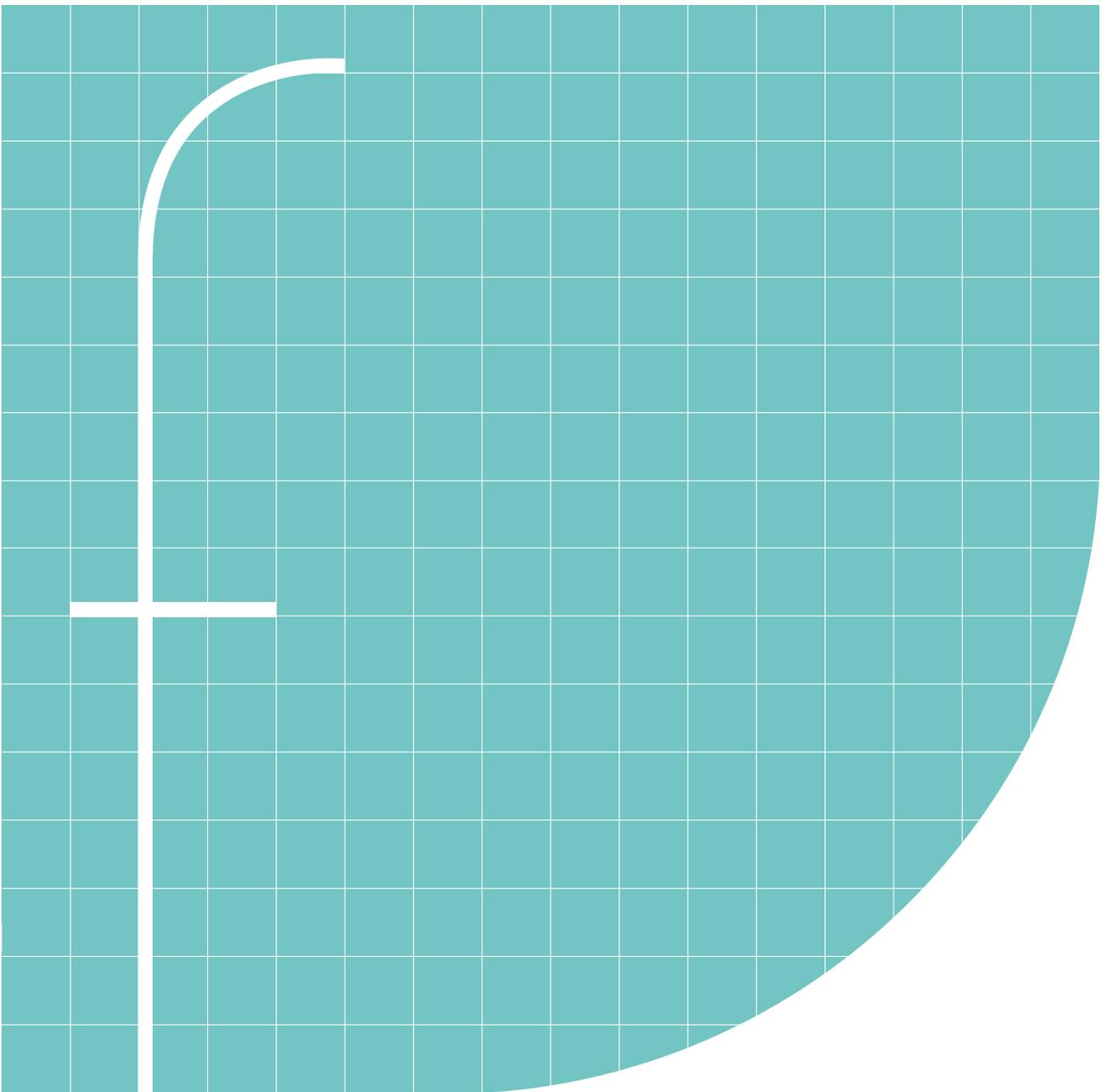
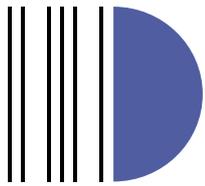


Focus: Biochimica

Stato dell'arte e prospettive dell'acido pelargonico





DIVULGA

Autori

Piermichele La Sala

Riccardo Fargione

Matteo Sotgiu

Dario Vivani

Illustrazioni

Matilde Masi

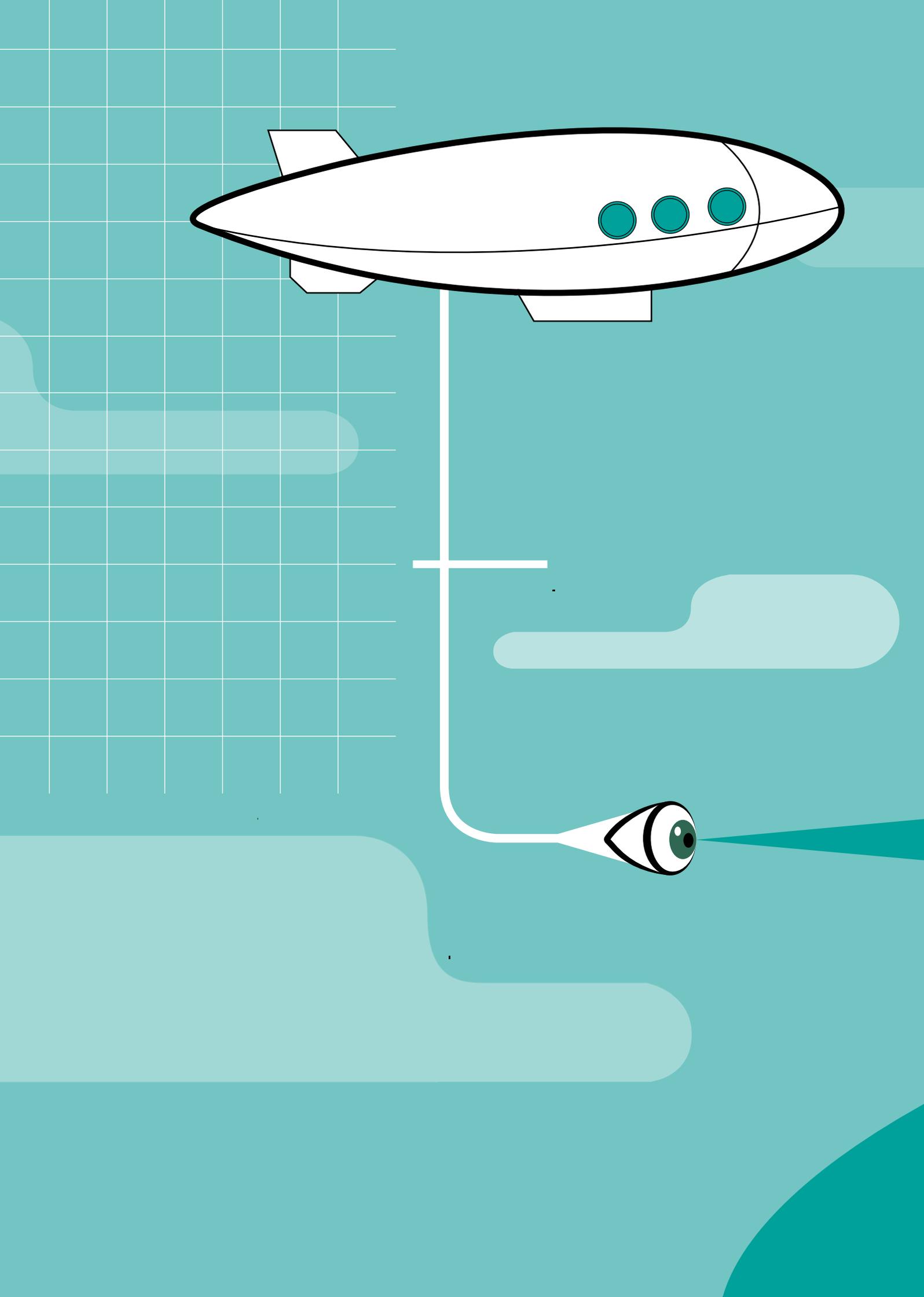
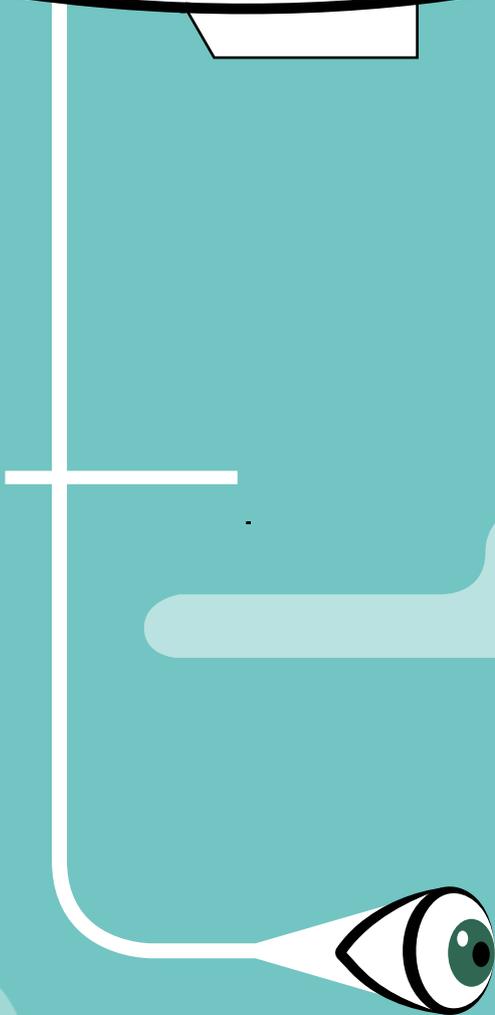
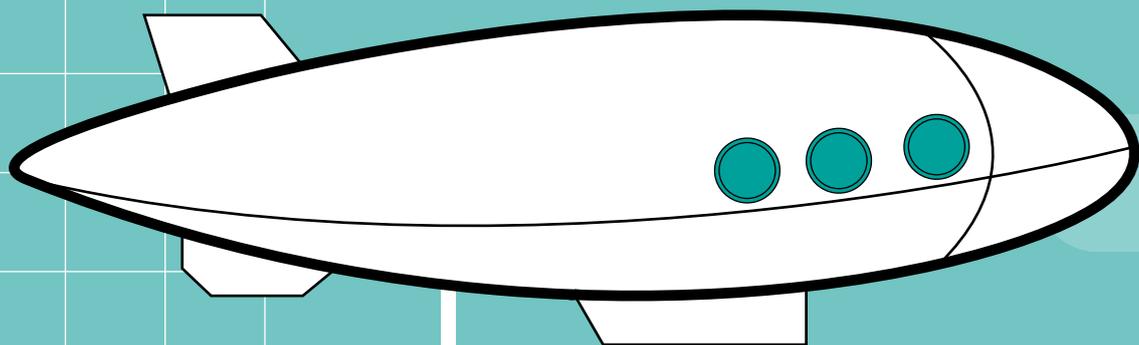
Contatti

