellulosica, di zuccheri, colture da proteina, colture per la produzione di composti ad alto valore aggiunto (8h). Cenni generali di gestione agronomica sostenibile per la produzione di tali feedstock (4h). Approfondimento di una specie per ciascuna delle categorie appena citate che rappresenti una success story a livello industriale (8h). Lavoro di gruppo in cui agli studenti verrà affidato il compito di identificare una futura specie di successo e definire la tecnica agronomica migliore per ottimizzarne la produzione a livello biotech (4h).</p> <p><i>Unità didattica di esercitazioni (16h)</i> - Visita all'azienda agraria sperimentale di NIBO a Cadriano - Visita tecnica presso azienda del settore che utilizza alcune delle specie trattate nel corso per le proprie produzioni - seminari online con ricercatori stranieri, sia EU che extra-EU, che portano esempi concreti di ricerca su specie erbacee trattate a lezione</p> <p>Modulo 2 (Tecnologie del seme). <i>Unità didattica teorica (24h)</i> Importanza del seme nella moderna agricoltura. Panorama internazionale sulle sementi. La filiera dalla creazione delle varietà alla commercializzazione del seme. Induzione fiorale, sviluppo del fiore, macro- e micro-gametogenesi, impollinazione. Sviluppo del seme: fecondazione, morfogenesi, maturazione e disseccamento. Fisiologia del seme: quiescenza, dormienza, germinazione. Deterioramento e vigore del seme. Fattori ecologici ed aspetti agronomici delle colture da seme. Biologia fiorale e costituzioni varietali. Mantenimento in purezza delle varietà. Strategie per la produzione delle sementi ibride: metodi meccanici, chimici e genetici. Tecnologia delle sementi: raccolta, selezione, conservazione, priming e trattamenti al seme. Le normative internazionali e nazionali per la produzione e il commercio delle sementi. I registri varietali. La protezione varietale nel sistema UPOV e le invenzioni biotecnologiche. La certificazione delle sementi: gli aspetti documentali, i controlli di campo</p>

	<p>e le analisi di laboratorio per il controllo della qualità.</p> <p><i>Unità didattica di esercitazioni (16h)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Riconoscimento di sementi di cereali e specie industriali, ortive, foraggere.</li> <li>- Visita a laboratorio per campionamento dei lotti di seme analisi della qualità fisica, fisiologica e genetica delle sementi.</li> <li>- Utilizzo di software per il trattamento statistico dei dati nel campo delle analisi delle sementi.</li> <li>- Visita a stabilimento sementiero o campi sperimentali per costituzione varietale.</li> </ul>
<b>Testi / Bibliografia</b>	<p>Modulo 1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mosca, Giuliano, and Giuliano Mosca. Oli e grassi : fonti oleaginose per gli utilizzi food e non food. Edagricole, 2019.</li> <li>- A. Monti. Switchgrass. A valuable biomass crop for energy. 2012. Springer</li> <li>- S. Barth et al. Perennial Biomass crops for a resource-constrained world. 2016. Springer</li> <li>- Slide e articoli forniti dal docente.</li> </ul> <p>Modulo 2.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Egidio Ciricofolo e Paolo Benincasa. 2017. Sementi. Biologia, produzione e tecnologia. Edagricole.</li> <li>- Slide e articoli forniti dal docente.</li> </ul>
<b>Metodi didattici</b>	Lezioni frontali, esercitazioni, seminari di esperti, visite didattiche.
<b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b>	Esame orale
<b>Strumenti a supporto della didattica</b>	Per la didattica frontale è previsto l'uso di PC e videoproiettore.

#### Attività formativa AGR/03 Biotecnologie applicate al miglioramento delle specie arboree

<b>Aree</b>	
<b>Conoscenze e abilità da conseguire</b>	<p>Al termine del corso lo studente conosce e comprende gli aspetti teorico pratici relativi alla caratterizzazione della variabilità genetica, al miglioramento varietale, all'identificazione di marcatori e geni di interesse agrario, allo sviluppo ed applicazione delle tecniche molecolari per la selezione assistita nei programmi di miglioramento genetico, agli aspetti teorico pratici relativi alle applicazioni biotecnologiche nell'ambito delle colture in vitro di cellule vegetali, a supporto del miglioramento genetico delle specie arboree di interesse agrario; conosce inoltre gli elementi fondamentali per poter comprendere e gestire l'attività di ricerca nei diversi aspetti della propagazione, delle problematiche di morfogenesi e rigenerazione, trasformazione genetica fino alle applicazioni nell'ambito delle New Breeding Technologies (NBT) quali la cisgenesi, intragenesi e DNA editing.</p>

