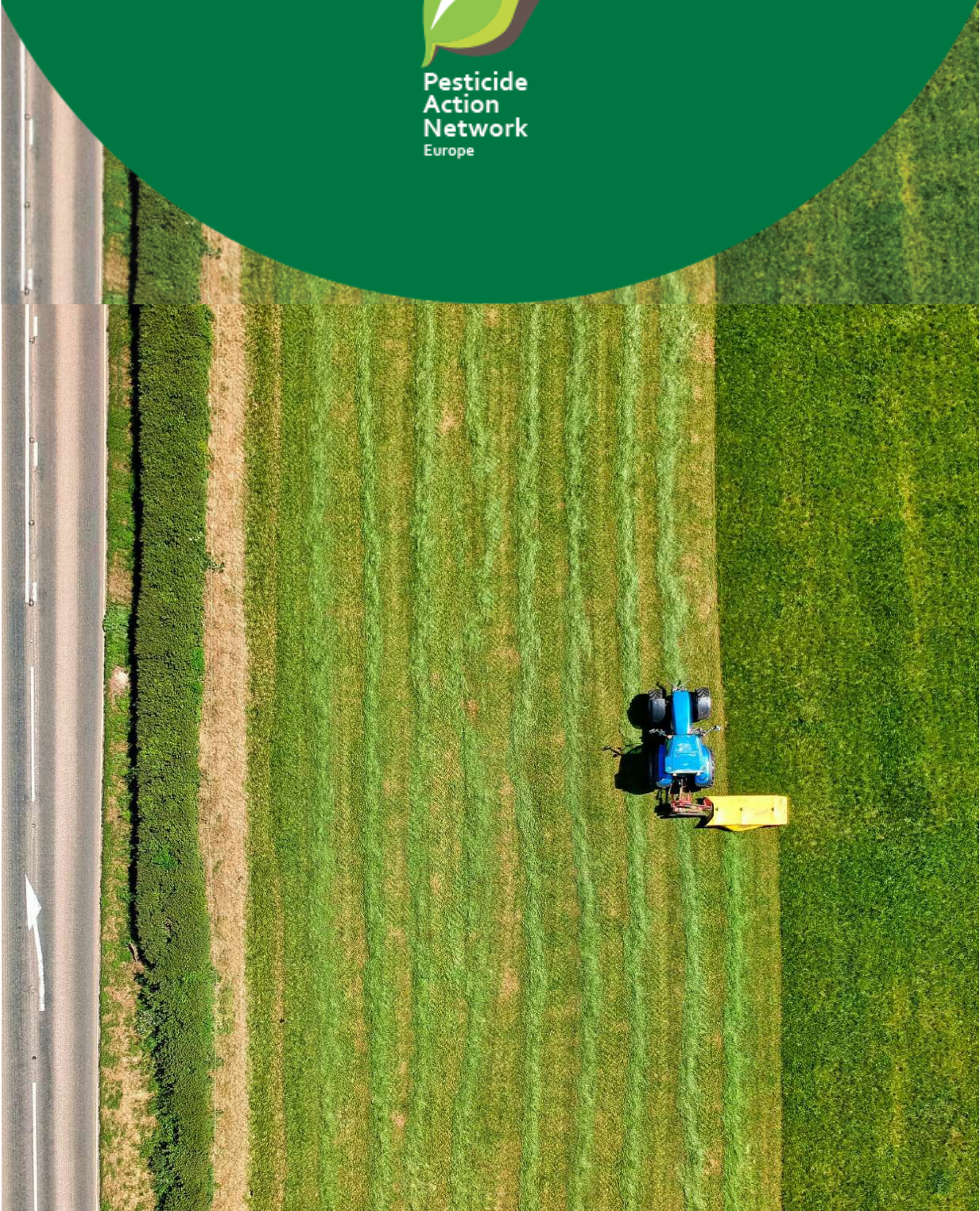


WEED MANAGEMENT: ALTERNATIVES TO THE USE OF GLYPHOSATE



Pesticide
Action
Network
Europe



GESTIONE DELLE ERBE INFESTANTI: ALTERNATIVE ALL'USO DEL GLIFOSATO

Questo rapporto è stato commissionato utilizzando il sostegno finanziario del gruppo Verdi/ALE al Parlamento europeo ed è stato scritto dallo staff del Pesticide Action Network (PAN) Europe con l'assistenza e il contributo della Prof.ssa Isabel Branco, che lavora presso l'ONG Quercus e insegna scienze del suolo presso l'Università di Trás-o-Montes e Alto Douro (UTAD) e del Dr. Charles Merfield, capo del BHU Future Farming Centre.

PAN Europe riconosce il loro prezioso contributo allo sviluppo del rapporto.

Editing by Gergely Simon (PAN Europe) and Andrzej Nowakowski (Greens/EFA).
Pesticide Action Network Europe, 2023 (third edition).
Rue de la Pacification 67, 1000 Brussels, Belgium
tel.: +32 2 318 62 55; info@pan-europe.info; www.pan-europe.info

Traduzione italiana a cura del dr Marco Calgaro ISDE Italia (International Society Doctors for the Environment)

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	5
2. COS'È IL GLIFOSATO?	8
3. USI E VENDITE DEL GLIFOSATO NELL'UNIONE EUROPEA	9
3.1. USI DEL GLIFOSATO	9
3.2. VENDITE DI GLIFOSATO E DI ALTRI ERBICIDI NELL'UE	15
4. IMPATTO DEL GLIFOSATO SUGLI ECOSISTEMI	18
5. GESTIONE DELLE ERBE INFESTANTI SENZA GLIFOSATO	23
5.1. "RADICI VIVE TUTTO L'ANNO" – L'IMPATTO DELLA GESTIONE DELLE ERBE INFESTANTI SULLA SALUTE DEL SUOLO	24
5.2. RIDEFINIRE LE ERBE INFESTANTI PER L'ERA POST-ERBICIDA	24
5.3. GESTIONE INTEGRATA DELLE ERBE INFESTANTI	25
5.4. GESTIONE PREVENTIVA E CULTURALE DELLE ERBE INFESTANTI	29
5.4.1. ROTAZIONI DELLE COLTURE	30
5.4.2. COLTURE SUSSIDIARIE (COLTURE DI COPERTURA)	31
5.4.3. CONSOCIAZIONE E SOTTOSEMINA	31
5.4.4. COMPETIZIONE TRA LE COLTURE PER SOPPRIMERE LE ERBE INFESTANTI	32
5.4.5. SEMENZAI FALSI E STANTII	32
5.5. GESTIONE DELLE ERBE INFESTANTI	33
5.5.1. SARCHIATRICI IN CULTURA	33
5.5.2. SARCHIATRICI ELETTROTERMICHE – SOSTITUZIONE DIRETTA DEL GLIFOSATO	33
5.5.3. CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE PER IL DISERBO	34
5.5.4. DISERBO TERMICO	45
5.5.5. PACCIAMATURA	48
5.6. RIDUZIONE DIRETTA DELLA BANCA DEL SEME DELLE ERBE INFESTANTI	48
5.7. CONTROLLO DELLE SEMENTI DELLE ERBE INFESTANTI	48
5.8. CONTROLLO BIOLOGICO DELLE ERBE INFESTANTI	49
5.9. GESTIONE DELLE ERBE INFESTANTI DA PARTE DEL BESTIAME	50
5.10. ERBICIDI BIOLOGICI CERTIFICATI	51
5.11. CASO DI STUDIO – L'ERBA PERENNE STRISCIANTE ELYTRIGIA REPENS (GRAMIGNA)	51
6. ECONOMIA DELL'INTERRUZIONE DELL'USO DEL GLIFOSATO	52

6.1. UTILIZZARE LA POLITICA AGRICOLA COMUNE PER RIDURRE L'USO DEI PESTICIDI	54
7. RILEVANZA DELLE POLITICHE	58
7.1. IL GREEN DEAL DELL'UE E LA STRATEGIA "DAL PRODUTTORE AL CONSUMATORE"	58
7.2. L'INIZIATIVA DEI CITTADINI EUROPEI "SALVATE LE API E GLI AGRICOLTORI"	58
7.3. L'INIZIATIVA DEI CITTADINI EUROPEI PER "VIETARE IL GLIFOSATO E PROTEGGERE LE PERSONE E L'AMBIENTE DAI PESTICIDI TOSSICI"	50
7.4. NUOVA AUTORIZZAZIONE DEL GLIFOSATO	59
7.5. STATI MEMBRI DELL'UE CHE LIMITANO L'USO DEL GLIFOSATO E DI ALTRI ERBICIDI	60
8. CONCLUSIONI	62
RIFERIMENTI	64
ALLEGATO 1 - PRINCIPALI USI DEL GLIFOSATO NELL'UE E SUE ALTERNATIVE	72
ALLEGATO 2 - GESTIONE NON CHIMICA DEL ROMICE (RUMEX SPP.)	78
ALLEGATO 3 - ILLUSTRAZIONE DELL'APPROCCIO "MOLTI PICCOLI MARTELLI"	89

1. INTRODUZIONE

Mentre l'uso di pesticidi sintetici in agricoltura ha contribuito ad aumentare la produzione alimentare, ciò si è verificato a caro prezzo per l'ambiente, le risorse naturali e la salute umana. Il rapporto 2017 delle Nazioni Unite (ONU) del relatore speciale sul diritto al cibo evidenzia l'impatto negativo dell'uso dei pesticidi sui diritti umani, sulla salute umana (lavoratori, loro famiglie, astanti, residenti e consumatori) e sull'ambiente. La relazione rivela inoltre che l'agricoltura intensiva basata sull'uso di pesticidi non ha contribuito a ridurre la fame nel mondo¹. Gli erbicidi sono utilizzati in agricoltura e orticoltura per combattere le erbe infestanti che, al di sopra di determinate soglie, competono con le colture e i pascoli per nutrienti, acqua e luce solare con conseguente riduzione della resa e della qualità delle colture e del bestiame, che a sua volta riduce la redditività. Il successivo uso più diffuso è per i sistemi di non-lavorazione e lavorazione ridotta in cui gli erbicidi, principalmente quelli a base di glifosato, vengono utilizzati per uccidere tutta la vegetazione, sia post-raccolta che anche prima dell'insediamento di colture e pascoli. Un terzo uso è quello per maturare ed essiccare cereali e colture da seme prima del raccolto. Gli usi non agricoli includono la gestione di specie vegetali invasive, l'assistenza alla gestione di aree pubbliche, per l'estetica o la riduzione dei rischi (ad esempio, marciapiedi, marciapiedi e ferrovie), o per il controllo delle infestanti nei giardini privati. È diffusa la convinzione che gli erbicidi siano sicuri per la salute umana e abbiano scarso impatto sull'ambiente. Sulla base di questa convinzione, i sistemi agricoli tradizionali sono ora quasi completamente dipendenti dall'uso di pesticidi, in particolare erbicidi. Molti agricoltori hanno abbandonato diversi metodi di gestione delle erbe infestanti altrettanto efficaci e non chimici. Di conseguenza, tonnellate di erbicidi, in particolare prodotti a base di glifosato, vengono applicati ogni giorno ai campi e ai loro dintorni, il che può mettere a rischio la salute umana e avere un impatto negativo sui processi biologici e sul funzionamento dell'ecosistema. L'uso di erbicidi con un approccio di tolleranza zero alle erbe infestanti è uno dei principali motori del declino della biodiversità dei terreni agricoli; Ciò include la perdita di specie benefiche che potrebbero altrimenti combattere i parassiti. Gli agricoltori e i coltivatori sono diventati dipendenti da pesticidi ed erbicidi mentre molte alternative non chimiche sono state perse dalla memoria collettiva, quindi i produttori finiscono intrappolati su un tapis roulant di pesticidi. Gli erbicidi possono avere una vasta gamma di impatti non bersaglio, compresi gli effetti tossici diretti sulle specie non bersaglio, compresi gli organismi del suolo, gli invertebrati e i vertebrati, nonché effetti a livello di ecosistema. Ma ci sono anche effetti importanti derivanti dall'obiettivo previsto di ridurre le erbe infestanti, su risorse alimentari ed ecologiche di vitale importanza per le altre specie che abitano i terreni agricoli, come insetti e uccelli. Pertanto, vi sono effetti diretti e indiretti dell'uso di erbicidi sugli ecosistemi agricoli che si traducono nei grandi cali osservati in quelle che una volta erano specie agricole diffuse e di vitale importanza di interesse pubblico, tra cui fiori selvatici, insetti ² e uccelli ³.

¹ United Nations, 2017. Report of the Special Rapporteur on the right to food.
http://ap.ohchr.org/documents/dpage_e.aspx?si=A/HRC/34/48

² Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, Schwan H, *et al.* (2017) More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. PLoS ONE 12(10): e0185809.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>

³ <http://vigienature.mnhn.fr/page/produire-des-indicateurs-partir-des-indices-des-especes-habitat>,
<https://www.independent.co.uk/environment/europe-bird-population-countryside-reduced-pesticides-france-wildlifeconrs-a8267246.html>

Non solo l'uso di erbicidi e pesticidi ha molti impatti negativi, ma ad un certo punto non funzionano nemmeno più a causa della resistenza evoluta, cioè le erbe infestanti evolvono meccanismi che le rendono resistenti agli erbicidi usati regolarmente, in modo tale che gli erbicidi non uccidono più le erbe infestanti. Nel dicembre 2022, ci sono stati 515 "casi unici di resistenza", cioè popolazioni di specie infestanti resistenti a un erbicida (in 267 specie), un grande aumento rispetto a meno di dieci casi nel 1970⁴. Di questi, oltre 100 specie sono resistenti a due modalità d'azione erbicide e più di 50 specie sono resistenti a tre modalità di azione. Le erbe infestanti hanno sviluppato resistenza a 21 delle 31 modalità d'azione degli erbicidi conosciute e a 165 diversi erbicidi. Di conseguenza, il numero di specie di erbe infestanti resistenti al glifosato è ora pari a 56.

Diverse nuove politiche dell'Unione europea (UE) richiedono una riduzione urgente dell'uso di pesticidi in Europa. Il glifosato è di gran lunga il principio attivo degli erbicidi più utilizzato in Europa. Nel Green Deal dell'UE annunciato nel giugno 2022, "la Commissione europea ha adottato una proposta per ripristinare gli ecosistemi danneggiati e ripristinare la natura dell'Europa dai terreni agricoli e dai mari alle foreste e agli ambienti urbani, entro il 2050. In tale contesto, la Commissione propone di ridurre del 50% entro il 2030 l'uso e il rischio dei pesticidi chimici, nonché l'uso dei pesticidi più pericolosi." ⁵ Le strategie dell'UE in materia di biodiversità e l'obiettivo "Dal produttore al consumatore"⁶ avevano precedentemente specificato i due obiettivi di riduzione dei pesticidi nel maggio 2020. Tuttavia, all'attuale tasso di utilizzo degli erbicidi, gli obiettivi di riduzione dei pesticidi dell'UE non possono essere raggiunti. Ecco perché abbiamo bisogno di alternative all'uso attuale degli erbicidi e in particolare del più utilizzato, il glifosato.

I cittadini europei chiedono anche una riduzione radicale dell'uso di pesticidi. Nel 2022 l'iniziativa dei cittadini europei (ICE) *Save Bees and Farmers* ha superato il traguardo di 1 milione di firme valide⁷. L'ICE chiede di eliminare gradualmente l'uso di pesticidi sintetici: entro il 2030, afferma l'invito, l'uso di pesticidi sintetici dovrebbe essere gradualmente ridotto dell'80% nell'agricoltura dell'UE; ed entro il 2035 l'agricoltura in tutta l'Unione dovrebbe funzionare senza pesticidi sintetici. In precedenza, nel 2017, un'altra ICE di successo ha invitato a vietare il glifosato, riformare il processo di approvazione dei pesticidi dell'UE e fissare obiettivi obbligatori per ridurre l'uso di pesticidi nell'UE; questa è stata ufficialmente consegnata alla Commissione europea con un totale di 1.320.517 firme raccolte da tutta l'UE⁸.

Questo rapporto delinea l'ampia gamma di alternative non chimiche agli erbicidi che sono già disponibili e utilizzate dagli agricoltori biologici e da coloro che praticano la gestione integrata delle erbe infestanti (IWM). Evidenzia la necessità critica per gli agricoltori e i coltivatori tradizionali di fare un uso molto più ampio di questi strumenti e la necessità di espandere e migliorare gli attuali strumenti non chimici, sviluppando al contempo nuovi approcci. Utilizzando erbicidi a base di glifosato come riferimento, l'attuale analisi presenta un'ampia varietà di approcci di gestione delle infestanti che ottengono un controllo delle infestanti altamente efficace senza l'uso di erbicidi.

⁴ Heap, I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. <http://www.weedscience.org/>

⁵ <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/news/green-deal-halving-pesticide-use-2030>

⁶ https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/sustainable-use-pesticides/farm-fork-targets-progress_en

⁷ <https://www.pan-europe.info/press-releases/2022/11/1-million-eu-citizens-tell-eu-commission-end-war-against-nature>

⁸ <http://ec.europa.eu/citizens-initiative/public/initiatives/successful/details/2017/000002>

Integrando le pratiche agricole fisiche, meccaniche, biologiche ed ecologiche con le ampie conoscenze acquisite sulle caratteristiche biologiche ed ecologiche delle piante coltivate e delle erbe infestanti, gli agricoltori possono gestire con successo le erbe infestanti senza erbicidi, mantenendo i raccolti, evitando di costruire resistenza nelle specie infestanti, proteggendo la salute del suolo e la biodiversità e riducendo al minimo l'erosione.

La presente relazione tratta anche argomenti quali l'uso del glifosato nell'UE e nel mondo, le vendite generali di pesticidi nell'UE e gli impatti del glifosato sul suolo e sull'ambiente. Infine, presenta un elenco di suggerimenti per la transizione verso pratiche di gestione delle erbe infestanti prive di glifosato e pesticidi. Il rapporto si basa su diversi principi biologici e agronomici, come l'approccio "molti piccoli martelli" alla gestione delle erbe infestanti e la gerarchia IWM. In termini di suolo, spiega l'approccio "radici vive tutto l'anno" e, soprattutto, per IWM, ridefinisce il concetto di erba infestante introducendo la categoria di *Aliae Plantae* (altre piante) che non sono dannose per la coltura ma sono piuttosto benigne per essa o addirittura benefiche per l'agro-ecosistema. La comprensione diffusa di questo potrebbe essere un punto di svolta, poiché gli agricoltori non spenderebbero più tempo, sforzi e denaro per sradicare *aliae plantae* senza alcun beneficio. Infine, il regime IWM per la gestione del Romice (*Rumex spp.*) nei pascoli è stato sviluppato in un nuovo allegato, e le alternative chimiche e non chimiche agli 8 principali usi del glifosato sono stati riassunti in una tabella, sempre in allegato.

2. COS'È IL GLIFOSATO?

L'erbicida attivo glifosato (N-(fosfonometil)-glicina) e le sue formulazioni sono gli erbicidi più utilizzati, sia a livello globale che nell'UE. Il glifosato è stato sintetizzato per la prima volta nel 1950 da un'azienda farmaceutica, ma quando la ricerca ha dimostrato la significativa fitotossicità del glifosato nel 1971, la Monsanto lo ha brevettato come principio attivo erbicida. Le prime formulazioni di glifosato sono state introdotte nel mercato statunitense nel 1974 con il nome commerciale Roundup™⁹. A causa dello spettro eccezionalmente ampio e degli effetti non selettivi (effetti letali su ogni pianta vascolare) e del fatto che è sistemico (viene trasportato attraverso il sistema vascolare delle piante), le formulazioni Roundup sono diventate rapidamente popolari nell'agricoltura chimica. Nel 1990, l'uso di Roundup si è espanso ulteriormente con lo sviluppo e la piantagione di colture geneticamente modificate resistenti al glifosato (GM) ("Roundup Ready" GM soia glifosato resistente, seguita da mais e cotone Roundup Ready. La coltivazione di colture GM consente l'applicazione post-emergenza di formulazioni a base di glifosato (due o tre applicazioni in una stagione), con conseguente morte di tutte le piante tranne quelle resistenti al glifosato ma anche un aumento del carico chimico sul nostro ambiente. Né l'identificazione delle proprietà inquinanti dell'acqua del glifosato né la comparsa di erbe infestanti resistenti hanno rallentato il successo di mercato delle formulazioni a base di glifosato; In effetti, il mercato globale del glifosato è in continua crescita¹⁰. Gli erbicidi a base di Roundup / glifosato sono anche il fondamento dell'agricoltura chimica senza lavorazione e vengono utilizzati su milioni di ettari in tutto il mondo .