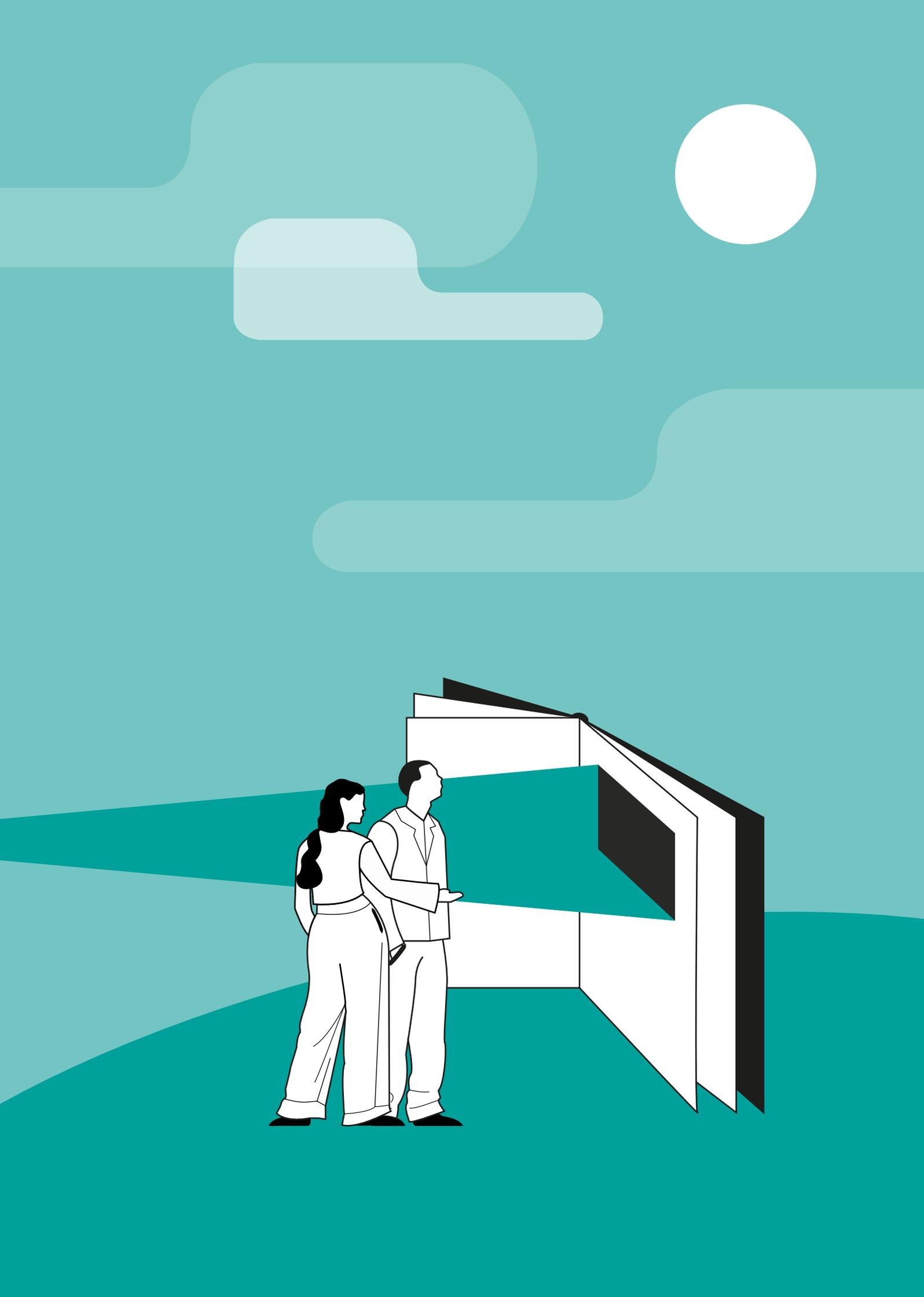
info@divulgastudi.it

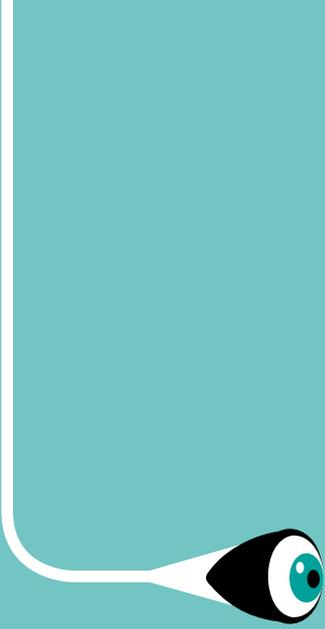
Mese di pubblicazione

Novembre 2024

*Il lavoro è disponibile all'indirizzo
<https://divulgastudi.it>*







Indice

Introduzione - pag. 9

1. Cos' è l'acido pelargonico pag. 13

1.1 Prodotto di origine naturale -
pag. 15

1.2 Proprietà - pag. 17

1.3 Come agisce - pag.18

2. A che punto siamo? - pag. 21

2.1 Un prodotto versatile - pag. 21

2.1.1 Usi in agricoltura - pag. 22

2.1.2 Usi extra-agricoli - pag. 26

3. Quadro regolatorio - pag. 33

3.1 Utilizzo dei fitofarmaci, le
disposizioni normative - pag. 33

3.2 L'acido pelargonico: una fase di
stallo che dura da 5 anni -
pag. 35

BOX. Alcuni dati, Italia leader
nell'uso sostenibile di erbicidi
- pag. 36

4. Fitofarmaci tradizionali, quali
differenze - pag. 41

4.1 Focus: Glyphosate - pag. 44

4.1.1 Possibili effetti sulla salute
umana - pag. 45

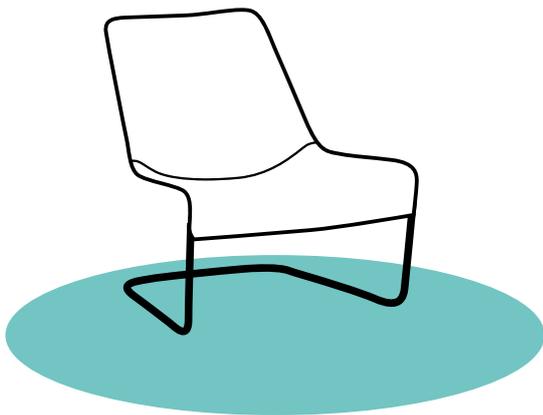
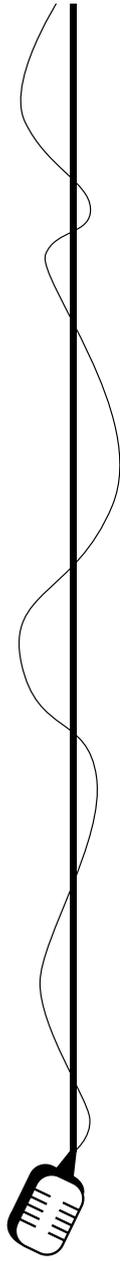
4.1.2 Impatto sulla biodiversità e
sull'ambiente - pag. 46

4.2 Utilizzo come disseccante
pre-raccolta - pag. 47

4.3 Breve excursus normativo
pag. 48

Note - pag. 51

Bibliografia - pag. 53



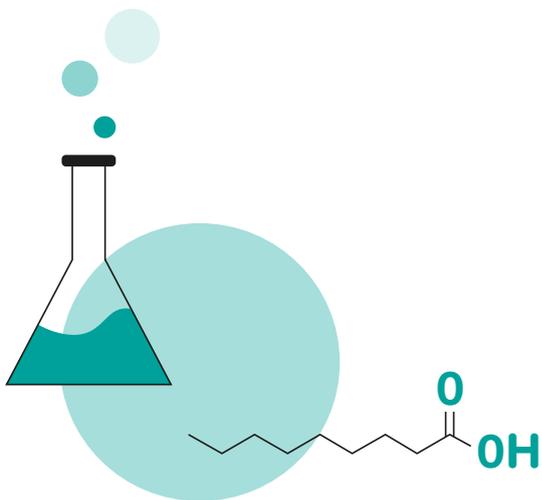
Introduzione

Il controllo delle erbe infestanti in agricoltura è una delle principali attività agronomiche per ottenere un prodotto di buona resa e qualità. Diversi sono i metodi che possono essere messi in atto per contrastare le malerbe. Principalmente si fa ricorso ai mezzi fisici, ai mezzi meccanici e a quelli chimici. A questo si aggiunge una corretta gestione agronomica, che va dalla rotazione colturale alle lavorazioni del terreno e alla consociazione. Senza dubbio una pratica ottimale consiste nell'integrare le diverse forme di lotta delle infestanti con una attenta gestione colturale al fine di preservare la salute e la sostanza organica del suolo, di avere un basso impatto ambientale e di garantire la salubrità igienico-sanitaria dei prodotti agricoli. In tale contesto l'utilizzo degli erbicidi, unito e integrato ad altre soluzioni tecniche, è una delle pratiche della lotta contro le infestanti, impiegate sia in agricoltura sia in altri ambiti come, ad

esempio, la gestione del verde urbano, della rete stradale e delle linee ferroviarie, che non può essere eliminata e a tutt'oggi costituisce un importante strumento di difesa il cui obiettivo è un controllo oculato ed efficace delle malerbe. L'impiego dei prodotti fitosanitari e delle relative sostanze attive in essi contenute è rigorosamente disciplinato a livello europeo da un quadro complesso di norme e direttive, si ricorda in merito il Regolamento 1107/2009 relativo all'autorizzazione e all'immissione sul mercato dei prodotti fitosanitari [1] che tutela i cittadini e l'ambiente. Tuttavia, da diverso tempo ormai e in maniera sempre crescente, l'uso dei prodotti fitosanitari è oggetto di un importante dibattito pubblico legato ai possibili effetti collaterali connessi al loro uso. La grande attenzione che il legislatore europeo e italiano, insieme a tutti gli organi competenti, pone nel salvaguardare la salute dei cittadini e dell'ambiente è unita al grande sforzo

che la scienza insieme al comparto agricolo stanno attuando per sperimentare prodotti fitosanitari sempre più sostenibili. In questa importante sfida rientra la ricerca di prodotti che abbiano un impatto ambientale minimo e che mantengano al contempo efficacia di utilizzo. Su questa linea, l'acido pelargonico è tra le molecole presenti in natura più promettenti che unisce alla sua efficacia anche minimi residui su suolo, colture e ambiente circostante. Dunque, una molecola che può spingere sempre più le attività agricole, e non solo, verso un approccio ancor più sostenibile, efficace e integrato alle strategie di difesa dalle infestanti e alle buone pratiche per la comunità [2]. Una potenziale soluzione che si inserisce all'interno di un percorso virtuoso che vede l'Italia guidare le buone performance sul fronte dell'utilizzo di erbicidi con un calo negli ultimi trenta anni del -52%, mentre a livello mondiale si registra una crescita del +178%.

1.



1. Cos' è l'acido pelargonico

L'acido pelargonico, noto anche come acido nonanoico, è un acido grasso monocarbossilico alifatico saturo con una lunga storia di utilizzo nel settore agricolo e in applicazioni industriali [3]. È principalmente conosciuto per la sua azione erbicida a spettro totale e, in quanto tale, è utilizzato nella formulazione di prodotti fitosanitari. Originariamente isolato dalle foglie di una specie vegetale di *Pelargonium* (un genere appartenente alla famiglia delle Geraniaceae), è stato identificato anche come componente di numerosi oli essenziali (rosa, giglio, Litsea Cubeba, Artemisia Arborescens, luppolo, Chamaecyparis Pisifera, Eremocitrus Glauca, lavanda) [4] nei quali è presente sottoforma di estere [a]. Inoltre, anche alcuni alimenti possono rappresentare una valida fonte di questo composto, tra cui le mele, l'uva, la carne cruda e cotta [5].

