



ACCADEMIA DEI GEORGOFILI

OSA-NEWS

Osservatorio Scientifico per l'Agricoltura

Luglio - 2026

POLITICA, ORGANIZZAZIONE E COMUNICAZIONE DELLA SCIENZA

L'importanza della recente votazione, espressa dal Parlamento Europeo, sulle Tecnologie di Evoluzione Assistita, è tale che pensiamo di fare cosa gradita premettendo, alle consuete segnalazioni, la nota che segue.

[Tea, l'Europa apre alle nuove biotecnologie: approvato il regolamento che cambia le regole per l'agricoltura](#)

di Giuseppe Conte

Dopo oltre venticinque anni dal divieto sugli Ogm, l'Unione Europea introduce una disciplina specifica per le Tecniche di Evoluzione Assistita (Tea). L'obiettivo è favorire lo sviluppo di colture più resistenti ai cambiamenti climatici, ai parassiti e alle malattie, riducendo al tempo stesso il ricorso ai fitofarmaci. Con l'approvazione definitiva del nuovo regolamento europeo, le TEA – note anche come Nuove Tecniche Genomiche (Ngt) – entrano ufficialmente nel quadro normativo dell'Unione Europea. Si tratta di una svolta importante per il settore agricolo: a differenza degli Ogm tradizionali, queste tecniche non introducono DNA estraneo nella pianta, ma permettono di ottenere modifiche genetiche mirate accelerando processi che potrebbero verificarsi anche in natura.

Fino a oggi, in assenza di una normativa dedicata, le Tea erano assimilate agli Ogm in base a una sentenza della Corte di giustizia dell'Unione Europea e soggette alle restrizioni previste dalla direttiva del 2001. Il nuovo regolamento supera questa impostazione, introducendo regole differenziate in base alle caratteristiche delle modifiche genetiche ottenute.

Le piante ottenute tramite Ngt saranno suddivise in due categorie.

Le “Ngt 1” comprendono le varietà che presentano un numero limitato di modifiche genetiche (fino a 20), modifiche che potrebbero essere ottenute anche attraverso la selezione convenzionale. Una volta verificato il rispetto dei requisiti previsti dal regolamento, queste piante saranno equiparate alle varietà convenzionali. Restano escluse da questa categoria quelle sviluppate per resistere agli erbicidi o per produrre sostanze insetticide.

Le “Ngt 2”, invece, includono piante con modifiche genetiche più numerose o complesse. Per queste continueranno ad applicarsi le procedure previste per gli Ogm: valutazione del rischio, autorizzazione preventiva e controlli prima dell'immissione sul mercato.

Le nuove norme prevedono l'obbligo di tracciabilità ed etichettatura per tutte le piante Ngt 2, mentre le varietà Ngt 1 saranno inserite in una banca dati pubblica europea e il materiale di propagazione dovrà

riportare chiaramente la dicitura "Ngt 1", così da consentire agli agricoltori di effettuare scelte consapevoli.

Il regolamento introduce inoltre un sistema di monitoraggio volto a verificare il contributo delle nuove tecniche genomiche agli obiettivi di sostenibilità, in particolare per quanto riguarda la resistenza a stress abiotici, fitofagi e patogeni e la riduzione dell'impiego di fitofarmaci.

Le piante ottenute con le nuove tecniche genomiche non potranno essere utilizzate nell'agricoltura biologica. Tuttavia, la presenza tecnicamente inevitabile di varietà Ngt 1 non sarà considerata una violazione delle norme sul biologico. La Commissione Europea monitorerà inoltre gli eventuali impatti amministrativi, economici e pratici del nuovo regolamento sugli operatori del settore biologico.

L'Italia si era già mossa in anticipo rispetto alla normativa europea, autorizzando la sperimentazione in campo delle Tea. Con l'entrata in vigore del regolamento, il quadro normativo diventa ora uniforme a livello europeo, offrendo nuove prospettive alla ricerca e all'innovazione in agricoltura, pur mantenendo specifiche garanzie in materia di sicurezza, tracciabilità e trasparenza.

Articolo condiviso da tutti gli altri collaboratori delle OSA-NEWS: Amedeo Alpi, Riccardo Gucci, Riccardo Velasco, Sabrina Sarrocco, Federica Rossi, Antonio Ferrante, Giovanni Benelli

[Taking Action: We're all Advocates](#)

ASPB President's Update, June 9 2026

and

[Plantae Presents: The Benefit of Scientific Societies for Undergraduates to PIs](#)

ASPB Webinar

Non indebolite la scienza!! Sembra dire la presidente della ASPB.

La presidente della American Society of Plant Biology, Tessa Burch-Smith, si è espressa in modo molto deciso a proposito della attuale politica della scienza negli USA. Il fatto in sé potrebbe essere anche trascurato a meno che, come a noi sembra, non rappresenti una presa di posizione su fatti e prospettive che potremmo ritenere simili a quelle che si stanno verificando in Italia e anche in Europa. D'altra parte, il libro recentemente pubblicato da due colleghi biologi vegetali, Vittoria Brambilla e Fabio Fornara "La speranza verde", al di là della commovente storia umana, pone con ammirevole lucidità le difficoltà di chi vuole raggiungere importanti obiettivi di ricerca, ma non trova in Italia -se pur in ambienti evoluti- quell'indispensabile struttura funzionale all'ambizione.

Tornando alla accorata mail che la presidente Burch-Smith ha inviato ai suoi associati, ci appare molto importante che ogni membro venga sollecitato a rispondere ad un questionario governativo che chiede informazioni sulla base delle quali si intende modificare la politica della scienza negli USA. Il suggerimento della presidente è di rispondere con molta accuratezza e spirito critico sia sul piano dei contenuti, che sul piano della partecipazione, ricordando che anche il numero ha un suo forte significato, arrivando a scrivere: il numero fa la forza.

Un ufficio governativo federale ha già provveduto a pubblicare una proposta di regolamento che influenza le modalità di valutazione, conduzione e comunicazione di tutta la ricerca federale; inoltre, la proposta prevede che le responsabilità di valutazione delle proposte di finanziamento delle varie ricerche, vengano affidate non più a responsabili scientifici (peer review - revisione paritaria), ma a figure di nomina politica. Nessuno è perfetto anche nel sistema esistente attualmente, ma sembra ovvio che si vada ad una riduzione globale delle spese che includono anche i finanziamenti per le pubblicazioni

, per abbonamenti alle riviste, per la partecipazione a congressi di settore scientifico, sino ad intravedere una limitazione delle collaborazioni internazionali. In altre parole, se questi scenari dovessero avverarsi, certamente ne uscirebbe perdente il rigore scientifico e l'innovazione che, complessivamente, ha contraddistinto l'ambiente scientifico americano per lunghi decenni.

Pertanto, la ASPB si ritiene impegnata a contrastare le politiche che ostacolerebbero il progresso scientifico e la collaborazione internazionale e ritiene che questi obiettivi siano tanto più conseguibili, quanto più si terrà conto dell'opinione degli operatori del settore biologico-vegetale.