<b>Contenuti</b>	<p>Modulo 1 - Biotecnologie applicate e miglioramento genetico di specie arboree da frutto  Il modulo è offerto attraverso lezioni frontali (60%) ed esercitazioni di laboratorio (40%) in maniera da far acquisire allo studente delle conoscenze di base sul miglioramento genetico e biotecnologie applicate alle piante da frutto.</p> <p>1) Principi di miglioramento genetico delle piante da frutto, variabilità dei caratteri, centri di origine, raccolta e conservazione del germoplasma frutticolo. Ideotipo e processo di miglioramento genetico mediante incrocio. Metodi di miglioramento genetico in piante da frutto. Mutazioni spontanee e selezione clonale, chimere e mutagenesi indotta. Principali obiettivi del miglioramento genetico delle piante da frutto (adattamento ambientale, portinnesti, habitus vegeto-produttivo, biologia riproduttiva, resistenza a patogeni e parassiti, calendario di maturazione e le caratteristiche qualitative dei frutti). Fast Breeding.</p> <p>2) Biotecnologie frutticole. Applicazioni dei marcatori (tradizionali e con approcci 'high-throughput') per studi di diversità genetica, costruzione delle mappe genomico-molecolari, analisi QTL e selezione assistita precoce. Le sequenze genomiche nelle piante da frutto e loro utilizzo. Tecniche per identificazione di geni nelle specie da frutto (clonaggio posizionale e tecniche di espressione genica differenziale).</p> <p>Modulo 2 - Applicazioni biotecnologiche nelle colture in vitro  Il modulo è offerto attraverso lezioni frontali (60%) ed esercitazioni di laboratorio (40%). Il programma del modulo affronterà i seguenti temi: concetti di base delle colture cellulari e tissutali: propagazione in vitro, morfogenesi e rigenerazione, organogenesi ed embriogenesi somatica, colture in sospensione, variabilità somaclonale e selezione precoce in vitro, produzione di piante aploidi e doppi aploidi. Colture geneticamente modificate: piante geneticamente modificate (GM), piante cisgeniche ed intrageniche, produzione di piante early flowering, DNA editing (CRISPR). Caratterizzazione delle linee trasformate e validazione dei risultati di laboratorio.</p>
<b>Testi / Bibliografia</b>	<p>Durante il corso verrà fornita agli studenti la copia delle presentazioni effettuate in aula dal docente e una dispensa degli appunti delle lezioni (a cura del docente). Per ulteriori approfondimenti verranno forniti degli articoli scientifici selezionati per i diversi argomenti del corso.</p>
<b>Metodi didattici</b>	<p>Il corso è costituito da lezioni frontali (circa 60%) accompagnate da esercitazioni pratiche in campo (presso i laboratori didattici del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari o presso il Centro didattico-sperimentale di Cadriano), serra e laboratorio per dare allo studente la possibilità di fare pratica su determinati argomenti. Nel corso delle lezioni verrà dato ad ogni studente un articolo scientifico sulle biotecnologie applicate alle piante da frutto che dovrà essere analizzato e presentato in aula come breve seminario al fine di stimolare la loro comprensione dell'argomento e la loro capacità critica.</p>
<b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b>	<p>La verifica dell'apprendimento avviene attraverso il solo esame finale, che accerta l'acquisizione delle conoscenze e delle abilità attese tramite lo svolgimento di una prova orale che consiste nella formulazione di 4 domande (tipicamente due per modulo). La durata della prova orale è stimata attorno ai 30-40 minuti. Il voto finale viene attribuito sulla base del grado di preparazione dello studente e soprattutto sulle sue capacità critiche e di collegamento fra argomenti diversi, nonché nella capacità di individuare possibili soluzioni a tali problematiche.</p>
<b>Strumenti a supporto della didattica</b>	<p>PC e videoproiettore per presentazioni in ppt, disponibilità di campi sperimentali, serre e laboratori con relative strumentazioni. Le attività di laboratorio prevedono l'uso di dispense di laboratorio preparate dal docente.</p>

Aree	
<p><b>Conoscenze e abilità da conseguire</b></p>	<p>Al termine del corso lo studente ha una solida conoscenza della biologia e della struttura del genoma delle piante e dei suoi elementi caratterizzanti incluso la natura e diffusione degli elementi mobili, la poliploidia ed il genoma del cloroplasto. Lo studente conosce le tecniche genomiche e biotecnologiche volte alla dissezione della struttura del genoma delle piante, all'identificazione dei geni ed allo studio della loro espressione e funzione. Inoltre, lo studente conosce gli aspetti teorico-pratici relativi alle principali metodologie di selezione delle piante coltivate, utili a promuovere sistemi agricoli più sostenibili; conosce i principi di genetica quantitativa e di popolazione, i metodi di miglioramento genetico incluso incrocio, selezione, e i metodi genomici e biotecnologici, incluso l'editing genomico. Conosce i metodi di studio della diversità genetica per la valutazione, protezione ed utilizzo delle risorse genetiche.</p>
<p><b>Contenuti</b></p>	<p>Modulo 1 - Genomica delle piante</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Genomi delle piante coltivate: struttura, composizione ed evoluzione. Genomi del mitocondrio e del cloroplasto.</li> <li>2. Sequenziamento dei genomi delle piante: strategie generali. Tecniche di sequenziamento (Sanger, Next-Generation-Sequencing, long-read e a singola molecola), assemblaggio, ancoraggio, annotazione. Genomica a supporto del mappaggio e del clonaggio. Mapping-by-sequencing.</li> <li>3. Studio ed evoluzione delle famiglie geniche, omologia, paralogia ed ortologia. Sintenia e colinearità. Uso di informazioni di specie modello (<i>Arabidopsis</i>, <i>Brachypodium</i>).</li> <li>4. Elementi trasponibili: biologia, meccanismi di produzione di variabilità genetica.</li> <li>5. Analisi del trascrittoma tramite microarray e RNA-seq. Database di espressione genica. Analisi del proteoma. Utilizzo della trascrittomica per lo studio della funzione genica. Network di co-espressione. Tecniche di genetica inversa: transposon tagging, TILLING, inserzione di T-DNA.</li> </ol> <p>Modulo 2 - Biotecnologie applicate al miglioramento delle specie annuali e molecular farming</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduzione al miglioramento genetico nella filiera agroalimentare ed agroindustriale, per l'aumento e la sostenibilità della produzione primaria vegetale e per il miglioramento della salubrità dei prodotti alimentari vegetali. Principali fattori critici per la pianificazione di un progetto di miglioramento genetico in funzione dell'obiettivo da raggiungere e della biologia della specie.</li> <li>2. Struttura genetica delle popolazioni. Risorse genetiche vegetali; collezioni di germoplasma. Struttura genetica delle popolazioni naturali e artificiali e i metodi di analisi e di miglioramento delle stesse. Modalità di raccolta e di conservazione delle risorse genetiche vegetali. Pre-breeding e ruolo della biodiversità nei programmi di miglioramento genetico.</li> <li>3. Caratteri quantitativi e componenti della varianza fenotipica, genetica e ambientale. Ereditabilità. Selezione per più caratteri e per l'adattamento a diverse condizioni ambientali. Uso di marcatori molecolari per l'identificazione di loci che controllano caratteri quantitativi (QTL). Principali applicazioni di selezione assistita da marcatori (MAS) e selezione genomica (GS).</li> <li>4. Modifiche della ricombinazione e il gene Ph nei cereali. Basi molecolari dell'eterosi. Mutagenesi. Sintesi di nuove specie.</li> <li>5. Approcci biotecnologici al miglioramento genetico delle specie annuali. Ingegneria genetica, basi tecniche e risultati. Editing genomico tramite CRISPR-CAS. Analisi del rapporto costi/benefici della coltivazione ed utilizzo di piante ingegnerizzate.</li> <li>6. Molecular farming: le piante come biofabbriche di molecole ad alto valore aggiunto (proteine ricombinanti, vaccini, anticorpi, biopolimeri, etc) e per la produzione di energia (coltivazioni per biomassa).</li> <li>7. Casi studio: applicazioni biotecnologiche per un'agricoltura più produttiva, maggiormente</li> </ol>

