



ACCADEMIA DEI GEORGOFILII

OSA-NEWS

Osservatorio Scientifico per l'Agricoltura

Gennaio – 2026

POLITICA, ORGANIZZAZIONE E COMUNICAZIONE DELLA SCIENZA

Figuring It Out: Creating Figures That Communicate Science

Plantae webinar series, 17 dicembre 2025

Le rappresentazioni scientifiche sono storie visive di come la ricerca viene percepita e compresa. La nostra è un'epoca in cui la capacità di attenzione -in particolare dell'utenza giovanile- è breve e le immagini parlano per prime per cui è divenuto essenziale, per una buona e efficace comunicazione scientifica, dotarsi nelle presentazioni di figure chiare e ben strutturate, per facilitare l'attenzione, incrementare l'interesse e l'apprendimento di buona parte dei giovani e del pubblico potenzialmente interessato al grande tema dei rapporti tra biologia vegetale, problematiche ambientali e agricoltura.

L'esperienza pregressa da parte delle ricercatrici e dei ricercatori coinvolti nel webinar sottolinea meglio di altre considerazioni, quale è il tipo di approccio necessario per rendere la comunicazione scientifica più attraente e convincente. Eva Birtell è una PhD attivamente impegnata nella ricerca su piante allevate in ambiente controllato con irrigazione basata su sistemi automatici per elevare l'accuratezza dei dati e la riproducibilità degli studi sulle specie coltivate. Fondamentali per Eva sono state le sue due esperienze, fatte tramite la NASA, prima presso il Kennedy Space Center per lo studio della crescita delle piante nello International Space Station e, successivamente, presso il Langley Research Center con l'obiettivo di incrementare la produzione di alimenti per le future missioni su Marte perseguendo anche l'obiettivo di integrare la scienza delle piante con l'ingegneria per la messa a punto di una serra da destinare alla coltivazione sostenibile extraterrestre su Marte.

Helena K. Jambor è una biologa molecolare con una forte passione verso il disegno. Dopo essersi laureata presso lo EMBL (European Molecular Biology Laboratory) ha lavorato a livello genomico, usando le immagini, presso il Max-Planck in Dresden per dedicarsi, infine, alla visualizzazione scientifica dei dati provenienti dalla ricerca biomedica e bioinformatica. Anche Alicja Barbara Kunkowska è biologa molecolare che lavora attualmente sui problemi dell'ipossia con l'obiettivo di chiarire i meccanismi che uniscono il signalling ipossico con la disponibilità di zucchero cellulare. Al momento studia anche, presso la Scuola Sant'Anna di Pisa, la messa a punto dell'attività trascrizionale di ERF-VII e il ruolo dei miRNA nelle risposte delle piante alla carenza di ossigeno. Lo webinar, centrato sui tre ricercatori già nominati, ha incluso un numero di moderatori anch'essi con esperienza pregressa nell'ambito della ricerca biologico-agraria e con preciso interesse alla comunicazione, come Krishna Chaitanya Alamaru, PhD australiano del Centre for Crop Health della University of Southern Queensland, Australia; Elisa De Meo, biologa molecolare delle piante presso la Scuola Sant'Anna di Pisa, studiosa del ruolo del RNA interference nell'adattamento delle piante ai cambiamenti ambientali, ma anche appassionata al coinvolgimento del pubblico nella comunicazione scientifica nell'interesse per

la biologia vegetale; Elisa Krespan del Department of Biology presso la Syracuse University, studia in particolare l'espressione delle espansine e delle suwollenine nelle interazioni tra pioppo e funghi micorrizici, con un forte interesse alle intersezioni tra biologia e design.

PIANTE COLTIVATE ERBACEE E ARBOREE

(fisiologia, genetica, biotecnologia)

Methionine-mediated trade-off between plant growth and salt tolerance

Plant Physiol, Volume 197, Issue 3, March 2025

Lo stress salino è un importante fattore ambientale che limita la crescita e lo sviluppo delle piante. Una migliore comprensione dei meccanismi molecolari alla base della tolleranza al sale nelle piante contribuirà a migliorare l'efficienza produttiva delle piante e quindi la produzione agricola globale in condizioni saline. In questo studio, gli Autori hanno scoperto che l'amminoacido metionina migliora significativamente la tolleranza alla salinità nelle piante. L'attivazione indotta dalla salinità in geni chiave del processo di regolazione della biosintesi della metionina, ovvero la Homocisteina-S-metiltransferasi (HMT) e la Metionina sintasi (MS), è controllata dall'interazione concertata tra l'acido abscissico (ABA) e la segnalazione delle specie reattive dell'ossigeno. Questo sottile coordinamento dell'attivazione genica porta successivamente all'accumulo di metionina, attivando la segnalazione dell'ABA e migliorando la tolleranza alla salinità nelle piante. Oltre al suo ruolo nella modulazione della segnalazione dell'ABA, la metionina influenza le dinamiche di crescita delle radici sopprimendo la segnalazione di auxine e citochinine e impedendo la progressione del ciclo cellulare. Questi molteplici effetti sulle vie di segnalazione correlate alla crescita portano a un'efficace redistribuzione delle risorse energetiche per migliorare la capacità della pianta di combattere lo stress indotto dal sale. I risultati della ricerca sottolineano il ruolo fondamentale della metionina nel migliorare l'adattamento delle piante allo stress salino, stabilendo un delicato equilibrio tra crescita e tolleranza al sale. Questa comprensione meccanicistica getta luce su un modo efficace per aumentare le rese delle colture nei terreni salini e fornisce un quadro strategico per pratiche agricole sostenibili in ambienti difficili.