Come integrazione a quanto riportato sopra ci sembra utile fare una considerazione sullo webinar "I vantaggi delle società scientifiche per gli studenti universitari" che comunque, almeno parzialmente, interseca le molte cose affrontate sino ad ora. Il punto centrale è certamente il ruolo delle società scientifiche sui percorsi di studio degli studenti, lo sviluppo delle loro carriere, le opportunità di ricevere finanziamento, ma anche sul significato della comunicazione scientifica, la collaborazione tra strutture di insegnamento e di ricerca con le imprese artigianali e industriali. Le persone scelte per parlare di questi aspetti sono state opportunamente selezionate nel vasto panorama statunitense e internazionale. Alcuni esempi sono Dior Kelley professoressa associata del Dipartimento di Genetica e Biologia Cellulare della Iowa State University che studia come lo sviluppo delle radici e dei germogli in mais e *Arabidopsis* sia sotto il controllo delle auxine; i dati vengono usati ai fini del miglioramento genetico delle piante coltivate nel quadro della loro resilienza. Altra persona coinvolta è Sonal Sachdev postdoc al Dipartimento di Biologia della New York University, dopo aver conseguito il PhD in Scienze della Vita in India, presso il Bose Institute. Attualmente è impegnata in ricerche sulle interazioni tra DNA e proteine che regolano le vie metaboliche attivate durante gli stress in *Arabidopsis*. Sono due esempi, scelti tra i diversi ricercatori che si sono messi a disposizione per spiegare le varie problematiche sovraespresse con l'attenzione massima verso le osservazioni e i desideri di chi si avvia allo stesso mestiere in un ambiente, come sappiamo, affascinante, ma non privo di problemi. La condivisione delle esperienze può servire non poco.

PIANTE COLTIVATE ERBACEE E ARBOREE (fisiologia, genetica, biotecnologia)

 [The kinase CRK5 regulates dark-induced senescence and dissipation of energy as heat by inhibiting salicylic acid signaling](#)

Plant Physiology, Volume 200, Issue 2, February 2026

L'intensità luminosa e la lunghezza del fotoperiodo sono i principali fattori che regolano la normale fisiologia della pianta. Il mesofillo fogliare è strutturato in modo da assorbire la luce nel modo più efficiente possibile. Se viene assorbita luce in eccesso (AEE), essa viene dissipata, primariamente mediante un quenching non-fotochimico e altri meccanismi di quenching, per evitare danni foto-ossidativi ai fotosistemi. D'altra parte una disponibilità fortemente ridotta di luce, come avviene sotto una intensa ombra o nell'oscurità, innesca la senescenza fogliare in molte specie. La senescenza fogliare è un fenomeno complesso e coordinato che comporta la degradazione delle proteine, dello RNA, dei lipidi di membrana, delle clorofille e di altri pigmenti in modo da riciclare molecole essenziali per altri tessuti e organi più giovani. L'inizio e la progressione della senescenza è sotto il controllo di alcuni ormoni, come l'etilene, l'acido abscissico, l'acido jasmonico e l'acido salicilico.

Nelle piante, una importante proteina che funziona da recettore di stimoli è la CYSTEINE-RICH RECEPTOR-LIKE KINASE 5 (CRK5), cioè una proteina di segnalazione, ricca in cisteina e localizzata nella membrana cellulare; essa è implicata nei processi di sviluppo e di risposta allo stress. Il suo promotore contiene molteplici motivi W-box, suggerendo una regolazione da parte dei fattori di trascrizione WRKY e un potenziale ruolo nel "signaling" dipendente dall'acido salicilico (SA). Poiché lo SA promuove simultaneamente la senescenza indotta dall'oscurità e modula la dissipazione fotoprotettiva dell'energia assorbita in eccesso (AEE) sotto forma di calore, attraverso i suoi effetti sul quenching non fotochimico (NPQ), con ricadute sui movimenti degli stomi e, quindi, sulla temperatura fogliare, rimane ancora da chiarire come questi processi, guidati dallo SA, siano coordinati. In questo studio, è stata affrontata la questione irrisolta di come la CRK5 colleghi la segnalazione dello SA alla regolazione sia della senescenza che della dissipazione dell'AEE sotto forma di calore. Il gruppo dei ricercatori polacchi che ha svolto le ricerche, ha dimostrato che la perdita della funzione di CRK5 porta a un aumento dell'accumulo di SA, a una senescenza accelerata indotta dall'oscurità, a una riduzione del NPQ, a temperature fogliari più basse e a prestazioni fotosintetiche compromesse in *Arabidopsis* (*Arabidopsis thaliana*). L'analisi trascrittomica ha rivelato un'estesa deregolamentazione dei geni associati alla senescenza, di quelli che rispondono allo SA e ai geni dei WRKY in *crk5*, in particolare in condizioni di oscurità prolungata. Fondamentalmente, l'introduzione del gene SA-induction-deficient-2 (*sid2*) o della linea transgenica (*NahG*), che codifica per la salicilato idrolasi originando il catecolo, nel background *crk5* ha completamente invertito questi fenotipi, mentre l'interruzione della segnalazione dell'etilene, *ethylene-insensitive-2* (*ein2*), non lo ha fatto, dimostrando che CRK5 agisce specificamente attraverso vie dipendenti dallo SA. I ricercatori, tramite una linea di *Arabidopsis* costituita per ottenere alti livelli di SA, hanno osservato fenotipi simili a *crk5*, e anche lo SA esogeno ha ulteriormente ridotto NPQ e la temperatura fogliare in tutti i genotipi, confermando che è l'acido salicilico che regola negativamente la dissipazione di AEE fogliare sotto forma di calore e l'efficienza fotosintetica. Nel complesso, i risultati identificano CRK5 come un regolatore negativo chiave della via di segnalazione dell'acido salicilico, che ritarda la senescenza indotta dall'oscurità regolando positivamente la fotosintesi, NPQ e la dissipazione termica di AEE sotto forma di calore. Questo lavoro ha rivelato il ruolo, precedentemente non riconosciuto, della proteina CRK5 nel coordinare la senescenza mediata dallo SA e la gestione energetica fotoprotettiva.

1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase determines the fate of ethylene biosynthesis in a tissue-specific way

Plant Physiology Volume 200, Issue 2, February 2026

La fisiologia ormonale delle piante torna con un interessante articolo sull'etilene chiarendo il ruolo della ACO (1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxydase), l'enzima che catalizza la fase terminale della sintesi dell'etilene.