Il glifosato inibisce la via metabolica dell'acido shikimico nelle piante bloccando l'azione dell'enzima 5-enolo-piruvil-3-fosfoshikimato o EPSP, che ha un ruolo chiave nella sintesi di aminoacidi (es. triptofano e tirosina) e di altri nutrienti essenziali per la pianta; innescando una cascata di reazioni, il risultato è un invecchiamento precoce e alterazioni necrotiche dell'intera pianta, seguite da una rapida morte delle piante (Holländer & Amrhein, 1980). La via metabolica inibita dal glifosato si verifica in ogni pianta vascolare, quindi la morte delle piante di terra ed anche acquatiche può essere causata dal glifosato (Boocock & Coggins, 1983). Come effetto secondario, il glifosato può alterare il microbioma endofitico e rizosferico delle piante (van Bruggen et al., 2021), indebolendo la difesa delle piante attraverso una diminuzione della produzione antimicrobica contro gli attacchi patogeni e causando una maggiore essudazione di aminoacidi e carboidrati attraenti per i patogeni delle piante (Kremer & Means, 2009). Inoltre, la via dello shikimate si trova anche in microrganismi tra cui batteri e funghi, non solo nelle piante (Duke, 2018). In effetti, il glifosato è stato brevettato nel 2010 dalla Monsanto come agente antimicrobico contro alcune infezioni patogene¹¹. A causa della diversa sensibilità di vari microrganismi al glifosato, la composizione microbica degli elementi ambientali (ad esempio suolo, acque superficiali, superfici vegetali) può essere influenzata (van Bruggen et al., 2018). Inoltre, il glifosato può interagire con il microbiota intestinale degli animali, compresi gli esseri umani, e influenzare negativamente i loro batteri intestinali benefici, con conseguente disbiosi o squilibrio della composizione del microbiota intestinale (Rueda-Ruzafa et al., 2019; Hu et al., 2021). Da quando il brevetto della Monsanto sul glifosato è scaduto nel 2000, molti altri produttori di pesticidi hanno iniziato a produrre prodotti erbicidi a base di glifosato. Secondo la European Glyphosate Task Force, un consorzio di aziende che producono prodotti a base di glifosato, il glifosato è ora commercializzato da oltre 40 aziende e oltre 300 prodotti erbicidi contenenti glifosato sono attualmente registrati in Europa. ¹²

⁹ Patent number US 3799758 A. N-phosphonomethyl-glycine phytotoxicant compositions.

¹⁰ Benbrook, C.M. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. <https://doi.org/10.1186/s12302-016-0070-0>

¹¹ Patent number US 7771736 B2. Glyphosate formulations and their use for the inhibition of 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase.

¹² Glyphosate Task Force (industry consortium)

3. USI E VENDITE DEL GLIFOSATO NELL'UNIONE EUROPEA

3.1. USI DEL GLIFOSATO

Il glifosato è un erbicida sistemico ad ampio spettro, non selettivo, un essiccante per colture e, in misura minore, un regolatore di crescita delle piante. Gli erbicidi a base di glifosato (cioè le formulazioni contenenti glifosato come principio attivo, insieme ad altre sostanze chimiche) non sono selettivi, il che significa che uccidono o sopprimono efficacemente tutti i tipi di piante vascolari (comprese erbe, piante perenni, viti, arbusti e alberi) quando applicati al fogliame verde. Il glifosato è stato segnalato per essere efficace contro più di 100 erbacce annuali a foglia larga e specie di erba e più di 60 specie di erbe infestanti perenni (Dill et al., 2010). Una sintesi rappresentativa dei suoi usi nell'UE figura nella tabella 1. Inoltre, gli otto principali usi del glifosato nell'UE e le possibili alternative sono riassunti nell'allegato 1 (secondo i pareri di vari esperti redatti da Hans Muilerman).

Nell'agricoltura chimica convenzionale, gli erbicidi a base di glifosato vengono applicati prima che le colture vengano seminate, per uccidere le erbacce e facilitare l'insediamento delle colture. Sono anche utilizzati nell'agricoltura chimica senza lavorazione per liberare la terra dalle erbacce e dalle colture precedenti, in sostituzione della lavorazione del terreno. Il glifosato è anche usato come erbicida pre-emergente tra la semina e l'emergenza delle colture per uccidere le piantine di erbe infestanti che sono state stimolate a germinare dalla lavorazione del terreno. Nelle colture resistenti al glifosato (la maggior parte delle quali sono create dall'ingegneria genetica / modificazione genetica (OGM)), l'erbicida viene utilizzato dopo l'emergenza delle colture per uccidere le erbe infestanti ma lasciare il raccolto illeso. Gli erbicidi a base di glifosato sono anche usati per liberare il terreno sotto colture perenni come alberi da frutto e viti.

Un altro uso di erbicidi a base di glifosato è come essiccante per colture di cereali, per facilitare il raccolto. Viene applicato vicino al raccolto per accelerare il processo di maturazione e asciugare i semi mentre il raccolto muore. Dopo la raccolta, il glifosato viene utilizzato per uccidere i resti delle piante coltivate e le eventuali erbe infestanti presenti. L'uso del glifosato come essiccante pre-raccolta è diventato una pratica comune, in particolare nelle regioni in cui i livelli di umidità sono più elevati. Tuttavia, poiché questo uso lascia la maggior quantità di residui di glifosato nelle sementi e nei cereali, alcuni Stati membri hanno norme rigorose su questo uso (riquadro 1¹³). La coltivazione di colture OGM resistenti al glifosato e l'essiccazione nella pratica agricola consentono l'uso post-emergenza del glifosato. Di conseguenza, gli effetti negativi del glifosato devono essere valutati sia nelle aree non OGM che in quelle coltivate da OGM, e il quadro risultante è di un crescente consumo di glifosato ovunque, indipendentemente dalla rigida regolamentazione della coltivazione OGM.

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2018/614691/EPRS_BRI\(2018\)614691_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2018/614691/EPRS_BRI(2018)614691_EN.pdf)

¹³ DG SANTE official website

https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/pesticides_faq_glyphosate_20170719_final.pdf

Tabella 1. Usi rappresentativi del glifosato registrati nell'UE (EFSA glifosato peer review, 2015)

Table 1. Representative uses of glyphosate registered in the EU (EFSA glyphosate peer review, 2015)

Crops/plant species	Growth and stage	Weeds controlled	Application rate of product l/ha (mln-max)	Application rate of active ingredient kg/ha (mln-max)
All*	Pre-planting of crops	Emerged annual, perennial and biennial weeds	1-6	0.36-2.16
All*	Post-planting pre-emergence of crops	Emerged annual, perennial and biennial weeds	1-3	0.36-1.08
Cereals (pre-harvest) wheat, rye, triticale, barley, oats ^a	Crop maturity < 30% grain moisture	Emerged annual, perennial and biennial weeds	2-6	0.72-2.16
Oilseeds (pre-harvest) rapeseed, mustard seed, linseed ^b	Crop maturity < 30% grain moisture	Emerged annual, perennial and biennial weeds	2-6	0.72-2.16
Orchard crops, vines, including citrus, tree nuts, olive trees	Post-emergence of weeds	Emerged annual, perennial and biennial weeds	2-8	0.72-2.88

* Crops including but not restricted to: root and tuber vegetables, bulb vegetables, stem vegetables, field vegetables (fruiting vegetables, brassica vegetables, leaf vegetables and fresh herbs, legume vegetables), pulses, oil seeds, potatoes, cereals, and sugar- and fodder beet; before planting fruit crops, ornamentals, trees, nursery plants etc.
^a Minimum pre-harvest interval (crops cannot be harvested before) = 7 days
^b Minimum pre-harvest interval (crops cannot be harvested before) = 14 days

La quota di superficie (in migliaia di ettari) di colture annuali e perenni trattate con glifosato negli Stati membri dell'UE più Norvegia, Serbia, Svizzera e Turchia (Antier et al., 2020a) è presentata nelle figure 1 e 2.

Tutti gli usi registrati del glifosato nell'UE sono riportati nella relazione di revisione inter pares sulla valutazione del rischio del glifosato dell'Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA) (EFSA, 2015) e una sintesi è riportata nella tabella 1. Nell'UE, la quantità massima di glifosato che può essere applicata è di 4,32 kg di principio attivo per ettaro in un periodo di 12 mesi, che corrisponde a circa 12 litri di erbicida (EFSA, 2015).

Su scala globale, circa il 50% dei prodotti a base di glifosato utilizzati in agricoltura sono utilizzati su colture OGM resistenti al glifosato, tra cui mais, cotone, semi di soia, semi oleosi e barbabietola da zucchero. Il punto centrale di queste colture è quello di utilizzare erbicidi a base di glifosato esclusivamente per il controllo delle erbe infestanti. La significativa diffusione dell'uso del glifosato è stata collegata a colture OGM resistenti al glifosato (ad esempio, soia, cotone e mais resistenti al glifosato) (Baylis, 2000; Dill et al., 2010). Secondo il Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti, le colture OGM resistenti agli erbicidi rappresentano ora circa il 56% dell'uso globale di glifosato (Modor Intelligence, 2022) e circa l'80% delle colture GM coltivate appartiene a varietà resistenti agli erbicidi (Bonny, 2011).

Figura 1. Quota della superficie (in migliaia di ettari) di colture annuali trattate con glifosato negli Stati membri dell'UE più Norvegia, Serbia, Svizzera e Turchia secondo ENDURE Survey, 2019 (Antier *et al.*, 2020a)

Figure 1. Share of the acreage (in thousand hectares) of annual crops treated with glyphosate in the Member States of the EU plus Norway, Serbia, Switzerland, and Turkey according to ENDURE Survey, 2019 (Antier *et al.*, 2020a)

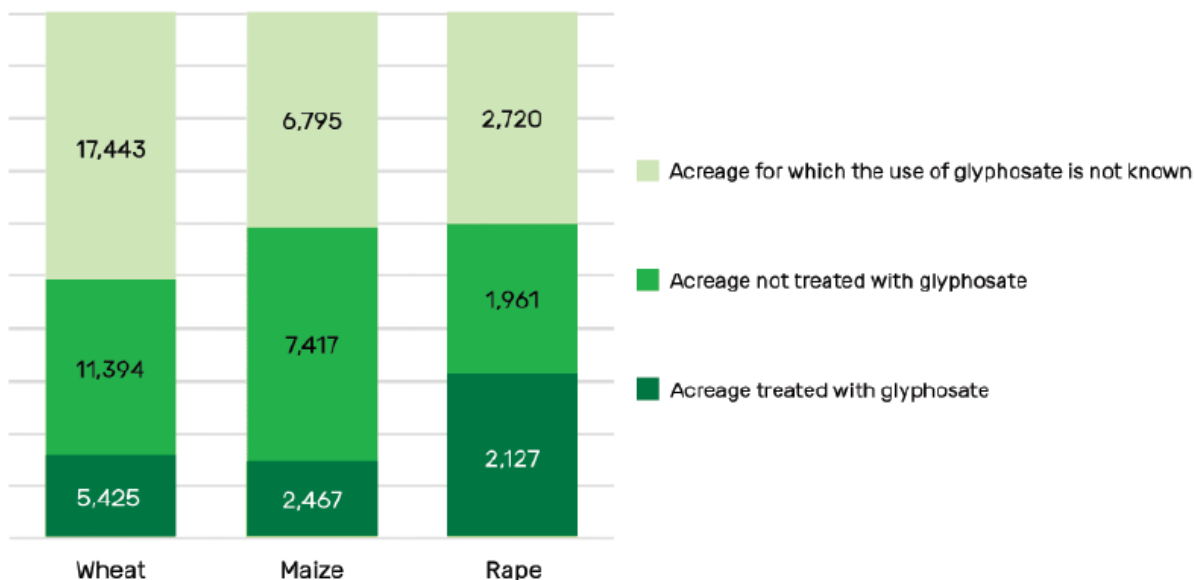


Figure 2. Share of the acreage (in thousand hectares) of perennial crops treated with glyphosate in the Member States of the EU plus Norway, Serbia, Switzerland, and Turkey according to ENDURE Survey, 2019 (Antier *et al.*, 2020a)

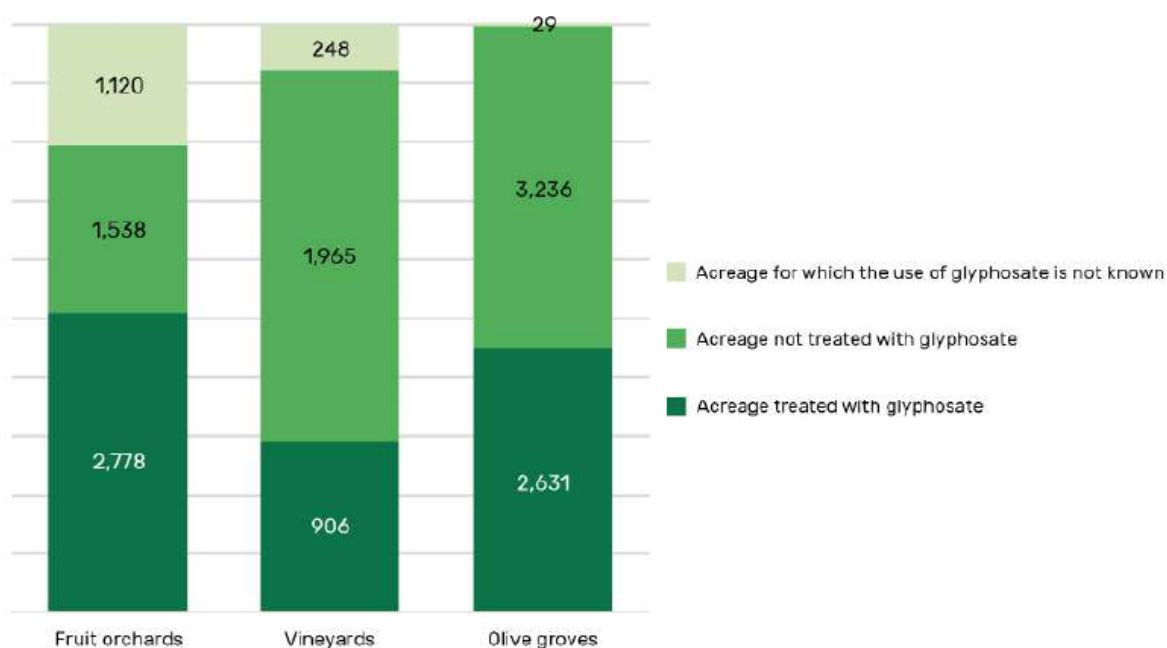


Figura 2. Quota della superficie (in migliaia di ettari) di colture perenni trattate con glifosato negli Stati membri dell'UE più Norvegia, Serbia, Svizzera e Turchia secondo ENDURE Survey, 2019 (Antier *et al.*, 2020a)

Tuttavia, l'UE ha norme rigorose in materia di impianto di colture geneticamente modificate e 19 paesi dell'UE si sono esclusi dall'ambito geografico delle domande di autorizzazione all'uso di OGM già autorizzate o in fase di autorizzazione¹⁴. Gli Stati membri che coltivano colture geneticamente modificate sono la Repubblica Ceca, la Spagna, la Slovacchia, la Romania e il Portogallo¹⁵. La superficie totale dedicata alle colture OGM in Europa è di circa 130.000 ettari, che è appena meno dello 0,1% della superficie agricola dell'UE. Il 95% di quella terra

Le pratiche agricole per le quali sono approvati erbicidi a base di glifosato variano da uno stato membro all'altro. Secondo la direzione generale della Salute e della sicurezza alimentare (DG SANTE) dell'UE, alcuni Stati membri hanno regole su quando il glifosato può essere utilizzato e alcuni stabiliscono quanto può essere utilizzato per scopi diversi. Un rapporto dell'Agenzia danese per la protezione dell'ambiente sull'uso del glifosato spiega:

"Gli Stati membri dell'UE differiscono in una certa misura per quanto riguarda l'approvazione di applicazioni specifiche dell'uso del glifosato:

- In Danimarca, i prodotti a base di glifosato possono essere utilizzati per il controllo delle erbe infestanti e l'essiccazione pre-raccolta (aiuto al raccolto) fino a 10 giorni prima del raccolto.
- In Austria, l'uso del glifosato per l'essiccazione (aiuto al raccolto) nelle colture cerealicole è stato vietato nel 2013; mentre il suo uso per il controllo delle infestanti è ancora consentito.
- In Germania, l'uso del glifosato per gli aiuti al raccolto non è vietato in quanto tale, ma non è considerato una buona pratica agricola.
- La Svezia si trova in una situazione simile: nessun prodotto a base di glifosato approvato per questo particolare uso è disponibile sul mercato.

L'Associazione europea per la protezione delle colture (ECPA, l'associazione dei produttori di pesticidi della lobby industriale) aggiunge: "In diversi paesi dell'Europa nord-occidentale il glifosato può essere applicato prima del raccolto per il controllo delle erbe infestanti, per migliorare la maturazione su colture non determinate per ridurre le perdite di raccolto e per aiutare a gestire determinate colture nelle stagioni umide. Paesi diversi hanno raccomandazioni diverse per le colture, ma il fattore comune è che il campione di grano sfuso deve essersi asciugato fino a un massimo del 30% di umidità. Il clima nell'Europa meridionale è tale che poche erbacce rimangono verdi al momento del raccolto e le colture in genere maturano completamente, quindi l'uso pre-raccolto del glifosato non è normalmente raccomandato".

Riquadro 1. Glifosato: diverse pratiche di essiccazione negli Stati membri

coltivata a colture GM si trova in Spagna¹⁶ (124.227 ettari nel 2017). Attualmente, esiste una sola coltura geneticamente modificata autorizzata per la coltivazione nell'UE, la varietà di mais MON 810 sebbene la coltura non sia resistente al glifosato, il glifosato verrebbe utilizzato prima dell'emergenza delle colture e come essiccante pre-raccolta, come altre colture coltivate in monocolture su scala industriale.

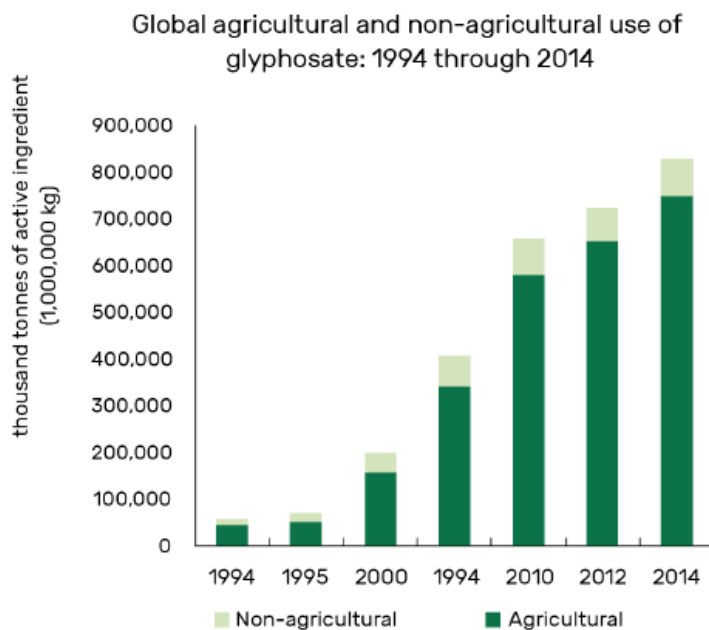
¹⁴ https://ec.europa.eu/food/plant/gmo/authorisation/cultivation/geographical_scope_en

¹⁵ European Parliamentary Research Service (EPRS) - PE 545.708, author: Tarja Laaninen, <https://www.europarl.europa.eu/EPRS/EPRS-AaG-545708-Member-State-bans-on-GMOs-FINAL.pdf>, <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/gm-plants/what-gm-crops-are-currently-being-grown-and-where/>

¹⁶ <https://www.infogm.org/-Qui-cultive-des-OGM-dans-les-monde-Et-ou->

Figura 3. Usi agricoli e non agricoli globali del glifosato (adattato da Benbrook 2016)

Figure 3. Global agricultural and non-agricultural uses of glyphosate (adapted from Benbrook 2016)



Non ci sono dati ufficiali sulla quantità complessiva di glifosato utilizzato per scopi agricoli o non agricoli in tutta l'UE. Sulla base dei dati ufficiali e industriali globali degli Stati Uniti Benbrook (2016) fornisce un quadro generale dell'uso agricolo e non agricolo del glifosato presentato nella Figura 3. Questi dati rivelano anche che l'uso globale del glifosato è aumentato di quasi 15 volte negli ultimi 10 anni. Il glifosato è ancora il principale principio attivo erbicida ed è il leader del mercato globale; L'uso globale del glifosato ha raggiunto 826 milioni di kg nel 2014 (Benbrook, 2016) e il consumo annuale dovrebbe raggiungere oltre 1 miliardo di tonnellate nel 2017 (Transparency Market Research, 2016).