Le sue principali caratteristiche e punti di forza [6] sono:

- non è mutageno, cancerogeno e non bio-accumula (cioè si degrada rapidamente nel suolo e nell'acqua);
- non è un sospetto interferente endocrino;
- alle concentrazioni di utilizzo, non presenta particolari rischi per gli operatori (questo ne fa il candidato ideale per il controllo delle infestanti in parchi, giardini e aree verdi urbane);
- non è residuale in quanto viene metabolizzato dagli organismi viventi come tutti gli acidi grassi, senza quindi la formazione di metaboliti sconosciuti o tossici;
- è approvato come additivo alimentare secondo il regolamento (UE) n. 872/2012

della Commissione europea,
nonché come additivo per
l'alimentazione animale in
accordo al Regolamento (UE)
n. 1831/2003 ed è
naturalmente presente in
diversi alimenti;

- ha un'emivita [b] stimata inferiore
ai 2 giorni in acqua e nel
terreno.

1.1 Prodotto di origine naturale

L'acido pelargonico è prodotto attraverso diverse tecnologie in grado di simulare gli stessi processi di scissione ossidativa che avvengono in natura e portano alla formazione della molecola. L'acido pelargonico è presente in diverse specie vegetali, dove lo si trova prevalentemente sotto forma di estere all'interno degli oli essenziali [7]. Nonostante l'acido pelargonico venga prodotto a partire da diversi feedstocks e con diverse tecnologie, la produzione da oli vegetali è peculiare per la tipologia di processo. Infatti tale produzione industriale avviene a partire da oli vegetali rinnovabili, come quelli provenienti da colture specificamente dedicate alla bioeconomia, con un processo produttivo che prevede una scissione ossidativa dell'olio da fonti vegetali (ad esempio acido oleico mono insaturo C-18 da olio di palma, di colza o di girasole) e una serie di successivi trattamenti volti ad isolare acido pelargonico ad alta purezza [8]. La sostenibilità di questa produzione è garantita dall'origine vegetale delle materie prime e dal processo innovativo a basso impatto. L'Italia è un paese leader in questo settore, con progetti di bioeconomia circolare che uniscono agricoltura, ricerca e innovazioni. Analizzando alcuni esempi pratici, si cita l'impianto di

Porto Torres, in Sardegna, che rappresenta un'eccellenza tecnologica italiana e il primo caso al mondo di impianto produttivo che utilizza oli vegetali con un processo produttivo a basso impatto. Questo impianto utilizza materie prime di origine vegetale per prodotti biochimici a basso impatto ambientale, tra cui l'acido pelargonico [9], ed è stato parte di un progetto europeo conclusosi nel 2019 e volto a dimostrare la possibilità di rendere operativa a livello industriale una bioraffineria per la produzione di prodotti di origine biologica da oli vegetali. A partire dalla produzione dell'acido pelargonico sono stati concepiti diversi formulati principalmente per utilizzo in campo agricolo, ma non solo, in grado di rappresentare una soluzione efficace e sostenibile per gli agricoltori. Tali formulati infatti, in determinate condizioni d'uso, potrebbero rappresentare per alcune applicazioni di validi sostituti di principi attivi quali il Glyphosate o di altri principi attivi la cui autorizzazione è stata recentemente revocata (Diquat, Paraquat) o ancora di prodotti attualmente utilizzati e basati su sostanze attive, come il decanolo, che presentano - come vedremo - alcune criticità rilevanti nel loro utilizzo.

Rispetto a tali prodotti, i formulati a base di acido pelargonico non evidenziano le stesse problematiche, legate per lo più a sicurezza per l'operatore, per l'ecosistema e per il cittadino dovuta alla permanenza di residui nell'ambiente per periodi di tempo più lunghi oltre che nei vegetali trattati.

1.2 Proprietà

La molecola dell'acido pelargonico si presenta come un liquido viscoso e incolore, caratterizzata da una struttura chimica costituita da nove atomi di carbonio. Questa catena relativamente corta, rispetto ad altri acidi grassi, conferisce all'acido pelargonico un insieme di proprietà chimico-fisiche che ne permette l'utilizzo in ambienti che richiedono biodegradabilità e sicurezza d'uso [7]. Tra le principali proprietà chimiche, l'acido pelargonico è moderatamente solubile in acqua ma altamente solubile in solventi organici, facilitando la sua penetrazione nei tessuti vegetali. Inoltre, grazie alla sua bassa tossicità per l'uomo e gli animali, è considerato sicuro in tutte le sue applicazioni. Soprattutto ricordiamo che non è mutageno, non è cancerogeno e non si accumula nei tessuti biologici. Inoltre, la sua emivita

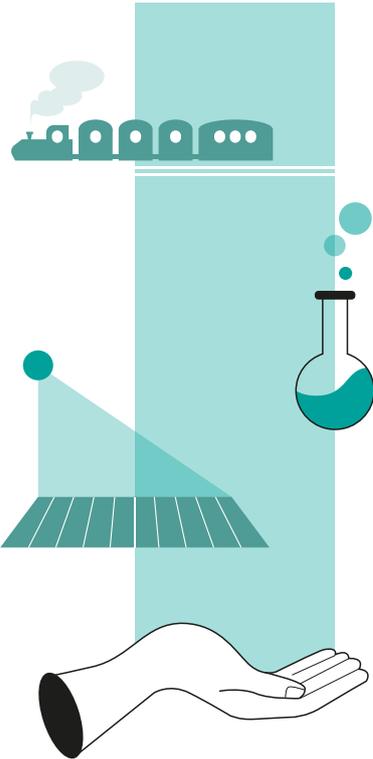
in acqua e nel suolo è inferiore a due giorni, rendendolo estremamente biodegradabile e poco persistente nell'ambiente [10]. Infatti, una delle sue proprietà più importanti e interessanti è la capacità di degradarsi rapidamente senza generare composti tossici o persistenti [6] [7]. Questa caratteristica lo rende ideale per l'utilizzo in contesti agricoli, urbani e industriali, dove la minimizzazione dell'impatto ambientale è un aspetto prioritario. Inoltre, l'acido pelargonico è approvato come additivo alimentare per l'uomo e per gli animali, a conferma della sua sicurezza. Tali proprietà permettono all'acido pelargonico di essere apprezzato in agricoltura per la sua azione erbicida e per il suo profilo eco-tossicologico favorevole, in quanto non interferisce con il ciclo biologico degli organismi acquatici e terrestri non bersaglio [6].

1.3 Come agisce

La sua azione si esplica principalmente come erbicida di post-emergenza con attività di contatto disseccante a spettro totale, su infestanti sia annuali che perenni. Infatti, agisce sulle membrane vegetali esterne, provocando la permeabilizzazione degli strati cellulari e la loro conseguente disidratazione. Il risultato dell'azione erbicida è di solito osservabile entro 2-3 ore dall'applicazione, con la pianta che si dissecca completamente entro poche ore o giorni, a seconda delle condizioni ambientali. A differenza di erbicidi sistemici, l'acido pelargonico non viene trasportato attraverso il sistema vascolare della pianta, per cui la sua efficacia è limitata alle superfici direttamente esposte durante l'applicazione [7] essendo inoltre

necessaria la presenza della luce solare affinché la molecola si attivi. Questa modalità di azione lo rende particolarmente utile in contesti in cui è necessario controllare le infestanti senza influire sulla vegetazione circostante oppure dove è necessario non intaccare la radice o il rizoma della pianta [2]. Le sue proprietà chimico-fisiche e la sua modalità di azione, oltre che come erbicida, lo rendono utile in ambito agricolo anche per il controllo delle gemme, come fitoregolatore, e per la rimozione dei polloni. Inoltre, la sua veloce degradazione nell'ambiente e il suo basso grado di tossicità lo rendono valido in una molteplicità di usi anche in ambito extra-agricolo [11].

2.



2. A che punto siamo?

2.1 Un prodotto versatile

L'acido pelargonico è caratterizzato da una grande versatilità per i molteplici usi e per l'utilizzo nei diversi settori. È infatti conosciuto soprattutto nel contesto agricolo per la sua natura erbicida nel controllo delle infestanti e per le sue peculiarità che lo rendono utilizzabile anche in specifiche applicazioni agronomiche. Tuttavia, le sue proprietà ne permettono l'impiego come erbicida, oltre che in agricoltura, anche in ambiti extra-agricoli. Infatti, per la capacità di degradarsi rapidamente nell'ambiente e per la sua bassa tossicità [12] può essere impiegato nel contesto urbano, nella gestione delle infrastrutture pubbliche (strade e ferrovie) e delle aree archeologiche e monumentali. Inoltre, date le sue proprietà antimicrobiche si utilizza anche per la sanificazione e la disinfezione in contesti sanitari e per i prodotti alimentari oltre che come alghicida/muschicida.

2.1.1 Usi in agricoltura

Come si è detto in precedenza, l'utilizzo dell'acido pelargonico in agricoltura è garantito principalmente dalla sua capacità di controllare le infestanti come erbicida non selettivo. Inoltre vi sono anche altri utilizzi agronomici, per i quali tale principio attivo da molto tempo è autorizzato e continua ad essere oggetto di studio per nuove applicazioni, come la spollonatura, la fitoregolazione e l'essiccazione pre-raccolta [8]. Considerando le sue caratteristiche di biodegradabilità e non tossicità per l'ambiente, soprattutto nell'impiego come erbicida, tale molecola è particolarmente interessante per i contesti agricoli dove la gestione colturale limita l'uso di erbicidi convenzionali di sintesi. Infatti, le formulazioni a base di acido pelargonico possono risolvere alcune problematiche fitosanitarie dovute ai fitofarmaci tradizionali, le cui autorizzazioni sono in fase di discussione, o ai fitofarmaci già autorizzati che però presentano un'efficacia limitata per l'insorgenza di resistenze nelle varietà coltivate o hanno degli impatti significativi sull'ambiente e sulle colture trattate, soprattutto in termini di residui.

2.1.1.a Erbicida di origine naturale da oli vegetali

L'acido pelargonico è impiegato come erbicida per la gestione agronomica di diverse colture come la vite, l'olivo, il tabacco, il nocciolo, le ortive e le frutticole (melo, pero, cotogno). Essendo l'acido pelargonico uno degli erbicidi di origine naturale più efficaci nella gestione delle malerbe, il suo vantaggio maggiore è quello di essere un valido sostituto all'impiego degli erbicidi convenzionali, anche in linea con gli obiettivi tracciati dalla politiche comunitarie del Green Deal. Tuttavia, è necessario sottolineare anche alcuni aspetti di criticità, come il costo abbastanza sostenuto per gli agricoltori nella gestione della coltura e il fatto che la sua efficacia varia in funzione della sensibilità delle specie infestanti. Mentre il primo aspetto può essere in parte mitigato adottando una gestione agronomica integrata della flora infestante, l'efficacia di tale principio attivo nel controllo delle malerbe dipende dalla composizione botanica della flora delle erbe infestanti e dalle condizioni ambientali e climatiche. Ad esempio, si è visto che condizioni ambientali calde e secche riducono la penetrazione dell'erbicida all'interno delle foglie rendendolo di conseguenza meno efficace [2]. Tale molecola si avvantaggia quindi di una oculata gestione colturale che contempi al tempo stesso il ricorso a varie pratiche agronomiche.