	sostenibile (tolleranza a stress biotici ed abiotici, riduzione di input chimici ed energetici), per il miglioramento del profilo nutrizionale – es. golden rice, per la produzione di biomassa e per economica circolare.
<b>Testi / Bibliografia</b>	Diapositive, dispense, articoli scientifici ed altro materiale (es. indicazioni di capitoli di libri) distribuito dal docente a lezione. Sarà fornita agli studenti la copia delle presentazioni effettuate in aula dal docente. I principali testi di riferimento sono: Chrispeels MJ, Gepts P (2021), Agricoltura sostenibile attraverso le biotecnologie. PICCIN. Lorenzetti et al. (2018) Miglioramento genetico delle piante agrarie. EDAGRICOLE. Brown TA (2017) Biotecnologie molecolari – principi e tecniche. ZANICHELLI.
<b>Metodi didattici</b>	Il corso è svolto dal docente tramite lezioni frontali accompagnate da esercitazioni pratiche. Queste ultime saranno costituite sia da esercitazioni di laboratorio prevalentemente informatico, sia da momenti di approfondimento di argomenti trattati nelle lezioni frontali tramite brevi ricerche svolte dallo studente su argomenti proposti dal docente, e la partecipazione ad attività seminariale organizzata dal docente tramite inviti a specialisti e professionisti operanti nel mondo della ricerca, dell'industria sementiera e/o dell'agrofarma.
<b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b>	L'apprendimento dei contenuti di questo insegnamento è verificato mediante un esame finale orale. Durante l'esame il docente formula 2 domande relative agli argomenti trattati durante le lezioni. Sarà inoltre tenuto in considerazione il risultato dell'approfondimento svolto dallo studente a partire da un articolo scientifico proposto dal docente durante il corso. La durata della prova orale è di circa 30 minuti.
<b>Strumenti a supporto della didattica</b>	Presentazioni powerpoint e strumenti di laboratorio.

**Attività formativa: AGR/12 Biotecnologie applicate alla difesa delle piante**

<b>Aree</b>	
<b>Conoscenze e abilità da conseguire</b>	Al termine del corso lo studente comprende le basi molecolari e biochimiche dell'interazione tra piante di interesse agrario, forestale e ornamentale e i diversi agenti biotici dannosi. Inoltre, lo studente conosce gli approcci biotecnologici applicati alla diagnosi, caratterizzazione, studio e controllo delle avversità delle piante di interesse agrario e di quelle coltivate a scopo non alimentare. Lo studente possiede gli strumenti necessari per lo sviluppo degli approcci biotecnologici più adatti al controllo ecocompatibile delle avversità delle piante, per il disegno di protocolli diagnostici finalizzati al miglioramento della qualità sanitaria del materiale di propagazione vegetale e per lo sviluppo di programmi di miglioramento genetico, a livello vivaistico e sementiero, per ottenere varietà compatibili con una gestione sostenibile delle colture.
<b>Contenuti</b>	A) Prerequisiti Lo studente che accede a questo corso deve conoscere i fondamenti generali della patologia vegetale e dell'entomologia agraria nonché le caratteristiche generali delle avversità biotiche delle piante (funghi, batteri, virus e fitofagi) e i fondamenti di microbiologia, biologia e genetica vegetale.  Il corso consiste di due unità didattiche, una di carattere generale e una di carattere speciale:  Parte generale: Concetti molecolari generali della difesa delle piante:

	<p>i) Meccanismi molecolari che regolano la risposta delle piante a patogeni necrotrofi e biotrofi e ad agenti fitofagi;</p> <p>ii) Teoria del gene per gene, geni R e avr, Casi studio;</p> <p>iii) Coevoluzione tra pianta e aversità biotiche. Casi studio</p> <p>Parte speciale:</p> <p>i) Tecniche -omics applicate alla diagnostica e la protezione delle piante: genomica, trascrittomica e metagenomica.</p> <p>ii) Trasgenesi, cisgenesi e intragenesi applicate alla difesa delle piante: sviluppo, applicazione e casi studio</p> <p>iii) RNA interference: applicazione esogena e <i>in planta</i>.</p> <p>iv) Peptidi: peptidi antimicrobici, sviluppo e tecnologie alla base con casi studio.</p>
<b>Testi / Bibliografia</b>	<p>‘Patologia Vegetale Molecolare’ Reverberi et al. PICCIN Ed, 2022</p> <p>‘Patologia Vegetale’ Vannacci et al. EDISES Università, 2021</p> <p>Articoli scientifici e materiale fornito dal docente</p>
<b>Metodi didattici</b>	<p>Lezioni frontali in aula.</p> <p>Attività pratica di supporto nelle sedi del corso</p>
<b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b>	<p>Esame scritto con domande chiuse a risposta multipla da svolgersi in aula informatica.</p>
<b>Strumenti a supporto della didattica</b>	<p>Presentazioni powerpoint e strumenti di laboratorio.</p>

#### Attività formativa AGR/13 Biochimica dell'interazione suolo-pianta

<b>Aree</b>	
<b>Conoscenze e abilità da conseguire</b>	<p>Al termine dell'insegnamento lo studente conosce i processi chimici e biochimici che regolano l'interazione suolo-pianta; è in grado di comprendere, a livello molecolare, i meccanismi che regolano l'attività delle superfici del suolo, dell'interfaccia suolo-radice, i processi che presiedono all'assorbimento radicale degli elementi, i processi che regolano la mobilità degli elementi nutritivi dalle superfici colloidali del suolo attraverso il simplasto e l'apoplasto.</p>
<b>Contenuti</b>	<p>A) Prerequisiti Lo studente che accede a questo insegnamento è in possesso di una buona preparazione nei fondamenti della matematica, della fisica, della chimica e della biologia vegetale. Questi prerequisiti sono forniti dagli insegnamenti erogati durante il ciclo triennale di studi e durante il primo semestre del primo anno del presente CdS. Si consiglia il superamento delle attività formative del primo semestre prima di affrontare l'esame di Biochimica dell'interazione suolo-pianta.</p> <p>B) Unità didattiche L'insegnamento si articola in 4 unità didattiche Unità 1 – Principi di Chimica e Biochimica del Suolo (Totale unità didattica 10 ore) 1.1 Costituenti del suolo Costituenti minerali – minerali, cristalli, raggi ionici e numeri di coordinazione, silicati, struttura fillosilicati, allòfane, ossidi e idrossidi, carbonati. Costituenti organici – classificazione e cenni sui processi di trasformazione. Sostanze non umiche: carboidrati, composti azotati, composti fosforati, composti solforati, lipidi. Sostanze umiche: estrazione, frazionamento, classificazione, composizione e proprietà chimico fisiche.</p>



## 2.1 Proprietà chimico fisiche del suolo

Proprietà superficiali – superficie specifica particelle del suolo, origine delle cariche.

L'adsorbimento e lo scambio cationico – modelli, spessore e potenziale del doppio strato, le basi di scambio, caratteristiche dello scambio, C.S.C., affinità, serie liotropiche, equazioni di scambio, effetti di diluizione.

L'adsorbimento e lo scambio anionico – gli anioni nel suolo, adsorbimento specifico.

L'adsorbimento dei fosfati, isoterme ed equazioni, meccanismi di dissoluzione-precipitazione.

La reazione del suolo – definizione di pH del suolo, la misura del pH del suolo, acidità attiva e scambiabile, classificazione suoli in base al pH, pH ed elementi nutritivi, pH e attività biologiche del suolo, principali sistemi tampone e meccanismi di regolazione del pH del suolo.

### 3.1 Biochimica del Suolo

Gli organismi del suolo – classificazione funzionale, i batteri e la catena del detrito, attività microbica e proprietà del suolo.

Gli enzimi del suolo – localizzazione enzimi, enzimi extracellulari loro classificazione, meccanismi di stabilizzazione, catalisi enzimatica eterogenea, funzioni e proprietà.

Funzioni agronomiche sostanza organica – effetto sulle proprietà fisiche del suolo, effetti nutrizionali, effetti sulle attività enzimatiche extracellulari, attività pseudo - ormonali.

Competenze acquisite nell'unità didattica 1:

- conosce la struttura dei principali componenti del suolo
- conosce i principali processi chimici, fisici e biologici che stanno alla base del funzionamento del sistema suolo

Unità 2 – Rizosfera e la mobilità degli elementi nutritivi (totale unità 10 ore)

#### 2.1 Gli elementi nutritivi nel suolo

Gli elementi nutritivi nel suolo – le forme degli elementi nutritivi nel suolo e loro suddivisione in pools funzionali

Meccanismi di mobilizzazione - mobilità degli elementi nutritivi nel suolo, focus sui cicli dell'azoto e del fosforo.