Per l'UE, i dati pubblici sull'uso dei pesticidi sono scarsi e spesso limitati da considerazioni di sensibilità commerciale, sebbene alcuni dati siano raccolti dagli Stati membri. I dati annuali sulle vendite sono disponibili presso EUROSTAT e vengono utilizzati come riferimento per l'uso/applicazione. Tuttavia, l'obbligo per gli agricoltori di tenere registri sull'uso dei pesticidi¹⁷ non è stato utilizzato per generare serie di dati sull'applicazione di pesticidi; Ciò avverrà solo nel 2026 per determinati gruppi di colture e dal 2028 per tutte le colture¹⁸. In Germania, un'indagine condotta dall'Università di Gottinga tra i coltivatori di seminativi nel 2009 ha rilevato che il glifosato è stato applicato a circa 4,3 milioni di ettari di seminativi (il 39% della superficie arabile totale esaminata) e che l'applicazione del glifosato è stata di circa 4.197 tonnellate di principio attivo (Steinmann et al., 2012). Nel Regno Unito, gli erbicidi a base di glifosato sono stati i più

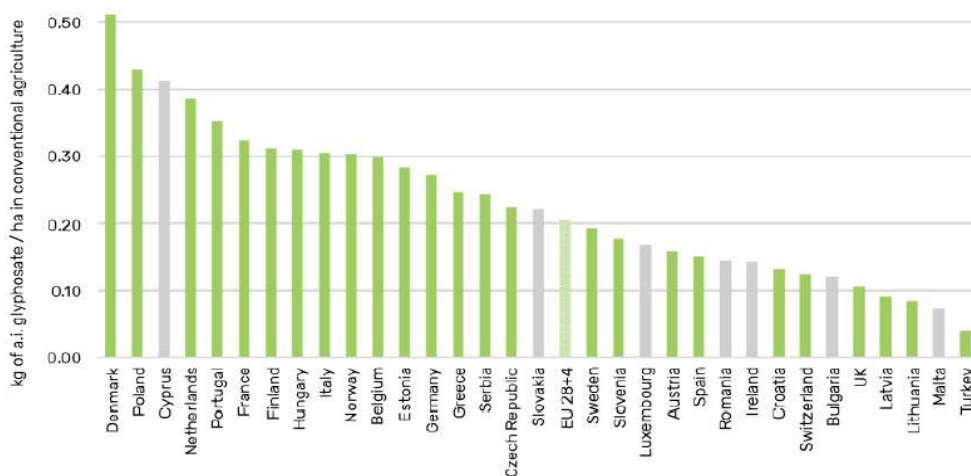
¹⁷ Article 67 of Regulation (EC) 1107/2009 concerning the placing of plant protection products on the market <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32009R1107>

¹⁸ Under the regulation (EU) 2022/2379 on statistics on agricultural inputs and outputs (SAIO), this farm level data on pesticide applications will be collected electronically by the Member States, who will transmit it to the European Commission, who will publish it via EUROSTAT. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/2379/oj>

utilizzati di tutti gli erbicidi nelle colture arabili e sono stati utilizzati su 2.812.366 ettari nel 2020, con 2.557 tonnellate di "sostanza attiva" applicata (Ridley et al., 2020).

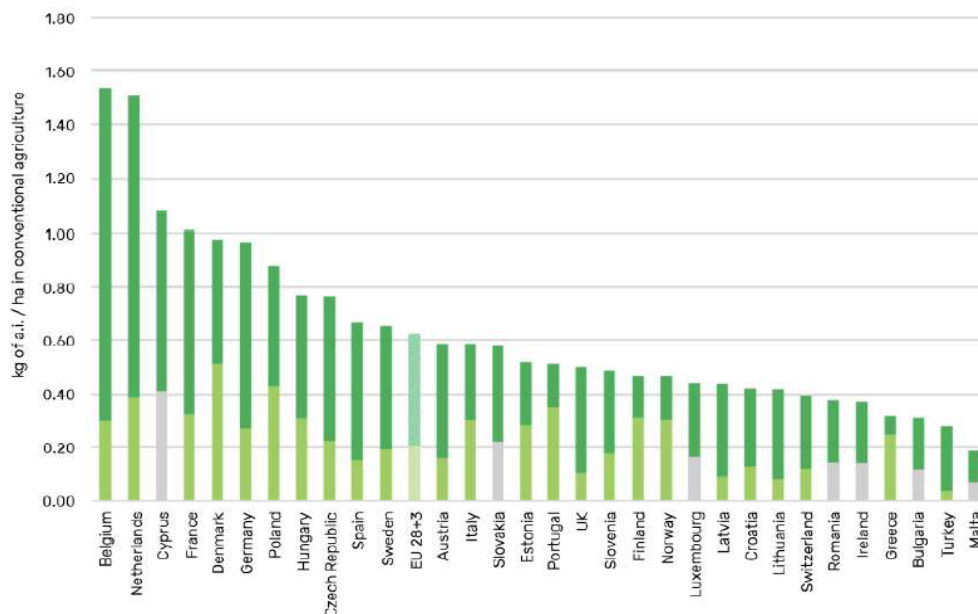
L'uso medio stimato di glifosato nel 2017 da parte del settore agricolo, per ettaro di superficie agricola utilizzata nell'agricoltura convenzionale negli Stati membri dell'UE, oltre a Norvegia, Serbia, Svizzera e Turchia, è presentato nella figura 4. Inoltre, la relativa predominanza degli erbicidi a base di glifosato può essere vista nella figura 5, che mostra l'uso medio di tutti gli erbicidi (sia a base di glifosato che di altri erbicidi) nel 2017 nel settore agricolo per ettaro negli Stati membri dell'UE, oltre a Norvegia, Svizzera e Turchia (Antier et al., 2020a).

Figure 4. Estimated average use of glyphosate in 2017 by the agricultural sector, per hectare of utilised agricultural area in EU Member States plus Norway, Serbia, Switzerland, and Turkey (EU 28+4) according to ENDURE Survey, 2019 (Antier et al., 2020a)*



(*green: data obtained from ENDURE Survey, grey: estimated data)

Figure 5. The average use of glyphosate and other herbicides in the agricultural sector per hectare in the EU Member States plus Norway, Switzerland, and Turkey (EU 28+3) in 2017 according to the ENDURE Survey, 2019 (Antier et al., 2020a)*



(*grey: estimated values, no exact data were reported in the survey)

Figura 4. Uso medio stimato del glifosato nel 2017 da parte del settore agricolo, per ettaro di superficie agricola utilizzata negli Stati membri dell'UE più Norvegia, Serbia, Svizzera e Turchia (UE 28+4) secondo l'indagine ENDURE, 2019 (Antier et al., 2020a)* (*verde: dati ottenuti dall'indagine ENDURE, grigio: dati stimati)

Figure 5. The average use of glyphosate and other herbicides in the agricultural sector per hectare in the EU Member States plus Norway, Switzerland, and Turkey (EU 28+3) in 2017 according to the ENDURE Survey, 2019 (Antier et al., 2020a)* (*verde: dati ottenuti dall'indagine ENDURE, grigio: dati stimati)

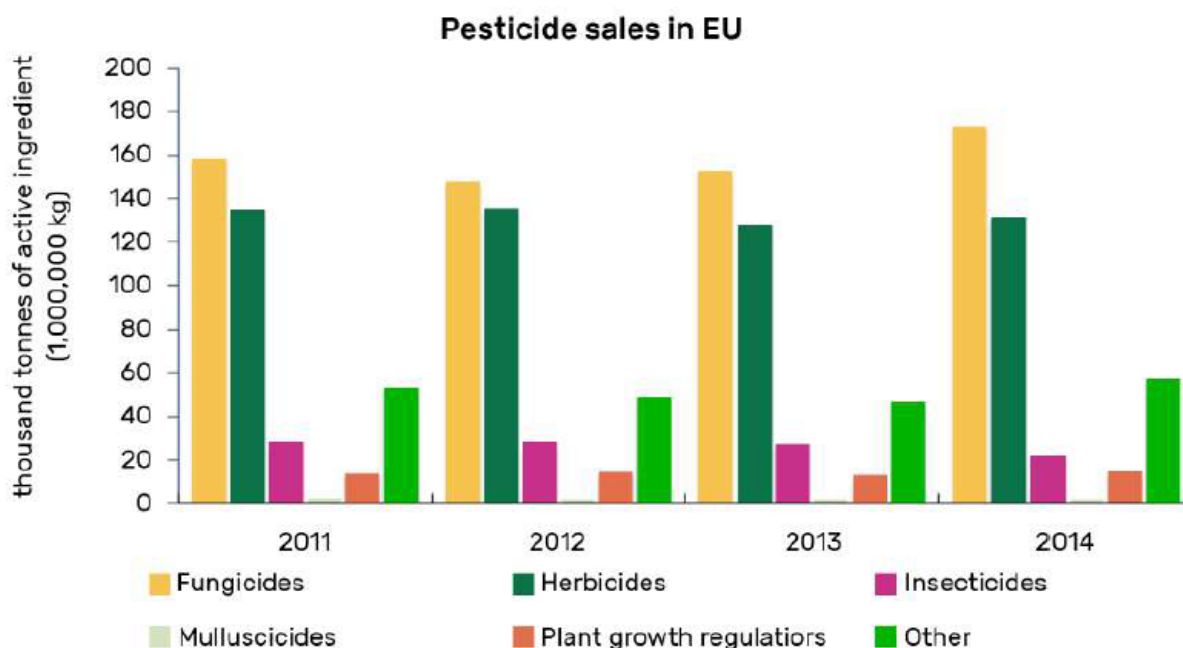
3.2. VENDITE DI GLIFOSATO E DI ALTRI ERBICIDI NELL'UE

Secondo l'organizzazione globale Transparency Market Research, l'Europa deteneva circa il 16,6% del mercato globale del glifosato nel 2012¹⁹ e nel 2017 il glifosato rappresentava il 33% del mercato totale degli erbicidi nell'UE (Antier et al., 2020b). Il mercato globale del glifosato è stato stimato in circa 4438,5 milioni di dollari nel 2020 (ReportLinker, 2021).

È difficile trovare dati dettagliati pubblicati dalle istituzioni dell'UE sull'uso dei singoli prodotti erbicidi, mentre i dati dettagliati sulle vendite per prodotto sono spesso nascosti con il pretesto della sensibilità commerciale. Pertanto, è attualmente molto difficile scoprire quanti erbicidi a base di glifosato vengono utilizzati nei paesi dell'UE. Tuttavia, l'ufficio statistico dell'UE, Eurostat (parte della Commissione europea) fornisce statistiche sulle vendite di pesticidi negli Stati membri dell'UE²⁰, presentate di seguito.

La figura 6 mostra il riepilogo delle vendite di pesticidi in Europa tra il 2011 e il 2020. Nel 2020 sono state vendute complessivamente 387.078 tonnellate di pesticidi (Eurostat). Sulla base dei dati forniti da Eurostat, gli erbicidi sono la seconda categoria di pesticidi più venduta, subito dopo i fungicidi. Nel 2020 sono state vendute 136.177 tonnellate di erbicidi, pari al 35% di tutte le vendite di pesticidi.

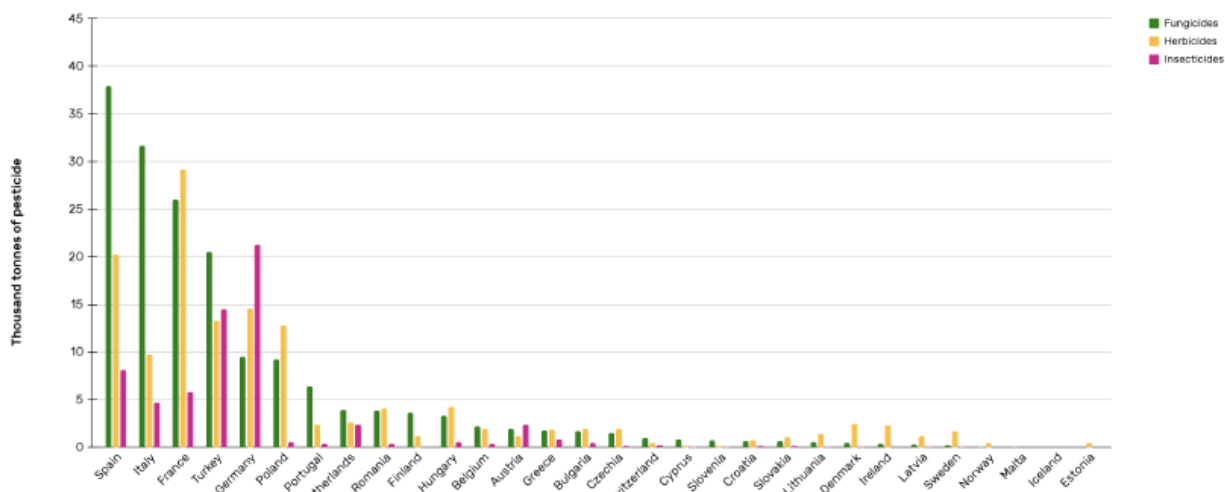
Figure 6. Pesticide sales in Europe according to data provided by Eurostat between 2011-2020



Guardando alle vendite di pesticidi a livello nazionale, per alcuni paesi gli erbicidi sono la categoria di prodotti antiparassitari più venduta (Figura 7). Ad esempio, nel 2020, in 17 paesi europei sono stati venduti più erbicidi che fungicidi: Bulgaria, Repubblica Ceca, Danimarca, Estonia, Germania, Grecia, Ungheria, Islanda, Irlanda, Lettonia, Lituania, Norvegia, Polonia, Romania, Slovacchia e Svezia.

Figura 7. Vendite di erbicidi, fungicidi e insetticidi nei paesi europei nel 2020 secondo il set di dati di Eurostat

Figure 7. Sales of herbicides, fungicides and insecticides across the European countries in 2020 according to the dataset of Eurostat



Francia, Germania, Spagna, Polonia e Regno Unito sono i paesi con le più alte vendite di erbicidi in Europa (Figura 8). Insieme, questi cinque paesi hanno registrato in media in tutti gli anni vendite di 84.757 tonnellate di erbicidi, pari al 60% dell'intera produzione europea di erbicidi. Vale la pena notare che la Spagna è il paese in cui vengono coltivate la maggior parte delle colture resistenti al glifosato nell'UE e ha anche la seconda più grande area di terreni agricoli dell'UE dopo la Francia. Le vendite complessive di erbicidi sono cambiate poco nel periodo 2011-2020, ad eccezione di Danimarca, Germania e Romania, dove si è registrata una riduzione delle vendite, e Spagna, dove le vendite sono aumentate da 13.834 tonnellate nel 2011 a 20.199 tonnellate nel 2020 (Figura 8). Il mercato degli erbicidi, incluso il glifosato, tra il 2013 e il 2017 è mostrato nella Figura 9 in sei paesi europei (Antier et al., 2020a).

Figure 8. Sales of herbicides across European countries in 2011-2020 according to Eurostat

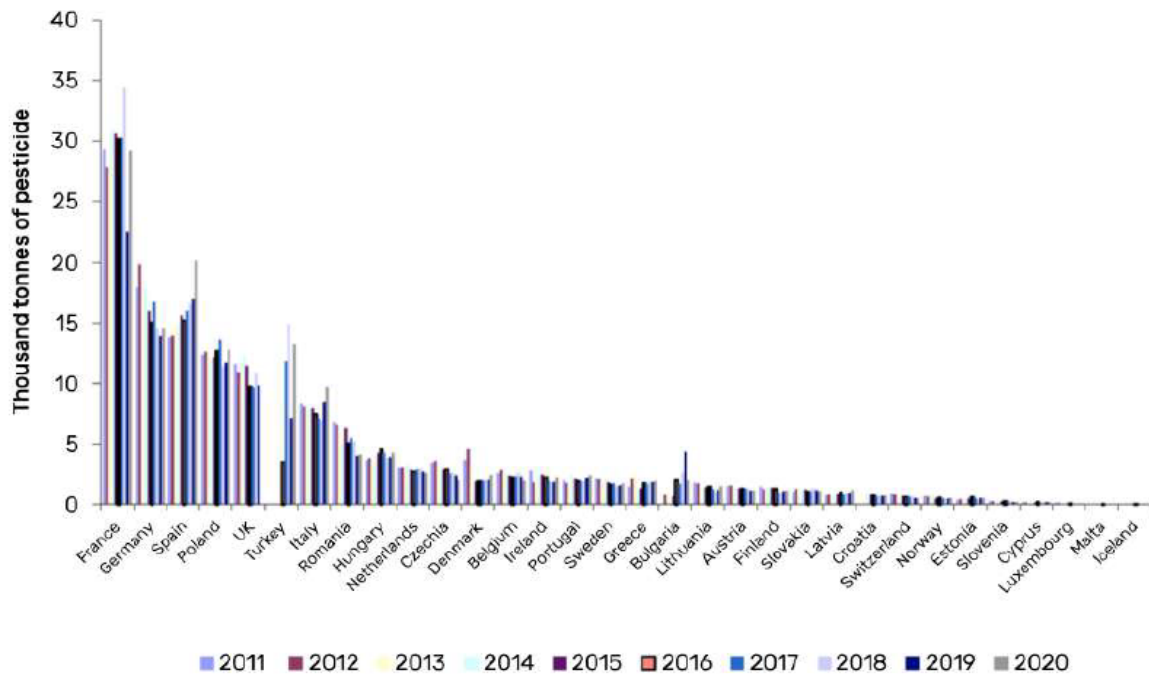
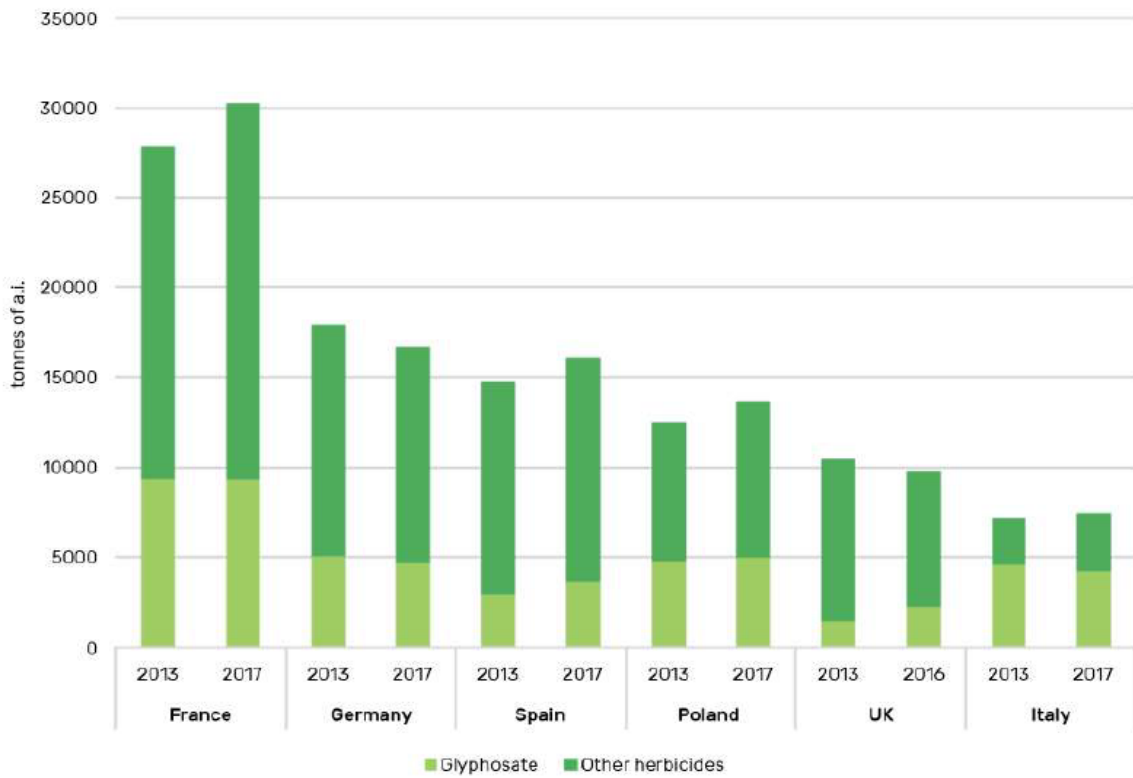


Figure 9. The market of herbicides with a focus on glyphosate between 2013 and 2017 in six different European countries according to ENDURE Survey, 2019 (Antier et al., 2020a)



4 -IMPATTO DEL GLIFOSATO SUGLI ECOSISTEMI

A causa del continuo aumento dell'uso del glifosato, vi è una contaminazione da glifosato in una serie di diverse aree ambientali, ad esempio suoli, sedimenti e acque superficiali. Durante la protezione chimica delle piante, le formulazioni a base di glifosato vengono generalmente spruzzate direttamente sui campi coltivati e una parte significativa viene assorbita dalle piante o entra negli strati del suolo, dove il glifosato può essere trasportato dal deflusso delle acque superficiali, raggiungere le acque sotterranee tramite infiltrazione, adsorbito dalle particelle del suolo o essere assimilato negli organismi viventi. Oltre alle condizioni climatiche (ad esempio, intensità e frequenza delle precipitazioni) e ai tempi e alla frequenza dei trattamenti con glifosato (Hébert et al., 2019), il destino ambientale del glifosato e dei suoi additivi dipende fortemente da vari fattori abiotici (ad esempio, pH, composizione e struttura del suolo, contenuto di minerali, condizioni idrologiche) e biotici (ad esempio, composizione e attività microbica) negli habitat terrestri e acquatici (Mamy et al., 2016; Grandcoin et al., 2017; Hébert et al., 2019).