Nelle piante da seme, l'etilene viene prodotto dall'acido 1-amminociclopropano-1-carbossilico (ACC) tramite l'enzima ACC ossidasi (ACO). Nonostante il ruolo cruciale dell'ACO nella biosintesi dell'etilene, la famiglia genica ACO non è stata completamente caratterizzata neppure nella specie modello *Arabidopsis* (*Arabidopsis thaliana*). Questo studio, realizzato dal gruppo di ricercatori belgi del Leuven (Lovanio) Plant institute, appartenente al Dipartimento dei Biosistemi, si è centrato sui 5 geni codificanti per ACO in *Arabidopsis*, rivelando distinti modelli di espressione tessuto-specifici e legati allo sviluppo. Ciascun enzima ACO ha mostrato una capacità enzimatica unica per la produzione di etilene, facilitando

la regolazione isoforma-specifica della biosintesi dell'etilene. A livello subcellulare, l'ACO si localizza prevalentemente nel citosol, dove probabilmente avviene la biosintesi dell'etilene, ma, inaspettatamente, anche nel nucleo. Attraverso la genetica inversa (partire dal genotipo per comprendere il fenotipo), si è osservato un elevato grado di ridondanza genica, che sostiene la biosintesi dell'etilene. L'inattivazione di tutti e 5 i geni ACO ha reso le piante incapaci di produrre etilene, ma non ha influenzato negativamente lo sviluppo delle plantule, la fase vegetativa o riproduttiva. Tuttavia, alcuni processi di sviluppo associati ad alti tassi di produzione di etilene, come la germinazione e la caduta dei petali, risultavano compromessi nel mutante quintuplo *aco*, mentre altri, come la senescenza fogliare, non lo erano. Ciò suggerisce che la modulazione dei tassi di emissione di etilene da parte delle ACO sia fondamentale per determinare specifici processi di sviluppo. Inoltre, il mutante quintuplo *aco* ha mostrato risposte alterate a stress abiotici (ad esempio carenza di nutrienti e tossicità da metalli) e biotici (ad esempio *Botrytis cinerea*), analogamente alle piante insensibili all'etilene. Questo evidenzia il ruolo cruciale dell'etilene nella modulazione delle risposte allo stress. In conclusione, la famiglia di geni ACO svolge un ruolo vitale nella regolazione sottile della biosintesi dell'etilene in modo spazio-temporale, modulando così lo sviluppo delle piante e la loro resilienza allo stress.

Innovative integration of stress physiology and biotechnological tools for mitigating metal stress in plants

Frontiers in Plant Science Volume 17, 2026

Convinti che le varie forme di inquinamento e l'accumulo dei rifiuti siano sempre più frequenti nella nostra vita a livello globale, abbiamo trovato interessante questo editoriale di FPS e per questo lo segnaliamo volentieri, sicuri di fare opera meritoria per il nostro Osservatorio.

La contaminazione dei suoli da metalli pesanti rappresenta un vincolo persistente, e non biodegradabile, per la produttività delle piante, la stabilità degli ecosistemi e la sicurezza alimentare, in particolare nelle regioni caratterizzate da attività minerarie, industrializzazione e agricoltura intensiva. Affrontare questa sfida richiede una comprensione integrata della fisiologia dello stress delle piante, combinata con strategie biotecnologiche innovative. Nonostante decenni di ricerca, gli approcci di mitigazione sono rimasti in gran parte frammentati, concentrandosi su processi fisiologici, microbici o geochimici isolati. Ciò limita il trasferimento dei risultati degli esperimenti a soluzioni in campo. I contributi raccolti in questo tema di ricerca segnalano collettivamente un cambiamento critico verso modelli multiscala che collegano la fisiologia dello stress delle piante, l'ecologia della rizosfera e le dinamiche del sistema suolo. Collegando esplicitamente i meccanismi molecolari di trasporto e detossificazione dei metalli con la mediazione microbica, la regolazione ormonale e i processi del suolo dipendenti dal contesto, questi studi promuovono una prospettiva sistemica sulla mitigazione dello stress da metalli. Anziché trattare i processi vegetali, microbici e del suolo in modo isolato, questi studi convergono su una prospettiva sistemica che collega la regolazione molecolare, le interazioni della rizosfera e il contesto ambientale.

Questo approccio integrato unisce la regolazione molecolare, le interazioni della rizosfera e il contesto ambientale, fornendo una base per tradurre le conoscenze meccanicistiche in soluzioni applicabili sul campo. Questa prospettiva è particolarmente rilevante nelle regioni ricche di metalli del Sud del mondo, dove le intense attività minerarie coincidono con flore altamente diversificate su suoli metalliferi. Una sintesi concettuale di queste interazioni a diverse scale è presentata nella Figura seguente.

La [figura](#) non ha una didascalia perché ci sembra eloquente il punto fondamentale e cioè la natura fortemente interdipendente delle varie componenti, naturali e non che agiscono sullo stress da metalli pesanti, d'altra parte paradigmatico di ogni altro tipo di stress.

[Three-year energy balance comparison between a utility-scale photovoltaic park and a managed conifer forest and effects on air temperature](#)

Agricultural and Forest Meteorology Volume 387, 15 August 2026

Gli impianti fotovoltaici a terra su larga scala possono rappresentare un modo per ridurre le emissioni di gas serra e mitigare il cambiamento climatico. Tuttavia, il loro sviluppo richiede vaste aree di terreno, creando conflitti nell'uso del suolo. Inoltre, la loro influenza sul clima locale rimane poco compresa, in particolare nelle regioni temperate. Questo lavoro confronta i bilanci radiativi ed energetici di una foresta di conifere gestita e di un parco fotovoltaico nelle vicinanze ([grafico](#)), nonché i loro effetti sulla temperatura dell'aria, utilizzando tre anni di misurazioni continue e innovative basate sul metodo fisico della correlazione tra flussi turbolenti. Questo raro set di dati proveniente da parchi solari situati in zone temperate ha migliorato la comprensione degli impatti dei cambiamenti nell'uso del suolo, fornendo informazioni utili per la selezione dei terreni e la progettazione delle infrastrutture.

I risultati hanno rivelato un'albedo (coefficiente di riflessione della radiazione solare) più elevato nel parco fotovoltaico rispetto a quello della chioma dei pini (0,13 contro 0,09), determinando una disponibilità di radiazione netta inferiore del 20% rispetto a quella della foresta. In linea con la minore energia disponibile, i flussi di calore sopra il parco fotovoltaico erano ridotti rispetto alla foresta, in particolare il flusso di calore sensibile (H) in estate ($227,6 \pm 9,3 \text{ W m}^{-2}$ contro $377,9 \pm 56,6 \text{ W m}^{-2}$). Nonostante queste osservazioni, le temperature diurne sono rimaste simili tra i due siti. Nel parco, l'energia dirottata verso la produzione di elettricità ha ridotto l'energia immagazzinata disponibile per il rilascio, determinando occasionalmente notti più fresche e maggiori variazioni termiche diurne rispetto alla foresta. Il rapporto di Bowen, definito come il rapporto tra flussi di calore sensibile H e il flusso di calore latente di evapotraspirazione (LE), era fino a due volte più elevato nel parco solare rispetto alla foresta, indicando che il calore sensibile e quindi la quota di energia usata per riscaldare l'aria dominava la ripartizione energetica nonostante l'evapotraspirazione proveniente dal sottobosco. Tuttavia, la maggiore resistenza alla siccità della vegetazione del parco ha permesso di mantenere stabile l'evapotraspirazione, mettendo in evidenza il suo ruolo regolatore nel moderare la temperatura dell'aria attraverso la limitazione del flusso di calore sensibile.