Drought does not mitigate reductions in soybean photosynthesis and yield caused by elevated ozone

Plant Physiol, Volume 199, Issue 1, September 2025

Si prevede che la concomitanza di elevate concentrazioni di ozono troposferico e siccità in varie regioni agricole del pianeta aumenterà con il cambiamento climatico. Entrambi i fattori di stress hanno un impatto negativo sulla capacità fotosintetica delle foglie e sulla conduttanza stomatica, contribuendo alla riduzione della biomassa e della resa. L'interazione tra ozono e stress da siccità è complessa e poco studiata, soprattutto in pieno campo. La chiusura degli stomi in risposta all'inaridimento del suolo può fornire protezione dall'elevato afflusso di ozono alle foglie. Al contrario, livelli elevati di ozono possono impedire la chiusura degli stomi indotta dalla siccità, con conseguente esaurimento delle risorse idriche del suolo e aggravamento dello stress da siccità. Nella sperimentazione riportata, è stata utilizzata una concentrazione di ozono di 100 ppb nell'aria libera e forme di chioma tali da generare una parziale esclusione delle precipitazioni (che intercettano, cioè, circa il 40% delle precipitazioni stagionali), per verificare i potenziali effetti dell'interazione tra livelli elevati di ozono e stress da siccità, sulla fisiologia e sulla resa a livello fogliare della soia (*Glycine max*). L'elevato livello di ozono ha ridotto costantemente sia la capacità di carbosilazione della Rubisco (-17%) che la capacità massima di trasporto degli

elettroni (-9%) della soia nei 3 anni di studio. L'ozono elevato non ha alterato le relazioni tra umidità del suolo, acido abscissico e conduttanza stomatica. Pertanto, non vi erano prove che indicassero che l'esposizione all'ozono impedisse la risposta degli stomi durante la siccità. La resa è stata significativamente ridotta nella soia esposta a livelli elevati di ozono, a causa del minor numero di semi per appezzamento e della riduzione delle dimensioni dei semi. Il trattamento con precipitazioni ridotte ha influenzato le rese solo nella stagione di crescita più secca. Questi risultati suggeriscono che gli effetti dell'ozono elevato e della siccità sono additivi, piuttosto che interattivi, e dose-dipendenti. La persistenza del danno da ozono in condizioni di riduzione dell'umidità del suolo è probabilmente aggravata dal cambiamento climatico globale.

 [Digital PCR enables direct root biomass quantification and species profiling in soil samples](#)
Plant Physiology, Volume 198, Issue 3, July 2025

Le radici svolgono una funzione fondamentale sia per la crescita che per la resilienza delle piante e rappresentano una delle principali vie di sequestro del carbonio. Pertanto, lo studio delle radici nei sistemi agricoli e naturali è essenziale per sviluppare strategie di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici. I metodi per quantificare la biomassa radicale nei sistemi monocolturali e misti sono quindi molto richiesti. Un approccio promettente consiste nello sfruttare la correlazione tra biomassa radicale e DNA nucleare. Pertanto in questo lavoro viene approfondito l'uso della qPCR per l'analisi quantitativa di campioni di radici. Complessivamente si dimostra come la PCR digitale possa essere utilizzata per quantificare il DNA radicale da campioni di suolo sia contenenti singole specie che una varietà di specie. Questo metodo molecolare presenta diversi vantaggi rispetto a metodi più dispendiosi in termini di tempo, tra cui una maggiore sensibilità e quantificazione assoluta del DNA target, una maggiore accuratezza e affidabilità e la possibilità di quantificare le radici direttamente da suolo che ospita una combinazione di specie diverse. La ricerca ha consentito di mettere a punto un metodo di PCR digitale a gocce (ddPCR) basato sul DNA per la descrizione dettagliata delle specie cui appartengono gli specifici apparati radicali e la quantificazione della biomassa direttamente da campioni di suolo in condizioni sperimentali di campo. I risultati sperimentali suggeriscono che l'implementazione di questo metodo ddPCR può semplificare e migliorare notevolmente la quantificazione delle radici delle diverse specie, anche presenti simultaneamente in campo. Questo metodo offre un'alternativa più efficiente in termini di tempo e manodopera rispetto alle tecniche tradizionali (ad esempio, la separazione delle radici o la marcatura con C13). La gamma di set di primer-sonda, presentata nel testo sperimentale, può essere ampliata progressivamente per includere ulteriori specie vegetali, ampliando così la portata di questo metodo ddPCR basato sul DNA.

 [Extreme treatments and data overinterpretation could lead to the unjustified conclusion that crop yield is source-limited during the effective grain filling](#)
Field Crops Research, 337, 110264 (2026).

Uno dei grandi temi della fisiologia applicata alle colture riguarda l'identificazione di cali nella produttività dovuti a limitazioni delle fonti (source) o dei centri di richiamo (sink) per gli assimilati. Comprendere quali siano i fattori limitanti e le fasi fenologiche critiche può essere molto utile per ottimizzare la gestione agronomica ed il miglioramento genetico. L'ampio numero di studi sperimentali condotti in campo o in ambiente controllato ha generato nel tempo risultati talvolta contraddittori e soprattutto molte conclusioni ingiustificate o superficiali. Sebbene sia lecito aspettarsi una certa variabilità nei risultati in funzione delle varie condizioni sperimentali soprattutto nelle prove di campo, ci sono spesso carenze metodologiche nell'interpretazione dei dati. Di solito l'apparente contraddizione