2.1.1.b Altre applicazioni in agricoltura

L'acido pelargonico può essere utilizzato anche in particolari applicazioni agronomiche, come ad esempio nelle specie ad attività pollonifera quali la vite, l'ulivo, il nocciolo e le specie arboree frutticole, oltre che nel tabacco come regolatore di crescita per il controllo delle gemme ascellari. La rimozione dei polloni generalmente nei sistemi di gestione convenzionale è effettuata per via meccanica e/o chimica con impiego di formulati a base di sostanze attive quali carfentrazione etile o pyraflufen etile. Nel caso di utilizzo come sostituto di altri principi attivi, l'uso alternativo di acido pelargonico porterebbe all'azzeramento dei residui di fitofarmaci nei prodotti trattati e negli organismi non target (come anfibi, rettili, invertebrati e vertebrati terrestri) [13]. In tale contesto, è stata portata avanti un'intensa attività a livello nazionale, con il supporto di

realità aziendali produttrici e consortili di eccellenza nel panorama nazionale vitivinicolo e delle filiere dei fruttiferi, dell'olivo e del nocciolo finalizzata a collocare attività di sperimentazione in un quadro di una più ampia strategia innovativa che miri a garantire una maggiore sostenibilità sociale, economica e ambientale delle filiere. Questo caratterizza anche i rapporti contrattuali in essere con i principali partner commerciali. In questo contesto, le formulazioni a base di acido pelargonico da fonte rinnovabile hanno dimostrato la completa validità come mezzo tecnico in grado di inserirsi nei sistemi di gestione tradizionali, fornendo un controllo efficace delle infestanti senza gli impatti ambientali negativi che possono essere associati alla gestione convenzionale. Inoltre, hanno mostrato un'eccellente efficacia nella regolazione di crescita ad azione di contatto in tutte le specie ad attività

pollonifera sopra menzionate. Anche la fitoregolazione nel tabacco, e in particolare il controllo delle gemme ascellari, si basa oggi principalmente sull'utilizzo di fitofarmaci a base di n-decanolo ed idrazide maleica, prodotti che in determinate condizioni non consentono di rispondere in maniera soddisfacente alle necessità degli agricoltori, sia in termini di prestazione sia di riduzione degli impatti sull'ambiente. Al contrario, i formulati a base di acido pelargonico, avendo un'efficacia comparabile a quelli a base di n-decanolo, non evidenziano le stesse problematiche legate all'odore, particolarmente sentite in quegli areali dove si verifica la presenza di campi coltivati a tabacco a ridosso dei centri abitati [14] [15]. Focalizzandoci ad esempio nella produzione tabacchicola, ricorriamo che l'Italia è il primo paese in Europa per la coltivazione di tabacco.

L'acido pelargonico, a differenza del decanolo attualmente utilizzato, è considerato ampiamente più sostenibile per l'uomo e gli animali, poiché consente di ridurre significativamente la dispersione del fitosanitario in ambiente, grazie alla sua maggiore efficacia d'uso. In base a questi presupposti, si è avviata nel 2019 un'intensa sperimentazione, a livello nazionale, che si prefiggeva di raccogliere dati tecnico-scientifici ed evidenze di campo sull'utilizzo di un formulato a base acido pelargonico. Tale sperimentazione su larga scala in Umbria e in Veneto ha dato importanti risultati, ottenendo un riscontro positivo da parte dei produttori, che hanno preferito l'uso di l'acido pelargonico ai prodotti tradizionali (come quelli a base di decanolo) in quanto più efficace e meno problematico nella sua gestione.

2.1.2 Usi extra-agricoli

Oltre al suo utilizzo in agricoltura, l'acido pelargonico ha applicazioni importanti anche in campi extra-agricoli come la gestione del verde urbano, delle infrastrutture stradali, delle aree archeologiche e delle linee ferroviarie.

Ambiente urbano

Nell'ambiente urbano dove è necessaria la gestione del verde, anche per quanto riguarda le infrastrutture stradali, l'obiettivo principale è quello di ridurre l'impiego di erbicidi chimici, favorendo un ambiente più sano e sostenibile per le comunità. Bisogna tenere conto che, in una realtà stratificata e articolata come quello cittadina, le infestanti possono svilupparsi anche nelle zone più inospitali e la loro presenza può favorire e determinare l'insorgenza di crepe delle pavimentazioni stradali o dei marciapiedi, causando nel tempo un deterioramento degli asfalti e un conseguente rischio per la circolazione di mezzi e persone. Tale problematica si riscontra, ad esempio, nel caso di pavimentazioni asfaltate, in ghiaia e in conglomerato cementizio, dove crepe e punti di discontinuità della superficie portano all'accumulo di materiale organico e alla successiva crescita di infestanti il cui apparato radicale rimane vitale. Un'altra problematica di rilievo è la crescita

della vegetazione lungo i bordi delle vie, dei viali e degli incroci che può compromettere la visibilità e la sicurezza stradale. In aggiunta a ciò, è necessario tener presente che la crescita delle infestanti avviene anche in aree difficilmente praticabili dove il loro controllo con mezzi meccanici (tagliaerba, decespugliatori), possibili sostituti degli erbicidi chimici, è molto difficile se non impossibile. A questo si uniscono alcune criticità relative all'utilizzo dei mezzi meccanici, come il rumore o la lenta e complessa cantierizzazione richiesta in caso di diserbo meccanico [2] [15]. Inoltre, per quanto riguarda l'utilizzo della lotta chimica, le norme nazionali (Piano di Azione Nazionale - PAN) e quelle regionali (Piano di Azione Regionale - PAR) per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari impongono dei limiti e dei vincoli all'uso di erbicidi sia sulle strade sia nelle zone frequentate dalla popolazione o da gruppi vulnerabili, come ad esempio bambini, donne in stato interessante, anziani, lavoratori e

residenti fortemente esposti ai fitofarmaci sul lungo periodo. Il PAR, inoltre, prevede limitazioni sull'impiego del Glyphosate, consentendolo nell'unico caso in cui l'Ente preposto al diserbo sia dotato di un "Piano di utilizzo". Tutto ciò spinge il controllo delle infestanti, in particolare in contesti altamente frequentati dalla popolazione come quello urbano, attraverso un approccio integrato, al fine di garantire la salute pubblica e di consentire una adeguata gestione delle malerbe. Dunque, l'utilizzo di prodotti a base di acido pelargonico, integrato al diserbo meccanico anche per contenere costi e in alternativa all'uso dei fitofarmaci chimici, può essere una valida soluzione, tra l'altro già percorsa da diverse amministrazioni locali [16].

Ambiente extra-urbano e industriale

Sulle strade e autostrade extra-urbane si ricorre principalmente a mezzi meccanici, nonostante la difficoltà di contenere la vegetazione che finisce per ostruire la segnaletica stradale. È possibile intervenire anche con una gestione agronomica, come gli inerbimenti tecnici delle aree da gestire. Tale soluzione vale anche per i siti industriali, soprattutto le aree abbandonate e non più utilizzate, dove spesso si ritrovano infestanti spesso difficili da controllare con semplici mezzi meccanici o con prodotti a basso impatto. In tali situazioni quindi, oltre a eseguire dei piani d'intervento sul lungo periodo al fine di ridurre l'impiego di prodotti ad alto impatto ambientale e a dosaggi elevati con conseguenti fenomeni di resistenza delle infestanti, l'impiego integrato dell'acido pelargonico con altre soluzioni può migliorare l'efficacia dei trattamenti e la strategia di manutenzione di queste aree.

Aree archeologiche e monumentali

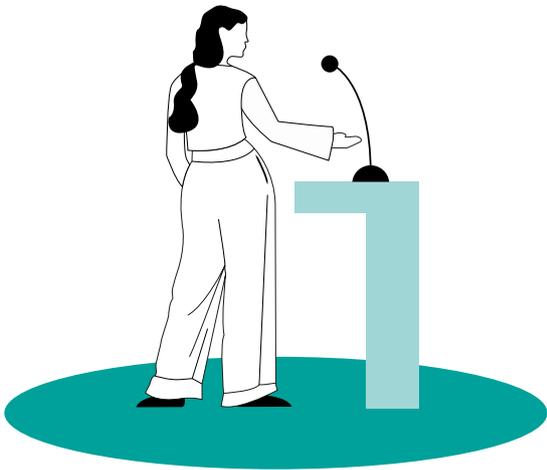
Le zone archeologiche, considerate aree intermedie tra quelle urbane e quelle extra-urbane, presentano caratteristiche di gestione simili a quelle presentate in precedenza. Tuttavia esse presentano anche delle caratteristiche peculiari e specifiche, come la presenza di un territorio vario e vasto, in cui si rende necessario tutelare il patrimonio artistico e archeologico e salvaguardare la sua biodiversità ambientale. Tali aree hanno una natura paesaggistica ed ecologica molto particolare, come ad esempio la presenza di specie arboree monumentali di pregio o l'esistenza di vegetazione che potenzialmente contribuisce alla conservazione degli apparati storici. Tutto ciò rende il controllo delle erbe infestanti particolarmente impegnativo. Le aree archeologiche, inoltre, data la loro complessità e considerata la varietà dei loro elementi costitutivi, offrono l'opportunità di un confronto multidisciplinare atto a trovare soluzioni sempre più efficaci e sostenibili. In tale contesto, l'utilizzo dell'acido pelargonico risulta un fattore determinante per le caratteristiche che lo contraddistinguono e che lo rendono di facile inserimento nei piani di gestione integrata della vegetazione [17] anche come agente muschicida.

Ferrovie

La gestione delle infestanti lungo le ferrovie, che prevede gli interventi meccanici e l'utilizzo di mezzi chimici, è necessaria in quanto la crescita incontrollata della vegetazione interferisce con il funzionamento delle linee ferroviarie, ostacolando la visibilità e creando pericoli per la sicurezza del traffico ferroviario. Tale operazione si inserisce su una molteplicità di fattori e controllare le malerbe in questi contesti significa in qualche modo lavorare in un cantiere di lavoro dove diventano fondamentali la completa efficacia del trattamento, i tempi e il numero di interventi necessari. Per nulla secondari sono anche i costi di gestione delle operazioni previste. Inoltre, bisogna considerare che sulla stessa linea possono coesistere zone e aree multiple con necessità di gestione diverse. Ad esempio, devono essere previsti interventi di controllo della vegetazione sulla massicciata, sul sentiero, sulle aree di prossimità, sulla scarpata, oltre che sui depositi, sui piazzali e sulle aree frequentate all'interno delle stazioni. In tale contesto, secondo quanto emerge da studi in merito, la lotta integrata è sicuramente da preferire

considerando l'impiego mirato degli erbicidi sia per i tempi di intervento sia per le specie vegetali presenti nelle aree ferroviarie [18]. Dunque, anche per quanto riguarda le linee e le aree ferroviarie, l'acido pelargonico, utilizzato in modo sinergico con gli altri mezzi di lotta, risulta utile sia sotto l'aspetto ambientale sia nel caso di sostituzione di erbicidi tradizionali. In questo senso e con l'obiettivo di privilegiare prodotti a minor impatto, la Francia è stata la prima nazione europea a voler procedere nell'eliminazione del Glyphosate dall'utilizzo nel contesto ferroviario, come annunciato alla fine del 2020 dalla principale compagnia ferroviaria francese, e altri paesi del Nord Europa (come l'Austria e il Belgio) stanno ipotizzando una strategia simile. Anche in Italia il gestore dell'infrastruttura ferroviaria nazionale italiana promuove per il contenimento della vegetazione infestante l'uso di prodotti con ridotto impatto ambientale in sostituzione dei metodi chimici tradizionali e sono già attivi contratti che prevedono specificatamente l'uso dell'acido pelargonico.