[Nanofertilisers: Agronomic promise and the need for a fit-for-purpose EU regulatory framework](#)

European Journal of Agronomy, vol. 180, 2026

I nanofertilizzanti si sono affermati come uno dei settori più visibili e in rapida espansione nell'ambito dell'agricoltura basata sulle nanotecnologie, ma la loro maturità agronomica e la loro prontezza all'implementazione rimangono disomogenee. Questo lavoro offre una sintesi critica e di definizione dei confini dei nanofertilizzanti all'intersezione tra agronomia, comportamento ambientale e governance, con un'attenzione specifica all'Unione Europea. L'analisi combina una mappatura bibliometrica del panorama della ricerca con una revisione interpretativa dell'evoluzione tecnologica, delle evidenze

agronomiche, delle incertezze a livello ambientale e di sistema e delle implicazioni normative. I risultati bibliometrici mostrano che la ricerca sui nanofertilizzanti si è espansa rapidamente e si è diversificata oltre la formulazione dei materiali verso temi agronomici, ambientali, orientati alla sostenibilità e relativi alla governance. Tuttavia, la sofisticazione tecnologica e il consolidamento agronomico non hanno progredito allo stesso ritmo. La base di evidenze rimane dominata da studi in condizioni controllate, mentre la validazione sul campo è ancora limitata e disomogenea tra le diverse classi di formulazioni. La nano-urea e i relativi sistemi a base di nano-azoto rappresentano attualmente il percorso più maturo orientato al campo, mentre i sistemi a base di nano-idrossiapatite orientati al fosforo occupano una posizione intermedia e le piattaforme più complesse a base di nanovettori o ibride rimangono in gran parte in fase pre-campo.

La revisione mostra inoltre che la rilevanza futura dei nanofertilizzanti non può essere valutata esclusivamente sulla base delle prestazioni delle formulazioni, poiché permangono notevoli incertezze relative al destino, alla persistenza, alla biodisponibilità, alle interazioni con organismi non bersaglio, alle esposizioni combinate, alla scalabilità e ai costi. Da una prospettiva europea, il limite principale non è solo l'imaturità scientifica o tecnologica, ma l'assenza di un percorso coerente e adeguato allo scopo, in grado di collegare la caratterizzazione dei materiali, la validazione agronomica, le prove ambientali e il posizionamento normativo. La revisione conclude che i progressi nell'UE richiederanno uno sviluppo più selettivo basato su archetipi, una standardizzazione più forte, una validazione sul campo più ampia e strategie di evidenza a più livelli allineate ai principi di "Safe and Sustainable by Design".

Microgreens: a comprehensive review on growth conditions, nutritional quality, and their applications

Food Reviews International, 42(4), 2405-2437

I microgreens sono giovani plantule di ortaggi raccolte in una fase precoce di sviluppo, tipicamente tra 7 e 14 giorni dopo la germinazione, quando hanno sviluppato i cotiledoni e, talvolta, le prime foglie vere. Nonostante il loro stadio immaturo, rappresentano una fonte altamente concentrata di nutrienti e composti bioattivi di particolare interesse nutrizionale e funzionale. Numerosi studi hanno dimostrato che i microgreens possiedono livelli significativamente elevati di vitamine (come vitamina C, E e K), minerali essenziali, pigmenti (carotenoidi e clorofille), antiossidanti e fitochimici, spesso in concentrazioni superiori rispetto alle corrispondenti piante mature. Inoltre, tali composti risultano frequentemente più biodisponibili, contribuendo a potenziali effetti benefici sulla salute umana. Tra questi, si segnalano attività antiossidanti e antinfiammatorie, modulazione del metabolismo glucidico e lipidico e possibili effetti protettivi nei confronti di patologie croniche non trasmissibili.

In particolare, evidenze recenti suggeriscono che il consumo di microgreens di broccoli possa esercitare effetti positivi sul controllo glicemico e sulla modulazione del microbiota intestinale nei pazienti affetti da diabete di tipo 2, grazie all'elevato contenuto di glucosinolati e composti derivati come il sulforafano. Tali proprietà rendono i microgreens promettenti come componenti di strategie nutrizionali mirate alla prevenzione e gestione delle malattie metaboliche.

Questa rassegna analizza in maniera approfondita il profilo nutrizionale dei microgreens, esaminando i principali fattori che ne influenzano la qualità, come la specie vegetale, le condizioni di crescita e le tecniche di coltivazione. Particolare attenzione è dedicata ai sistemi innovativi, quali l'agricoltura verticale e le coltivazioni indoor controllate, che consentono di ottimizzare resa, qualità nutrizionale e sostenibilità ambientale attraverso l'uso efficiente di risorse come acqua, energia e suolo.

Vengono inoltre considerate le tecniche post-raccolta, tra cui il confezionamento in atmosfera modificata e le strategie di conservazione volte a mantenere la freschezza, la sicurezza microbiologica e il contenuto nutrizionale del prodotto. Parallelamente, la rassegna esplora approcci microbiologici innovativi, inclusa l'uso di microrganismi benefici e biostimolanti, per migliorare la crescita, la resa e la qualità funzionale dei microgreens, riducendo al contempo il rischio di contaminazioni.

Infine, viene discusso il potenziale applicativo dei microgreens nell'industria alimentare, evidenziandone l'impiego come ingredienti funzionali in prodotti innovativi e di elevato valore nutrizionale. Grazie al loro profilo nutraceutico e alla loro versatilità culinaria, i microgreens si configurano come un'opportunità promettente per promuovere diete più sane e sostenibili, contribuendo al contempo allo sviluppo di sistemi agricoli resilienti e ad alta efficienza.

Grafico: La filiera produttiva dei microgreens o microortaggi, i loro apporti dal punto di vista nutrizionale e possibile valorizzazione a livello agro-industriale.

FISIOLOGIA DELLE PIANTE ARBOREE

 A novel method based on high-resolution imaging spectroscopy to predict fine-root traits and the economics space of fresh tree roots

New Phytologist (2026)

Determinare in maniera rapida ed affidabile le caratteristiche delle radici, la metà nascosta delle piante, rappresenta un obiettivo fondamentale per comprendere come le diverse specie vegetali riescano ad adattarsi all'ambiente, a crescere e a produrre. Sebbene invisibili, gli apparati radicali svolgono un ruolo fondamentale nel regolare i processi vegetativi e riproduttivi dell'intera pianta. Nelle specie legnose perenni le radici fini si rinnovano rapidamente durante la stagione di crescita e conoscerne la densità e la distribuzione consente di ottimizzare la tecnica colturale. Lo studio ha utilizzato tecniche spettroscopiche abbinate ad immagini ad alta risoluzione per caratterizzare, non solo dal punto di vista morfologico ed anatomico ma anche per la composizione chimica, le radici fini assorbenti intatte di diverse specie forestali. In particolare, gli autori hanno valutato l'efficacia della riflettanza spettrale nel visibile (VIS), vicino infrarosso (NIR), ed infrarosso a breve lunghezza d'onda (SWIR) per stimare un insieme di caratteristiche delle radici fini di 20 specie arboree prelevate da foreste artificiali di conifere (dominanza di *Larix kaempferi* latifolia e oltre 30 sempreverdi, come *Picea glehnii*, *Abies sachalinensis*, and *Chamaecyparis obtusa*) e naturali di decidue latifoglie (dominanza di *Quercus crispula*, *Acer pictum*, *Sorbus alnifolia*, *Tilia maximowicziana*) nel Nord del Giappone. I dati venivano acquisiti nella banda del VIS–NIR (458–960 nm), del SWIR (967–2391 nm), o nell'intera regione spettrale combinata da 458 a 2391 nm e la riflettanza spettrale delle radici veniva utilizzata per stimarne i seguenti tratti funzionali: lunghezza specifica, densità del tessuto, rapporto corticale, rapporto stele, contenuto di azoto, rapporto carbonio-azoto, contenuto in cellulosa e contenuto in lignina. Dal confronto statistico dei modelli è emerso che la previsione era più accurata utilizzando la banda SWIR e il set a banda intera. Il diametro delle radici, la lunghezza specifica e il contenuto di azoto erano le caratteristiche che venivano stimate con maggiore accuratezza in tutte le 20 specie legnose, mentre il contenuto in lignina o in cellulosa ricadeva tra quelle meno prevedibili in maniera affidabile. In generale, la spettroscopia ad immagini ad alta risoluzione si è dimostrata una tecnica rapida ed efficiente per indagini sulle radici fini di specie forestali, senza dover essiccare e macinare il tessuto ed eseguire analisi con reagenti in labora-