nelle conclusioni viene genericamente spiegata con le interazioni tra genotipo ed ambiente senza però chiarire i fattori e i processi alla base di queste interazioni. Attualmente si ritiene che la produttività dei cereali sia limitata alla fonte (source-limited) prevalentemente da condizioni ambientali che si verificano nel periodo in cui viene determinato il numero di cariossidi, mentre è assai più dibattuto se nel periodo di riempimento delle cariossidi le limitazioni siano dovute a fattori attribuibili alla fonte o all'attività dei centri di richiamo (sink-limited). Gli autori del presente lavoro, esaminando una vasta letteratura, mettono in risalto alcuni aspetti spesso trascurati che possono far luce sui motivi di tale confusione. Un primo motivo di contraddizione sta nell'estrapolare conclusioni ottenute da piante che hanno subito severe alterazioni sperimentali nel rapporto source-sink alle colture vere e proprie in campo (non manipolate). Durante la fase di riempimento delle cariossidi, l'assenza di risposta nel peso medio della cariosside a riduzioni nella fonte (mediante ombreggiamento o defogliazione) o a suoi incrementi (diradamento delle cariossidi che riducono i centri di richiamo in competizione) indica che il peso della cariosside nella coltura non manipolata è sink-limited. Se invece il peso medio cambia, per cui diminuisce se source-limited oppure aumenta se sink limited, la traiettoria tra le diverse condizioni può non essere lineare (non linearità della risposta) e si presentano diverse possibilità, a secondo che i cambiamenti insorgono: a) solo per variazioni estreme delle relazioni source-sink che producono variazioni significative nel peso medio della cariosside (manipolazioni lievi non determinano effetti); b) anche per lievi alterazioni del rapporto source-sink che inducono una risposta proporzionale. Ne deriva che nel caso a) è probabile che vi siano limitazioni alla fonte nelle piante non manipolate (coltura tal quale in campo), mentre nel caso b) le limitazioni siano a livello del sink. Questa analisi mette in risalto l'importanza della entità delle manipolazioni e della significatività delle risposte per cui solo in casi in cui le alterazioni imposte del rapporto source-sink sono leggere è possibile trasferire i risultati con un certo grado di confidenza alla reale coltura. Gli autori suggeriscono anche approcci alternativi per questo tipo di studi, quali utilizzare manipolazioni leggere negli esperimenti in modo che la condizione fisiologica delle piante in prova sia confrontabile con quella della coltura reale oppure derivare delle relazioni quantitative che esprimono l'attività del sink o della fonte in modo da sviluppare dei semplici modelli che consentono di simulare gli effetti delle variazioni nel rapporto source-sink, come è già stato fatto per il riso e il grano.

[Hyperspectral discrimination of vegetable crops grown under organic and conventional cultivation practices: a machine learning approach](#)

Sci Rep 15, 7897 (2025)

L'identificazione di metodi non distruttivi per la mappatura degli ortaggi coltivati in regime biologico è fondamentale per garantire la certificazione e la qualità dei prodotti commercializzati come biologici. Attualmente, il metodo prevalente per l'identificazione delle colture biologiche si basa su ispezioni periodiche da parte di personale specializzato, con un'elevata richiesta di lavoro, registrazione dettagliata delle fasi di coltivazione e successiva certificazione.

Il telerilevamento iperspettrale rappresenta una tecnica in rapida evoluzione per l'estrazione di informazioni sulle colture a diverse scale. I dati iperspettrali ad alta risoluzione consentono, in teoria, di distinguere numerose colture in modo univoco a vari livelli di dettaglio. L'obiettivo di questo studio è indagare la possibilità di discriminare spettralmente alcune colture orticole, come la melanzana (*Solanum melongena*) e lo spinacio rosso (*Amaranthus dubius*), coltivate con pratiche biologiche e convenzionali, e valutare l'inclusione di più specie colturali concomitanti a livello paesaggistico nell'analisi di discriminazione.

Dal punto di vista metodologico, la discriminazione spettrale è stata affrontata come un problema di classificazione multi-coltura, applicando 12 diversi algoritmi di apprendimento automatico per valutarne

le prestazioni su un ampio insieme di colture. I risultati hanno evidenziato modelli complessi di discriminazione spettrale: le colture orticole coltivate con pratiche biologiche e convenzionali mostrano un elevato livello di accuratezza (85-95%) nella discriminazione spettrale. Tuttavia, l'efficacia della discriminazione è influenzata dalla scelta del modello di apprendimento automatico e dalla presenza di specie colturali concomitanti, con una riduzione dell'accuratezza di circa il 10%.

Si raccomanda di promuovere studi coordinati, multi-sito e basati su più fasi fenologiche, per garantire la stabilità della discriminazione in contesti spaziali e temporali differenti. I risultati indicano che, a causa delle differenze fisiologiche e biochimiche, le colture biologiche presentano caratteristiche spettrali distintive rispetto a quelle convenzionali. Con l'impiego di algoritmi di apprendimento automatico adeguati, è plausibile mappare le colture su aree geografiche estese utilizzando il telerilevamento iperspettrale.

📌 Targeting the “bitterness gene” by genome editing abolishes synthesis of bitter flavanones in citrus; prospects for new varieties and extended climates for cultivation