3.



3. Quadro regolatorio

3.1 Utilizzo dei fitofarmaci, le disposizioni normative

La regolamentazione relativa alla immissione sul mercato e all'utilizzo dei fitofarmaci prevede a livello mondiale differenze notevoli da paese a paese. Nonostante la FAO (Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura) e l'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) forniscano linee guida di carattere generale con il Codex Alimentarius, assistiamo ad ampie disparità di utilizzo. Rispetto al contesto globale, l'Europa e soprattutto in Italia sono le aree in cui vigono i più alti livelli di attenzione rispetto alla normativa dei prodotti fitosanitari, con articolati processi autorizzativi e vincoli molto stringenti relativamente ai limiti massimi di residui ammessi. La normativa Ue si basa sul Regolamento (CE) n. 1107/2009 del Parlamento europeo e

del Consiglio del 21 ottobre 2009 relativo all'immissione sul mercato dei prodotti fitosanitari, sulla Direttiva (CE) 2009/128 del Parlamento Europeo del 21 ottobre 2009 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi, sul Regolamento (CE) n. 1272/2008 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2008 relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele, sul Regolamento (CE) n. 396/2005 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 febbraio 2005 concernente i livelli massimi di residui di antiparassitari nei o sui prodotti alimentari e mangimi di origine vegetale e animale. Mentre a livello nazionale le norme sono dettate dal Decreto Legislativo 14 agosto 2012, n.

150 recante "Attuazione della direttiva 2009/128/CE", dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 11 febbraio 2014, n. 59 concernente "Regolamento di organizzazione del Ministero della Salute", ed in particolare l'art. 10 recante "Direzione Generale per l'igiene e la sicurezza degli alimenti e la nutrizione" e dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 30 ottobre 2023, n. 196, recante il «Regolamento di organizzazione del Ministero della Salute» ai sensi dell'articolo 6-bis del decreto legge 11 novembre 2023, n. 173, che abroga il citato d.P.C.M. 11 febbraio 2014, n. 59. In Europa la regolamentazione dei fitofarmaci è orientata a garantire che i fitofarmaci utilizzati nell'Unione europea siano efficaci e non rappresentino effetti nocivi per la salute umana e per la salute animale e non abbiano un rischio inaccettabile per l'ambiente. Nel processo di approvazione e di immissione di un prodotto fitosanitario sul mercato europeo da parte della Commissione europea, un ruolo cruciale è svolto dalla EFSA

(l'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare) che fornisce valutazioni sui rischi associati alle sostanze attive presenti nei fitofarmaci e al loro uso. In tale percorso regolatorio, la Commissione fornisce la prima approvazione di una sostanza attiva per un periodo non superiore a 10 anni con il rinnovo dell'approvazione che può essere concesso per un massimo di 15 anni. In seguito, una volta che la sostanza attiva è stata approvata e autorizzata all'uso, la Commissione europea o ciascuno Stato membro possono applicare criteri e limitazioni relative, ad esempio, al livello minimo di purezza, al tipo di preparazione e al modo e alle condizioni di utilizzo.

Questo quadro normativo negli anni ha permesso all'Europa - e in particolar modo all'Italia - di distinguersi per il minor utilizzo di fitofarmaci convenzionali e di diventare una delle aree più sostenibili rispetto ad altre aree del Pianeta da cui vengono importati prodotti agricoli.

3.2 L'acido pelargonico: una fase di stallo che dura da 5 anni

Attualmente il processo autorizzativo che riguarda l'acido pelargonico vive una fase di stallo che dura da diversi anni. L'autorizzazione, avvenuta nel 2009, è scaduta nel 2019. Da quel momento si sono succedute una serie di proroghe che non hanno tuttavia portato ad una nuova autorizzazione. Il primo termine per la richiesta di rinnovo dell'autorizzazione era stato inizialmente previsto entro il 28 febbraio 2018, al fine di permetterne la valutazione e l'eventuale autorizzazione entro il 31 agosto 2019. Ad oggi il rinnovo dell'acido pelargonico ancora non ha visto la luce. A partire dalla scadenza della prima autorizzazione nel 2019 si sono succedute sei proroghe, l'ultima delle

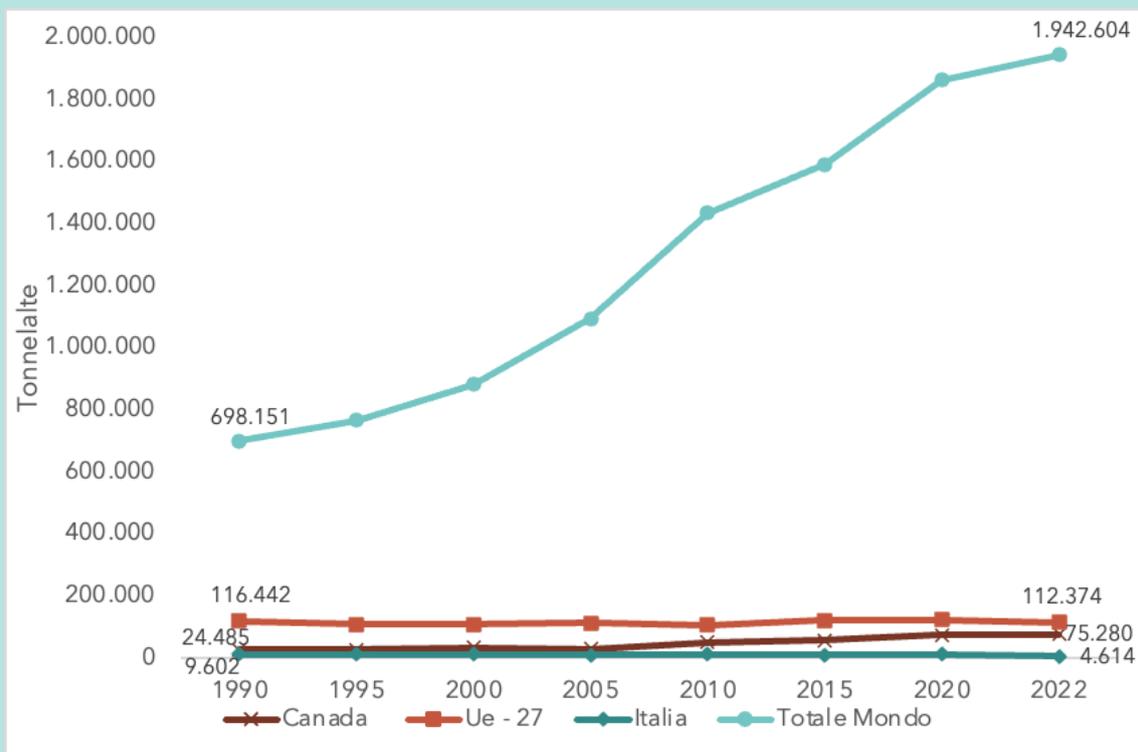
quali ha ulteriormente spostato la scadenza dell'autorizzazione dal 15/12/2024 al 01/12/2026. Tale situazione ha bloccato e tuttora rallenta le autorizzazioni e quindi l'immissione sul mercato di nuovi prodotti a base di acido pelargonico e produce una serie di criticità e incertezze che toccano principalmente gli agricoltori. Infatti, da una parte l'agricoltura è spinta dalle politiche europee a pratiche virtuose attraverso la riduzione dei fitofarmaci convenzionali, dall'altra non vi è la possibilità di impiegare i nuovi prodotti di origine naturale in quanto non autorizzati, con ricadute negative sia dal punto di vista economico che ambientale.



BOX - Alcuni dati, Italia leader nell'uso sostenibile di erbicidi

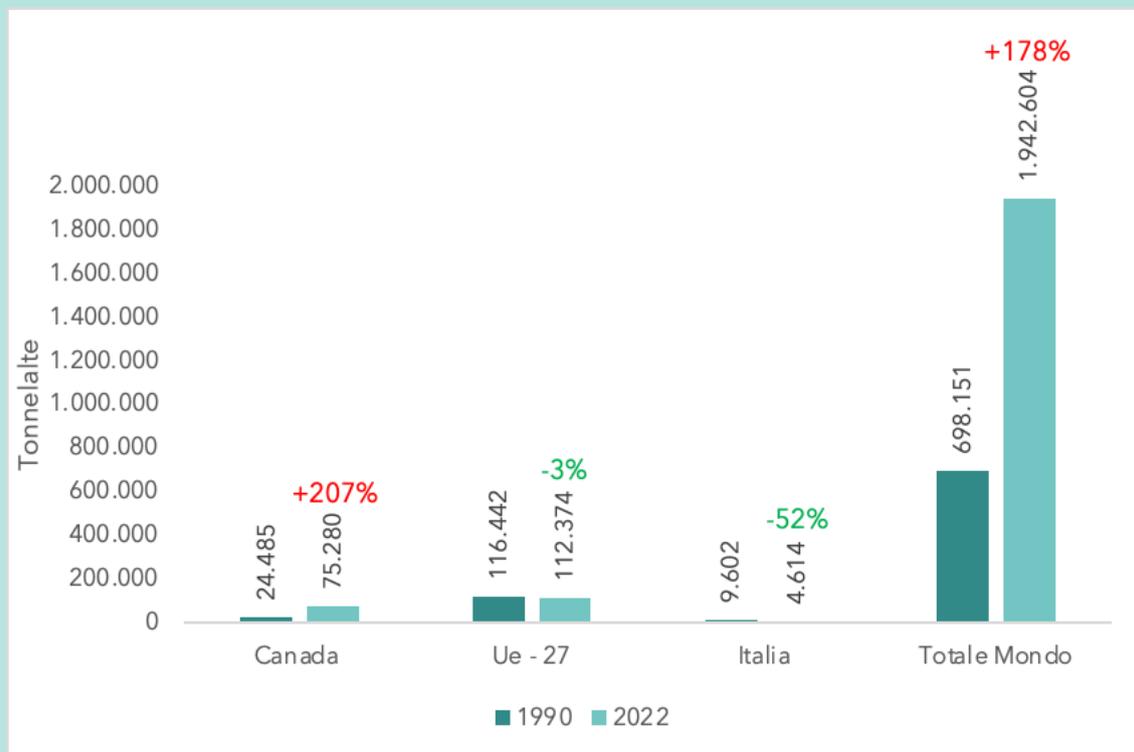
Nel mondo vengono impiegati oggi circa 2 milioni di tonnellate di erbicidi ad uso agricolo, con una crescita del 178% rispetto ai livelli del 1990. In valore assoluto l'uso di erbicidi è più che raddoppiato passando dalle 700 mila tonnellate del 1990 ai 2 milioni di tonnellate nel 2022. Una crescita spiegata per circa un quarto del totale dagli usi agricoli che avvengono in Canada e Stati Uniti a fronte invece di un calo registrato in Ue27 (-3%).