A causa dell'uso estensivo del glifosato, la presenza del glifosato come contaminante onnipresente in vari elementi ambientali (specialmente negli ecosistemi acquatici) è un fenomeno osservato a livello globale. Sebbene la variabilità dei livelli di residui di glifosato rilevati e riportati possa essere elevata (Székács & Darvas, 2018), la contaminazione da glifosato può raggiungere fino a 5200 µg / l nelle acque superficiali (Edwards et al., 1980). Inoltre, la frequenza e l'entità dei livelli di residui rilevati dipendono fortemente ad esempio dai tassi di applicazione, dalle condizioni idrologiche e dall'intensità delle precipitazioni (Coupe et al., 2012). L'AMPA è il principale metabolita del glifosato e la sua mobilità è maggiore rispetto al composto progenitore (Duke & Powles, 2008), quindi l'AMPA viene spesso rilevato anche nei campioni ambientali. Pertanto, gli effetti potenzialmente tossici dei metaboliti sull'ecosistema dovrebbero costituire una parte importante della valutazione del rischio ambientale. L'uso di formulazioni a base di glifosato per l'essiccazione e la gestione delle erbe infestanti in coltivazioni OGM resistenti al glifosato consente anche l'uso post-emergenza del glifosato, quindi il rischio ambientale connesso al glifosato deve essere valutato sia in aree non OGM che coltivate OGM.

Le formulazioni a base di glifosato contengono vari additivi tra cui agenti formulanti, oltre al principio attivo, al fine di migliorare l'efficacia e la biodisponibilità della formulazione aumentando la solubilità, l'adsorbimento e la captazione del principio attivo (Foy, 1987). I diversi additivi (ad esempio agenti formulanti) utilizzati nella formulazione dei principi attivi sono stati classificati come componenti inattivi in termini di principale effetto biologico (come erbicida). Pertanto, l'autorizzazione degli additivi ha richiesto valutazioni del rischio semplificate rispetto ai principi attivi (Fishel, 2020; US EPA, 2022). Anche se, negli ultimi anni, diversi rapporti e studi scientifici hanno dimostrato l'elevata tossicità dei singoli agenti formulanti, tra cui il POEA (una miscela di ammine di sego polietossilato) utilizzato nelle formulazioni a base di glifosato. È stato anche riscontrato che la tossicità combinata del principio attivo e degli additivi, presi insieme nelle formulazioni, era superiore alla tossicità del solo glifosato (Mesnage et al., 2019). A causa di prove scientifiche inequivocabili, l'uso di POEA nelle formulazioni a base di glifosato è stato vietato (Commissione europea, 2016). Pertanto, la valutazione della tossicità combinata dei principi attivi e degli additivi è della massima importanza poiché la maggior parte dei principi attivi entra nei vari ecosistemi come miscela di componenti diversi.

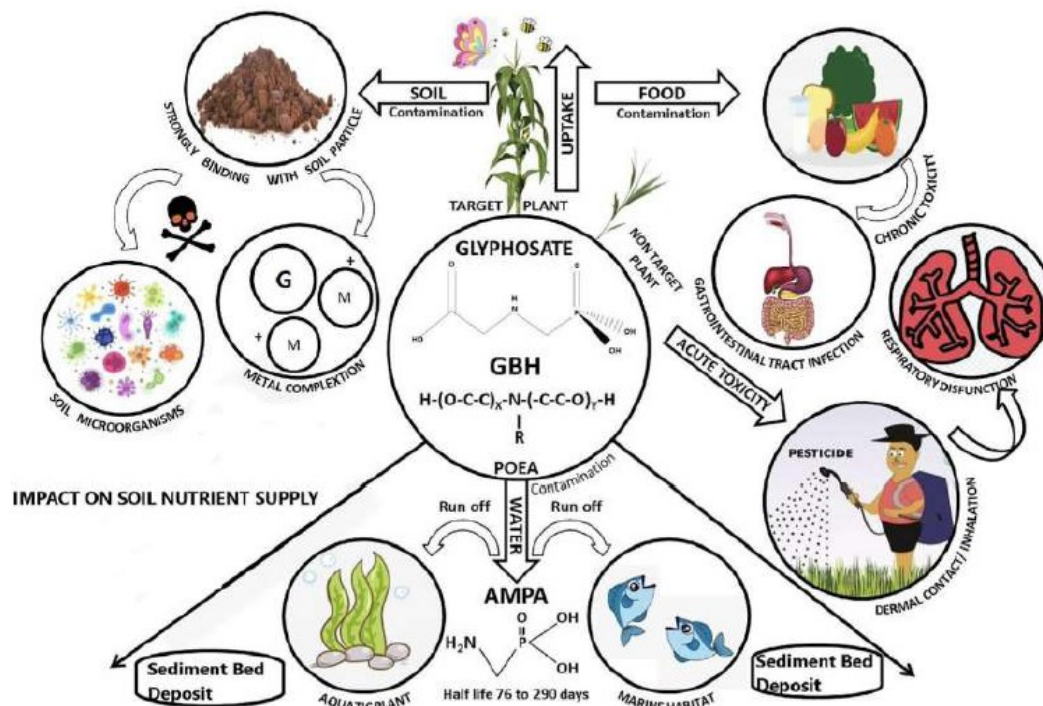
I residui di pesticidi, compresi i residui di formulazioni a base di glifosato, possono interagire con gli elementi abiotici e biotici dell'ecosistema e possono avere effetti negativi sugli organismi viventi (Figura 10). Diversi organismi terrestri e acquatici non bersaglio sono esposti agli effetti negativi dei pesticidi a base di glifosato, ma si possono osservare differenze significative nella sensibilità delle diverse specie. La co-esposizione al glifosato e alle formulazioni di additivi porta spesso ad effetti tossici additivi o sinergici. Sulla base della letteratura scientifica, il glifosato, le sue formulazioni e anche gli agenti formulanti possono indurre una vasta gamma di effetti ecotossicologici (ad esempio, effetti letali/sub-letali, cambiamenti morfologici e biochimici) sugli organismi terrestri e acquatici esposti ad essi (Sesin et al., 2020; Lanzarin et al., 2021; Zaller et al., 2021).

Il glifosato ad ampio spettro e gli erbicidi a base di glifosato hanno impatti sia diretti che indiretti sugli ecosistemi e sull'ambiente. Gli effetti diretti includono danni in una vasta gamma di specie, tra cui uccelli, pesci, rane, lumache, insetti e microbi del suolo (Watts et al., 2016). Effetti diretti, come l'eliminazione senza precedenti di erbe infestanti e fiori selvatici dai campi coltivati, hanno effetti indiretti/a catena sugli agroecosistemi (ad esempio, riduzione della diversità vegetale e della biomassa) (Watts et al., 2016). La biodiversità dei terreni agricoli e le funzioni ecosistemiche, come il controllo dei parassiti da parte dei loro predatori naturali, i servizi di impollinazione da parte degli insetti e la struttura funzionale del suolo, sono sempre più compromesse dalla quasi completa eliminazione non solo delle erbe infestanti ma di tutte le piante selvatiche dai campi agricoli e dai terreni adiacenti, oltre agli effetti tossici diretti su molte specie (riquadro 2). Il disturbo ecologico e l'interruzione di tali servizi ecosistemici è una delle difficoltà che gli agricoltori convenzionali affrontano quando passano a sistemi agricoli ecologicamente compatibili (Schütte, 2003).

Diversi studi dimostrano che la composizione e l'abbondanza delle comunità microbiche nel suolo sono influenzate da formulazioni a base di glifosato (ad esempio, impatti sull'abbondanza di comunità batteriche associate alla rizosfera e funghi micorrizici arbuscolari) (Druille et al., 2013; Newman et al., 2016; Zaller et al., 2017; Helander et al., 2018.). Ciò indica il possibile effetto a lungo termine del glifosato sullo stato nutrizionale della rizosfera, poiché queste comunità proteggono i loro simbionti vegetali e facilitano l'assorbimento di nutrienti e acqua da parte delle radici delle piante e si affidano agli essudati delle radici delle piante di zuccheri e proteine come loro nutrimento. Altri esempi di disturbo nelle comunità del suolo a seguito dell'applicazione di formulazioni di glifosato sono un aumento della colonizzazione di specifiche specie di *Fusarium* (patogeni vegetali) sulle radici, che può comportare un aumento della produzione di micotossine,

Figura 10. Contaminazione ambientale e rischio da erbicidi a base di glifosato (Gandhi et al., 2021)

Figure 10. Environmental contamination and risk from glyphosate-based herbicides (Gandhi et al., 2021)

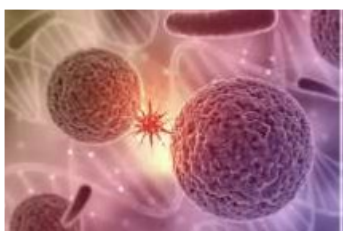


con aumento anche dei rischi per la sicurezza alimentare (Zobiolo et al., 2011). È stato anche dimostrato il disturbo dei batteri benefici del suolo (ad esempio, specie di *Pseudomonas* e *Bacillus*); questo è importante

perché alcune specie batteriche hanno un ruolo notevole nel rendere disponibili i minerali del suolo alle piante e sopprimere gli agenti patogeni (ad esempio, funghi patogeni) (Yu et al., 2015; Aristilde et al., 2017).



Lombrichi: chiamati anche "ingegneri dell'ecosistema", triturano e ridistribuiscono il materiale organico nel suolo, aumentano la penetrabilità del suolo per le radici attraverso il loro movimento e di conseguenza migliorano la fertilità complessiva del suolo. Gli erbicidi a base di glifosato influenzano la riproduzione dei lombrichi e causano un drammatico declino della loro popolazione¹.



Comunità microbiche del suolo: costituiscono la base di servizi ecosistemici come i residui vegetali e la decomposizione dei rifiuti, la mineralizzazione della materia organica, il ciclo del carbonio e dell'azoto, tra gli altri². Alcuni funghi e batteri facilitano l'assorbimento dei nutrienti nelle radici delle piante. Le ripetute applicazioni di glifosato alterano la comunità microbica di alcuni suoli³, aumentano i patogeni del suolo⁴ e influenzano l'assorbimento dei nutrienti delle piante⁵.



Impollinatori: api mellifere, bombi, farfalle e altri insetti, svolgono un ruolo chiave nell'impollinazione delle piante e hanno un ruolo chiave nell'impollinazione delle colture in agricoltura per produrre, semi o frutti. Poiché il glifosato è un erbicida ad ampio spettro, riduce il numero di piante da fiore che sono una fonte di cibo per gli impollinatori, ma può anche avere un impatto sulle api mellifere dopo un'esposizione a lungo termine⁶.



Difesa delle piante: le piante hanno un proprio sistema di difesa per rispondere alle infezioni sintetizzando ed esercitando sostanze specifiche per raggiungere il sito di infezione (ad esempio fitoalessine antimicrobiche). Il glifosato agisce sul percorso in cui vengono prodotte molte di queste difese vegetali, rendendo le colture più suscettibili agli agenti patogeni e alle malattie⁷.

Guapp-Berghausen *et al.* 2015; 2 Delgado-Baquerizo *et al.* 2016; 3 Lancaster *et al.* 2010; 4 Kremer and Means, 2009; 5 Zaller *et al.* 2014;

6 Herbert *et al.* 2014; 7 Johal and Huber, 2009.

Riquadro 2. Esempi tratti dalla letteratura scientifica su come l'uso del glifosato influisce sui servizi ecosistemici

La potenziale tossicità delle formulazioni a base di glifosato è stata valutata su vari organismi terrestri sperimentali. I risultati mostrano una maggiore tossicità in presenza di POEA: respirazione cellulare e metabolismo lipidico anormale, stress ossidativo e meccanismi fisiologici alterati (ad esempio la muta) nella *Folmosia candida* (Simoes et al., 2018); accumulo di glifosato e del suo metabolita (AMPA) nei tessuti delle lumache (Druart et al., 2011); alterato metaboloma vegetale in *Arabidopsis thaliana* (Ke et al., 2022) che può influenzare la resilienza delle piante (Saikkonen et al., 2020). I residui di glifosato nel suolo possono avere effetti diretti o indiretti sull'omeostasi fitoormonale delle piante (Fuchs et al., 2022) con conseguenze per gli ecosistemi, tra cui la dinamica pianta-microbo e pianta-insetto, ad esempio, interferendo con la resistenza delle piante e l'attrazione di insetti benefici (Fuchs et al., 2021). I residui di glifosato nel suolo possono determinare una riduzione della massa corporea e un'alterata attività dei lombrichi (Zaller et al., 2014; Pochron et al., 2020): sulla base di uno studio, i lombrichi che non sono stati esposti a Roundup Alphée hanno migliorato le prestazioni delle piante di pomodoro e aumentato i livelli di vitamina C e β -carotene nei frutti, mentre in presenza di lombrichi esposti, le piante di pomodoro non sono state in grado di fruttificare (Owagboriaye et al., 2020).

Gli organismi acquatici sono altamente esposti al glifosato come inquinante dell'acqua; In effetti in acqua la loro esposizione è inevitabile, specialmente se abitano habitat di affondamento dove si accumulano inquinanti agricoli. Gli effetti avversi sulle comunità naturali di batteri e zooplancton d'acqua dolce possono essere osservati anche a concentrazioni di glifosato molto basse, indicando la possibilità di perdita di diversità (da Costa et al., 2021). Gli effetti tossici del glifosato e delle sue formulazioni sono stati identificati sulle cellule di alghe (ad esempio interruzione di tilacoidi e mitocondri, cambiamenti morfologici) (Lummato et al., 2019) e sulle comunità di fitoplancton. D'altra parte, a concentrazioni più basse, il glifosato può servire come fonte di nutrienti e fosfati per le comunità microbiche e alghe bentoniche con conseguente crescita indotta di questa biomassa (Qiu et al., 2013). È stata determinata l'ecotossicità del glifosato e delle sue formulazioni su vari organismi acquatici, con notevoli differenze osservate nella sensibilità di diversi organismi, anche in specie tassonomicamente vicine, nonostante strategie di alimentazione e stili di vita simili (ad esempio, crostacei) (Reno et al., 2018). L'esposizione delle specie di molluschi a erbicidi a base di glifosato ha sia effetti letali (ad esempio mortalità) che sub-letali (ad esempio sulla riproduzione con livelli ormonali alterati) (Reddy et al., 2018); mentre in diverse specie acquatiche di invertebrati e pesci, le attività enzimatiche sono cambiate dopo l'esposizione (Sandrini et al., 2013; Lummato et al., 2018). L'esposizione a formulazioni a base di glifosato ha causato un aumento del livello di specie reattive dell'ossigeno (ROS), della genotossicità, degli effetti sulla riproduzione, nonché degli effetti sullo sviluppo e sul comportamento, principalmente nei pesci (Fiorino et al., 2018; Lanzarin et al., 2021). Inoltre, gli effetti nocivi del glifosato sugli anfibi (ad esempio citotossicità, genotossicità) sono recentemente diventati un obiettivo importante della ricerca e i risultati di studi scientifici indicano l'estrema sensibilità degli anfibi rispetto alle altre specie di vertebrati (Bach et al., 2016).

Diversi studi scientifici hanno indicato i potenziali rischi del glifosato per altri animali selvatici come uccelli, rettili e artropodi benefici come gli impollinatori (Ruuskanen et al., 2020; Graffigna et al., 2021). Gli effetti tossici del glifosato sulle api mellifere, inclusi gli effetti comportamentali e sullo sviluppo, nonché la crescita alterata, i processi metabolici, il successo riproduttivo e la difesa immunitaria sono pure stati descritti da diversi studi (Graffigna et al., 2021; Tan et al., 2022).

Come conseguenza degli elevati livelli di utilizzo del glifosato, la presenza dei suoi residui e metaboliti nell'ambiente può comportare la contaminazione dell'acqua potabile e dei prodotti alimentari, dove la quantità dei residui può superare i limiti di sicurezza consentiti. L'esposizione umana attraverso l'acqua potabile e il consumo di cibo è stata associata a diversi effetti tossici e malattie (Tabrez et al., 2014), mentre la presenza di glifosato è stata dimostrata in alimenti / bevande (ad esempio, pane, miele, birra²¹, vino²²,

²¹ <https://www.stern.de/gesundheit/gesundheitsnews/bier--pestizid-glyphosat-in-14-deutschen-bieren-gefunden-6716556.html/>

²² [https://d3n8a8pro7vhmxc.cloudfront.net/yesmaam/pages/680/attachments/original/1458848651/3-24-16_GlyphosateContaminationinWineReport_\(1\).pdf?1458848651](https://d3n8a8pro7vhmxc.cloudfront.net/yesmaam/pages/680/attachments/original/1458848651/3-24-16_GlyphosateContaminationinWineReport_(1).pdf?1458848651)

prodotti agricoli) (Rubio et al., 2014; Bou-Mitri et al., 2022), nonché in campioni biologici (ad esempio, urina²³, latte materno) (Grau, 2021; Camiccia et al., 2022). Sono state sollevate gravi preoccupazioni per la salute, in particolare per quanto riguarda i tumori, la gravidanza umana e i difetti alla nascita²⁴ tra i lavoratori agricoli e i consumatori (Acquavella et al., 2004), in diversi casi il conflitto è sfociato in contenziosi, in cui è stato concesso un risarcimento agli agricoltori colpiti²⁵.

Tuttavia, non esiste una valutazione di legge uniforme sugli effetti del glifosato sulla salute umana, mentre l'Agenzia per la protezione ambientale degli Stati Uniti (US EPA) ha classificato il glifosato come un composto "probabilmente non cancerogeno per l'uomo"; il loro parere concorda con il punto di vista dell'EFSA e dell'Agenzia europea per le sostanze chimiche (ECHA), secondo cui è improbabile che il glifosato sia cancerogeno per l'uomo. Al contrario, **l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) presso l'Organizzazione mondiale della sanità (OMS), ha classificato il glifosato come "probabilmente cancerogeno per l'uomo" (2A)** (Székács & Darvas, 2018). Inoltre, gli scienziati hanno contestato la classificazione dell'ECHA²⁶ dopo aver esaminato gli 11 studi sugli animali forniti dalle aziende produttrici di pesticidi.

²³ <http://www.urinale.org/wp-content/uploads/2016/03/PK-Text-Handout.pdf>

²⁴ <https://docs.iza.org/dp12164.pdf>, <https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12940-018-0367-0>

²⁵ <https://www.agri-pulse.com/articles/16445-glyphosate-a-timeline-of-a-pesticides-rise-and-legal-cases>,
<https://www.centerforfoodsafety.org/press-releases/6051/legal-settlements-awarded-to-cancer-patients-and-farmersharmed-by-monsanto-herbicides>

²⁶ <https://www.env-health.org/scientific-evidence-of-glyphosate-link-to-cancer-dismissed-in-ongoing-eu-assessment-new-report-reveals/>

5. GESTIONE DELLE ERBE INFESTANTI SENZA GLIFOSATO

La gestione delle infestanti è una delle sfide dominanti in agricoltura, in particolare nei sistemi di coltivazione di seminativi e ortaggi. La mancata gestione delle erbe infestanti può comportare la perdita completa del raccolto, in particolare se non viene intrapresa alcuna o insufficiente gestione delle erbe infestanti per diversi anni, consentendo alla "banca dei semi delle erbe infestanti" (semi di erbe infestanti nel terreno) di accumularsi, con aumenti proporzionali del numero di erbe infestanti negli anni successivi. Gli sforzi degli agricoltori nella gestione delle erbe infestanti si riflettono nelle vendite di erbicidi nell'UE, che rappresentano il 35% di tutte le vendite di pesticidi (figura 6).

Tuttavia, al fine di ridurre l'impatto ambientale e umano degli erbicidi, vi è una chiara necessità di ridurre e infine eliminare erbicidi e altri pesticidi. La soluzione è investire in sistemi agricoli sostenibili in grado di invertire i danni causati da erbicidi e pesticidi e creare un modello di produzione agricola ecologicamente ed economicamente sostenibile.

Questa sezione, insieme agli esempi forniti negli allegati 1, 2 e 3, mostra che è possibile ridurre o addirittura eliminare l'uso di erbicidi in agricoltura. Agli agricoltori biologici è vietato l'uso di pesticidi sintetici, compresi gli erbicidi, e hanno coltivato con successo senza di loro per oltre settant'anni. Ma non sono solo gli agricoltori biologici a coltivare senza erbicidi: un numero crescente di agricoltori convenzionali sta riducendo o smettendo di usare erbicidi. Esistono già molti metodi di gestione delle erbe infestanti non chimici che qualsiasi agricoltore può adottare, il che consente loro di ridurre e quindi eliminare l'uso di erbicidi. Anche questioni impegnative, come l'uso del glifosato nella "lavorazione conservativa" che riduce al minimo la lavorazione del terreno, e in particolare evita l'aratura, possono essere risolte senza l'uso di erbicidi (Riquadro 3) (TILMAN-ORG, 2016).