Plant J. vol. 124 December 2025

I motivi che hanno portato alla scelta di questo articolo sono prevalentemente due: l'applicazione della tecnologia CRISPR/Cas9 a specie arboree, complesse come i Citrus, e la possibilità di modificare in maniera sostanziale un tratto particolarmente problematico come “l'amaro” tipico di molti Citrus, abbastanza gradevole nel pompelmo ma motivo di selezione negativa per altri Citrus da grande potenziale. Il gusto amaro ai Citrus è conferito prevalentemente dall'accumulo di un flavonoide, il flavanone-neohesperidoside, il cui accumulo è dovuto all'azione di un enzima, la flavanone-7-O-glucosidasi-1,2-rhamnosyltransferasi (1,2haT), presente sia nelle foglie che nei frutti. Per verificare *in vivo* la veridicità della predizione sono stati editati due Citrus “amari”, sia un pompelmo (*Citrus paradisi*) che un incrocio “Carrizo” citrange (*Citrus sinensis* x *Poncirus trifoliata*). La mutagenesi ha portato a mutanti con codoni di stop prematuri che hanno causato sequenze, dell'enzima citato, più corte ed inattive, con la conseguente eliminazione pressoché totale di 3 flavonoidi la naringina neohesperidoside, la neoesperidina, e la poncirina, tutti e tre responsabili del sapore amaro del frutto. D'altro canto, il livello di flavonoidi si è mantenuto elevato con accumulo di esperidina-(flavanone contenente rutinosio), didimina e narirutina, dal sapore neutro. Il mantenimento di un buon livello dei flavonoidi benefici consente di ottenere un effetto nutraceutico ancora elevato nei frutti delle piante mutagenizzate, sia nei frutti e nelle foglie. Questo risultato ha portato a rivedere anche piani di breeding che hanno consentito sia l'ottenimento di pompelmi meno amari, che la produzione di incroci molto interessanti con Citrus resistenti al freddo, fino ad ora scartati perché tendenzialmente amari nei frutti. L'approccio descritto è tuttavia transgenico, in quanto la cassetta utilizzata per inserire la Cas9 nei due trasformati contiene sia la resistenza alla kanamicina che, ovviamente, lo stesso gene Cas9 che è di origine microbica. Tuttavia, gli stessi autori stanno interagendo con un altro gruppo per ottenere la trasformazione con espressione della Cas9 in forma transiente ottenendo pertanto Citrus non OGM con interessanti risultati citati nel lavoro complementare “Transgene free genome editing in citrus and poplar trees using positive and negative selection markers” di Correia Rocha D. et al., *Plant Cell Reports* (2025) 44:244 doi.org/10.1007/s00299-025-03627-2. L'approccio transiente accoppiato con la mutagenesi del gene flavanone-7-O-glucosidasi-1,2-rhamnosyltransferasi (1,2haT) apre a scenari decisamente interessanti per l'ampliamento degli areali di coltivazione dei Citrus (resistenza al freddo) e ad un mercato più ampio che non gradisce il gusto amaro nei frutti.

CRISPR-induced knockouts reveal a dual role for the soybean *NFR5α* gene in symbiotic nitrogen fixation and root hair development

Plant Genome vol.19, issue 1, March 30 December 2025

L'azotofissazione nelle leguminose, in particolare nella soia, rappresenta un punto focale per la riduzione nell'uso dei fertilizzanti azotati e nella produzione di proteine vegetali a basso costo. Tuttavia, l'efficienza della formazione di noduli nelle radici durante l'evento cruciale della simbiosi tra *Rhizobium* e *Glycine max* (symbiotic nitrogen fixation o SNF) varia a seconda della presenza di differenti alleli del gene *GmNFR5α* importante sia nell'efficienza della formazione dei noduli che nello sviluppo di peli radicali, come dimostrato da recenti studi di associazione genome-wide e analisi QTLs. Un altro gene, il *GmROP6*, gioca un ruolo definitivamente importante ma subordinato al precedente, tanto che i due mutanti singoli o il doppio mutante sono stati analizzati per verificare il peso di entrambi i geni. I 3 alleli importanti del gene *GmNFR5α* sono presenti nel genoma della soia, con percentuali più rilevanti di due mutanti nel promotore del gene in oggetto, maggiormente presenti nella soia selvatica (*Glycine soja*) che non nella coltivata. Per verificare il peso di tali mutanti sono stati ottenuti con la tecnologia CRISPR/Cas9 sia mutanti del gene *GmNFR5α* che singolo *GmROP6* e il doppio knock out *GmNFR5α+GmROP6*. Solo il mutante *GmNFR5α* ed il doppio mutante hanno ridotto sensibilmente sia l'efficienza della nodulazione che il numero di peli radicali, denunciando un ruolo essenziale del *GmNFR5α* e, subordinato, del *GmROP6*. Data la frequenza di trasformazioni chimeriche, risequenziamenti Sanger ed Illumina sono stati utilizzati per concentrare le analisi su veri mutanti, prevalentemente di origine mutagenizzata. Resta da definire se i due geni o solo uno dei due abbia un ruolo nella funzionalità dei noduli rimanenti, pur inferiori di numero, poiché l'efficienza della leghemoglobina e della capacità azotofissatrice dei noduli non era rilevabile. Ulteriori analisi dovranno verificare se ci siano o meno effetti negativi anche su questi aspetti di efficienza, oppure se il ruolo dei due geni *GmNFR5α* ed il suo alleato *GmROP6* siano essenziali solo nello sviluppo dei noduli e dei peli radicali o anche nella funzionalità dei noduli. La funzione di questi geni e possibili omologhi in altre specie come i cereali, così come quella di altri geni identificati come cruciali nello sviluppo di peli radicali e nella formazione di noduli, stimola l'ipotesi di applicazioni biotecnologiche anche nel trasferimento della capacità di azotofissazione in specie non ancora capaci di tali funzioni.

PATOGENI DELLE PIANTE: NUOVE SFIDE

Plant Pathogen Name Game: Cross Kingdom Review for the Naming of Biotic Agents Associated with Plants

Annual Review Phytopathology. 63:23-42, 2025

Per comunicare efficacemente tra discipline scientifiche, organismi regolatori e comunità agricola, è fondamentale la corretta denominazione dei patogeni delle piante assegnati a specifici taxa. In questo lavoro gli autori forniscono una panoramica dei sistemi nomenclaturali che regolano la denominazione dei funghi, oomiceti, procarioti e virus patogeni delle piante. Sebbene l'attenzione sia rivolta principalmente alla natura dei codici di nomenclatura, vengono brevemente discussi anche i principi fondamentali della tassonomia, inclusi classificazione e identificazione. Vengono definiti gli elementi chiave dei codici di nomenclatura che garantiscono stabilità e chiarezza nella denominazione delle specie patogene. Confrontando le pratiche nomenclaturali nei diversi regni, emergono differenze nei sistemi di classificazione e nomenclatura, che comportano sfide specifiche. Il lavoro fornisce indicazioni, basate sui codici e sulle pratiche attuali, per la denominazione di nuove specie.