torio. La spettroscopia per immagini consente di valutare contemporaneamente numerosi caratteri di radici fresche intatte mantenendone inalterata la distribuzione spaziale, la morfologia e l'anatomia con evidenti vantaggi in termini di tempo e costi di preparazione. I risultati si prestano anche all'integrazione con tecniche di apprendimento computerizzato (*machine learning*) per facilitare l'interpretazione delle complesse strategie che le specie forestali adottano per la colonizzazione e l'utilizzazione del suolo. Inoltre, è possibile tracciare delle mappe (ad esempio del diametro, del contenuto in azoto, della distribuzione delle radici), che permettono di monitorare la dinamica di crescita degli apparati radicali. Oltre a costituire un notevole passo in avanti per studi di ecologia forestale, questi risultati sono, in prospettiva, esportabili a sistemi culturali arborei, orticoli e di pieno campo.

FUNGHI E AMBIENTE

Ecologia, interazioni e resistenza dei funghi negli ecosistemi del suolo

Fungal diversity, ecology and functions in soil ecosystems

Nature Reviews Microbiology (2026)

La crescente pressione esercitata dalle attività antropiche sugli ecosistemi terrestri sta alterando profondamente il funzionamento delle comunità microbiche del suolo, rendendo sempre più urgente comprendere il ruolo dei funghi e la loro risposta ai cambiamenti ambientali. Questo lavoro spiega come i funghi siano una componente fondamentale della comunità microbica dei suoli, dove formano assemblaggi ricchi di specie sia negli ecosistemi naturali sia nei terreni gestiti dall'uomo. La loro fisiologia peculiare, la modalità nutrizionale per assorbimento e la loro forma di crescita come eucarioti filamentosi produttori di spore consentono loro di svolgere contributi specifici in un'ampia gamma di ruoli ecologici, come potenti decompositori, mutualisti versatili e anche patogeni distruttivi.

I funghi svolgono un ruolo importante nei cicli biogeochimici, ad esempio nella mineralizzazione dei nutrienti, nell'assorbimento dei nutrienti da parte delle piante e nell'immagazzinamento del carbonio. Situati alla base della rete trofica del suolo, rappresentano uno dei pilastri del flusso di carbonio ed energia attraverso tale rete.

Essendo organismi regolati principalmente “dal basso verso l'alto” (bottom-up), cioè fortemente dipendenti dalla disponibilità delle proprie risorse, reagiscono in modo sensibile a una vasta gamma di fattori antropici, tra cui il cambiamento climatico e altri fattori del cambiamento ambientale globale, come l'inquinamento chimico.

Influenzando il sistema alimentare e, attraverso il loro ruolo di patogeni e nella resistenza agli antifungini, i funghi sono attori chiave nell'approccio One Health e nella salute del pianeta.

Agricultural fungicides shape soil and sediment reservoirs of multidrug-resistant fungi

Nature Communications (2026)

Considerato il ruolo fondamentale dei funghi nel funzionamento degli ecosistemi terrestri e nella salute del suolo, comprendere come le pressioni antropiche, in particolare l'impiego di fungicidi, influenzino le comunità fungine e favoriscano l'insorgenza di fenomeni di resistenza rappresenta una priorità scientifica crescente.

La resistenza ai fungicidi nei funghi ambientali rappresenta una crescente sfida nell'ambito dell'approccio One Health, ma la sua diffusione ecologica e la sua rilevanza clinica rimangono ancora poco studiate. In questo lavoro, gli autori hanno integrato il monitoraggio dei residui di fungicidi, la caratterizzazione delle comunità fungine, l'isolamento colturale su larga scala e analisi meccanicistiche per indagare la resistenza dei funghi nei suoli agricoli e nei sedimenti fluviali adiacenti.

I risultati mostrano che i fungicidi sono ampiamente presenti nei campioni ambientali e comportano rischi ecologici significativi, in particolare il carbendazim e il tebuconazolo. Anche i funghi resistenti risultano ampiamente diffusi e rappresentano una quota rilevante dei generi identificati nelle comunità fungine. Tra oltre 3.900 isolati resistenti, sono stati recuperati 358 ceppi multiresistenti (MDR, multidrug-resistant) che mostrano resistenza crociata a diversi fungicidi impiegati in agricoltura.

Le analisi trascrittomiche, la qPCR (PCR quantitativa) e gli studi di docking molecolare (una tecnica di simulazione al computer utilizzata per prevedere come una piccola molecola si leghi alla sua proteina bersaglio) suggeriscono che i fenotipi MDR ambientali derivano da effetti sinergici tra alterazioni dei geni bersaglio, sovraespressione delle pompe di efflusso e risposte adattative allo stress. In particolare, l'esposizione ai triazoli induce una sovra-regolazione coordinata dei geni di virulenza e dei cluster biosintetici responsabili della produzione di micotossine, indicando un'attivazione trascrizionale di geni associati alla virulenza e al metabolismo secondario.

Nel complesso, questi risultati evidenziano come i paesaggi agricoli possano costituire importanti serbatoi di funghi resistenti ai fungicidi e sottolineano la necessità di rivalutare le pratiche di impiego dei fungicidi al fine di proteggere la salute delle colture, la stabilità degli ecosistemi e l'efficacia degli antifungini utilizzati in ambito clinico.

ENTOMOLOGIA

[Insect frass composition and potential use as an organic fertilizer in circular economies](#)

Journal of Economic Entomology, 2024, 117:1261-1268

L'allevamento industriale degli insetti produce quantità crescenti di frass, costituito principalmente da escrementi, residui alimentari ed esuvie, che rappresenta uno dei sottoprodotti più promettenti dell'insect farming nell'ottica dell'economia circolare. In questo studio gli autori hanno confrontato le caratteristiche chimiche e microbiologiche del frass di *Tenebrio molitor* con quelle della lettiera avicola, uno dei fertilizzanti organici più utilizzati in agricoltura.

Le analisi hanno evidenziato che il frass possiede concentrazioni significativamente più elevate di carbonio e azoto rispetto alla lettiera avicola, consentendo un maggiore apporto di nutrienti a parità di quantità distribuita. Anche il contenuto di fosforo disponibile è risultato elevato, mentre i livelli di metalli pesanti, quali arsenico, cadmio, cromo e piombo, sono risultati trascurabili. Lo studio evidenzia inoltre come la composizione chimica del frass sia strettamente influenzata dalla dieta somministrata agli insetti, sottolineando l'importanza della standardizzazione dei sistemi di allevamento.