Le sarchiatriche elettrotermiche stanno iniziando a dimostrare il loro potenziale di sostituire direttamente il glifosato e altri erbicidi come il paraquat nei sistemi di non-lavorazione (NT) e di lavorazione ridotta (RT) (cfr. sezione 5.5.2). Se questo potenziale viene realizzato, allora le tecniche elettrotermiche potrebbero rivoluzionare NT e RT. Significherebbe che NT potrebbe essere utilizzato in sistemi di agricoltura biologica e di altro tipo in cui il glifosato e altri erbicidi sono vietati. Consentirebbe inoltre ai sistemi esistenti di non lavorazione del terreno dipendenti dagli erbicidi di diventare privi di erbicidi.

Riquadro 3. Lavorazione conservativa senza erbicidi

No-Tillage, nessuna o ridotta lavorazione del terreno

La no-tillage (NT, chiamata anche perforazione diretta) è una tecnica per coltivare colture e pascoli senza disturbare il terreno. Ciò si ottiene utilizzando seminatrici appositamente progettate per piantare semi in terreni non lavorati. L'obiettivo è ridurre al minimo gli impatti negativi della lavorazione del terreno sulla salute del suolo, come l'aggregazione del suolo, i suoi lombrichi e i funghi micorrizici. Tuttavia i sistemi NT dipendono attualmente dal glifosato e da altri erbicidi come il paraquat per gestire le erbe infestanti e altra vegetazione (come l'uccisione delle piante coltivate dopo il raccolto). Gli erbicidi al glifosato sono indicati come "aratura chimica" perché sono un sostituto diretto dell'aratro e di altre forme di lavorazione del terreno. Idealmente, ci sarebbe un modo per ottenere i benefici del NT, ma senza usare erbicidi a base di glifosato.

Un'opzione è la lavorazione ridotta (RT, chiamata anche lavorazione conservativa e lavorazione minima mintill). RT si astiene dall'aratura in profondità (chiamata anche lavorazione convenzionale e lavorazione a capovolgimento), piuttosto utilizza una lavorazione superficiale che disturba solo i primi cinque-quindici centimetri del terreno, principalmente attraverso tecniche di non inversione o, occasionalmente, aratura superficiale. La ricerca ha dimostrato che la RT rispetto alla lavorazione completa non solo può gestire efficacemente le erbe infestanti, ma causa anche meno disturbi del suolo e ha un impatto minore sulla biologia del suolo (TILMAN-ORG, 2016). Pertanto, se combinato con altre pratiche agronomiche, come la coltivazione di colture sussidiarie, ad esempio i concimi verdi, RT può gestire efficacemente le erbe infestanti e i residui delle colture superando la necessità di utilizzare erbicidi.

5.1. “ RADICI VIVENTI TUTTO L’ ANNO “ – L'IMPATTO DELLA GESTIONE DELLE ERBE INFESTANTI SULLA SALUTE DEL SUOLO

Esiste un'interazione fondamentale tra la gestione delle erbe infestanti nel suo complesso, non solo gli erbicidi e la salute del suolo (James & Merfield, 2021). Poiché la salute del suolo è essenziale per tante altre questioni in agricoltura, come la fornitura di servizi ecosistemici, garantire una buona salute del suolo è vitale per molti risultati in agricoltura. Tuttavia, nell'ultimo decennio la scienza del suolo ha subito un cambiamento di paradigma nella sua comprensione di come si forma la materia organica del suolo (SOM) e quindi dei driver della salute del suolo (Cotrufo et al., 2022).

Il vecchio paradigma era che i residui vegetali e animali (come foglie, letame, compost) depositati sulla superficie del suolo o lavorati nel terreno, venivano poi scomposti da organismi come vermi e poi microbi come batteri, con materiali duri come la lignina che finivano come "humus" che potevano durare per secoli o millenni.

Il nuovo paradigma è che sono gli essudati delle radici delle piante viventi che guidano la formazione di SOM. Tra il 10% e il 40% della fotosintesi, e quindi l'energia che le piante catturano dal sole, vengono spinte fuori dalle loro radici sotto forma di carboidrati semplici, lipidi e proteine per nutrire i microbi che vivono in una simbiosi mutualistica intorno alle radici – un'area chiamata "rizosfera". I microbi restituiscono il favore fornendo acqua, sostanze nutritive e protezione dalle malattie, ad esempio. Le piante cambiano anche i tipi di essudati per favorire microbi specifici quando hanno bisogno del loro particolare aiuto. E diverse specie di piante hanno essudati diversi che favoriscono microbi diversi. È quindi fondamentale avere una diversità di piante per massimizzare la diversità dei microbi, al fine di ottimizzare la salute del suolo.

I microbi trasformano e mettono anche alcuni degli essudati all'interno delle particelle minerali del suolo dove sono altamente protetti. Questa materia organica è chiamata materia organica associata ai minerali (MAOM) e può durare da secoli a millenni. Quindi il vecchio paradigma è riassunto come parte del nuovo paradigma, in quanto i residui superficiali sono ancora scomposti da vermi e batteri, ma durano solo da anni a pochi decenni, non da secoli a millenni come si pensava in precedenza. Questo è ora chiamato particolato organico (POM).

Pertanto, è una diversità di radici di piante viventi che sono i principali motori della biologia del suolo, della formazione di SOM e quindi della salute del suolo, non residui di colture, compost, letame ecc. Da qui il mantra "Radici viventi tutto l'anno" L'implicazione per la gestione delle erbe infestanti è che l'obiettivo principale della gestione delle erbe infestanti – ridurre la diversità e la biomassa delle piante – lavora direttamente contro la necessità di massimizzare la diversità e la biomassa delle piante viventi per massimizzare la salute del suolo. Pertanto, tutte le forme di gestione delle erbe infestanti, chimiche e non chimiche, devono solo ridurre la diversità vegetale e la biomassa al livello minimo assoluto richiesto per una produzione agricola di successo. Recentemente è stata pubblicata una nuova definizione di erbe infestanti che affronta proprio questo problema.

5.2. RIDEFINIRE LE ERBE INFESTANTI PER L'ERA POSTERBICIDA

"Ridefinire le erbe infestanti per l'era post-erbicida" (Merfield, 2022), è l'articolo pubblicato su "Weed Research", la principale rivista scientifica mondiale sulle erbe infestanti. Il documento osserva innanzitutto che le erbacce non sono un concetto scientifico: non esiste, ad esempio, una categoria botanica di "erbacce". Le erbe infestanti sono interamente giudizi di valore sulla "bontà" o "cattiveria" di particolari piante (piante NB, non specie vegetali). Quindi definisce le erbe infestanti come:

Una pianta, o popolazione di piante,
in un momento e luogo specifici,
che causano danni significativi,

immediatamente o a lungo termine,
sulla base di un'analisi olistica dei loro attributi positivi e negativi.

La definizione comune di infestante è una "pianta che cresce dove non è voluta"; Il giudizio di valore al suo interno è "non voluto". Il documento sostiene che questa è una soglia troppo bassa ora che comprendiamo i molteplici danni causati dalla gestione delle erbe infestanti (non solo dall'uso di erbicidi) e quindi crea una soglia molto più alta di "danno significativo". Richiede inoltre che le piante siano definite come erbacce solo in un luogo e in un tempo specifici per contrastare la credenza comune che particolari specie di piante, ad esempio la Gallina grassa (album *Chenopodium*) siano sempre erbacce, cioè l'affermazione "la gallina grassa è un'erbaccia" è una completa assurdità senza il contesto di dove si trova la pianta di gallina grassa. Il requisito che il danno causato dalle erbe infestanti possa essere in futuro è quello di affrontare il problema che le piante potrebbero non causare danni ora; Ma, se lasciate a se stesse, creeranno danni in futuro (ad esempio, diventeranno invasivi, metteranno molti semi, diventeranno davvero grandi). Pertanto, è più efficiente gestirli ora quando è facile che in futuro quando è difficile. L'ultima riga osserva che tutte le piante hanno benefici sia positivi che negativi (forniscono servizi ecosistemici rispetto alla concorrenza con le colture) e che sia gli aspetti positivi che quelli negativi devono essere valutati prima di decidere se una pianta è un'erbaccia.

La definizione elimina così l'idea che tutte le piante non coltivate siano erbe infestanti. Ciò significa che ora ci sono tre tipi di piante in un campo: il raccolto, le vere erbacce e tutto il resto - "altre piante" o come il documento le chiama "aliae plantae". Le Aliae plantae sono piante non coltivate che, a conti fatti, non causano danni significativi e possono quindi essere lasciate in pace.

Questa definizione può essere vista al lavoro quando un agricoltore usa erbicidi per uccidere specie vegetali nelle loro colture e lo stesso agricoltore è sovvenzionato per seminare le stesse specie vegetali come strisce di fiori selvatici, perché tali specie sono considerate utili e svolgono funzioni agro-ecologiche benefiche, ad esempio, sostenendo gli impollinatori e i predatori di parassiti. Pertanto, è più necessario gestire in modo intelligente la flora vegetale non agricola, sia all'interno delle colture che nelle aree non coltivate. Ad esempio, lasciare deliberatamente aliae plantae tra le colture ha dimostrato di fornire molteplici servizi ecosistemici mantenendo la resa (Adeux et al., 2019). Le Aliae plantae contribuiscono a sostenere i raccolti attraverso il loro ruolo nel sostenere la biodiversità benefica e la fertilità del suolo (Jordan & Vatovec, 2004; Ziska & Dukes, 2018). Le Aliae plantae offrono un habitat per i funghi micorrizici, coprono il terreno nudo dopo il raccolto, mantenendo vive le comunità di microrganismi del suolo benefiche attraverso i loro essudati radicali di zuccheri e proteine. Inoltre, forniscono habitat per insetti utili, che sono vitali per la gestione dei parassiti, e il polline e il nettare che producono aiutano a mantenere le popolazioni di impollinatori. L'obiettivo non dovrebbe quindi essere quello di eradicare completamente tutte le piante non coltivate, in quanto svolgono un importante ruolo ecologico utile per gli agricoltori e l'ambiente in generale. Piuttosto che un approccio a tolleranza zero e bassa biodiversità, è quindi necessario trovare un equilibrio tra vegetazione vegetale e non vegetale, tra limitare le erbe infestanti dannose per mantenere i raccolti e consentire alle aliae plantae di sostenere servizi ecosistemici vitali. Poiché il danno economico è causato solo quando l'infestazione da parte di una minoranza di specie supera una certa soglia, un approccio efficace di gestione delle erbe infestanti dovrebbe prendere in considerazione le caratteristiche biologiche ed ecologiche delle erbe infestanti e della flora non vegetale e utilizzare varie pratiche agricole per raggiungere tale equilibrio. Il quadro chiave per raggiungere questo equilibrio è la "gestione integrata delle erbe infestanti" (IWM).

5.3. GESTIONE INTEGRATA DELLE ERBE INFESTANTI

Il fulcro della gestione sostenibile delle erbe infestanti consiste nell'integrare un'ampia gamma di metodi diversi per gestire le erbe infestanti, ciascuno adattato al tipo di erba e al tipo di coltura e solitamente applicato in combinazione, in momenti specifici durante il ciclo di vita della coltura. Questo approccio è alla base della gestione integrata delle infestanti (IWM), in cui vengono utilizzate tecniche come rotazioni, diserbo

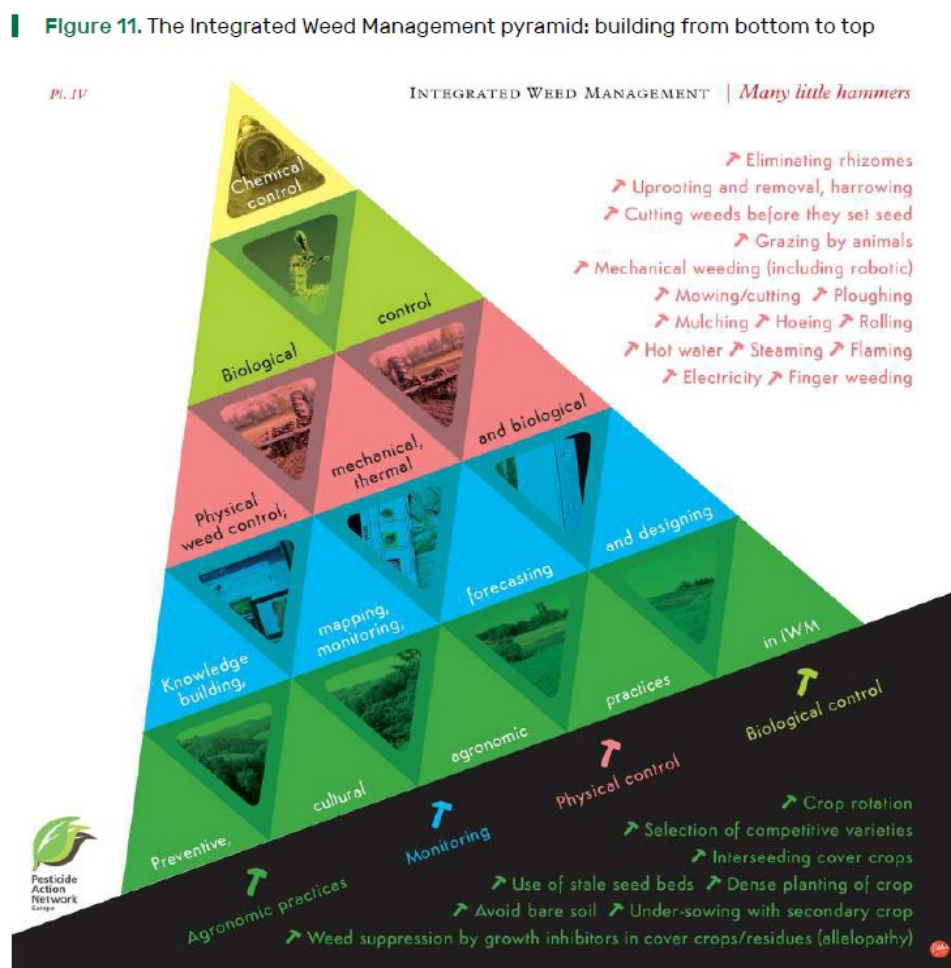
meccanico, controllo biologico e monitoraggio attivo per ottenere una gestione ottimale delle infestanti e colture sane e di qualità con buone rese. La compilazione di tutte le tecniche disponibili può essere vista come una piramide, in cui ogni strato fornisce un elenco di metodi che possono essere applicati per la gestione delle erbe infestanti e in cui il controllo chimico viene utilizzato solo come ultima risorsa solo se tutti gli altri metodi hanno fallito (Figura 11). Questo è spesso chiamato anche l'approccio a "molti piccoli martelli" (Liebman & Gallandt, 1997). La metafora è stata persino estesa per dire che usando "molti piccoli martelli", un agricoltore può tenere sotto controllo le erbacce senza ricorrere alla "palla da deRomizzazione" chimica degli erbicidi sintetici. Ciò aiuta a creare un sistema di biodiversità più elevato in cui i processi ecosistemici benefici sono autorizzati a funzionare. Mentre gli erbicidi sintetici fanno parte dell'approccio IWM / piramide di gestione delle erbe infestanti, il loro uso non è trattato in questo rapporto, poiché esso si concentra sulla gestione non erbicida delle erbe infestanti.

Le pratiche di gestione delle infestanti possono essere suddivise in quattro parti: (la piramide IWM; vedi Figura 11):

- pratiche agronomiche preventive e culturali;
- monitoraggio – osservazione e identificazione delle erbe infestanti, valutazione del potenziale valore o danno;
- controllo fisico;
- lotta biologica.

È fondamentale integrare il maggior numero di metodi nella gestione delle infestanti non chimiche perché un metodo è raramente sufficiente per gestire tutte le erbe infestanti in ogni momento in tutte le colture. Infatti, anche con la gestione delle erbe infestanti a base di erbicidi, sono necessari diversi tipi di modalità d'azione degli erbicidi per ottenere una gestione sufficiente delle erbe infestanti in tutta l'azienda.

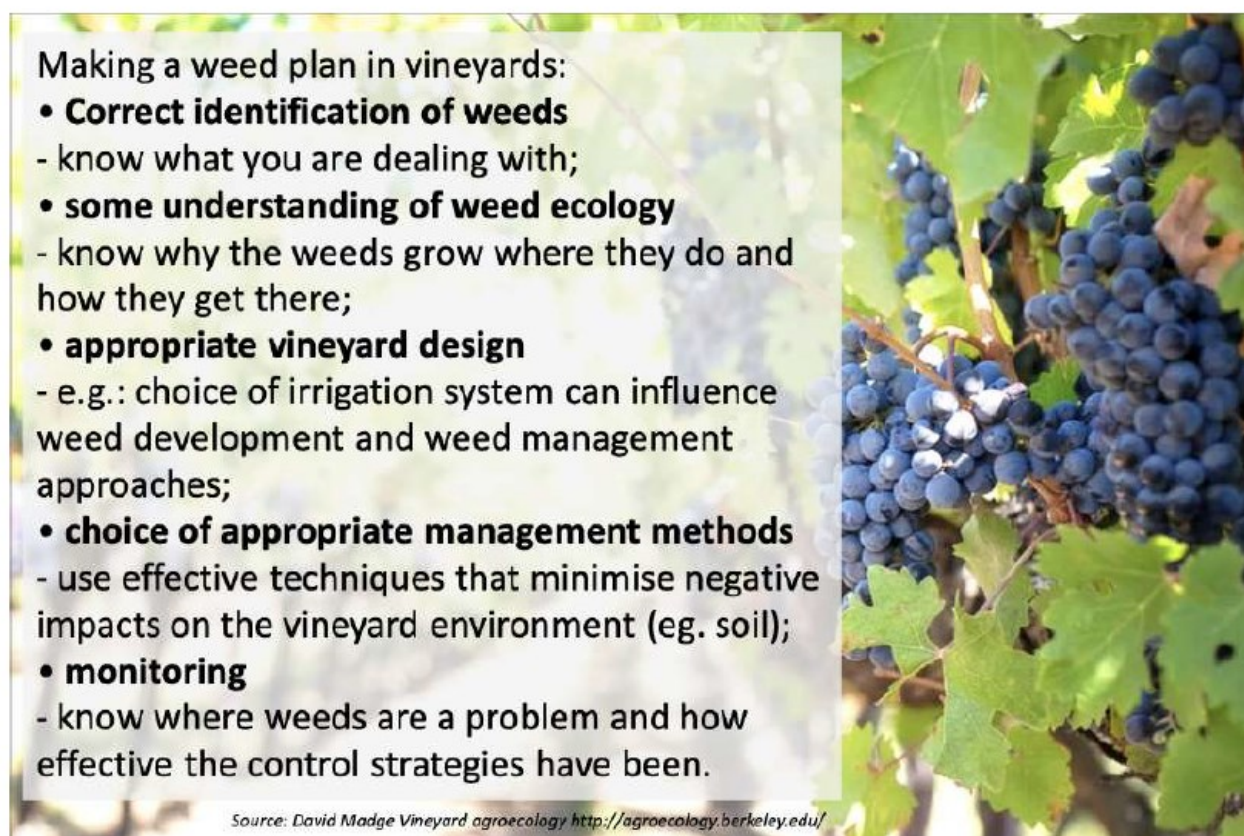
Figura 11. La piramide della gestione integrata delle infestanti: costruire dal basso verso l'alto



Il fondamento della piramide di gestione delle infestanti sono le misure preventive, in genere tecniche a livello di sistema o di intere aziende agricole come le rotazioni, in particolare quelle che includono sia la coltivazione dei seminativi che il bestiame. Le buone pratiche igieniche, ad esempio, assicurano che le attrezzature per la raccolta non spostino i semi di piante infestanti da un campo o da un'azienda agricola all'altra. Poi arriva il monitoraggio: camminare nei campi per determinare quali erbacce sono presenti. Quindi utilizzare la conoscenza delle erbe infestanti da parte dell'agricoltore o del coltivatore per decidere se sono necessarie azioni di gestione delle infestanti. Queste decisioni possono essere supportate da strumenti come la modellazione e la previsione e da una buona tenuta dei registri, in modo che il produttore sappia come le erbe infestanti stanno cambiando nel tempo nelle loro fattorie. Sulla base di una solida base di informazioni, il produttore può decidere quali interventi di gestione fisica e biologica delle erbe infestanti sono necessari, e solo quando queste opzioni sono state esaurite dovrebbe essere preso in considerazione il controllo chimico, in particolare con erbicidi sintetici. La figura 12 illustra un esempio di approccio IWM per i vigneti.