Grafico 1: Trend consumo agricolo totale di erbicidi (ton) 1990-2022



Fonte: Elaborazione Centro Studi Divulga su dati Fao

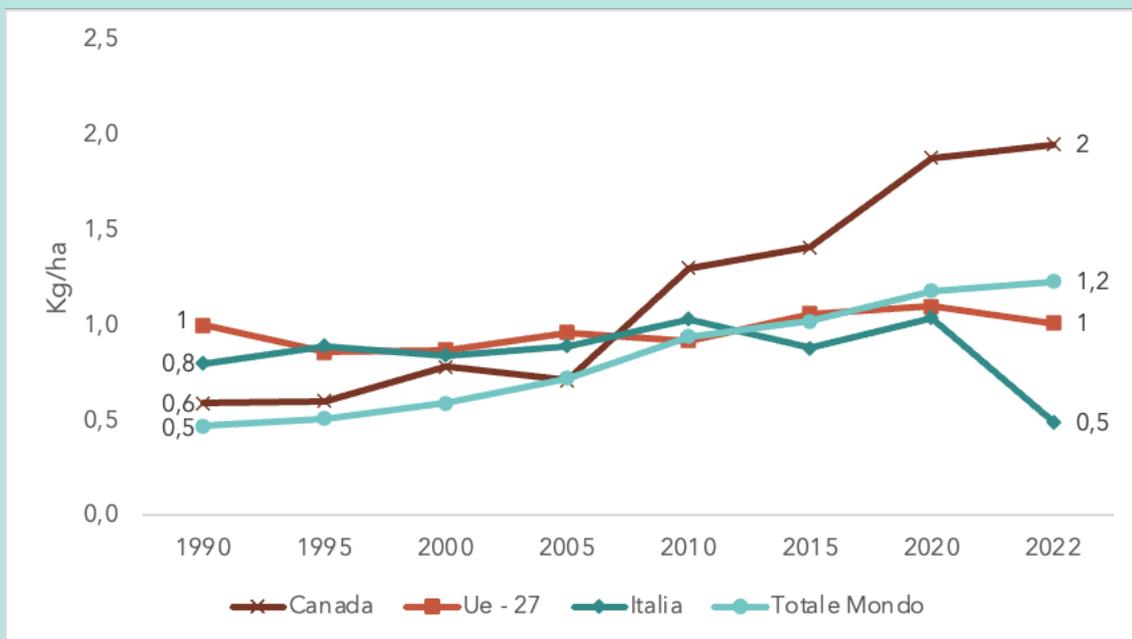
Grafico 2: Variazione % 2022/1990 - Consumo agricolo totale di erbicidi (ton)



Fonte: Elaborazione Centro Studi Divulga su dati Fao

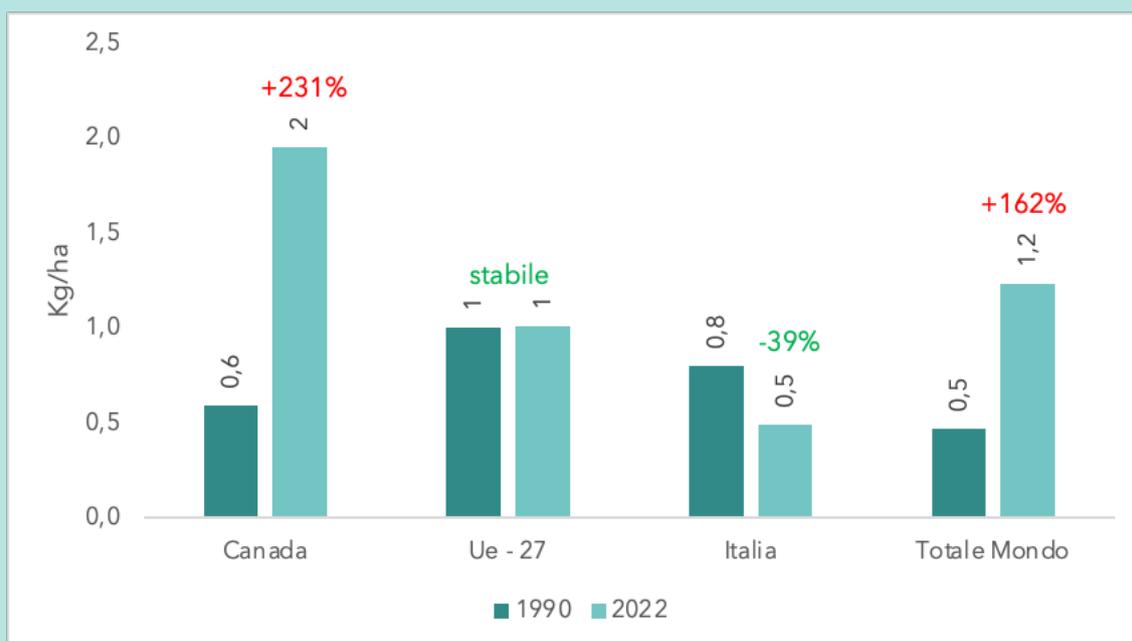
Sempre a livello mondiale, se osserviamo l'impiego di erbicidi per ettaro di terreno coltivato, si registra una sostanziale stabilità rispetto al 1990 per l'Ue27. Buone performance si rilevano anche grazie al virtuoso contributo di paesi come l'Italia che hanno registrato un sensibile calo nei consumi (-39%). Al contrario in Nord America si registrano crescite rilevanti (+147%), con il Canada che ha più che triplicato l'applicazione di erbicidi a fini agricoli (+231%), così come nel totale a livello globale (+162%).

Grafico 3: Trend impiego agricolo di erbicidi per ettaro (kg/ha) 1990-2022



Fonte: Elaborazione Centro Studi Divulga su dati Fao

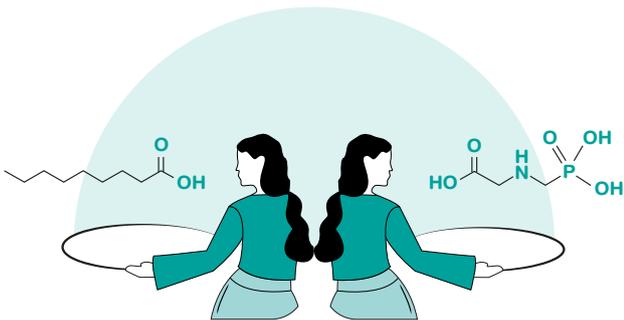
Grafico 4: Variazione % 2022/1990 - Impiego agricolo per ettaro di erbicidi (kg/ha)



Fonte: Elaborazione Centro Studi Divulga su dati Fao

Questi dati, che evidenziano un percorso a due velocità, richiamano da una parte la necessità di meccanismi di reciprocità nelle relazioni commerciali internazionali e dall'altra l'importanza di un percorso orientato alla sostenibilità tramite ad esempio la biochimica ed in particolare con prodotti come l'acido pelargonico. Infine da sottolineare il percorso virtuoso dell'Ue sotto il traino dell'Italia nell'utilizzo di erbicidi naturali.

4.



4 . F i t o f a r m a c i tradizionali, quali differenze

Come si è detto in precedenza, negli ultimi anni la marcata sensibilità ambientale e l'accresciuta preoccupazione per la salute umana hanno portato allo sviluppo di prodotti naturali, alternativi a quelli di sintesi più noti, come ad esempio il Glyphosate. I passi in avanti di questi anni hanno fatto emergere diverse soluzioni che potrebbero portare ad un decisivo ampliamento delle opzioni praticabili nel campo degli erbicidi non selettivi [19]. Come si è visto, l'acido pelargonico è un prodotto ad azione erbicida non selettiva. La sua azione, che si mostra entro poche ore dal trattamento con ingiallimenti delle foglie che portano al disseccamento delle parti colpite, grazie alla rapida degradazione, non lascia residui nell'ambiente circostante. Resta, come già

evidenziato nei capitoli precedenti, la criticità dei costi associati all'adozione di tecniche appropriate e alla necessità, a volte, di lavorazioni e trattamenti aggiuntivi. Sono costi che potrebbero aggravare ulteriormente l'onere delle produzioni agricole rispetto alle pratiche convenzionali [20, 21]. Tuttavia, i punti di forza dell'acido pelargonico, che si esprimono nel suo basso impatto ambientale, nella sua efficacia per l'ampio spettro di azione contro le infestanti e nella versatilità del suo utilizzo in diversi ambiti, possono bilanciare la criticità dei costi più alti. Inoltre, le caratteristiche vantaggiose dell'acido pelargonico, rispetto agli erbicidi naturali e a quelli chimici non selettivi, lo rendono ben utilizzabile nei piani di lotta integrata dove i diversi mezzi e interventi vengono

calibrati in modo coerente con le esigenze complessive della gestione dell'attività agricola. Sebbene il percorso di perfezionamento e sviluppo stia facendo il suo corso, l'acido pelargonico, grazie alla sua rapida biodegradabilità e al suo ridotto impatto ambientale, si pone come una delle alternative più promettenti all'utilizzo di prodotti ad ampio spettro come il Glyphosate e altre sostanze chimiche. Per quanto riguarda le colture fruttifere, ad esempio risulta essere di particolare importanza l'efficiente controllo dei polloni e delle erbe infestanti. Queste ultime possono infatti compromettere la produttività delle colture, a causa, per esempio, della competizione della risorsa idrica e dei nutrienti del suolo e possono, in aggiunta, rappresentare una possibile problematica fungendo da ospiti di parassiti e patogeni dannosi per la coltivazione stessa. Oggi giorno nella pratica convenzionale il controllo delle infestanti prevede l'impiego di erbicidi di pre- e post-emergenza con l'integrazione di interventi meccanici. L'efficacia nel controllo delle malerbe ottenuta con erbicidi residuali (es. glyphosate) e le frequenti lavorazioni meccaniche hanno consentito nel breve periodo di mantenere la produttività delle coltivazioni con un impatto però a lungo termine sull'ambiente e la fertilità dei suoli che

potrà essere invece preservata con l'introduzione di soluzioni sostenibili, buone pratiche agricole con tecniche di agricoltura di precisione. Nella colture frutticole, inoltre, l'altro aspetto di particolare rilevanza riguarda la rimozione dei polloni che è effettuata nei sistemi di gestione convenzionale per via meccanica e/o chimica mediante l'impiego di formulati a base di principi attivi quali carfentrazone-etile o piraflufen-etile con risultati variabili a livello di efficacia soprattutto nel duplice impiego diserbo/spollonatura e con tempi di rientro per gli operatori e di carenza in alcuni casi fino a 7 giorni. Occorre sottolineare che entrambe le sostanze attive carfentrazone etile e piraflufen-etile sono, in accordo al regolamento (UE) 396/2005, sostanze attive residuali per le quali sono stati fissati valori di MRL da 0,01 a 0,1 mg/kg. L'utilizzo di acido pelargonico in loro sostituzione porterebbe ad un azzeramento di residui di erbicidi nei prodotti trattati e negli organismi non target (come anfibi, rettili, invertebrati e vertebrati terrestri), oltre ad apportare un beneficio in termini di classificazione di pericolo sia del prodotto fitosanitario tal quale che della soluzione pronta all'uso che, in accordo a tutte le diluizioni previste in etichetta, risulta sempre essere esente da indicazioni di pericolo, quindi non classificata.