In presenza di conflitti nomenclaturali, i comitati internazionali svolgono un ruolo cruciale nella loro risoluzione e contribuiscono anche all'aggiornamento dei codici alla luce dei nuovi progressi scientifici. Con questa rassegna, gli autori intendono supportare fitopatologi, editori scientifici e studiosi di settori affini, offrendo un'introduzione ai requisiti formali e normativi dei codici. Gli autori sono tenuti a consultare e seguire le regole del codice appropriato per qualsiasi proposta di nuovi nomi o nuove combinazioni. A chi è interessato a denominare nuove specie (o a rinominare quelle esistenti) si raccomanda di collaborare con esperti di tassonomia, al fine di garantire il rispetto delle regole e delle procedure per una nomenclatura accurata e coerente e aumentare la probabilità che la proposta sia corretta e accettata

Challenges and Advances in Ensuring a Safe Global Seed Supply

Annual Review Phytopathology. 63:43-62, 2025

I semi sono la pietra angolare della sicurezza alimentare per una popolazione globale in crescita. Una disponibilità abbondante di semi sani e di alta qualità, provenienti da varietà migliorate, è fondamentale per la nutrizione e la salute umana. Per soddisfare questa esigenza, l'industria sementiera globale è diventata sempre più complessa, caratterizzata da operazioni multinazionali che accelerano lo sviluppo di nuove varietà e forniscono in modo efficiente scorte adeguate di semi. Con l'aumento della movimentazione internazionale dei semi, i rischi legati ai patogeni trasmessi dai semi sono sempre più sotto osservazione, e le normative fitosanitarie cambiano frequentemente. Allo stesso tempo, i progressi tecnologici permettono lo sviluppo di metodi di analisi della sanità dei semi sempre più sensibili, spesso richiesti dagli organismi nazionali di protezione delle piante per autorizzare l'importazione dei lotti sementieri. Patogeni emergenti trasmessi dai semi insieme ai cambiamenti nelle regole di importazione, hanno causato importanti disagi nelle operazioni dell'industria sementiera negli ultimi anni. In risposta, sono nate numerose collaborazioni innovative tra settore pubblico e privato per affrontare le sfide della movimentazione internazionale dei semi. La sicurezza alimentare globale dipende da una fornitura stabile di semi sani di varietà migliorate. Sviluppare queste varietà e garantire scorte adeguate richiede uno sforzo globale volto a una movimentazione internazionale dei semi efficiente e sicura. I patogeni trasmessi dai semi rappresentano un rischio riconosciuto per la produzione agricola sostenibile e la sicurezza alimentare. Le normative fitosanitarie internazionali sono fondamentali, ma non sempre ben coordinate: è necessario un maggiore grado di armonizzazione e collaborazione tra soggetti pubblici e privati. Numerosi programmi e organizzazioni si impegnano a rafforzare collaborazione, comunicazione e formazione, al fine di facilitare un sistema più efficiente di movimentazione sicura dei semi a livello globale. Nonostante i patogeni emergenti possano creare disagi significativi nella fornitura globale di semi, approcci innovativi per gestire i rischi dei patogeni trasmessi dai semi offrono buone prospettive per mantenere una fornitura di semi efficiente e sicura.

AMBIENTE

A relaxed eddy correlation accumulation flask sampling system for 14C-based partitioning of fossil and non-fossil CO2 fluxes

Atmospheric Measurement Techniques 18, 5349-5373, 2025

I cambiamenti climatici sono una minaccia e una sfida per le attuali società. In tale contesto la corretta quantificazione delle emissioni di CO₂ di derivazione fossile in atmosfera è un dato di fondamentale importanza ai fini di predisporre delle politiche di mitigazione. Le città contribuiscono per circa il 70% alle emissioni di CO₂ fossile sia su scala globale che europea, ma questi numeri sono il risultato di calcoli basati su statistiche di consumo di combustibili fossili e sulle emissioni di singoli settori produttivi, quali traffico, industrie, servizi, che però presentano scarsa risoluzione sia temporale che spaziale, mentre c'è

necessità di poter misurare le emissioni in maniera diretta. La tecnica eddy covariance consente la misura diretta dei flussi verticali atmosferici di gas presenti a basse concentrazioni ed è generalmente utilizzata su ampie ed omogenee superfici orizzontali, ma di recente è stata impiegata anche in sistemi urbani complessi ed eterogenei. In tali ambiti, i flussi di CO₂ dovuti a respirazione e fotosintesi possono essere rilevanti anche durante l'inverno per cui servono metodi per misurare separatamente le componenti fossili da quelle di origine biogenica. Il tracciante radioattivo ¹⁴C si presta benissimo a tale scopo perché ha un tempo di dimezzamento pari a 5730 anni, il che significa che CO₂ di origine fossile non ne contiene e quindi i flussi fossili diluiscono il rapporto ¹⁴C/C nell'atmosfera. In questo lavoro viene descritto il metodo REA (relaxed eddy accumulation), le sue prestazioni, le elaborazioni statistiche necessarie per valutare la qualità dei dati, ed i risultati ottenuti per la misura dei flussi di CO₂ fossile nella città di Zurigo durante 10 mesi di campionamento da una torre di 16.5 m montata in cima ad un edificio di 95.3 m in un'area residenziale. I flussi venivano confrontati e validati con misure di laboratorio presso l'ICOS Flask and Calibration Laboratory a Jena, Germania. Il metodo si è dimostrato molto affidabile e preciso con incertezze di entità trascurabile nella stima delle emissioni fossili dovute al campionamento. Le maggiori differenze di CO₂ tra i campioni presi a monte (updraft) e a valle (downdraft) della corrente aerodinamica e le maggiori emissioni fossili venivano misurate a febbraio e marzo, cioè durante la stagione di riscaldamento degli edifici. Tuttavia, anche in inverno vi erano piccoli segnali di flussi fotosintetici e significativi flussi di respirazione e impiego di combustibili non fossili, il che dimostra che i processi della biosfera influiscono anche in ambiente urbano. La tecnica innovativa REA si dimostra quindi promettente per la determinazione dei flussi fossili in atmosfera in ambienti ad alto grado di antropizzazione e apre la possibilità di misurare con precisione i flussi fossili e non fossili nelle città.