Figura 12. Piano di approccio integrato di gestione delle infestanti nei vigneti

Figure 12. Integrated Weed Management approach plan in vineyards



IWMPRAISE: Gestione integrata delle erbe infestanti: implementazione e soluzioni pratiche per l'Europa

Si stanno compiendo notevoli progressi nell'IWM nell'UE. Il progetto IWMPRAISE (Integrated Weed Management: PRACTical Implementation and Solutions for Europe) è composto da 37 partner provenienti da otto diversi paesi europei e comprende 11 università e istituti di ricerca leader nell'area della gestione delle erbe infestanti, 14 aziende e partner industriali, 12 servizi di consulenza e organizzazioni di utenti finali (Riemens et al., 2022)²⁷. Hanno sviluppato un framework IWM che si compone di cinque pilastri:

²⁷ <https://iwmpraise.eu/>

- diversi sistemi di coltivazione;
- scelta e insediamento delle cultivar;
- gestione del campo e del suolo;
- controllo diretto;
- monitoraggio e valutazione (figura 13).

I primi quattro sono pilastri di gestione e ognuno di essi ha una gamma di "tattiche" individuali che sono combinate e utilizzate sinergicamente, cioè, secondo il concetto di molti piccoli martelli (Liebman & Gallandt, 1997). Il pilastro trasversale del monitoraggio e della valutazione include attività, come lo scouting delle erbe infestanti, l'uso di sistemi di supporto alle decisioni (DSS) e tecnologie di rilevamento ad alta tecnologia, per garantire che le tattiche di gestione vengano utilizzate solo quando necessario, ma anche che le infestazioni di erbe infestanti non passino inosservate e diventino problematiche. Le tattiche di gestione delle infestanti sono anche focalizzate su tre fasi del ciclo di vita di un'erbaccia: semi, piantine e piante mature (Figura 14).

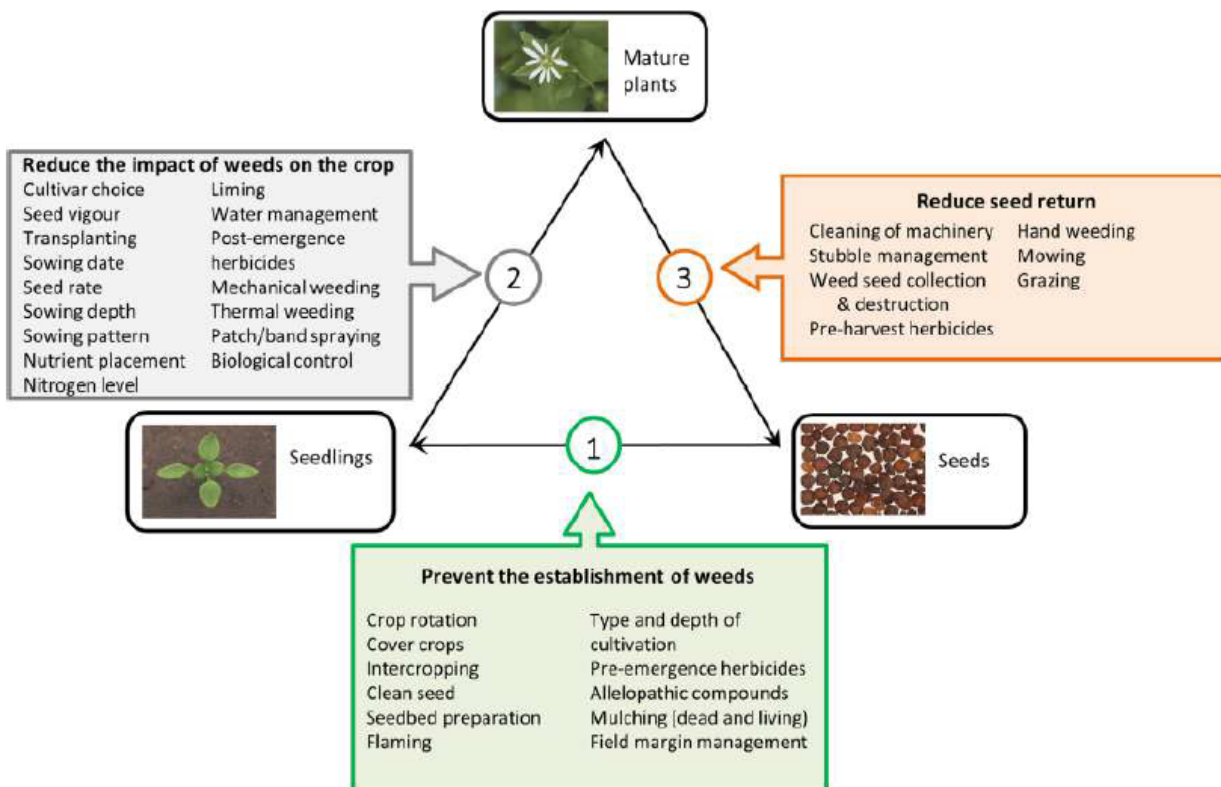
Figura 13. Quadro per la pianificazione e la progettazione di strategie olistiche IWM che richiedono combinazioni di strumenti di gestione individuali opportunamente selezionati da ciascuno dei cinque pilastri dell'IWM: diversi sistemi di coltivazione, scelta e insediamento della cultivar, gestione del campo e del suolo, controllo diretto, monitoraggio e valutazione dei pilastri trasversali (Riemens et al., 2022).



Il quadro IWM è stato anche progettato per essere parte di un sistema di "gestione integrata delle colture", in modo che la gestione delle erbe infestanti non sia isolata da altri componenti del sistema agricolo, come la gestione dei nutrienti, dei parassiti e delle malattie, quindi tutti gli aspetti della gestione delle colture siano completamente integrati, cioè parte di un approccio agroecologico.

Figura 14. Le tattiche di controllo delle erbe infestanti sono menzionate dove ci si aspetta che abbiano il massimo effetto sulla sopravvivenza delle erbe infestanti. Tattiche di controllo delle infestanti che influenzano la sopravvivenza delle erbe infestanti nelle diverse fasi del loro ciclo di vita. (Riemens et al., 2022)

Figure 14. Weed control tactics are mentioned where they are expected to have maximum effect on weed survival. Weed control tactics affecting weed survival at different stages of their life cycle. (Riemens et al., 2022)



5.4. GESTIONE PREVENTIVA E CULTURALE DELLE ERBE INFESTANTI

Il termine "controllo culturale" o pratiche agronomiche "culturali" si riferisce a qualsiasi metodo utilizzato per mantenere le condizioni del campo in modo che le erbe infestanti abbiano meno probabilità di stabilirsi e/o aumentare di numero, o per rafforzare le colture e facilitarle nella competizione con le erbe infestanti. Il controllo delle erbe infestanti culturali comprende una vasta gamma di pratiche come rotazioni, colture sussidiarie, gestione della qualità del suolo (ad esempio, evitare la compattazione), lavorazione del terreno (lavorazione superficiale vs. aratura più profonda), gestione e applicazione di fertilizzanti / nutrienti (ad esempio, fasciatura di nutrienti), specie di colture e cultivar (ad esempio, scegliendo quelle più ecologicamente competitive), tecniche di insediamento delle colture (ad esempio, spaziatura delle file e profondità di perforazione), fino alle tecniche di raccolta e post-raccolta (ad esempio, colture da semina, lasciando che la "pioggia di semi di piante infestanti"²⁸ sulla superficie del suolo sia predata), ecc.

²⁸ The shedding of seeds from the parent plant onto the soil. Many individual annual plants can produce thousands, even tens of thousands of seeds.

Tutte queste tecniche culturali sono preventive – non riguardano il controllo delle erbacce che si sono già stabilite, ma piuttosto impediscono alle erbacce di stabilirsi in primo luogo. Come in molti altri aspetti dell'agricoltura, prevenire è molto meglio che curare. Spesso ciò è molto più efficace ed economico delle tecniche interventistiche per uccidere le erbacce già stabilite.

BOX4 Consigli degli agricoltori ai principianti:

- Prevenire è sempre meglio che curare – Assicurati di avere un piano chiaro e un approccio all'intera azienda agricola per il controllo delle infestanti, per ridurre al minimo la quantità di erbe infestanti nella coltura che devono essere controllate.
- "Un anno di semina: sette anni di diserbo" – Questo vecchio adagio agricolo sottolinea che è molto più facile gestire le erbacce impedendo loro di seminare in primo luogo (fermando la pioggia di semi di erbe infestanti), piuttosto che controllare le erbacce che derivano dai semi sparsi.
- Lasciare meno terreno aperto per la colonizzazione da parte delle erbe infestanti: colture di copertura, sottosemina, paccame vivo e spaziatura delle file più stretta possono essere utilizzati per ridurre lo spazio disponibile per la creazione di piantine di erbe infestanti.

5.4.1. ROTAZIONE DELLE COLTURE

Le rotazioni sono uno dei controlli culturali più antichi ed efficaci per gestire le erbe infestanti. Poco prima dell'alba dell'era degli erbicidi, Clyde E. Leighty scrisse nell'Annuario dell'agricoltura del 1938: "Rotazione delle colture ... è il mezzo più efficace finora concepito per mantenere la terra libera dalle erbacce. Nessun altro metodo di controllo delle erbe infestanti, meccanico, chimico o biologico, è così economico o così facilmente praticabile come una sequenza ben organizzata di lavorazione del terreno e coltura. Tuttavia, i benefici delle rotazioni sono molto più ampi della gestione delle erbe infestanti (Snapp et al., 2005). Sono ancora più preziosi per la gestione dei parassiti e delle malattie, in particolare per i parassiti e le malattie trasmesse dal suolo. Sono anche vitali per mantenere la qualità del suolo, diversificando le specie vegetali e massimizzando le radici viventi tutto l'anno. Inoltre, laddove le leguminose vengono coltivate a rotazione come colture o come sovescio, aumentano le riserve di azoto del suolo, a causa dei batteri che fissano l'azoto che formano una simbiosi mutualistica con i legumi. In effetti, l'agricoltura senza rotazioni è quasi impossibile senza ricorrere a fertilizzanti artificiali azotati, pesticidi ed erbicidi per sostituire la moltitudine di benefici che le rotazioni apportano all'agricoltura.

Le rotazioni gestiscono le erbe infestanti introducendo diversità temporale nei campi, cambiando di stagione in stagione. Per ogni coltura, ci sono specie di erbe infestanti (e parassiti e malattie) che crescono e si riproducono particolarmente bene o almeno non sono soppresse così tanto. Se lo stesso raccolto viene coltivato anno dopo anno nello stesso campo, allora le popolazioni di quelle erbe infestanti aumenteranno di anno in anno fino a diventare ingestibili. Ruotando le colture, le erbacce che prosperano in una coltura saranno soppresse da altre colture, in modo tale che un insieme di specie di erbe infestanti non domini mai e diventi problematico. Pertanto, la rotazione tra colture con condizioni contrastanti per le erbe infestanti avrà il massimo effetto. In particolare, la rotazione tra colture annuali, come cereali e ortaggi, e pascoli con bestiame è molto efficace perché eccezionalmente poche specie di erbe infestanti possono prosperare sia nei sistemi colturali che in quelli di pascolo. Anche la rotazione tra le colture seminate primaverili e autunnali nei sistemi coltivabili è molto efficace.

5.4.2. COLTURE SUSSIDIARIE (COLTURE DI COPERTURA)

Le colture sussidiarie, dette anche colture non commerciali e colture di copertura, sono coltivate per benefici diversi dal profitto diretto in contanti. Il termine "filiale" è usato nel significato di "servizio" o "supporto". Le colture sussidiarie che includono specie che fissano l'azoto sono chiamate concimi verdi. La coltivazione sussidiaria è un argomento enorme in sé (Sustainable Agriculture Network, 2007). Ci sono molte ragioni per coltivare colture sussidiarie. Uno dei motivi principali è quello di aumentare la salute del suolo e la materia organica, che aumenta la ritenzione e la disponibilità di nutrienti per la seguente coltura da reddito. La gestione delle infestanti è un altro motivo chiave per coltivare colture sussidiarie.

Ad esempio, le colture sussidiarie possono essere utilizzate per consentire a un flusso di semi di erbe infestanti di germogliare il quale viene poi superato dalla coltura sussidiaria e viene terminato prima che le erbe infestanti mettano il seme, esaurendo così la banca dei semi delle erbe infestanti. Per le erbe infestanti



particolarmente problematiche come il cardo californiano (*Cirsium arvense*), le colture sussidiarie altamente competitive chiamate "colture di soffocamento" come le miscele di segale (*Secale cereale*) e veccia (specie di *Vicia*) competeranno così fortemente con il cardo, sia per la luce che per le risorse nutritive del suolo, che possono affollare e sradicare il cardo entro una o due stagioni di crescita.

5.4.3. CONSOCIAZIONE E SOTTOSEMINA

La consociazione, nota anche come policoltura, coltura mista o co-coltivazione, è un metodo che prevede la coltivazione simultanea di due o più piante nello stesso campo in modo che le proprietà di ciascuna pianta facilitino la crescita dell'altra. I benefici della consociazione includono leguminose che forniscono azoto ai non legumi in una miscela, soppressione della germinazione delle erbe infestanti e crescita, soppressione di insetti nocivi e malattie delle piante e un aumento complessivo della produttività. La soppressione della germinazione delle erbe infestanti è tipicamente dovuta al fogliame del raccolto che ombreggia il terreno, ma può anche essere attraverso l'allelopatia, dove la coltura emette sostanze allelochimiche che inibiscono direttamente la germinazione dei semi. La soppressione della crescita delle infestanti può essere dovuta sia alla competizione fuori terra per la luce che alla competizione sotterranea per l'acqua e i nutrienti, nonché ad allelopatia e interazioni più complesse, come quelle che coinvolgono funghi micorrizici (Hirst, 2017). Ad

esempio, le miscele leguminose-mais sono un classico intercrop per il foraggio del bestiame ricco di proteine, con il beneficio del legume che fornisce direttamente azoto al mais (Nurk et al., 2017).

La sottosemina comporta la semina di una o più colture sussidiarie sotto la coltura principale da reddito, in genere con la semina della coltura sussidiaria ritardata di diverse settimane, per consentire alla coltura commerciale di essere sufficientemente stabile affinché la coltura sussidiaria non competa con essa e riduca la resa. Quando il raccolto da reddito viene raccolto, il raccolto sussidiario viene liberato dalla competizione soppressiva del raccolto da reddito e cresce rapidamente, coprendo il terreno e impedendo la germinazione e la crescita delle erbe infestanti. Questa è una tecnica particolarmente preziosa, in quanto elimina la necessità di coltivare il terreno dopo la raccolta del raccolto da reddito perché il raccolto sottoseminato è già sviluppato. Ciò è spesso usato per stabilire il pascolo. Questa tecnica riduce anche a zero il tempo tra le colture, eliminando i danni al suolo dalla lavorazione del terreno ed esponendo il terreno nudo, e raggiunge un continuum di radici viventi, quindi è anche migliore per la biologia del suolo. Gli agricoltori possono ottenere molte settimane o addirittura mesi di crescita extra perché il raccolto sottoseminato è già ben radicato. Allo stesso tempo, la presenza di erbe infestanti nella coltura finale sotto-seminata è bassa, poiché sono state spiazzate nella precedente fase di raccolta da reddito e sopresse durante la sua crescita. Ci sono molte combinazioni di colture da reddito / colture sottoseminate di grande successo che sono state studiate e che sono in uso diffuso, come combinazioni di orzo, grano, mais e soia usando trifoglio bianco, trifoglio sotterraneo e fieno greco come piante sottoseminate (Ramseier & Crismaru, 2014).

5.4.4. COMPETIZIONE TRA LE COLTURE PER SOPPRIMERE LE ERBE INFESTANTI

Sia per i pascoli che per i seminativi, la concorrenza che la coltura esercita contro le erbe infestanti può contribuire in modo determinante al successo della gestione delle erbe infestanti. Alcune colture orticole possono anche essere altamente competitive contro le erbe infestanti, le patate sono l'esempio classico. Tuttavia, alcuni sono poveri concorrenti per tutta la vita, ad esempio le cipolle. La competitività delle colture può essere migliorata attraverso diversi approcci. Ad esempio, l'allevamento e l'uso di cultivar più competitive, ad esempio, quelle che crescono più alte o hanno una struttura orizzontale della chioma che ombreggia il terreno più velocemente (Andrew et al., 2015). Per le colture allelopatiche, in cui le colture producono sostanze biochimiche che influenzano la crescita, la sopravvivenza, lo sviluppo e la riproduzione di altri organismi, le cultivar possono variare significativamente nella quantità di sostanze allelochimiche che producono e, più fortemente, le cultivar allelopatiche possono avere un vantaggio competitivo significativo. La densità della semina, che nei seminativi può essere aumentata di due o anche tre volte, può avere un grande effetto. L'utilizzo di popolazioni più dense può comportare un aumento significativo della concorrenza delle colture nelle fasi critiche e iniziali della crescita. Per i seminativi, anche la modifica dei modelli di semina, ad esempio dimezzando la spaziatura tra le file o "doppia perforazione" in un modello a scacchiera, può aumentare la competitività delle colture.

5.4.5. LETTI DI SEMINA FALSI E STANTII

I letti di semina falsi e stantii sono due tecniche correlate basate su tre principi (Merfield, 2015). In primo luogo, circa il 90% della banca dei semi di erbe infestanti è dormiente in un dato momento, ma il 10% di semi non dormienti nella parte superiore del profilo del suolo germoglierà rapidamente date le giuste condizioni. In secondo luogo, la lavorazione del terreno / coltivazione è il modo più efficace per far germogliare i semi di erbe infestanti attraverso una vasta gamma di fattori, tra cui l'aumento della quantità di ossigeno e nitrato, l'aumento della temperatura e della variazione della temperatura diurna, nonché l'eliminazione del fogliame che ombreggia il terreno. In terzo luogo, e più criticamente, la maggior parte dei semi di erbe infestanti può emergere solo dai cinque centimetri più alti del terreno, in genere i primi due centimetri. Se i semi sono più profondi, le loro riserve di energia e nutrienti si esauriscono prima che raggiungano la superficie del suolo.

Entrambe le tecniche richiedono un tilth di semina ottimale (superficie del terreno preparata) e il terreno deve essere sufficientemente umido affinché i semi di piante infestanti possano germogliare ed emergere.

Quindi, la semina o la semina delle colture viene ritardata da una a tre settimane per consentire ai semi di erbe infestanti non dormienti di germogliare ed emergere.

Nella tecnica del falso letto di semina, la pulizia delle erbe infestanti viene fatto da attrezzature specializzate per la lavorazione del terreno che coltivano solo i primi due o quattro centimetri del terreno, ottenendo al contempo un'uccisione di erbe infestanti al 100%. Lavorare troppo in profondità (cioè più in profondità di 4 cm), farà emergere ulteriori semi non dormienti nella zona di germinazione e infesterà il raccolto piantato in seguito.

Per i semenzai stantii, i semi del raccolto vengono perforati nel terreno tra le erbacce emergenti, che vengono poi uccise con una fiamma, vapore o sarchiatrice elettrotermica, da 12 a 24 ore prima dell'emergenza delle colture (Chen & Hooks, 2014; Merfield, 2015).

Entrambe le tecniche sono molto potenti in quanto possono esaurire rapidamente la banca di semi di erbe infestanti che è in grado di emergere nel raccolto e si occupano efficacemente sia delle erbacce interfila che di quelle intrafila più difficili da gestire. Poiché i falsi semenzai utilizzano una lavorazione economica come tecnica di gestione delle erbe infestanti, sia in termini di capitale che di costi di gestione, è altamente economica. Pertanto, l'uso di falsi semenzai è una tecnica di gestione delle infestanti eccezionalmente preziosa ma altamente sottovalutata.

5.5. GESTIONE DELLE ERBE INFESTANTI ALL'INTERNO DELLE COLTURE

Molti agricoltori e coltivatori nuovi alla gestione non chimica delle erbe infestanti pensano erroneamente con una "mentalità erbicida" in cui quasi tutta la gestione delle erbe infestanti si concentra sulle erbe infestanti che crescono nella coltura. Seguendo i "molti piccoli martelli" e concetti piramidali di gestione delle erbe infestanti, la maggior parte, ad esempio, il 90%, della gestione non chimica delle infestanti dovrebbe essere raggiunta prima che la coltura venga piantata, ad esempio, attraverso l'uso di rotazioni, prevenzione della pioggia di semi di erbe infestanti, gestione dei nutrienti, falsi letti di semi, ecc. Pertanto, la gestione delle infestanti nelle colture dovrebbe essere vista come la ciliegina sulla torta della gestione delle infestanti non chimiche, non la torta stessa. Qualsiasi agricoltore che creda che la gestione non chimica delle infestanti inizi nello stabilimento delle colture è altamente improbabile che abbia successo.