L'aspetto più innovativo del lavoro è la dimostrazione che il frass di *T. molitor* può rappresentare un fertilizzante organico con caratteristiche nutrizionali superiori ai tradizionali reflui zootecnici e con un contenuto estremamente ridotto di contaminanti, aprendo concrete prospettive per la valorizzazione dei sottoprodotti dell'allevamento degli insetti in un'agricoltura sempre più sostenibile.

👉 **Myrmeleon fuscus is a promising predator for biological control of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta*: from laboratory to field assessments**

Entomologia Generalis, (2026)

La formica di fuoco, *Solenopsis invicta*, rappresenta una delle specie invasive più dannose al mondo, causando gravi impatti economici, ecologici e sanitari, come evidenziato anche dalla sua recente comparsa in Sicilia. In questo studio è stato valutato il potenziale del formicaleone *Myrmeleon fuscus* come agente di controllo biologico attraverso prove di laboratorio e sperimentazioni in condizioni semi-naturali.

Le larve di tutti gli stadi di sviluppo si sono dimostrate efficienti predatrici delle operaie della formica di fuoco, mostrando una risposta funzionale di tipo II, caratteristica dei predatori ad elevata efficacia. Le larve dell'ultimo stadio hanno raggiunto le maggiori capacità di consumo. Nelle prove di campo il rilascio dei formicaleoni ha determinato una significativa riduzione dell'attività di foraggiamento delle colonie di *S. invicta*, suggerendo che l'effetto derivi sia dalla predazione diretta sia dalle modificazioni comportamentali indotte nelle operaie.

La principale novità dello studio consiste nell'aver fornito la prima dimostrazione sperimentale, supportata da prove di laboratorio e di campo, che un formicaleone possa esercitare un controllo misurabile sulle popolazioni della formica di fuoco, candidandosi come nuovo potenziale agente nei programmi di lotta biologica integrata.

👉 **Susceptibility and attractiveness of ancient wheats to *Sitophilus granarius* and *Rhyzopertha dominica***

Journal of Pest Science, 2026 99:75

Il crescente interesse verso i frumenti antichi rende necessario comprenderne la suscettibilità agli insetti delle derrate immagazzinate. In questo studio sono state valutate due varietà moderne di farro, emmer "Padre Pio" e spelta "Benedetto", nei confronti del punteruolo del grano (*Sitophilus granarius*) e del cappuccino dei cereali (*Rhyzopertha dominica*).

I risultati mostrano che entrambe le varietà risultano resistenti a *S. granarius* quando le cariossidi vengono conservate con le glume, mentre la rimozione di queste strutture aumenta sensibilmente la suscettibilità. Al contrario, nei confronti di *R. dominica* le stesse varietà risultano suscettibili, evidenziando differenti strategie di utilizzazione dell'ospite da parte delle due specie. Lo studio dimostra inoltre che il contenuto proteico della granella è correlato alla resistenza verso *S. granarius*, mentre la durezza della cariosside influenza principalmente lo sviluppo di *R. dominica*. L'analisi dei composti organici volatili ha infine identificato cinquanta molecole emesse dalle cariossidi, con profili differenti tra le varietà analizzate.

L'elemento di maggiore interesse è l'identificazione dei diversi meccanismi che regolano l'interazione tra frumenti antichi e insetti delle derrate: caratteristiche fisiche della cariosside, composizione nutrizionale e profilo dei composti volatili agiscono con peso differente nelle due specie, fornendo nuove basi per selezionare varietà naturalmente più resistenti e sviluppare strategie innovative di protezione delle derrate.

ZOOTECNIA

Il ruolo dell'Intelligenza Artificiale negli allevamenti

 [The Influence of Artificial Intelligence Technology on the Management of Livestock Farms](#)
International Journal of Distributed Sensor Network (2024)

Con una popolazione mondiale destinata a raggiungere quasi 10 miliardi di persone entro il 2050, il settore agricolo e zootecnico si trova di fronte a una sfida senza precedenti: aumentare la produzione alimentare senza incrementare in modo significativo il consumo di terra, acqua ed energia. In questo contesto, l'intelligenza artificiale (IA) sta emergendo come uno degli strumenti più promettenti per rendere gli allevamenti più efficienti, sostenibili e attenti al benessere animale.

La presente review ha preso in rassegna la letteratura scientifica analizzando oltre cento studi dedicati all'applicazione dell'IA negli allevamenti, evidenziando come queste tecnologie stiano già trasformando il modo di gestire bovini, suini e pollame.

Oggi sensori, telecamere, droni e sistemi intelligenti permettono di raccogliere una grande quantità di dati sugli animali e sull'ambiente di allevamento. Grazie agli algoritmi di machine learning e deep learning, queste informazioni possono essere elaborate in tempo reale per supportare gli allevatori nelle decisioni quotidiane.

Tra le applicazioni più diffuse troviamo il monitoraggio automatico della salute e del comportamento degli animali. I sistemi basati sull'intelligenza artificiale sono in grado di rilevare variazioni nei movimenti, nelle abitudini alimentari, nel consumo di acqua o nelle vocalizzazioni, individuando precocemente segnali di malattia, stress o disagio. Questo consente interventi tempestivi, con benefici sia per il benessere animale sia per la produttività aziendale.

Anche la gestione della riproduzione sta beneficiando delle nuove tecnologie. Attraverso sensori applicati agli animali e algoritmi di analisi dei dati, è possibile identificare con maggiore precisione il periodo di estro e il momento ottimale per l'inseminazione, migliorando l'efficienza riproduttiva e riducendo i costi gestionali.

Nel settore lattiero-caseario, i robot di mungitura rappresentano una delle innovazioni più mature. Questi sistemi automatizzati consentono di mungere gli animali in modo autonomo, raccogliendo contemporaneamente dati sulla qualità del latte e sullo stato di salute delle bovine. Altri robot vengono impiegati per la distribuzione dei mangimi, la pulizia delle strutture e persino la somministrazione automatica di farmaci e vaccini.

Grande interesse sta suscitando anche l'utilizzo dei droni, che permettono di monitorare pascoli, recinzioni e mandrie, oltre a raccogliere informazioni utili per la gestione delle superfici agricole. Parallelamente, le tecnologie IoT (Internet of Things) collegano sensori e dispositivi in una rete intelligente capace di controllare costantemente parametri ambientali come temperatura, umidità e qualità dell'aria.

L'intelligenza artificiale trova applicazione anche nella genetica e nella selezione animale. L'analisi di grandi quantità di dati genomici consente di individuare caratteristiche favorevoli, come una maggiore resistenza alle malattie o migliori performance produttive, contribuendo allo sviluppo di allevamenti più sostenibili e resilienti.

Non mancano però le criticità. I costi di implementazione possono essere elevati, soprattutto per le aziende di piccole dimensioni, e l'efficacia dei sistemi dipende dalla disponibilità di dati di qualità e

dalla capacità degli operatori di interpretarli correttamente. Inoltre, la crescente digitalizzazione richiede particolare attenzione agli aspetti legati alla sicurezza informatica e alla protezione dei dati.

Nonostante queste sfide, il messaggio che emerge dalla ricerca è chiaro: l'intelligenza artificiale non sostituisce l'allevatore, ma ne potenzia le capacità decisionali. Grazie alla combinazione tra esperienza umana e tecnologie avanzate, gli allevamenti del futuro potranno essere più produttivi, sostenibili e rispettosi del benessere animale, contribuendo a garantire la sicurezza alimentare in un mondo in continua crescita.