Carbon Dioxide Release During Photosynthesis: Connecting Gas Exchange Behavior With Biochemistry

Plant Cell Environ., 309-319, Sept 2025

Durante la fotosintesi, l'assorbimento di CO₂ è controbilanciato da processi concomitanti di rilascio di CO₂, complicando l'interpretazione delle misurazioni dello scambio gassoso. Sebbene la fotorespirazione rappresenti una parte significativa di questo rilascio di CO₂, prove emergenti indicano che esistono ulteriori vie metaboliche che rilasciano CO₂ durante la fotosintesi. Questo metabolismo, denominato respirazione diurna (spesso Rd) o respirazione alla luce (RL), è ora riconosciuto come una fonte indipendente e significativa di emissioni di CO₂ durante la fotosintesi. Questo lavoro rivisita i modelli classici di fotosintesi e incorporiamo nuove intuizioni derivanti dalla marcatura isotopica e dall'analisi del flusso metabolico (MFA) per indagare le basi biochimiche della RL. È stato identificato lo shunt citosolico del glucosio-6-fosfato (G6P) attraverso la via ossidativa del pentoso fosfato (OPPP) come il principale contributore alla RL. Questo shunt spiega alcune anomalie di lunga data nella marcatura del ciclo di Calvin-Benson-Bassham (CBB). In condizioni non stressanti, la RL rimane stabile al variare delle concentrazioni di CO₂ e dell'intensità luminosa. In condizioni di stress termico, invece la RL si sposta verso una fonte plastidiale. Questi risultati supportano una nuova visione della RL come uno shunt metabolico regolato e compartimentato, piuttosto che un sottoprodotto residuo della respirazione mitocondriale. Questa nuova prospettiva migliora la nostra comprensione del bilancio del carbonio e migliora l'interpretazione delle misurazioni dello scambio gassoso, introducendo una comprensione meccanicistica più approfondita della RL utile per elaborare strategie volte a migliorare l'efficienza fotosintetica e la resistenza allo stress nelle piante.

ZOOTECNIA

(numero dedicato al Precision Livestock Farming)

🔑 [Accurate detection of dairy cow mastitis with deep learning technology: a new and comprehensive detection method based on infrared thermal images.](#)

Animal, 16 numero 10, 2022

L'articolo affronta il problema della **mastite bovina**, una delle principali patologie che compromettono la salute della mammella nelle vacche da latte, con conseguenze rilevanti sulla produzione e qualità del latte, sul benessere animale e sulla sostenibilità economica degli allevamenti. Data l'importanza di una **diagnosi precoce e accurata**, il lavoro analizza i limiti dei metodi tradizionali di rilevamento (conteggio delle cellule somatiche, California Mastitis Test, conducibilità elettrica e pH del latte) e propone un approccio innovativo basato su **termografia a infrarossi (IRT)** e **deep learning**.

La termografia a infrarossi è descritta come una tecnologia non invasiva, ad alta sensibilità e adatta al monitoraggio a distanza, capace di rilevare variazioni della temperatura cutanea associate a processi infiammatori. In particolare, l'aumento della **temperatura superficiale della mammella (USST)** è correlato all'incremento del conteggio delle cellule somatiche (SCC), rendendo l'IRT uno strumento promettente per la diagnosi della mastite, anche in forma subclinica. Tuttavia, l'articolo evidenzia come l'USST possa essere influenzata da fattori individuali (movimento dell'animale, conformazione, pulizia della mammella) e ambientali (temperatura, umidità, vento), riducendo l'accuratezza diagnostica.

Per superare tali limiti, vengono discussi due approcci basati sull'IRT: i) la differenza tra temperatura oculare (OST) e temperatura della mammella (USST), ii) la differenza di temperatura tra la mammella sinistra e destra.

Ciascun metodo presenta vantaggi ma anche criticità, soprattutto nei casi di mastite bilaterale o in presenza di condizioni ambientali variabili.

L'articolo propone quindi un **nuovo metodo integrato**, che combina entrambe le strategie (OST-USST e differenza tra mammella sinistra e destra), al fine di aumentare la robustezza e l'accuratezza della diagnosi. Per automatizzare il processo ed eliminare la necessità di etichettatura manuale delle immagini, viene adottata una **rete neurale di deep learning YOLOv5**, utilizzata per identificare automaticamente le parti chiave della vacca (occhi e mammella) e per estrarre i dati termici in modo affidabile.

La metodologia sperimentale si basa su immagini termiche raccolte da 198 vacche Frisone in un allevamento cinese, prima della mungitura, e su analisi del latte per la determinazione del SCC, utilizzando la soglia di 200.000 cellule/ml per la classificazione della mastite. I risultati confermano la fattibilità e l'**efficacia del metodo proposto** per l'identificazione automatica della mastite bovina, migliorando precisione e applicabilità pratica rispetto agli approcci precedenti.

Nelle sezioni conclusive, il lavoro inserisce questo approccio nel più ampio contesto della **Precision Livestock Farming (PLF)**, sottolineandone il ruolo chiave nel miglioramento del benessere animale, nella riduzione dell'uso di antibiotici e nel supporto a una zootecnia più sostenibile. Viene inoltre discusso il quadro normativo europeo, evidenziando come le politiche dell'UE (CAP, Farm to Fork, strategie sulla biodiversità e sul clima) promuovano digitalizzazione, innovazione e sostenibilità, pur mostrando ancora lacune nella piena tutela del benessere animale.