#### 2.2 La Rizosfera

Fattori di formazione della rizosfera – l'apice radicale, attività secretiva radicale, classificazione secreti radicali, basi biochimiche delle secrezioni, fattori che influenzano l'attività secretiva, effetto delle secrezioni sulle proprietà chimiche del suolo rizosferico, trasporto degli elementi nutritivi nella rizosfera.

Competenze acquisite nell'unità didattica 2:

- conosce i principali pools funzionali degli elementi nutritivi nel suolo
- conosce la struttura della rizosfera e i fattori che ne determinano la formazione

Unità 3 – Meccanismi di trasporto e assorbimento a livello radicale (totale unità 20 ore)

#### 3.1 Il trasporto trans-membrana degli elementi nutritivi

Il trasporto – apoplasto e simplasto, cenni sui meccanismi di trasporto primario e secondario, i trasportatori trans-membrana e loro classificazione.

#### 3.2 Meccanismi specifici di assorbimento

L'azoto – trasportatori dell'ammonio, del nitrato, cenni sulla struttura e meccanismi di regolazione.

Il Fosforo – trasportatori del fosfato, cenni sulla struttura e meccanismi di regolazione.

Il Potassio – trasportatori del potassio, cenni sulla struttura e meccanismi di regolazione.

Il Ferro – trasportatori del ferro, cenni sulla struttura, strategie I e II, meccanismi di regolazione.

Competenze acquisite nell'unità didattica 3:

- conosce i principali meccanismi di trasporto a breve distanza
- conosce i principali meccanismi di assorbimento degli elementi nutritivi

Unità 4 - Esercitazioni (totale unità didattica 20 ore)

Dopo discussione preliminare relativa all'importanza, nell'agricoltura moderna, di rendere sempre più efficienti le fasi di mobilizzazione ed assorbimento degli elementi nutritivi dal suolo, gli studenti vengono portati nel laboratorio didattico. Le attività laboratoriali s'incentrano sulla determinazione di alcune delle principali caratteristiche fondamentali del

	<p>suolo: tessitura, reazione, calcare totale, sostanza organica, capacità di scambio cationico, salinità. Si eseguiranno saggi di determinazione di alcune attività enzimatiche chiave per la mobilitazione di elementi nutritivi nel suolo. Le esercitazioni proseguono con la discussione dei risultati analitici ottenuti. La discussione, anche in funzione degli argomenti sviluppati durante le lezioni frontali, avrà lo scopo principale di creare un continuo collegamento tra i parametri chimici biochimici fisici misurati e il loro significato in termini di funzionalità del suolo.</p>
<b>Testi / Bibliografia</b>	<p>Fondamentale sarà l'utilizzo di materiale distribuito dal docente e reso disponibile in rete e degli appunti di lezione.</p> <p>Si consiglia la consultazione dei seguenti testi relativamente agli argomenti trattati a lezione:          Fondamenti di Biochimica Agraria - Patron EDITORE          Fondamenti di Chimica del Suolo - Patron EDITORE</p>
<b>Metodi didattici</b>	<p>Il corso si suddivide in due parti:</p> <p>1) Didattica frontale: attraverso la somministrazione delle unità didattiche in aula lo studente acquisisce le conoscenze necessarie alla comprensione dei processi di natura chimica e biochimica che stanno alla base del funzionamento del sistema suolo/pianta. L'acquisizione delle conoscenze e la capacità di comprensione saranno costantemente monitorate, durante lo svolgimento delle lezioni frontali, attraverso una continua interazione tra docente e studenti. L'interazione docente studenti, attività che si concretizzerà nella richiesta del docente di discutere argomenti trattati nell'insegnamento anche in funzione della loro ricaduta su problematiche di stretta attualità inerenti alla disciplina insegnata, avrà anche lo scopo di promuovere lo sviluppo di autonomia di giudizio e migliorare le abilità comunicative.</p> <p>2) Esercitazioni: lo studente partecipa a esperienze di laboratorio che hanno lo scopo di fornire parametri analitici utili alla previsione dei processi chimici e biologici che caratterizzano un determinato suolo. Questa parte dell'insegnamento avrà anche l'obiettivo di verificare le capacità d'applicazione delle conoscenze acquisite alla gestione del sistema suolo.</p>
<b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b>	<p>La verifica dell'apprendimento dell'insegnamento di Biochimica dell'interazione suolo/pianta avviene attraverso un esame finale, orale. Il colloquio verterà sugli argomenti svolti nelle lezioni, orientativamente saranno poste 3-4 domande, una per ogni Unità Didattica (chimica del suolo, biochimica dell'interazione suolo/pianta, pedologia). Partendo da questa struttura si procederà agli opportuni approfondimenti relativi agli argomenti affrontati. La verifica dovrà essere superata in modo globale ed è necessario che il candidato raggiunga la votazione di almeno 18/30 in ognuna delle Unità Didattiche caratterizzanti questo insegnamento. La durata della prova orale sarà di circa 30 minuti.</p>
<b>Strumenti a supporto della didattica</b>	<p>Per la didattica frontale si utilizzeranno lavagna luminosa, PC, videoproiettore.</p> <p>Le esercitazioni di laboratorio avranno luogo presso i laboratori della sede del corso.</p>