4.1 Focus: Glyphosate

Il Glyphosate è una sostanza chimica attiva ed un prodotto di sintesi con proprietà erbicida ad ampio spettro di azione, definito totale perché in grado di agire in maniera non selettiva sulle infestanti, tranne che sulle piante Ogm resistenti a tale diserbante. Rappresenta uno degli erbicidi più utilizzati al mondo, introdotto negli anni '70 e impiegato in molteplici contesti per il controllo delle malerbe. Originariamente sintetizzato come agente legante dei metalli da un chimico svizzero nel 1950, la formula del Glyphosate è stata successivamente acquistata da Monsanto, che ha iniziato a sperimentarne l'uso come diserbante depositando il brevetto con il nome di "Roundup". Scaduti i diritti d'uso, la molecola è stata utilizzata anche da altre compagnie della chimica come base per la produzione di erbicidi, ma il Roundup resta leader del mercato, grazie anche alla produzione (controversa) da parte della stessa compagnia di sementi transgeniche resistenti all'azione del Glyphosate [22]. Ad oggi il Glyphosate, grazie alla sua estrema versatilità di impiego e al suo basso costo, viene adottato in

ambito agricolo per combattere lo sviluppo di erbe infestanti, in ambito extra-agricolo per la gestione del verde urbano e delle strade e per il diserbo di binari ferroviari. Tuttavia, il suo uso massiccio e specialmente la sua applicazione nella fase di pre-raccolta in paesi extra europei produttori di grano hanno sollevato ampie preoccupazioni riguardo le conseguenze sul fronte della salubrità delle produzioni ottenute e dal punto di vista della biodiversità e della sensibilità ambientale. Secondo un recente studio condotto sui residui di Glyphosate su un campione di 8 mila prodotti a base di cereali, legumi, frutta e ortaggi venduti in Canada, il 42% di questi conteneva residui rilevabili di Glyphosate. In Italia, nel 2020, alcuni studi hanno rilevato tracce del potente erbicida in 7 pacchi di pasta su 20 analizzati e venduti nella penisola. La quasi totalità di essi era prodotto con grano proveniente dall'estero. Le principali criticità associate all'uso del Glyphosate includono possibili effetti sulla salute umana e impatti sulla biodiversità e sull'ambiente.

4.1.1 Possibili effetti sulla salute umana

Numerosi studi hanno evidenziato potenziali rischi per la salute associati all'esposizione al Glyphosate, inclusi effetti tossici sul sistema endocrino, riproduttivo e sullo sviluppo, nonché possibili correlazioni con malattie come il linfoma non-Hodgkin. Nel 2015, l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) - organismo intergovernativo facente capo all'Organizzazione Mondiale della Sanità, ha classificato il Glyphosate come "probabilmente cancerogeno per l'uomo". Diversi studi finalizzati ad indagare gli effetti di esposizioni croniche di Glyphosate hanno mostrato come il trattamento quotidiano di ratti vivi con una bassa dose di Roundup per 5 o 13 settimane provochi danni biochimici e anatomici al fegato [23]. L'esposizione cronica a dosi bassissime nell'acqua potabile ha causato danni al fegato e ai reni e vari tumori nei ratti di laboratorio [24]. Oltre che sui ratti, osservazioni sulle colture cellulari di ovaie bovine hanno mostrato un deterioramento delle funzioni ovariche dopo l'esposizione a basse concentrazioni di Glyphosate come tipico degli effetti degli interferenti endocrini. Altri studi di laboratorio hanno rilevato come l'esposizione di cellule del sangue periferico umano al Glyphosate

provochi danni diretti al DNA nei leucociti, alterando l'equilibrio tra la proliferazione delle cellule cancerose e la morte cellulare programmata [25]. Inoltre, alcuni importanti lavori di rassegna sull'argomento segnalano come gli studi epidemiologici più recenti forniscano ampie prove dell'associazione tra esposizione al Glyphosate e linfoma non-Hodgkin [26]. Nel caso del Glyphosate sono stati portati all'attenzione della comunità scientifica risultati che proverebbero la tossicità per i linfociti umani [27]. Gli effetti geno-tossici sembrano, peraltro, manifestarsi anche a bassi dosaggi e recentemente è stato dimostrato un nuovo meccanismo alla base della specificità del Glyphosate, la cosiddetta "up-regulation" della citidina deaminasi, un enzima che svolge una funzione importante nel sistema immunitario dell'uomo [28]. Su questa direzione un recente lavoro di meta-analisi ha evidenziato come risulti convincente l'ipotesi di un legame tra esposizione e rischio di linfoma non-Hodgkin [29]. Dunque, la progressiva sostituzione di fitofarmaci di sintesi con prodotti naturali può rappresentare un fattore cruciale in un'ottica di tutela della salute umana.

4.1.2 Impatto sulla biodiversità e sull'ambiente

Effetti rilevanti possono registrarsi anche sulla biodiversità, in particolare sugli organismi non target, come insetti impollinatori, microorganismi del suolo e piante non infestanti. Studi hanno dimostrato infatti come l'uso intensivo del Glyphosate può contribuire alla perdita di habitat e alla riduzione della diversità biologica in ambienti agricoli. Inoltre, il Glyphosate è stato riscontrato nelle acque superficiali e sotterranee, sollevando preoccupazioni circa la contaminazione delle risorse idriche. L'uso massiccio di erbicidi di sintesi in campo agricolo e nella gestione del verde pubblico e privato ha indubbiamente portato ad un incremento significativo dei residui ambientali con tutta una serie di impatti sull'ecosistema e di rischi per

gli esseri viventi che lo popolano. Il Glyphosate, infatti, è presente nei terreni, nelle acque in molti dei prodotti alimentari di cui ci nutriamo, riuscendo a persistere nel terreno nella forma del metabolita di decomposizione acido aminometilfosfonico (AMPA). L'erbicida può accumularsi in particolare nei suoli argillosi, dove la sua degradazione si è mostrata decisamente rallentata [30]. Così il Glyphosate contamina la falda acquifera, in particolare a seguito di forti piogge [31] e oggi si trova in un'ampia varietà di risorse idriche e sedimenti naturali [32], compresa l'acqua del mare dove la sua persistenza sembra essere più pronunciata [33][34].

4.2 Utilizzo come disseccante pre-raccolta

Tra i principali elementi di criticità si cita una pratica particolarmente controversa, ovvero l'uso del Glyphosate come disseccante in pre-raccolta, soprattutto per colture come il grano duro. Questa pratica è vietata in Italia, ma risulta autorizzata invece in alcuni paesi extra UE, come Stati Uniti e Canada, da cui l'Italia e l'Ue importano ingenti quantitativi di cereali e legumi.

In questi paesi il grano duro viene coltivato a ciclo primaverile-estivo con raccolta a fine estate e inizio autunno, per cui è necessario un trattamento con Glyphosate prima della raccolta per consentire al grano di maturare artificialmente, cosa altrimenti impossibile in considerazione delle condizioni pedoclimatiche di queste aree. Inoltre, nella fase di

concimazione, viene fatto largo uso di concimi di sintesi a base di azoto. Se da un lato il loro utilizzo consente di ottenere una produzione più elevata di cereali e grano, dall'altro ne rallenta ulteriormente il processo di maturazione. Ciò implica la necessità di una domanda crescente di Glyphosate per l'essiccazione, generando un circolo vizioso tra stagionalità, produttività del grano, maturazione non naturale e impiego dell'erbicida [34]. Questa tecnica aumenta i residui di Glyphosate nei prodotti finali, causando preoccupazioni per la salute dei consumatori e sollevando la necessità di regole comuni nelle relazioni commerciali in virtù del cosiddetto principio di reciprocità.

4.3 Breve excursus normativo

La legislazione europea sull'uso dei pesticidi è considerata la più completa e rigorosa al mondo, oltre che la più stringente [35]. Come si è visto il faro normativo è il Regolamento Ce 1107/2009 che disciplina i requisiti per l'autorizzazione degli ingredienti attivi e prevede un doppio livello di autorizzazione che affida a livello comunitario l'approvazione delle sostanze attive e alle competenze nazionali l'autorizzazione dei prodotti commerciali che li contengono. Ma soprattutto si ispira, a differenza di altre legislazioni compresa quella degli Stati Uniti [36], al principio di precauzione che consente ai Paesi dell'Ue di non autorizzare un pesticida in caso di incertezza scientifica sui rischi per la salute umana e animale o per l'ambiente [34]. Per quanto concerne il Glyphosate, il prodotto risulta commercializzato in diverse aree dell'Europa sin dagli anni '70 e solo nel 2002 è soggetto alla prima approvazione a livello comunitario [35]. Nel 2010 l'autorizzazione è stata prorogata fino al 2015, anno nel quale la IARC è giunta alla conclusione che il composto è "potenzialmente cancerogeno per l'uomo". Il parere ha condizionato il processo di proroga dell'autorizzazione che è stato prolungato di un solo anno al fine di consentire l'approfondimento del profilo di rischio dell'erbicida. Tuttavia, nel 2016, l'EFSA si è espressa pubblicamente sul fatto che sia

improbabile che il Glyphosate sia cancerogeno per l'uomo e la Commissione, su questa base, ha chiesto la proroga dell'autorizzazione per 15 anni. Si è arrivati così che alla fine del 2017 e, a pochi giorni dalla scadenza dell'autorizzazione, il futuro risultava ancora incerto. L'incertezza è stata risolta dalla Germania che ha modificato la sua posizione iniziale, passando dall'astensione al voto favorevole e approvando la proroga dell'autorizzazione fino al 2022, ma senza porre il divieto per gli anni successivi. Nel mese di dicembre 2022 la Commissione europea ha prorogato la scadenza per l'approvazione dell'erbicida di un anno, ovvero al 15 dicembre 2023 [34]. E arriviamo ai giorni nostri quando di recente, alla fine del 2023, la Commissione Europea ha deciso di prorogare l'autorizzazione all'uso del Glyphosate per ulteriori 10 anni, fino al 2033. Questa decisione è arrivata dopo un lungo processo di revisione scientifica condotto dall'EFSA e dall'ECHA (European Chemicals Agency), che hanno valutato i dati disponibili riguardanti i rischi associati all'uso del Glyphosate. Nonostante alcune evidenze di rischi potenziali e nonostante la Commissione evidenzi che gli studi si stanno facendo più intensi e tali da poter aggiungere nuove conoscenze sulle proprietà del Glyphosate rilevanti per la protezione della salute umana e ambientale, le

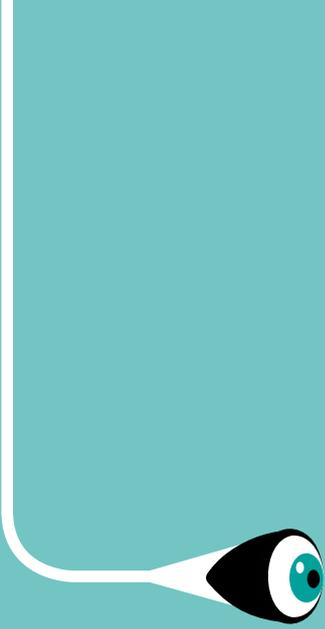
agenzie europee non hanno ritenuto sufficienti le prove per giustificare un divieto totale, ma hanno raccomandato misure di mitigazione per ridurre l'esposizione [37]. Tuttavia, la proroga ha suscitato reazioni contrastanti tra gli Stati membri, con alcuni, come la Francia e la Germania, che hanno espresso la volontà di eliminare progressivamente l'uso del Glyphosate, anche a livello nazionale, mentre altri, come l'Italia, che hanno adottato un approccio più prudente, continuando a vietarne l'uso in settori determinati.