In conclusione, l'articolo sostiene che l'integrazione tra tecnologie digitali avanzate, benessere animale e sostenibilità ambientale rappresentano una direzione fondamentale per il futuro dell'allevamento, auspicando un aggiornamento normativo e un maggiore supporto alla diffusione delle tecnologie PLF per affrontare le sfide sanitarie, ambientali e produttive del settore lattiero-caseario.

 **Smart technologies for sustainable pasture-based ruminant systems: A review**

Smart Agricultural Technology, Vol. 10 Marzo 2025, 100789

Il contributo analizza il ruolo dei **sistemi di allevamento estensivi e intensivi** nel soddisfare la crescente domanda globale di alimenti di origine animale, evidenziando come nei Paesi sviluppati si stia assistendo a una progressiva intensificazione della produzione e a una riduzione dell'uso dei pascoli. Tuttavia, i sistemi pascolivi rimangono fondamentali, poiché spesso localizzati su terreni non idonei all'agricoltura intensiva e capaci di fornire importanti **servizi ecosistemici**, tra cui conservazione della biodiversità, controllo dell'erosione, regolazione dei cicli idrici e dei nutrienti, benefici socio-economici e sequestro del carbonio nel suolo. La gestione sostenibile dei pascoli è cruciale per affrontare i cambiamenti climatici, migliorare la qualità delle risorse foraggere e incrementare la produttività animale, garantendo al contempo salute e benessere dei ruminanti. Le pratiche tradizionali di allevamento al pascolo risultano però spesso insufficienti a rispondere alle sfide attuali, a causa degli elevati costi di gestione, dell'intensità di lavoro richiesta e dei potenziali impatti negativi su ambiente, benessere animale ed economia aziendale. Tecniche migliorate, come il pascolo razionale e l'impiego di leguminose azotofissatrici, possono rendere questi sistemi più sostenibili e persino carbon negative, riducendo emissioni di gas serra, sovrapascolamento ed erosione. Nonostante le difficoltà gestionali legate alla scarsa interazione uomo-animale e alla variabilità stagionale del pascolo, i sistemi estensivi favoriscono comportamenti naturali, salute e benessere animale.

In questo contesto, le **tecnologie di Precision Livestock Farming (PLF)** emergono come strumenti chiave per migliorare la gestione dei sistemi zootecnici. Attraverso sensori, intelligenza artificiale e sistemi di monitoraggio in tempo reale, la PLF consente di controllare salute, benessere, produzione e impatto ambientale dei singoli animali, supportando decisioni tempestive e migliorando qualità, sicurezza e tracciabilità dei prodotti. Sebbene inizialmente sviluppata per l'allevamento intensivo, la PLF è sempre più applicata ai sistemi al pascolo per affrontarne le specifiche complessità gestionali.

L'adozione delle tecnologie avanzate negli allevamenti estensivi presenta tuttavia numerose sfide, legate all'ampiezza delle superfici, alla morfologia del terreno, alla limitata connettività e alla disponibilità di energia. Per questo, è necessario integrare sensori indossabili sugli animali con dati provenienti da droni, immagini satellitari e sistemi GIS. Un'innovazione rilevante è rappresentata dal **virtual fencing**, che permette la gestione degli animali senza recinzioni fisiche, migliorando la produttività del pascolo, la biodiversità e riducendo il carico di lavoro per gli allevatori, sebbene la sua diffusione sia ancora limitata da vincoli normativi e dalla necessità di ulteriori validazioni scientifiche.

Le applicazioni della PLF nei sistemi pascolivi includono l'identificazione e localizzazione degli animali, il monitoraggio delle condizioni ambientali, del comportamento, della salute e del benessere, la stima dell'ingestione e delle emissioni di metano, il controllo delle performance produttive e riproduttive, la prevenzione della predazione e il supporto alla selezione genetica. L'integrazione di questi strumenti consente una gestione più efficiente e sostenibile delle mandrie.

Dal punto di vista **economico**, ambientale e sociale, i sistemi PLF offrono numerosi vantaggi: ottimizzazione delle risorse, riduzione dei costi operativi e veterinari, miglioramento della redditività, prevenzione del degrado dei pascoli, riduzione delle emissioni e maggiore tutela del benessere animale. Inoltre, favoriscono l'innovazione e nuove opportunità professionali nelle aree rurali.

In conclusione, nonostante i benefici evidenti, permangono importanti **lacune conoscitive e operative** relative ai costi, alla sostenibilità per i piccoli allevatori, alla gestione dei dati e agli effetti a lungo termine sugli animali. La ricerca futura dovrà adottare approcci interdisciplinari e collaborativi per sviluppare soluzioni PLF efficaci, accessibili e responsabili, capaci di migliorare l'efficienza produttiva, la sostenibilità ambientale e il benessere animale nei sistemi di allevamento basati sul pascolo.

Evaluation of automated monitoring calving prediction in dairy buffaloes: a new tool for calving management

Brazilian Journal of Biology, 82, 2022

L'articolo esamina l'utilizzo di **sistemi di monitoraggio automatico del comportamento** per la **predizione del parto nelle bufale da latte**, con l'obiettivo di ridurre le perdite economiche e i rischi sanitari associati a distocia, natimortalità e lunghi intervalli parto–concepimento. In Pakistan, dove il bufalo rappresenta una risorsa strategica per la produzione lattiero-casearia, la bassa fertilità e la difficoltà di individuare tempestivamente l'inizio del parto rendono necessario lo sviluppo di strumenti affidabili per la gestione del parto.

Lo studio si basa sull'ipotesi che **variazioni nei comportamenti di attività, ruminazione e postura** possano essere utilizzate come indicatori precoci dell'imminenza del parto anche nel bufalo, specie per la quale le informazioni disponibili sono limitate rispetto alla bovina da latte. A tal fine, sono state monitorate 40 bufale pluripare mediante dispositivi commerciali NEDAP applicati al collo e alla zampa, capaci di registrare in continuo: ingestione, ruminazione, tempo di decubito, numero di passi, postura e movimento totale nei 10 giorni precedenti il parto.