5.5.1. SARCHIATRICI IN CULTURA

Grazie all'agricoltura biologica che vieta l'uso di erbicidi sintetici (e altri pesticidi) negli anni 1960, è stata sviluppata una vasta gamma di macchinari per il diserbo. Questo macchinario è disponibile per tutti gli agricoltori e coltivatori da utilizzare per la gestione delle erbe infestanti. In effetti, ci sono così tante macchine diverse che può essere fonte di confusione per i produttori nuovi al diserbo non chimico su quali diserbatrici hanno bisogno per il lavoro. Proprio come gli erbicidi hanno diverse "modalità d'azione", così fanno i macchinari per il diserbo. Comprendere le diverse modalità di azione dei vari tipi di diserbatrice, e ciò che possono e non possono fare, consente agli agricoltori e ai coltivatori di identificare quelle diserbatrici più adatte alle loro esigenze. Inoltre, come gli erbicidi, una macchina non può fare tutto, quindi è essenziale una cassetta degli attrezzi da "molti piccoli martelli" sotto forma di una gamma di diserbatrici.

5.5.2. SARCHIATRICI ELETTROTHERMICHE – UNA SOSTITUZIONE DIRETTA DEL GLIFOSATO

Le sarchiatrici elettrotermiche (chiamate anche diserbatrici elettrofisiche ed elettriche) sono una tecnologia di "ritorno al futuro" inventata alla fine del 1800 (Diprose & Benson, 1984). Tuttavia, è solo nell'ultimo decennio che sono state sviluppate macchine commerciali, in parte a causa dei crescenti problemi con gli erbicidi.

Le sarchiatrici elettrotermiche funzionano applicando elettricità ad alta tensione al fogliame delle piante, che poi viaggia istantaneamente lungo lo stelo, nelle radici e nel terreno. L'elettricità riscalda l'acqua all'interno della pianta fino al punto di ebollizione trasformandola in vapore, il che provoca lo scoppio delle cellule, uccidendo istantaneamente la pianta. Ciò significa che il diserbo elettrotermico ha una modalità d'azione sistemica, come il glifosato, che viene applicato anche al fogliame e trasloca lungo il gambo e nelle radici. Il diserbo elettrotermico ha anche uno spettro più ampio del glifosato, poiché il diserbo elettrotermico ucciderà tutte le piante, mentre il glifosato uccide solo le piante vascolari. Molte specie vegetali sono anche naturalmente tolleranti al glifosato (cioè, il glifosato non le ha mai uccise efficacemente) e ora ci sono quasi 60 specie di piante con resistenza evoluta al glifosato (Heap, 2022). Il diserbo elettrotermico ucciderà tutte queste piante resistenti e resistenti al glifosato. La limitazione del diserbo elettrotermico è che l'elettricità non raggiunge tutti i sistemi radicali, quindi, se le piante possono ricrescere dalle radici non danneggiate o da altre parti sotterranee, allora le piante potrebbero essere in grado di sopravvivere. Sarebbero quindi necessari trattamenti ripetuti. Generalmente, sono solo poche piante perenni che possono ricrescere da organi sotterranei; pochissime piante annuali possono sopravvivere sia al raccolto che alle erbe infestanti. Ciò significa che in molti sistemi agricoli, le sarchiatrici elettrotermiche possono essere un sostituto diretto del glifosato e di molti altri erbicidi.

Ad esempio, viene utilizzato il diserbo elettrotermico:

- per uccidere tutta la vegetazione in un campo che consente la perforazione diretta senza l'uso di glifosato o lavorazione del terreno;
- disseccare le patate e disseccare le colture di cereali per facilitare il raccolto;
- mediante sarchiatrici robotizzate per uccidere le erbe infestanti a livello di singola pianta;
- sostituire le lame delle zappe nelle zappe interfilari, uccidendo le erbe infestanti senza disturbare il suolo o i residui colturali;
- uccidere selettivamente le erbacce alte nei pascoli e nelle colture in base alla differenza di altezza tra erbe infestanti e colture;
- uccidere le erbacce sotto e intorno alle piante coltivate in colture perenni come uva e bacche.

Con una gamma crescente di applicazioni e una crescente quantità di esperienza nel mondo reale, il diserbo elettrotermico si sta dimostrando una tecnologia rivoluzionaria e un sostituto diretto del glifosato e di molti altri erbicidi.

Questo potenziale sta stimolando una gamma crescente di ricerche sul diserbo elettrotermico, comprese le drastiche riduzioni dell'energia necessaria per uccidere le erbe infestanti. Recenti ricerche hanno dimostrato che è possibile uccidere le piante con pochi Joule di energia, il che significa che il diserbo elettrotermico utilizzerebbe molta meno energia degli erbicidi se può essere scalato (Bloomer et al., 2022).

5.5.3. CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE PER IL DISERBO

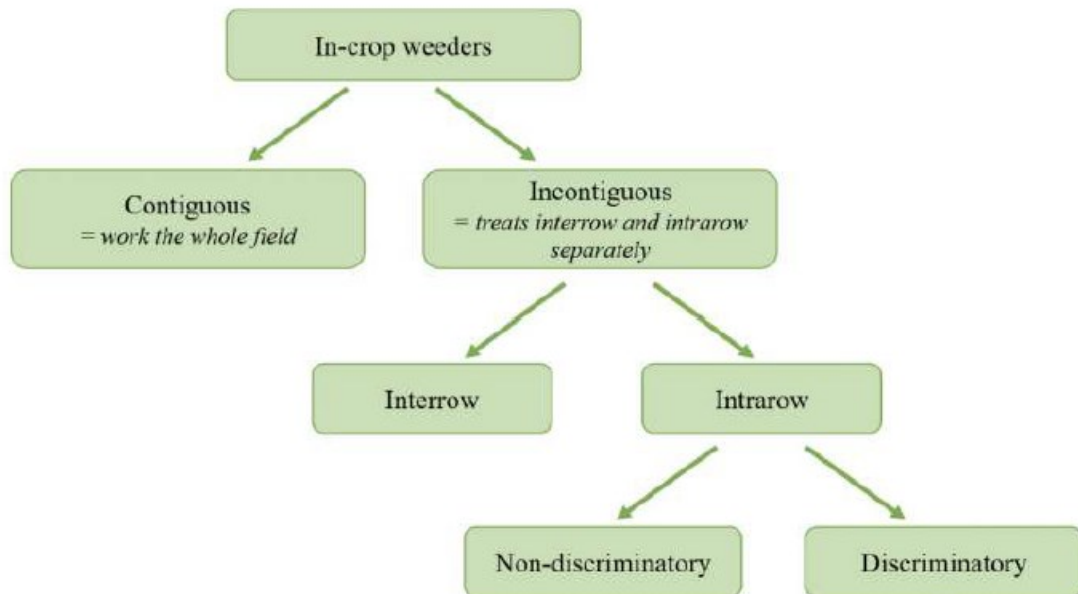
Le sarchiatrici per colture sono classificate in due tipi principali: contigue e non contigue (figura 15). Le sarchiatrici contigue lavorano l'intera superficie del campo e sono anche chiamate diserbo "broad acre". Le sarchiatrici incontigue hanno spazi vuoti per il passaggio del raccolto, quindi trattano l'"interfila" (tra le file di raccolto) e l'"intrafila" (la fila di ritaglio) in modo diverso. La zappa interfila è un classico esempio di questo tipo di macchina, in cui lo spazio interfila viene zappato vigorosamente mentre la fila di ritaglio è intatta. Tuttavia, le moderne macchine incontigue spesso trasportano anche strumenti per diserbare l'intrafila, quindi il nome "zappa interfila" è sempre più un termine improprio.

Gli strumenti e le macchine per il diserbo intrafila sono a loro volta divisi in due tipi: sarchiatrici non discriminatorie che applicano l'azione di diserbo sia alle colture che alle erbe infestanti, quindi sono paragonabili alle diserbanti contigue (vedi sotto per maggiori dettagli), mentre le diserbanti discriminatorie

hanno un sensore per differenziare la coltura dalle erbe infestanti e quindi applicare solo la tecnica di diserbo alle erbe infestanti.

Figura 15. Classificazione/gerarchia delle sarchiatrici in coltura

Figure 15. In-crop weeder classification/hierarchy



Diserbo contiguo

Poiché i diserbanti contigui diserbano l'intera superficie del suolo e sia il raccolto che le erbe infestanti, il raccolto deve essere in grado di sopravvivere all'azione di diserbo mentre le erbacce devono essere sensibili ad esso. Le sarchiatrici contigue sono in qualche modo analoghe agli erbicidi selettivi che vengono applicati sia alle erbe infestanti che alle colture, che uccidono le erbacce mentre il raccolto sopravvive. Le sarchiatrici contigue sono utilizzate principalmente nei pascoli e nei seminativi, specialmente quelli seminati con spazature tra le file inferiori a 15 cm, sebbene alcuni possano essere utilizzati anche in colture orticole più resistenti.

Sarchiatrice a molla

La sarchiatrice a denti primaverili è la sarchiatrice contigua originale e la più versatile (Figura 16).

L'azione di lavoro della sarchiatrice a molla è molto semplice. È costituito da un gran numero di barre di acciaio sottili e leggermente molleggiate (denti), che vengono tirate attraverso la superficie del suolo (da uno a quattro centimetri di profondità). Questo tira su, rompe e seppellisce piccoli diserbi, in particolare diserbi dicotiledoni (foglie larghe). Il raccolto sopravvive perché in genere ha semi più grandi, quindi è piantato più in profondità nel terreno (ad esempio, maggiore di 4 cm) e la giovane pianta coltivata è più grande e più dura delle erbe infestanti. I cereali, essendo monocotiledoni, sono particolarmente adatti a questa azione di diserbo in quanto le foglie sottili e verticali si piegano facilmente fuori dalla via dei denti.

Figura 16-Sarchiatrice a molla

Figure 16. Spring tine weeder



La macchina è altamente flessibile con diverse regolazioni interagenti che consentono di impostarla per "solleticare" a malapena il terreno, consentendone l'utilizzo in colture relativamente delicate, fino a impostazioni molto aggressive che ne consentono l'utilizzo per i passaggi finali di lavorazione. Le sarchiatrici sono disponibili anche in una vasta gamma di larghezze, dalla larghezza del trattore fino a circa 25 m di larghezza, paragonabile per dimensioni a molte irroratrici a braccio agrochimico. La capacità di lavorare a velocità (ad esempio, fino a 15 km / h) significa che hanno una velocità di lavoro sostanziale. Possono anche essere dotati di seminatrici pneumatiche, che consentono la trasmissione dei semi, il che li rende uno strumento ideale per stabilire pascoli, colture sussidiarie e sottosemina.

Diserbatrice a cucchiaio/zappa rotante

La sarchiatrice a cucchiaio (chiamata zappa rotante in Nord America), è un altro strumento ben consolidato, specialmente in Nord America (Figura 17). La sarchiatrice a cucchiaio è composta da due file di ruote a raggi, con le estremità dei raggi piegate leggermente all'indietro e appiattite a forma di cucchiaio, da cui il nome. Lavorano raccogliendo piccoli conici di terra, che vengono lanciati in aria, che poi seppelliscono e rompono alcune erbacce mentre colpiscono il terreno. La quantità di terreno direttamente impattata dall'utensile è inferiore alla sarchiatrice a molla che può coprire tutta la superficie del campo, quindi l'uccisione di erba del cucchiaio è generalmente inferiore. I suoi principali vantaggi sono che può lavorare in residui di colture e terreni più duri, che sconfiggerebbero un diserbatore primaverile. A sua volta, non va bene su terreni sassosi che consumano i cucchiai.

Rotazione Aerostar

La «Aerostar Rotation» è una nuova macchina prodotta esclusivamente da Einböck (figura 18). È una variante della modalità d'azione del diserbatore a molla, in quanto ha denti verticali, ma questi vengono graffiati attraverso il terreno mentre sono montati su ruote angolate. Ciò significa che ha un'azione significativamente più aggressiva rispetto alla sarchiatrice a molla. Pertanto, non dovrebbe essere considerata come un'alternativa alla sarchiatrice primaverile, piuttosto, sono strumenti complementari, in quanto la rotazione

Figure 17. Rotary hoe or spoon weeder



Aerostar funzionerà in terreni più duri e contro le erbe infestanti più grandi, rispetto alla sarchiatrice primaverile, ma potrebbe causare troppi danni alle colture più morbide.

Figure 18. Aerostar Rotation (photo: Einböck GmbH & CoKG.)



Combcut®

Il Combcut® è un approccio completamente nuovo al diserbo (Figura 19). Il Combcut® si basa su una serie di coltelli a forma di pugnale dove il raccolto scivola illeso, mentre le erbacce vengono tagliate. È quindi quasi esclusivamente per l'uso in colture monocotiledoni e pascoli contro le erbe dicotiledoni. È anche diverso dagli altri diserbatori contigui e da quasi tutti i diserbanti incontigui in quanto non interviene sul suolo, quindi non è ostacolato da terreni umidi e sassosi. È anche progettato per essere utilizzato più tardi nella vita del raccolto, a differenza delle altre diserbanti contigue che devono essere utilizzate contro le erbe infestanti quando sono ancora molto piccole, e generalmente entro il primo mese di vita del raccolto. Il Combut® è meglio utilizzato nel raccolto dopo il primo mese e fino alla fase di avvio (il punto in cui le colture di cereali mettono su uno stelo di fiore) quando le erbacce hanno steli più spessi. Dopo la fase di avvio, c'è il rischio di

Figure 19. Combcut® (photo: Just Common Sense AB.)



tagliare il gambo del fiore del raccolto, quindi il diserbante dovrebbe essere usato per tagliare le erbacce sopra la parte superiore del raccolto. Poiché non uccide le erbacce, l'effetto principale è quello di riportare indietro le erbacce in modo che il raccolto possa competere con loro e di tagliare le teste di fiori / semi per evitare la pioggia di semi di piante infestanti.

Diserbatrici elettrotermiche contigue

Le sarchiatrici elettrotermiche contigue vengono utilizzate più tardi nella vita del raccolto, in modo simile a Combcut®. Sono usate per uccidere le erbacce che sono più alte del raccolto, come l'avena selvatica (*Avena fatua*) nei cereali, l'erba di pesce (*Jacobaea vulgaris*) al pascolo e la gallina grassa (*Chenopodium album*) nelle verdure. Ma, a differenza di Combcut® che fa solo arretrare le erbacce, le diserbanti elettrotermiche possono uccidere completamente le erbacce.

Sarchiatrici incontigue

A differenza delle sarchiatrici contigue in cui esistono cinque tipi di macchine, la gamma di sarchiatrici incontigue è più ampia. Il diserbo incontiguo dominante è la zappa a parallelogramma.

Zappe a parallelogramma

Il design delle zappe a parallelogramma ha raggiunto una configurazione ottimale. Si basa su una barra degli strumenti montata sul trattore su cui sono montate più unità a parallelogramma. Ogni parallelogramma ha un telaio dell'utensile su cui sono fissati gli utensili di diserbo (Figura 20). Questo design consente macchine

molto larghe fino a 25 metri su una singola barra degli strumenti, consentendo al contempo di mantenere gli utensili di diserbo a una profondità molto precisa (± 1 cm) anche in campi irregolari. È anche altamente personalizzabile e c'è una vasta gamma di strumenti di diserbo, sia per il diserbo interfila che intrafila. La

Figure 20. Parallelogram hoe



zappa a parallelogramma non è quindi tanto una sarchiatrice in sé, è più una piattaforma su cui montare diversi utensili per il diserbo. Questa versatilità si riflette nei cinquanta o più produttori diversi che producono zappe a parallelogramma.

Figura 21. Disegni della zappa interfilare, da sinistra a destra: piede d'anatra o d'oca, spazzalama A, zappa a L, zappa a T

Figure 21. Interrow hoe blade designs, left to right: duck or goose foot, A blade sweep, L blade hoe, T hoe



Per l'interfila, esiste una vasta gamma di design di lame di zappa, la maggior parte dei quali si basa su una lama d'acciaio che taglia orizzontalmente il terreno. Questi sono disponibili in quattro tipi principali di design: piede d'anatra o d'oca, spazzalama A, zappa a lama L e zappa a T (Figura 21).

Per gestire le erbe infestanti nell'intrafila esiste una gamma in espansione di diserbatrici non discriminatorie per zappe a parallelogramma. Il più efficace di questi è il "mini ridger" (Figura 22) che crea una piccola cresta di terreno nell'intrafila seppellendo il diserbo e lasciando il raccolto sporgente. La ricerca ha scoperto che se c'è un centimetro di terreno sopra la cima di una pianta (erbaccia), indipendentemente da quanto sia alta, verrà uccisa, e se due centimetri di una pianta (coltura) vengono lasciati sporgere dalla cresta del suolo sopravviverà (Merfield, 2014; Merfield, 2018). Ciò significa che se il raccolto è almeno tre centimetri più alto delle erbe infestanti, è possibile il mini-ridger. Questo è spesso il caso, sia per le colture di seminativi di grandi dimensioni a crescita rapida che per le verdure trapiantate in particolare.

Figure 22. Mini-ridger blades



Uno strumento altamente complementare ai mini-ridger è la sarchiatrice a dita (Figura 23). Questi strumenti rotanti azionati dal terreno hanno una serie di "dita" che spostano il terreno all'interno della fila di colture, rompendo, seppellendo e sradicando piccoli diserbi. C'è una vasta gamma di design per adattarsi a qualsiasi coltura, anche gli alberi, con le dita realizzate con materiali duri come metallo e plastica fino a materiali più morbidi come la gomma. La sarchiatrice a dita è un compagno ideale per il mini-ridger. Una cresta viene prima costruita con il mini-ridger e poi le dita vengono utilizzate per tirare giù la cresta. Pertanto, si ottiene un'uccisione di erba sia quando si costruisce la cresta che quando viene tirata giù. Questo è simile a come le patate coltivate sulle creste vengono diserbate, solo su una scala molto più piccola.

Figure 23. Finger weeders



Altri strumenti includono sarchiatrici a torsione che utilizzano barre di acciaio molleggiate per rompere il terreno nell'intrafila, rompendo e sradicando così i diserbanti. Esistono diversi strumenti basati su sottili fili verticali che rastrellano l'intrafila, che sono particolarmente preziosi per colture monocotiledoni verticali come mais, porri e cipolle. Queste sarchiatrici verticali possono essere azionate a terra utilizzando ruote a raggi angolate, come una ruota di rotazione Aerostar in miniatura (Figura 18) e macchine motorizzate con molti fili.

Zappa a spazzola ad asse orizzontale

Oltre al pilastro della zappa a parallelogramma, ci sono molti altri design di zappe interfila. La zappa ad asse orizzontale si basa su una grande spazzola cilindrica, simile a quelle utilizzate sulle spazzatrici stradali, con spazi vuoti nella spazzola per le file di colture (Figura 24).

La zappa ha un'azione di diserbo molto aggressiva, poiché il pennello polverizza i primi due-cinque centimetri di terreno, macerando le erbacce nel processo. Raggiunge un alto tasso di uccisione delle erbe infestanti anche in terreni umidi, terreni sassosi e contro erbacce più grandi che sfiderebbero, e persino fermerebbero, altre zappe interfila. È quindi eccellente per le colture invernali come l'aglio. Il rovescio della medaglia è che quando il terreno è asciutto può creare molta polvere, specialmente nei terreni argillosi e limosi.

Figura 24. Zappa ad asse orizzontale (a sinistra: montata su un trattore portautensili specializzato)

Figure 24. The horizontal axis brush hoe (left: mounted on a specialised tool-carrier tractor)



La sarchiatrice a cestello ha un cilindro di gabbie metalliche al posto delle spazzole della zappa, con spazi vuoti per i filari di colture (Figura 25). A differenza della spazzola singola della zappa, che è alimentata dal trattore, la sarchiatrice a cestello ha due file di cesti con una trasmissione a catena differenziale tra loro che li costringe a girare a velocità diverse in modo da tagliare e rompere il terreno, tagliando e rompendo le estirpazioni. La sarchiatrice a cestello è quindi meccanicamente molto più semplice e quindi meno costosa della zappa a spazzola, rendendola ideale per i piccoli produttori. Inoltre non produce le nuvole di polvere che fa la zappa a spazzola. Tuttavia, si comporta male in terreni duri in quanto non è efficace nel penetrare nel terreno come la zappa a spazzola e le pietre piegano le barre, mentre la zappa a spazzola può far fronte ai terreni più sassosi.

Figure 25. Basket weeder



L'ultimo design comune della zappa interfila è la sarchiatrice ad asse verticale (Figura 26). Questa ha piccoli rotori con denti metallici che girano nel terreno. Ha un'azione aggressiva di diserbo che può tagliare il terreno duro e può uccidere le erbacce più grandi. Il suo principale svantaggio è che la sua complessità meccanica rende difficile la regolazione delle spaziature delle righe il che significa che sono costose. E, mentre possono gestire il terreno ciottoloso, le pietre tendono a rimanere intrappolate tra i denti e gli scudi e possono causare danni alla macchina e al raccolto.