Nei paesi extra UE, la situazione normativa varia ampiamente:

- Stati Uniti e Canada: il Glyphosate continua ad essere ampiamente utilizzato, con pochi limiti regolatori. Tuttavia, sono in corso azioni legali e iniziative per ridurre l'uso dell'erbicida a causa dei potenziali rischi per la salute.
- America Latina: in paesi come il Brasile e l'Argentina, il Glyphosate è una componente chiave dell'agricoltura, soprattutto nelle colture di soia geneticamente modificata, anche se si osserva una crescente resistenza sociale e legale all'uso indiscriminato dell'erbicida.

- Asia: l'uso del Glyphosate è generalmente meno regolamentato, ma alcuni paesi, come il Vietnam, hanno recentemente vietato il Glyphosate a seguito delle preoccupazioni legate alla salute e all'ambiente.

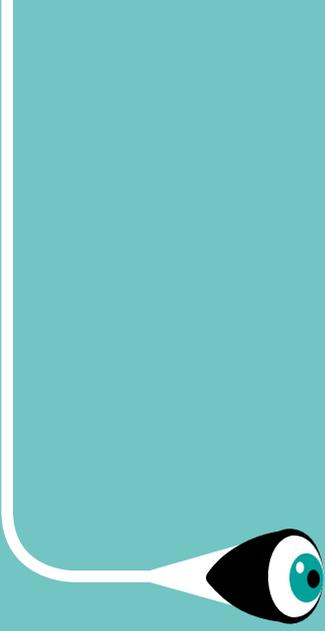
Questa forte disomogeneità si riflette dunque sui modelli produttivi distanti tra loro che rimarkano la necessità di reciprocità nelle relazioni commerciali a tutela di cittadini e imprese.



Note

[a] Composto organico costituito da un radicale alcolico e da un radicale acido uniti da un atomo di ossigeno; si decompone per idrolisi in un acido e in un alcole o in un fenolo.

[b] Termine che indica il tempo necessario perché la quantità, la concentrazione o l'attività di una sostanza soggetta a trasformazione e decomposizione si riduca alla metà di quella iniziale.



Bibliografia

- [1] Parlamento europeo, Regolamento (CE) n. 1107/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio del 21 ottobre 2009 relativo all'immissione sul mercato dei prodotti fitosanitari, 2009.
- [2] D. Loddo, K. K. Jagarapu, E. Strati, G. Trespidi, N. Nikolic, R. Masin, A. Berti e S. Otto, «Assessing Herbicide Efficacy of Pelargonic Acid on Several Weed Species,» *Agronomy*, 2023.
- [3] Scuola agraria del parco di Monza, «Come cambia la gestione del verde pubblico: il controllo del verde indesiderato.,» 2015. [Online]. Available: <https://www.monzaflora.it/it-IT/schede-tecniche/agricoltura/come-cambia-la-gestione-del-verde-pubblico/>.
- [4] G. Fenaroli, N. Bellanca e T. E. Furia, *Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients*, T.E. Furia and N. Bellanca, 1975.
- [5] M. King, *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 1993.
- [6] EFSA, «Appendix A - Consideration of cut-off criteria for pelargonic acid according to Annex II of Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council,» [Online]. Available: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2021.6813>
- [7] NIH - National Library of Medicine, «Compound summary - Nonanoic acid,» [Online]. Available: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Nonanoic-acid>.
- [8] J. Krauss, B. Baur e M. Keller, «Acido pelargonico: un tassello nella lotta alle malerbe nelle cipolle,» *Agroscope Transfer*, 2021
- [9] Società Chimica Italiana, «INAUGURATO IL PRIMO IMPIANTO DELLA BIORAFFINERIA DI PORTO TORRES,» *La Chimica e l'Industria Web*, 2014.
- [10] USDA Agricultural Marketing Service, «Pelargonic Acid - Identification of Petitioned Substance,» 2006. [Online]. Available: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/>

Pel%20acid%20Technical%20Advisory
%20Panel%20Report.pdf.

[11] Regione Toscana, «Schede tecniche di difesa fitosanitaria integrata e controllo integrato delle infestanti e fitoregolatori - PARTE SPECIALE,» 2024. [Online]. Available: http://www301.regione.toscana.it/bancadati/atti/Contenuto.xml?id=5409972&nomeFile=Decreto_n.4714_del_06-03-2024-Allegato-A

[12] T. Poiger, J. Muller, R. Kasteel e I. J. Buerge, «Degradation and sorption of the herbicide pelargonic acid in subsoils below railway tracks compared to a range of topsoils,» *Environmental Sciences Europe*, 2024

[13] U.S. Environmental Protection Agency, «Biopesticides Fact Sheet for Pelargonic acid,» [Online]. Available: https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-217500_01-Apr-00.pdf

[14] EPO - European Patent Office, «European Patent Specification - Pelargonic acid-based herbicide composition,» 2021. [Online]. Available: <https://data.epo.org/publication-server/rest/v1.0/publication-dates/20221123/patents/EP4025049NWB1/document.pdf>.

[15] International Labour Organisation, «1-DECANOLO,» [Online]. Available: <https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?>

p_lang=it&p_card_id=1490&p_version=2.

[16] M. Munoz, N. Torres-Pagan, A. Jouini, F. Araniti, A. M. Sanchez-Moreiras e M. Verdeguer, «Control of Problematic Weeds in Mediterranean Vineyards with the Bioherbicide Pelargonic Acid,» *Agronomy*, 2022.

[17] Marco Bartolini e altri, «Il diserbo nella conservazione dei beni culturali, Atti del seminario, 18 gennaio 2023,» 2023.

[18] SIRFI - Società Italiana per la Ricerca sulla Flora Infestante, «atti - Infestanti emergenti e riduzione di disponibilità di erbicidi,» 2018. [Online].

[19] J. Neal e A. Senesac, «Are There Alternatives to Glyphosate for Weed Control in Landscapes,» *NC State Extension Publications*, 2021.

[20] H. Kehlenbeck, J. Saltzmann, J. Schwarz e P. Zwerger, «Economic assessment of alternatives for glyphosate application in arable farming,» *Julius-Kühn-Archiv*, 2016.

[21] L. A. Schulte, J. Niemi, M. J. Helmers e C. Witte, «Prairie strips improve biodiversity and the delivery of multiple ecosystem services from corn-soybean croplands,» *Biological sciences*, 2016.

- [22] Centro Studi Divulga, «Glyphosate - Fatti, numeri e vicende legali dell'erbicida che ha conquistato il mondo danneggiando salute e ambiente,» 2023. [Online].
- [23] S. Caglar e D. Kolankaya, «The effect of sub-acute and sub-chronic exposure of rats to the glyphosate-based herbicide Roundup,» *Environ Toxicol Pharmacol*, 2008.
- [24] R. Mesnage, M. Arno, M. Costanzo, M. Malatesta, G.-E. Seralini e M. N. Antoniou, «Transcriptome profile analysis reflects rat liver and kidney damage following chronic ultra-low dose Roundup exposure,» *Environ Health*, 2015.
- [25] E. Hervouet, M. Cheray, F. M. Vallette e P.-F. Cartron, «DNA Methylation and Apoptosis Resistance in Cancer Cells,» *Cells*, 2013.
- [26] D. D. Weisenburger, «A Review and Update with Perspective of Evidence that the Herbicide Glyphosate (Roundup) is a Cause of Non-Hodgkin Lymphoma,» *Clin Lymphoma Myeloma Leuk*, 2021.
- [27] E. T. Chang e E. Delzell, «Systematic review and meta-analysis of glyphosate exposure and risk of lymphohematopoietic cancers,» *J Environ Sci Health B*, 2016.
- [28] L. Wang, Q. Deng, H. Hu, M. Liu, Z. Gong, S. Zhang, Z. Y. Xu-Monette, Z. Lu, K. H. Young, X. Ma e Y. Li, «Glyphosate induces benign monoclonal gammopathy and promotes multiple myeloma progression in mice,» *J Hematol Oncol*, 2019.
- [29] L. Zhang, I. Rana, R. M. Shaffer, E. Taioli e L. Sheppard, «Exposure to glyphosate-based herbicides and risk for non-Hodgkin lymphoma: A meta-analysis and supporting evidence,» *Mutat Res Rev Mutat Res*, 2019.
- [30] A. Cassigneul, P. Benoit, V. Bergheaud, V. Dumeny, V. Etievant, Y. Goubard, A. Maylin, E. Justes e L. Alletto, «Fate of glyphosate and degradates in cover crop residues and underlying soil: A laboratory study,» *Sci Total Environ*, 2016.
- [31] C. Maqueda, T. Undabeytia, J. Villaverde e E. Morillo, «Behaviour of glyphosate in a reservoir and the surrounding agricultural soils,» *Sci Total Environ*, 2017.
- [32] T. Poiger, I. J. Buerge, A. Bachli, M. D. Muller e M. E. Balmer, «Occurrence of the herbicide glyphosate and its metabolite AMPA in surface waters in Switzerland determined with on-line solid phase extraction LC-MS/MS,» *Environ Sci Pollut Res Int*, 2017
- [33] P. Mercurio, F. Flores, J. F. Mueller, S. Carter e A. P. Negri, «Glyphosate persistence in seawater,» *Mar Pollut Bull.*, 2014.

[34] Centro Studi Divulga, «Rapporto: Glyphosate - Fatti, numeri e vicende legali dell'erbicida che ha conquistato il mondo danneggiando salute e ambiente,» 2023.

[35] P. Kudsk e S. K. Mathiasen, «Pesticide regulation in the European Union and the glyphosate controversy,» *Weed Science*, 2020.

[36] V. Pelaez, L. Rodrigues da Silva e E. Borges Araujo, «Regulation of pesticides: A comparative analysis,» *Science and Public Policy*, 2013.

[37] Commissione europea, «Rinnovo dell'approvazione del glifosato: domande e risposte,» [Online]. Available: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/it/qanda_23_5793.

[38] G. Dev Kumar, K. Mis Solval, A. Mishra e D. Macarisin , «Antimicrobial Efficacy of Pelargonic Acid Micelles against Salmonella varies by Surfactant, Serotype and Stress Response,» *Nature*, 2020.

[39] «Gestire il verde - Nuove modalità e obblighi per l'utilizzo dei prodotti fitosanitari in ambiente urbano in vigore dal 15 marzo 2019,» [Online]. Available: <https://www.gestireilverde.it/nuove-modalita-e-obblighi-per-lutilizzo-dei-prodotti-fitosanitari-in-ambiente-urbano/>.

ISBN 979-12-81249-24-0



9 791281 249240