Integrating Artificial Intelligence in dairy farm management - facial recognition for cows *Information Processing in Agriculture*, volume 12, pp. 312-325 (2025)

L'innovazione tecnologica sta trasformando profondamente il settore lattiero-caseario, offrendo strumenti sempre più avanzati per la gestione degli allevamenti. Tra le tecnologie emergenti, il riconoscimento facciale biometrico delle bovine rappresenta una delle applicazioni più promettenti dell'intelligenza artificiale (AI), con importanti ricadute sulla produttività, sul benessere animale e sulla sostenibilità delle aziende agricole.

A differenza dei tradizionali sistemi di identificazione, come marche auricolari o tag RFID, il riconoscimento facciale è una tecnica non invasiva che consente di identificare ogni animale senza alcun contatto fisico. Questo approccio riduce lo stress delle bovine e permette un monitoraggio continuo e accurato direttamente all'interno dell'ambiente di allevamento.

Il volto di una bovina contiene numerose informazioni uniche che consentono di distinguerla dagli altri animali del branco. Caratteristiche come la forma del muso, la distanza tra gli occhi, la conformazione delle orecchie e le marcature presenti sulla fronte diventano vere e proprie "impronte biometriche".

Oltre all'identificazione individuale, l'analisi facciale offre un vantaggio ulteriore: può fornire indicazioni sullo stato di salute e sul benessere dell'animale. Cambiamenti nelle espressioni facciali possono infatti essere associati a condizioni di stress, dolore o malattia, consentendo interventi tempestivi da parte dell'allevatore.

Lo sviluppo di questa tecnologia è stato reso possibile dai recenti progressi dell'intelligenza artificiale e del machine learning. In particolare, le reti neurali convoluzionali (CNN), già utilizzate nel riconoscimento facciale umano, sono state adattate per analizzare migliaia di immagini di bovine e imparare a riconoscere le caratteristiche distintive di ciascun animale.

Grazie a telecamere ad alta risoluzione, sensori e sistemi di elaborazione avanzati, è oggi possibile identificare una bovina in tempo reale mentre si avvicina alla sala di mungitura o alle postazioni di alimentazione. I dati raccolti vengono integrati con i software gestionali aziendali, creando un sistema di monitoraggio completo e automatizzato.

L'utilizzo del riconoscimento facciale apre nuove opportunità nella gestione quotidiana della mandria:

- Identificazione automatica degli animali senza l'utilizzo di dispositivi fisici.
- Monitoraggio continuo dello stato di salute e del comportamento.
- Rilevazione precoce di malattie e situazioni di stress.
- Gestione personalizzata dell'alimentazione e dei programmi sanitari.
- Ottimizzazione delle attività di mungitura e riproduzione.
- Miglioramento del benessere animale e delle performance produttive.

L'approccio individualizzato consente di trattare ogni bovina come un singolo soggetto, favorendo una gestione più precisa ed efficiente dell'intera mandria.

L'adozione di sistemi basati sull'intelligenza artificiale permette di raccogliere e analizzare grandi quantità di dati in tempo reale, supportando decisioni più rapide e informate.

Tra i principali vantaggi si evidenziano:

- Maggiore efficienza operativa.
- Riduzione del lavoro manuale dedicato al monitoraggio degli animali.
- Migliore gestione delle risorse alimentari e sanitarie.
- Incremento della produzione di latte grazie all'individuazione precoce di problemi sanitari.
- Riduzione degli sprechi e minore impatto ambientale.

Questi aspetti rendono il riconoscimento facciale uno strumento coerente con i principi della zootecnia di precisione e dell'agricoltura sostenibile.

Nonostante i notevoli progressi, la diffusione su larga scala di questa tecnologia incontra ancora alcune criticità.

Le condizioni ambientali tipiche degli allevamenti, come variazioni di luminosità, condizioni meteorologiche avverse o ostacoli visivi, possono influenzare la qualità delle immagini raccolte. Inoltre, la creazione di database sufficientemente ampi e accurati richiede investimenti significativi in termini di tempo e risorse.

A queste sfide si aggiungono aspetti legati ai costi iniziali di implementazione, alla manutenzione dei sistemi e alla necessità di personale adeguatamente formato per la gestione delle nuove tecnologie.

Le prospettive per il futuro sono particolarmente interessanti. L'integrazione del riconoscimento facciale con sensori IoT, sistemi di monitoraggio sanitario, droni e robot di mungitura consentirà di sviluppare allevamenti sempre più automatizzati e intelligenti.

L'intelligenza artificiale sarà inoltre in grado di elaborare modelli predittivi capaci di anticipare problemi sanitari, ottimizzare la nutrizione e migliorare la gestione riproduttiva degli animali.

Il risultato sarà una zootecnia sempre più orientata alla precisione, al benessere animale e alla sostenibilità economica e ambientale.

Il riconoscimento facciale biometrico delle bovine rappresenta una delle innovazioni più promettenti per il settore lattiero-caseario. Grazie all'integrazione con l'intelligenza artificiale, questa tecnologia offre nuove possibilità per monitorare la salute degli animali, migliorare la gestione aziendale e aumentare l'efficienza produttiva.

Sebbene permangano alcune sfide tecnologiche ed economiche, il potenziale di questa soluzione è elevato e potrebbe contribuire in modo significativo alla trasformazione digitale degli allevamenti del futuro.

Education about smart dairy farming using artificial intelligence

Agricultural and Environmental Education, vol. 5 (2026)

L'allevamento bovino da latte sta vivendo una profonda trasformazione grazie all'integrazione dell'intelligenza artificiale (IA) e delle tecnologie digitali avanzate. Di fronte a sfide sempre più complesse – dall'aumento della domanda globale di prodotti lattiero-caseari alla necessità di migliorare il benessere animale, ridurre l'impatto ambientale e compensare la carenza di manodopera specializzata – l'IA si sta affermando come uno strumento strategico per rendere le aziende più efficienti, sostenibili e competitive.

Le applicazioni dell'intelligenza artificiale spaziano dal monitoraggio sanitario degli animali alla gestione della riproduzione, dall'ottimizzazione dell'alimentazione fino all'automazione dei processi produttivi. Attraverso tecniche di machine learning, deep learning e computer vision, i sistemi intelligenti sono oggi in grado di elaborare enormi quantità di dati provenienti da sensori, telecamere, collari intelligenti, robot di mungitura e altri dispositivi connessi.

Uno degli ambiti più promettenti riguarda il monitoraggio della salute animale. Grazie all'analisi continua di parametri quali temperatura corporea, attività motoria, comportamento alimentare e composizione del latte, gli algoritmi possono individuare precocemente segnali di patologie come mastite e zoppie, consentendo interventi tempestivi e riducendo l'uso di antibiotici. Sistemi avanzati di visione artificiale permettono inoltre di rilevare alterazioni posturali, difficoltà di movimento o situazioni di stress, contribuendo a migliorare il benessere degli animali.

L'intelligenza artificiale sta rivoluzionando anche la gestione riproduttiva delle mandrie. Sensori e modelli predittivi consentono di identificare con maggiore precisione i periodi di estro, prevedere il parto e ottimizzare i programmi di inseminazione, aumentando i tassi di concepimento e riducendo i costi associati agli insuccessi riproduttivi. Parallelamente, l'analisi dei dati genetici e produttivi favorisce programmi di selezione più efficaci, orientati a migliorare produttività, resistenza alle malattie ed efficienza alimentare.