**Attività formativa: AGR/16 Biotecnologie microbiche nelle produzioni agrarie vegetali**

<b>Aree</b>	
<b>Conoscenze e abilità da conseguire</b>	<p>Al termine dell'insegnamento, lo studente acquisisce conoscenze e competenze teoriche e pratiche per l'impiego di microrganismi finalizzati alla gestione sostenibile delle produzioni agrarie e vegetali. Inoltre, lo studente è in grado di definire strategie sostenibili basate sull'uso di microrganismi per una gestione efficiente delle produzioni vegetali ed il mantenimento della biodiversità microbica del suolo.</p>

<b>Contenuti</b>	<p>L'insegnamento è diviso in 3 unità di apprendimento:</p> <p>1) Generalità sui microorganismi di interesse biotecnologico: caratteristiche dei principali microorganismi di interesse industriale/biotecnologico, processi produttivi per il mantenimento della vitalità dei microorganismi stessi e per le loro applicazioni (1 CFU).</p> <p>2) Biotecnologie dei microorganismi del suolo agrario: descrizione dei principali microorganismi funzionali presenti nel suolo agrario, biodiversità microbica del suolo come fonte di geni funzionali indispensabili per i processi biotecnologici nella rizosfera. Il trasferimento genetico orizzontale. Ruolo dei plasmidi nella funzionalità dei microorganismi. Meccanismi molecolari di resistenza agli antibiotici e agli erbicidi. Insetticidi microbici. Biologia molecolare e applicazioni biotecnologiche di batteri azoto-fissatori. Strategie per la selezione, sperimentazione e produzione industriale di microrganismi finalizzati al miglioramento della qualità del suolo. (3 CFU).</p> <p>3) Tecniche per l'analisi dei microorganismi della rizosfera: colturomica, tecniche molecolari quantitative, approcci metagenomici basati sullo studio del 16S rDNA e shot-gun sequencing. (2 CFU)</p>
<b>Testi / Bibliografia</b>	Fondamentale sarà l'utilizzo di materiale proiettato dal docente e reso disponibile agli studenti attraverso la piattaforma IOL oltre agli appunti di lezione presi in modo autonomo dallo studente.
<b>Metodi didattici</b>	<p>1) Didattica frontale: attraverso le lezioni frontali in aula lo studente acquisirà le necessarie conoscenze teoriche.</p> <p>2) Attività laboratoriali e seminari specifici anche tenuti da aziende del settore</p>
<b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b>	La verifica dell'apprendimento avverrà attraverso un test scritto che prevede domande a scelta multipla e a risposta aperta.
<b>Strumenti a supporto della didattica</b>	PC, videoproiettore, strumentazioni da laboratorio per la comprensione delle tecniche trattate.

**Attività formativa** BIO/04 Basi molecolari della produttività vegetale

<b>Aree</b>	
<b>Conoscenze e abilità da conseguire</b>	Al termine del corso lo studente conosce gli aspetti teorico pratici relativi alla conversione energetica della luce in biomassa nelle piante coltivate, con particolare riferimento ai meccanismi molecolari e ai processi fisiologici che vincolano la produttività vegetale. Nell'ambito dei diversi processi fisiologici trattati lo studente sa approfondire a livello molecolare problemi specifici di interesse biotecnologico agrario vegetale.

<b>Contenuti</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bilancio idrico delle piante</li> <li>- Fotosintesi: fase luminosa e metabolismo del carbonio</li> <li>- Metabolismo respiratorio e fermentazioni</li> <li>- Assimilazione dell'azoto e dello zolfo</li> <li>- Ruolo degli ormoni vegetali nella crescita e sviluppo delle piante</li> </ul>
<b>Testi / Bibliografia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rascio N et al (2021) Elementi di Fisiologia vegetale. EdiSES, terza edizione</li> <li>- Articoli scientifici e review (indicate dal docente)</li> </ul>
<b>Metodi didattici</b>	Lezioni frontali con presentazione power point
<b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b>	L'esame consiste in un test scritto basato su domande chiuse e aperte per un totale di 28/30, e un esame orale da 5/30, al quale sono ammessi gli studenti che hanno ottenuto almeno 16/30 nel test scritto.
<b>Strumenti a supporto della didattica</b>	I file delle presentazioni power point saranno messi a disposizione degli studenti (Virtuale)

**Attività formativa:** BIO/11 Bioinformatica con basi di programmazione (CI: Bioinformatica e statistica per le biotecnologie vegetali)