I risultati mostrano **cambiamenti comportamentali chiari e progressivi** con l'avvicinarsi del parto. Il tempo di alimentazione e di ruminazione diminuisce significativamente negli ultimi giorni prepartum, con un calo marcato nelle ultime 24 ore. I comportamenti di decubito mostrano una riduzione dei bouts nei giorni precedenti, seguita da un aumento immediatamente prima del parto, mentre il numero di passi e il movimento totale aumentano costantemente, raggiungendo il massimo nelle ultime 2 ore, indicando uno stato di irrequietezza associato al travaglio. L'effetto della parità risulta limitato, con differenze minime tra i gruppi, soprattutto nelle ore immediatamente precedenti il parto.

Sulla base dei dati comportamentali raccolti, sono stati sviluppati **modelli di machine learning** (random forest, analisi discriminante lineare e reti neurali) per la predizione del giorno del parto. La combinazione delle variabili provenienti dai sensori al collo e alla zampa ha fornito le migliori prestazioni predittive. In particolare, il modello basato su **reti neurali** ha raggiunto **100% di sensibilità e 98–99% di specificità** nella predizione del giorno di parto, superando i risultati riportati in precedenti studi su bovine da latte.

La discussione conferma che le variazioni comportamentali osservate nel bufalo sono in larga parte coerenti con quanto descritto nei bovini, pur con differenze attribuibili a specie, ambiente, alimentazione e sistemi di stabulazione. L'elevata accuratezza ottenuta suggerisce che l'integrazione di più indicatori comportamentali rappresenta un approccio particolarmente efficace per la gestione del parto.

In conclusione, lo studio dimostra che il **monitoraggio automatico del comportamento**, combinato con **algoritmi di apprendimento automatico**, costituisce uno strumento affidabile e praticabile per la **predizione del parto nelle bufale**, con potenziali benefici in termini di riduzione della distocia, miglioramento del benessere animale e ottimizzazione della gestione aziendale nei sistemi di allevamento bufalino.

NORMATIVA

[Legge di Bilancio 2026–2028: le misure chiave per agricoltura e zootecnia](#)

Con l'approvazione definitiva da parte della Camera dei deputati il 30 dicembre, dopo il via libera del Senato il 23 dicembre, la **Legge di Bilancio 2026** e il **bilancio triennale 2026–2028** diventano operativi. La manovra, pari a circa **22 miliardi di euro**, introduce un pacchetto articolato di **interventi strutturali**

e **incentivi fiscali** volti a sostenere la modernizzazione del settore primario, il benessere animale e la gestione delle emergenze sanitarie e ambientali.

Investimenti e innovazione

Tra le misure di maggiore impatto figura il **credito d'imposta del 40%** per investimenti in beni strumentali nuovi, materiali e immateriali, destinato alle imprese agricole, della pesca e dell'acquacoltura nel periodo 2026–2028, con un tetto massimo di 1 milione di euro per investimento. Particolarmente rilevante l'incremento delle aliquote del credito d'imposta nella **ZES Unica**, che arrivano a circa il 58% sia per PMI sia per grandi imprese agricole e forestali, rafforzando l'attrattività degli investimenti nel Mezzogiorno e nelle regioni recentemente incluse.

Benessere animale e allevamenti

La manovra introduce il “**Fondo per la conversione a metodi di allevamento cage-free**”, con contributi a fondo perduto per favorire la transizione verso sistemi senza gabbie. Lo stanziamento, pari a 500.000 euro per il 2026 e 1 milione di euro per il 2027, mira a migliorare gli standard di benessere animale e ad allineare la zootecnia italiana alle crescenti richieste del mercato e dei consumatori.

Sanità animale ed emergenze

Ampio spazio è dedicato alla **sanità animale**: viene rafforzato il ruolo dei veterinari convenzionati, incrementato di 10 milioni di euro annui il finanziamento agli **Istituti Zooprofilattici Sperimentali**, e potenziato il piano di contenimento dei cinghiali per la prevenzione della Peste Suina Africana. Confermato inoltre l'impegno finanziario dell'Italia verso l'Organizzazione mondiale della sanità animale (WOAH).

Settore lattiero-caseario

Per la storica questione delle **quote latte**, la legge introduce strumenti di maggiore flessibilità per la chiusura del contenzioso: possibilità di rateizzazione fino a dieci anni, ampliamento dei margini di modifica delle proposte transattive e procedure accelerate per lo svincolo delle somme pignorate, con particolare attenzione alle aziende ancora attive e agli eredi dei produttori.

Fisco, carburanti e lavoro

Viene prorogata per tutto il 2026 l'**esenzione IRPEF** sui redditi dominicali e agrari per coltivatori diretti e IAP, mentre restano confermate le agevolazioni sul gasolio agricolo. Sul piano occupazionale, il lavoro occasionale in agricoltura (LOAGRI) diventa strutturale, favorendo flessibilità e collaborazione tra imprese anche tramite contratti di rete.

Territorio, ricerca e sostegno sociale

La manovra rifinanzia i **distretti del cibo**, rafforza il coordinamento contro la siccità, proroga la sperimentazione delle TEA (Tecnologie di Evoluzione Assistita) fino al 2026 e conferma la “**Carta dedicata a Te**” per l'acquisto di beni alimentari essenziali, sostenendo sia le famiglie a basso reddito sia la domanda di prodotti agroalimentari.

Queste segnalazioni bibliografiche sono state curate dagli accademici: Amedeo Alpi, Riccardo Gucci, Riccardo Velasco, Sabrina Sarrocco, Giuseppe Conte, Federica Rossi, Antonio Ferrante.