Anche l'alimentazione beneficia delle nuove tecnologie. I sistemi di precision feeding utilizzano dati individuali relativi a peso, età, stato fisiologico e produzione per formulare razioni personalizzate. Questo approccio consente di ridurre gli sprechi di mangime, migliorare le performance produttive e diminuire l'impatto ambientale dell'allevamento.

La digitalizzazione delle aziende zootecniche si basa sempre più sull'integrazione tra AI, Internet of Things (IoT), edge computing e blockchain. Sensori distribuiti e dispositivi intelligenti raccolgono dati in tempo reale, mentre l'elaborazione locale permette decisioni rapide e automatiche. Le tecnologie blockchain garantiscono invece tracciabilità e trasparenza lungo tutta la filiera, rafforzando la fiducia dei consumatori e valorizzando le produzioni.

I risultati osservati nelle aziende che hanno adottato queste innovazioni sono significativi: riduzione degli sprechi alimentari, minore incidenza delle malattie, aumento della produttività e migliore gestione delle risorse naturali. Alcuni studi riportano incrementi della redditività superiori al 15-20%, accompagnati da una riduzione dell'impatto ambientale grazie all'uso più efficiente di acqua, energia e fertilizzanti.

Nonostante le opportunità, la diffusione dell'Intelligenza Artificiale nel settore lattiero-caseario incontra ancora diversi ostacoli. I costi iniziali di investimento, la necessità di infrastrutture digitali adeguate, le problematiche legate alla gestione dei dati e la carenza di competenze tecnologiche rappresentano le principali barriere, soprattutto per le aziende di piccole e medie dimensioni. Rimangono inoltre aperte questioni legate alla trasparenza degli algoritmi, alla sicurezza informatica e alla governance dei dati.

Gli autori della review evidenziano la necessità di un percorso condiviso che coinvolga istituzioni, ricerca e settore privato per favorire un'adozione inclusiva delle tecnologie digitali. Formazione degli allevatori, sviluppo di soluzioni accessibili, standardizzazione dei sistemi e politiche di sostegno saranno elementi fondamentali per accelerare la transizione verso una zootecnia più intelligente e sostenibile.

L'intelligenza artificiale non si propone di sostituire l'esperienza dell'allevatore, ma di affiancarla con strumenti capaci di trasformare i dati in decisioni tempestive e accurate. In un contesto caratterizzato da

crescente complessità produttiva e ambientale, l'AI rappresenta quindi una delle leve più importanti per costruire il futuro dell'allevamento da latte, coniugando produttività, sostenibilità e benessere animale.

NORMATIVA

Trasporto animale: l'Europa accelera sulla digitalizzazione per migliorare controlli e benessere

La Commissione Europea punta a rivoluzionare la gestione del trasporto degli animali vivi attraverso un processo di digitalizzazione che potrebbe diventare operativo entro la fine del 2026. Al centro della proposta di regolamento COM (2023)770 vi è la trasformazione di un sistema ancora fortemente basato sulla documentazione cartacea in un ecosistema digitale integrato, capace di migliorare contemporaneamente il benessere animale, l'efficienza amministrativa e la competitività delle imprese. L'attuale quadro normativo, fondato sul Regolamento (CE) n. 1/2005, ha mostrato nel tempo limiti sempre più evidenti. La gestione cartacea dei documenti di viaggio comporta infatti duplicazioni di dati, errori di compilazione, ritardi nei controlli e differenze applicative tra gli Stati membri. Per superare queste criticità, la Commissione propone di rendere obbligatorio l'utilizzo della piattaforma TRACES, già oggi disponibile ma utilizzata su base volontaria, trasformandola nel fulcro della gestione digitale dei trasporti.

Uno degli elementi più innovativi riguarda l'introduzione obbligatoria del registro di viaggio digitale per i trasporti di lunga durata. Attraverso questo strumento tutte le informazioni relative agli animali, ai mezzi, agli operatori e agli itinerari saranno raccolte in un unico ambiente informatico, eliminando il rischio di smarrimento dei documenti e facilitando le attività di controllo da parte delle autorità competenti.

La nuova generazione di TRACES non si limiterà a raccogliere dati, ma sarà in grado di verificarne automaticamente la conformità alle norme vigenti. Il sistema potrà, ad esempio, individuare in tempo reale incongruenze tra le autorizzazioni possedute da un trasportatore e la tipologia di animali trasportati, impedendo l'invio di piani di viaggio non conformi. Inoltre, grazie all'integrazione con servizi meteorologici e sistemi di geolocalizzazione, sarà possibile valutare preventivamente le condizioni climatiche lungo il percorso e suggerire eventuali modifiche agli itinerari in caso di temperature incompatibili con il benessere degli animali.

La proposta prevede anche lo sviluppo di un'applicazione mobile dedicata a trasportatori, allevatori e veterinari ufficiali. L'app consentirà di gestire le operazioni direttamente sul campo, anche in assenza temporanea di connessione internet, sincronizzando automaticamente le informazioni quando la rete tornerà disponibile. Tra le funzionalità previste figurano il calcolo automatico dello spazio disponibile per gli animali, la registrazione delle soste obbligatorie e il monitoraggio della posizione geografica durante il viaggio.

Particolare attenzione è stata riservata alla sostenibilità economica del sistema. Per evitare costi eccessivi alle piccole imprese, la Commissione propone un modello flessibile: le grandi flotte potranno integrare i propri sistemi informatici aziendali con TRACES, mentre i piccoli trasportatori potranno soddisfare gli obblighi normativi utilizzando semplicemente uno smartphone con l'applicazione ufficiale. Il monitoraggio satellitare permetterà inoltre di verificare automaticamente il rispetto delle soste previste dalla normativa, semplificando notevolmente le attività ispettive.

Lo studio che accompagna la proposta legislativa si basa su un ampio processo di consultazione che ha coinvolto operatori della filiera, associazioni di categoria e autorità competenti. Tra le richieste più condivise emerge la necessità di eliminare la duplicazione degli inserimenti e di creare un archivio digitale unico contenente autorizzazioni, certificati professionali e documentazione dei veicoli.

Tra le innovazioni più apprezzate figura anche la possibilità di allegare fotografie e video direttamente all'interno dell'applicazione. Questa funzione consentirebbe di documentare in modo oggettivo lo stato degli animali prima, durante e dopo il trasporto, riducendo le controversie e facilitando la verifica di eventuali problemi sanitari o lesioni.

La digitalizzazione del trasporto animale rappresenta quindi molto più di una semplice semplificazione burocratica. L'obiettivo è costruire un sistema capace di garantire controlli più efficaci, maggiore trasparenza e una migliore tutela degli animali lungo tutta la filiera. In prospettiva, l'enorme quantità di dati raccolti potrebbe alimentare strumenti di analisi predittiva in grado di individuare preventivamente situazioni a rischio, consentendo interventi mirati prima ancora che il viaggio abbia inizio.

Se approvata, la riforma segnerebbe uno dei più importanti passaggi verso una zootecnia europea sempre più digitale, efficiente e orientata al benessere animale.

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