<b>Aree</b>	
<b>Conoscenze e abilità da conseguire</b>	Al termine del corso, lo studente acquisisce le competenze e conosce i principali strumenti utilizzati per risolvere problemi e compiti di bioinformatica, incluso le basi di programmazione dei principali linguaggi (Python, R, Bash/Unix) utilizzati in questo campo. Conosce i software ed i principali algoritmi per accedere ed interrogare i database biologici, per svolgere analisi genomiche e gestire i dati di sequenziamento di genomi e trascrittomi ottenuti con metodi di next-generation, incluso l'allineamento e l'assemblaggio di sequenze.
<b>Contenuti</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduzione alla bioinformatica</li> <li>- Tecnologie di sequenziamento del DNA <ul style="list-style-type: none"> <li>o Metodo di sequenziamento Sanger</li> <li>o Metodi di sequenziamento di nuova generazione</li> </ul> </li> <li>- Metodi per l'allineamento e l'assemblaggio di DNA sequenziato <ul style="list-style-type: none"> <li>o Principali algoritmi di allineamento delle reads</li> <li>o Principali algoritmi di assemblaggio del genoma</li> <li>o Gestione dei formati di dati di sequenziamento e allineamento (FASTA, FASTQ, SAM/BAM, GTF, etc.)</li> </ul> </li> <li>- Metodi per l'analisi di espressione genica <ul style="list-style-type: none"> <li>o Metodi per la quantificazione dell'espressione genica</li> <li>o Analisi differenziale di espressione genica</li> </ul> </li> <li>- Database di dati biologici <ul style="list-style-type: none"> <li>o Repository di dati biologici (NCBI, ENSEMBL, Entrez)</li> <li>o Metodi di accesso ai database biologici</li> <li>o Visualizzazione di dati biologici</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Utilizzo dei principali genome browser (UCSC, IGV)</li> <li>- Basi di programmazione per la bioinformatica <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Introduzione all'Ambiente Unix, elementi di programmazione per la bioinformatica in Python e R, design di pipeline per analisi bioinformatiche</li> </ul> </li> </ul>
<b>Testi / Bibliografia</b>	<p>Testo consigliato:  Manuela Helmer Citterich Fabrizio Ferrè Giulio Pavesi Graziano Pesole Chiara Romualdi  Fondamenti di bioinformatica, Zanichelli, ISBN 978-88-08-62112-212</p> <p>Altro materiale verrà fornito dal docente.</p>
<b>Metodi didattici</b>	Lezioni frontali, Laboratorio didattico
<b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b>	Esame scritto/orale. Relazione del laboratorio didattico
<b>Strumenti a supporto della didattica</b>	Slide delle lezioni, protocolli usati durante i laboratori didattici

**Attività formativa:** BIO/15 Metabolismo speciale e principi di metabolomica applicata alle piante

<b>Aree</b>	
<b>Conoscenze e abilità da conseguire</b>	Al termine dell'insegnamento, lo studente conosce e comprende gli aspetti teorico pratici relativi al metabolismo speciale delle piante di interesse nutrizionale, medicinale e cosmetico, unito alla conoscenza delle principali tecniche di analisi quali/quantitativa dei metaboliti di interesse e le nuove tecniche per l'analisi metabolomica applicata alle piante.
<b>Contenuti</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Metabolismo speciale delle piante</li> <li>- Applicazioni e importanza dei metaboliti speciali per l'uomo</li> <li>- Metabolomica aspetti generali ed applicazioni</li> <li>- Experimental design per l'analisi metabolomica delle piante</li> <li>- Principali tecniche analitiche per l'analisi metabolomica delle piante</li> <li>- Principali applicazioni della metabolomica nella plant science</li> </ul>
<b>Testi / Bibliografia</b>	Materiale fornito a lezione
<b>Metodi didattici</b>	Lezioni frontali mediante ppt
<b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b>	Esame orale sugli argomenti trattati
<b>Strumenti a supporto della didattica</b>	Slide delle lezioni

Aree	
<b>Conoscenze e abilità da conseguire</b>	Al termine del corso, lo studente conosce le tecniche statistiche applicate alle biotecnologie agrarie. Oltre ad acquisire nozioni elementari di statistica descrittiva, lo studente comprende la logica dell'inferenza statistica, sapendo applicare i test statistici più diffusi nella ricerca e nella professione del biotecnologo agrario. Sa inoltre effettuare analisi statistiche con programmi dedicati, e sa interpretare l'output nel contesto del fenomeno o dell'esperimento analizzato.
<b>Contenuti</b>	<p>Il modulo fornisce un'introduzione alle tecniche statistiche applicate alle scienze agrarie-vegetali. Le lezioni teoriche verranno affiancate da esercitazioni pratiche con uso di semplici softwares e risorse bioinformatiche.</p> <p>ARGOMENTI DEL CORSO:</p> <p><b>Introduzione allo studio della biostatistica</b></p> <p><b>Statistica descrittiva (1 CFU)</b> La visualizzazione dei dati: tabelle e grafici; La descrizione dei dati: misure di tendenza centrale e misure di dispersione</p> <p><b>Probabilità e distribuzioni di probabilità (1 CFU)</b> Concetti di base di probabilità; Distribuzione binomiale, distribuzione di Poisson, distribuzione normale</p> <p><b>Statistica inferenziale (2CFU)</b> La stima con incertezza: distribuzione campionaria di una stima, errore standard, intervalli di confidenza; La verifica delle ipotesi: i passi per la verifica di un'ipotesi, ipotesi nulla e ipotesi alternativa, statistica del test, distribuzione nulla, il calcolo del p-value e la significatività statistica, tipi di errore; Analisi delle proporzioni, Confronto tra due medie, Confronto tra le medie di più gruppi: Analisi della varianza (ANOVA)</p> <p><b>Relazione tra variabili (1 CFU)</b> Associazione tra variabili, tabelle di contingenza, Analisi delle frequenze, Test del chi<sup>2</sup>, rischio relativo, odds ratio; Correlazione e regressione lineare, regressione non lineare</p> <p><b>Distribuzioni non parametriche (1 CFU)</b> - Test del segno, Test di Wilcoxon dei ranghi con segno, Test di Mann-Whitney, Analisi della varianza per ranghi di Kruskal-Wallis</p>
<b>Testi / Bibliografia</b>	Fondamentale sarà l'utilizzo di materiale proiettato dal docente e reso disponibile agli studenti attraverso la piattaforma VIRTUALE oltre agli appunti di lezione presi in modo autonomo dallo studente. Testo: Analisi statistica dei dati biologici. di Whitlock MC, Schluter D. (Zanichelli).
<b>Metodi didattici</b>	1) Didattica frontale: attraverso le lezioni frontali lo studente acquisirà le necessarie conoscenze teoriche. 2) Attività laboratoriali in aula informatica
<b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b>	La verifica dell'apprendimento avverrà attraverso un compito scritto in aula informatica che prevede la risoluzione di esercizi e domande teoriche.

<b>Strumenti a supporto della didattica</b>	PC, videoproiettore, computer con programmi di analisi statistica.
---	--

#### Attività formativa BIO/18 Genetica molecolare della cellula vegetale

<b>Aree</b>	
<b>Conoscenze e abilità da conseguire</b>	Durante il corso lo studente acquisisce le nozioni fondamentali per comprendere gli aspetti molecolari che riguardano la struttura e organizzazione dei geni nucleari, mitocondriali e cloroplastici nelle cellule vegetali. Al termine del corso lo studente è in grado di comprendere alcuni esperimenti e tecnologie per la dissezione della funzione genica e per la comprensione dei meccanismi regolativi dell'espressione genica/ genomica in senso lato. E' anche in grado di analizzare autonomamente alcuni dati sperimentali presi dalla letteratura scientifica e di proporre personali modelli interpretativi con relativa pianificazione della validazione.
<b>Contenuti</b>	Struttura della cellula vegetale. Struttura dei genomi del nucleo, cloroplasto e mitocondri. Dissezione del gene usando tecniche di ingegneria genetica che impiegano specifici vettori plasmidici di clonaggio e di espressione. Meccanismi di regolazione genica. Trascrizione basale, trascrizione regolata. Elementi in cis e trans che concorrono al controllo dell'espressione di un gene. Metodi molecolari per lo studio dell'espressione genica: qRT-PCR, RNA-seq, vettori reporter, dissezione dei promotori e degli elementi cis responsabili del controllo trascrizionale (delezioni seriali, mutagenesi sito specifica EMSA, footprinting in vitro). Modificazioni epigenetiche che impattano sulla regolazione genica (metilazione del DNA, modificazioni istoniche non-coding RNA). Screen genetici a saturazione per la definizione delle interazioni e dei network genici.
<b>Testi / Bibliografia</b>	Articoli e review della letteratura recente, slide e materiale fornito dal docente
<b>Metodi didattici</b>	Presentazione power point, brain storming, analisi di dati sperimentali, lettura e analisi in classe di alcuni articoli scientifici. Problem posing e problem solving
<b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b>	Esame scritto e colloquio
<b>Strumenti a supporto della didattica</b>	

#### Attività formativa: CHIM/04 Valorizzazione delle biomasse vegetali a fini industriali ed energetici

(CI: Produzioni agrarie sostenibili e tecnologie del seme)

<b>Aree</b>	
<b>Conoscenze e abilità da conseguire</b>	Al termine del corso, lo studente conosce i principi e le problematiche relative alla trasformazione di biomasse vegetali in energia, prodotti chimici e combustibili, i diversi processi applicabili e possiede le conoscenze di base fondamentali per valutare l'efficienza dei diversi approcci.

<b>Contenuti</b>	<p>Valorizzazione delle biomasse vegetali: un'introduzione alla chimica, ai processi ed agli aspetti economici.</p> <p>Reazioni principali applicate alla valorizzazione della biomassa.</p> <p>Il concetto di bioraffineria - Strategie per la conversione della biomassa in energia e bioprodotto.</p> <p>Processi di conversione delle biomasse a fini energetici</p> <p>Trasformazioni biochimiche e produzione di biogas</p> <p>Conversione termochimica (pirolisi e gassificazione)</p> <p>Dalla biomassa ai prodotti chimici tramite le molecole piattaforma</p> <p>Esempi industriali</p>
<b>Testi / Bibliografia</b>	<p>Non è necessario l'acquisto di testi specifici. Alcune parti sono contenute nei testi:</p> <p>F. Cavani, S. Albonetti, F. Basile, A. Gandini " <b>Chemicals and Fuels from Bio-Based Building Blocks</b>" Wiley-VCH, 2016</p> <p>F. Cavani, G. Centi, S. Perathoner, F. Trifirò Eds. " <b>Sustainable Industrial Chemistry</b>" Wiley-VCH, 2009.</p> <p><b>Sito web EPA Green Chemistry <a href="https://www.epa.gov/greenchemistry/green-chemistry-resources#education">https://www.epa.gov/greenchemistry/green-chemistry-resources#education</a></b></p>
<b>Metodi didattici</b>	<p>Verrà utilizzata un'ampia varietà di tecniche di insegnamento, dalle lezioni frontali tradizionali, al lavoro di gruppo su tematiche correlate al corso, all'utilizzo di seminari e tutorial e di parti in e-learning.</p>
<b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b>	<p>Tipo di verifica: La verifica dell'apprendimento avviene attraverso una prova finale orale, deputata all'accertamento dell'acquisizione delle conoscenze e delle abilità attese.</p>
<b>Strumenti a supporto della didattica</b>	<p>Il corso si svolge attraverso lezioni ed attività esercitazionali svolte in aula con registrazione delle lezioni.</p> <p>Queste attività si avvalgono anche di supporti quali presentazioni power point, filmati e tavoletta grafica; tutto il materiale didattico presentato è accessibile agli studenti sull'applicativo della didattica <a href="https://virtuale.unibo.it/">https://virtuale.unibo.it/</a></p>