Figure 26. Vertical axis powered tine weeder



Guida per le diserbatrici incontigue

Il requisito chiave delle sarchiatrici incontigue è che le file di colture devono adattarsi agli spazi vuoti nelle diserbatrici se vogliono sopravvivere, il che significa che le diserbatrici devono essere guidate con precisione. Prima dell'informatizzazione, ciò è stato ottenuto facendo sedere una persona sulla zappa indipendentemente dal trattore o utilizzando un trattore specializzato "portautensili" in cui il diserbatore è montato tra le ruote anteriori e posteriori in modo che il conducente possa vedere lui e il raccolto (figura 24). Con un operatore qualificato questi approcci potrebbero ottenere una guida altamente accurata, ma il lavoro richiede alti livelli di concentrazione continua che è difficile per il personale. C'è anche un limite alla velocità e alla forza di reazione umana che limita la velocità di avanzamento e le dimensioni della macchina.

L'informatizzazione ha creato una rivoluzione nella guida del diserbo e ha risolto il problema della guida. Esistono due approcci principali, sistemi di visione artificiale e sistemi di posizionamento globale (GPS) altamente accurati.

I sistemi di visione artificiale si basano su fotocamere digitali che guardano avanti dal diserbatore ai filari di coltivazione. Sosticcati programmi per computer determinano quindi dove si trova la fila di ritaglio e spostano la diserbatrice in modo che corrisponda. I sistemi GPS utilizzano la tecnologia cinematica in tempo reale (RTK) che aumenta la precisione a livello di metro del GPS standard con precisione a livello centimetrico. Questo viene utilizzato per sterzare automaticamente il trattore e in alcuni casi sia il trattore che l'attrezzo sono guidati in modo indipendente, offrendo una precisione eccezionale. Con il sistema GPS, il raccolto deve essere perforato utilizzando il GPS in quanto il sistema è "cieco" alla posizione delle colture, piuttosto il sistema GPS segue solo la sua linea predeterminata, quindi le colture devono essere perforate o piantate direttamente sulla linea GPS. In confronto, i sistemi di visione seguono la fila di colture effettiva, quindi ci devono essere abbastanza piante coltivate visibili affinché funzionino. Entrambi i sistemi hanno quindi pro e contro, e le operazioni agricole più grandi potrebbero utilizzare sia sistemi GPS che sistemi di visione artificiale. I sistemi di visione artificiale hanno anche creato un'ulteriore rivoluzione consentendo il diserbo intrafila discriminatorio.

Diserbo intrafila discriminatorio

Una volta che i sistemi di visione artificiale sono stati in grado di identificare le file di colture, la progressione logica è stata quella di identificare le singole piante coltivate e quindi avere una zappa intorno a ciascuna

I **Figure 27.** K.U.L.T Robovator (photo: K.U.L.T.)



pianta. Questi sistemi sono utilizzati principalmente nelle verdure trapiantate, in quanto hanno distanze intrafile più ampie tra le singole piante. Le macchine all'avanguardia, come il "Robovator", possono funzionare a velocità fino a 8 km/h e larghezze di lavoro fino a 12 metri (figura 27).

Combinando zappe interfila guidate da computer e diserbatrici intrafila discriminatorie basate sulla visione artificiale e diserbatrici intrafila non discriminatorie a base meccanica, è possibile ottenere una gestione eccezionale delle erbe infestanti, altrettanto buona, se non migliore, degli erbicidi, su vaste aree coltivate.

Diserbatrici robotizzate

Il concetto di sarchiatrici robotiche esiste da molto tempo . Tuttavia, a differenza delle fabbriche in cui l'ambiente è fatto per adattarsi al robot, i campi agricoli sono ambienti eccezionalmente complessi, imprevedibili e inospitali per i robot. Tuttavia, negli ultimi anni, le diserbatrici robotizzate sono passate da progetti di ricerca molto costosi a robot economicamente e praticamente praticabili in azienda. Tuttavia, esistono diversi tipi di sarchiatrici robotizzate (Merfield, 2023). Il primo tipo, chiamato livello 1, è un follower di riga autonomo. Usano GPS RTK, visione artificiale e altri sistemi per seguire le file di colture, sia nelle colture annuali che perenni, o seguire un percorso pre-pianificato. Pertanto, non identificano le singole piante, ma solo la fila di colture. Tipicamente, questi hanno poi strumenti di diserbo montati su di essi o irroratori, e quelli più piccoli come quello nella figura 28, vengono utilizzati anche per il trasporto, ad esempio, portando i prodotti dai campi al capannone di imballaggio.

Figure 28. Weeding robots



Le sarchiatrici robotizzate di livello 2 possono identificare le singole piante coltivate e le erbacce intorno e tra di loro. Pertanto, questo è un altro modo di classificare i diserbanti intrafila discriminatori come il Robovator K.U.L.T nella Figura 27. Pertanto, alcuni robot di livello 2 sono montati su trattore e alcuni sono autonomi.

Le sarchiatrici robotizzate di livello 3 identificano ogni singola pianta sia il raccolto che le erbe infestanti e quindi uccidono individualmente le piante infestanti. Questo è il più alto livello di sarchiatrica robotizzata creato fino ad oggi ed è stato il livello più impegnativo da raggiungere. Le sarchiatrici commerciali di livello 3 sono state disponibili solo nell'ultimo anno o due.

Le sarchiatrici robotizzate di livello 3 aprono anche il potenziale per una profonda rivoluzione nella gestione delle erbe infestanti. Come discusso nelle sezioni 5.1 e 5.2, molte piante non coltivate non sono vere erbe infestanti, ma piuttosto *aliae plantae* che non hanno bisogno di essere uccise. Tuttavia, la maggior parte delle tecnologie di diserbo esistenti, sia erbicide che meccaniche, non possono distinguere tra vere erbe infestanti e *aliae plantae*, quindi le *aliae plantae* vengono uccise insieme alle erbe infestanti. I diserbanti robotici di livello 4 sarebbero in grado di determinare se una pianta non coltivata è una vera erba o un'*aliae plantae*, in base sia alla loro specie che alle loro popolazioni, quindi uccidere le piante infestanti e lasciare sole le *aliae plantae*.

Le sarchiatrici robotizzate di livello 4 potrebbero quindi intraprendere tutte le operazioni di diserbo sia nelle colture annuali che perenni, per tutta la vita della coltura. Le diserbatrici robotizzate di livello 4 potrebbero in teoria sostituire completamente tutte le attuali tecnologie di diserbo delle colture, sia erbicide che meccaniche, ottenendo al contempo una gestione completamente ecologica delle erbe infestanti. Tuttavia

al momento questo è ancora solo teorico poiché nessuna diserbatrice robotizzata attuale ha ancora raggiunto il livello 4. Le possibilità che questo apre sono tuttavia davvero sorprendenti (Merfield, 2023).

5.5.4. DISERBO TERMICO

Il diserbo termico si riferisce alle tecnologie di gestione delle erbe infestanti che utilizzano il caldo o il freddo per gestire le erbe infestanti. Sono stati provati quasi tutti i mezzi immaginabili di diserbo termico, tra cui microonde, azoto liquido, neve di anidride carbonica, luce solare focalizzata, ecc., Ma gli unici che si sono dimostrati pratici, sicuri ed economici sono la fiamma, il vapore e l'elettrotermico. Un malinteso comune con il diserbo a fiamma è che le piante devono essere bruciate. Il vero scopo è quello di far bollire le piante, cioè l'acqua all'interno delle cellule vegetali si trasforma in vapore causando la completa distruzione dei tessuti vegetali.

Semenzai stantii e fiamme a letto

La forma dominante di diserbo termico è l'uso di sarchiatrici a fiamma per la tecnica del letto di semina stantio (cfr. sezione 5.4.5) per uccidere i piccoli diserbi, immediatamente prima dell'emergenza delle colture. A causa degli elevati costi di capitale e di gestione e dei tassi di lavoro spesso più bassi, questa tecnica è per lo più riservata a colture di valore superiore come le verdure. È particolarmente prezioso per le colture a germinazione lenta che sono poveri concorrenti di erbe infestanti, come carote e cipolle. Le diserbatrici a fiamma per l'implementazione di semenzai stantii consistono tipicamente in uno scudo o cappuccio sotto il quale vengono introdotte le fiamme, che mantiene il calore vicino al terreno per massimizzare il trasferimento di calore e proteggere le fiamme dal vento (Figura 29).

Diserbo selettivo a fiamma

Il prossimo uso più comune del diserbo termico è il diserbo selettivo a fiamma intrafila in colture annuali consolidate come cotone, soia e mais. È qui che le fiamme sono dirette alla base del fusto di piante ben consolidate dove sono radicate nel terreno (Figura 30). Il raccolto sopravvive poiché gli steli sono abbastanza resistenti da poter resistere al calore, ma le erbacce più piccole vengono uccise o defogliate, il che rallenta la loro crescita e consente al raccolto di essere più competitivo.

Figura 30. Sarchiatrice a fiamma intrafilata selettiva che lavora nel mais dolce

I **Figure 30.** Selective, intrarow flame weeder working in sweetcorn



La stessa tecnica è utilizzata anche nelle colture perenni (Figura 31). Il vapore è generalmente utilizzato in preferenza a causa del suo rischio di incendio molto più basso e del trasferimento di calore più rapido, a

causa del calore latente della condensa. Può funzionare meglio in condizioni di vento e bagnato e alcune macchine possono essere utilizzate per diserbare la plastica e persino la carta senza causare danni (Schonbeck, 2012).

Figura 31. Vaporizzazione intrafila per la gestione delle infestanti nelle colture perenni

Figure 31. Intra-row steaming for weed management in perennial crop



Un altro approccio alla gestione delle infestanti intrafila viene utilizzato su specifiche colture a seme diretto nelle prime fasi di crescita. Chiamato fiammatura del letto di emergenza post-coltura, si basa sul fatto che alcune specie di colture sono resistenti al diserbo termico fogliare, come le monocotiledoni ad esempio cipolle e aglio, che hanno i loro punti di crescita protetti sottoterra, e le specie che formano rosette come carote e barbabietole. Queste colture possono sopravvivere alla perdita del loro fogliame, mentre le erbacce sensibili vengono uccise. Se viene fatto nelle prime fasi di crescita, le piante possono compensare la perdita temporanea delle loro foglie in modo che i raccolti non siano influenzati.

Invertendo il concetto di diserbo termico intrafilare, in situazioni in cui la gestione delle infestanti interfila con mezzi meccanici è difficile, ad esempio, il terreno è troppo umido, la fiamma può essere utilizzata sulle erbe infestanti interfila (Figura 32).

Figure 32. Interrow flamer



Diserbo elettrotermico

Il diserbo elettrotermico viene utilizzato anche per la gestione delle infestanti nelle colture. Nel 1980 sono state installate sarchiatrici incontigue con elettrodi elettrotermici per diserbare l'interfila, e i produttori di sarchiatrici stanno nuovamente fornendo questa tecnologia. Il diserbo elettrotermico è anche una tecnologia chiave per uccidere le erbe infestanti con macchine robotizzate di livello 3 e 4 (vedi sopra).

Uso di combustibili fossili

Una delle principali preoccupazioni sull'uso della fiamma e del diserbo a vapore è la grande quantità di combustibili fossili utilizzati, principalmente GPL (gas di petrolio liquefatto) e propano, che nell'era del cambiamento climatico è inaccettabile (Bond et al., 2003). In primo luogo, a causa del suo costo elevato e dei bassi ritmi di lavoro, l'uso della fiamma e del vapore è limitato alle colture di alto valore, come ortaggi e piante perenni, quindi non è molto utilizzato, anzi è una tecnica altamente specializzata, che viene generalmente utilizzata solo quando non sono disponibili altre opzioni. L'utilizzo dei progetti di macchine più efficienti dal punto di vista energetico, ad esempio con buoni schermi/cappucci è fondamentale. E sostituire il GPL con il biogas (metano) proveniente da digestori anaerobici alimentati da residui di colture agricole e letame animale eviterebbe completamente l'uso di combustibili fossili.

Una preoccupazione comune con la fiamma e il diserbo a vapore è che stia danneggiando la biologia del suolo. A causa dell'enorme massa termica del terreno, i diserbatori possono aumentare la temperatura dei primi millimetri di terreno solo di poche decine di gradi Celsius per un minuto o due. La radiazione del sole in una giornata calda riscalda il suolo a una temperatura molto più elevata, a una profondità molto maggiore e per molto più tempo, quindi è molto più dannosa per la biologia del suolo. Altre attività agricole, come la coltivazione/lavorazione del terreno, causano danni molto maggiori alla biologia del suolo rispetto alla fiamma e al diserbo a vapore.

5.5.5. PACCIAMATURA

La copertura o la pacciamatura del suolo con materiali biologici o sintetici è una tecnica specializzata limitata a poche colture orticole e in parchi e giardini. Esistono due tipi principali, particolato e pacciamatura in fogli. I materiali biologici particolati includono trucioli di legno / corteccia, compost, lettiera di foglie e altri materiali ad alto tenore di carbonio. La maggior parte dei pacciami in fogli sono fatti di plastica, principalmente polietilene, ma ci sono un numero crescente di carta e altri prodotti biodegradabili disponibili.

I pacciami a foglio funzionano creando una barriera fisica alle erbacce e sono in genere a prova di luce, quindi uccidono le erbacce impedendo loro la fotosintesi, cioè i pacciami da foglio possono uccidere le erbacce stabilite. I pacciami da foglio alterano anche l'ambiente del suolo e possono inibire la germinazione dei semi delle erbe infestanti.

I pacciami di plastica devono essere smaltiti una volta che hanno finito di essere utilizzati, ma poiché sono contaminati da suolo e materiale vegetale, molti impianti di riciclaggio della plastica non li accetteranno (Ngouajio et al., 2008). Inoltre, a causa della crescente evidenza del danno causato dalle microplastiche, l'uso della plastica per i pacciami da foglio deve essere riconsiderato (Zhu et al., 2019; Qi et al., 2020; Xu et al., 2020).

I pacciami particolati funzionano modificando l'ambiente del suolo, in modo tale che i semi di erbe infestanti non ricevano i segnali ambientali che dicono loro di germinare. Pertanto, devono essere sufficientemente spessi, in genere cinque centimetri al minimo. Inoltre, raramente sono in grado di controllare le erbacce consolidate e le specie striscianti come il trifoglio bianco possono diffondersi rapidamente attraverso di esse a causa dell'assenza di competizione. I problemi chiave con i pacciami biologici particolati sono che si decompongono quindi devono essere continuamente reintegrati e, a causa dei grandi volumi richiesti, possono aumentare i livelli di nutrienti del suolo in eccesso, causando ulteriori problemi come l'inquinamento da nutrienti dei corsi d'acqua (Miles et al., 2013).

5.6. RIDUZIONE DIRETTA DELLA BANCA DEL SEME DELLE INFESTANTI

Esistono anche metodi diretti per ridurre la banca dei semi delle infestanti del suolo, tra cui la solarizzazione del suolo (Cohen & Rubin, 2007), la biofumigazione (De Cauwer et al., 2019) e la disinfestazione anaerobica del suolo (Lopes et al., 2022). Mentre queste tecniche sono principalmente finalizzate alla gestione dei parassiti e degli agenti patogeni del suolo, possono anche ridurre le banche dei semi delle erbe infestanti. Tuttavia, sono spesso costosi in termini di tempo necessario per implementarli, soprattutto perché questo è durante la stagione del raccolto, nonché i costi diretti, come la posa della plastica e l'irrigazione a goccia. Possono essere dannosi per la salute del suolo, in particolare la biologia, a causa della lavorazione intensiva e delle condizioni prolungate del suolo caldo e anaerobico. Sono anche considerati un sintomo del fallimento del sistema agricolo nel suo complesso per gestire parassiti, agenti patogeni ed erbe infestanti. La necessità del loro utilizzo dovrebbe indurre a rivalutare la rotazione delle aziende agricole e la diversità delle colture per determinare dove sono necessari miglioramenti.

5.7. CONTROLLO DELLE SEMENTI DI ERBE INFESTANTI

Il controllo della raccolta delle sementi infestanti (HWSC) è il sistema in cui i semi di piante infestanti sono controllati nell'ambito delle operazioni di raccolta o subito dopo il raccolto. La tecnica è più applicabile nei seminativi ed è stata sperimentata in Australia (Weed Smart, 2022), e ci sono diversi approcci. La maggior parte comporta la separazione della pula dalla paglia all'interno della mietitrebbia, poiché è la frazione di pula che contiene la maggior parte dei semi di piante infestanti. Un approccio utilizza quindi un mulino a gabbia per macinare e uccidere i semi nella pula prima di spargerlo di nuovo sul campo. Un altro approccio sono i "carrelli della pula" in cui la pula e i semi vengono raccolti in un carrello appositamente progettato dietro la mietitrebbia, che viene poi scaricato in grandi pile. Questi vengono poi mangiati dal bestiame più

tardi nella stagione. Il tramlining comporta il posizionamento della pula nelle ruote del trattore. Avere uno spesso strato di pula sopprime la germinazione dei semi di erbe infestanti e quelli che emergono sono spinti dai macchinari, uccidendoli o sopprimendoli. Ulteriori tecniche prevedono il salvataggio e la vendita della pula dalla fattoria o la creazione di filiere corte per la pula e la sua combustione.

L'HWSM si è dimostrato incredibilmente efficace in Australia ed è stato uno strumento vitale per combattere alcune delle peggiori erbe infestanti resistenti agli erbicidi del mondo. Potrebbe rivelarsi uno strumento altrettanto potente in Europa.

5.8. CONTROLLO BIOLOGICO DELLE INFESTANTI

Il controllo biologico comporta l'uso di organismi viventi, come insetti, nematodi, batteri o funghi per ridurre le popolazioni di erbe infestanti. Esistono tre approcci chiave di controllo biologico:

- il biocontrollo di importazione (classico), in cui viene importato un agente di biocontrollo esotico (BCA) per controllare un'erba esotica o un parassita;
- aumentativo, che si suddivide in:
 - » inondativo in cui quantità molto elevate di BCA vengono applicate all'erba o al parassita;
 - » inoculativo, in cui il BCA viene inoculato e introdotto nell'ambiente delle erbe infestanti o dei parassiti e si moltiplica a livelli che controllano l'erba o l'organismo nocivo;
- conservazione, in cui l'ambiente è manipolato a beneficio del BCA naturale delle erbe infestanti o dei parassiti in modo tale che il BCA possa quindi controllare l'erba o l'organismo nocivo.

Il controllo biologico classico a livello globale ha ottenuto alcuni notevoli successi nel risolvere completamente problemi di erbe infestanti apparentemente intrattabili, come l'eliminazione del fico d'India (*Opuntia stricta* spp.) in Australia da parte del bruco della falena *Cactoblastis cactorum*. Tuttavia, con l'Europa che fa parte della massa continentale dell'Eurasia, e anche vicino all'Africa, c'è un grande traffico naturale sia di erbe infestanti che dei loro parassiti, tale che il numero di piante esotiche introdotte senza i loro parassiti è basso, rispetto agli ecosistemi più isolati, come quelli delle Hawaii, dell'Australia e della Nuova Zelanda, dove il classico biocontrollo delle erbe infestanti e dei parassiti è uno strumento molto prezioso (Bond et al., 2003). Anche il biocontrollo classico ha rischi significativi ad esso associati, poiché ci sono molti esempi della storia in cui il BCA introdotto si è trasformato in un parassita esso stesso (Zimdahl, 2018). Tuttavia, il test di specificità dell'ospite è ora una scienza ben sviluppata e poche introduzioni moderne hanno avuto effetti imprevisti. Mentre il numero di parassiti esotici ed erbe infestanti in Europa è più limitato, alcuni, come la poligonacea giapponese (*Fallopia japonica*) sono particolarmente problematici. Questi sarebbero candidati ideali per il biocontrollo classico (come lo era il fico d'India in Australia).

In questo settore sono necessari molti più finanziamenti per la ricerca. Il biocontrollo inondativo comporta tipicamente l'applicazione di un microrganismo al parassita in grandi volumi spesso a spruzzo, sebbene venga utilizzato anche un uso inondativo di insetti. Il controllo inondativo degli insetti nocivi e delle malattie delle piante (biopesticidi) è uno strumento sempre più prezioso, inoltre sta iniziando a sostituire i prodotti agrochimici man mano che i parassiti e le malattie sviluppano resistenza e i cambiamenti sociali e legislativi ne vedono limitato l'uso. Un grande vantaggio per il controllo degli insetti e delle malattie è che la maggior parte dei BCA microbici sono altamente specifici e uccidono solo una singola specie di parassiti o una gamma ristretta di specie, in modo che le specie benefiche siano illese. Tuttavia, per le erbe infestanti, questa specificità è un problema e non un vantaggio, poiché ogni coltura o pascolo sarà infestato da decine o centinaia di specie di erbe infestanti, quindi sarebbe necessario un BCA (bioerbicida) separato per ogni specie di erbe infestanti. Se ci fossero agenti di biocontrollo delle erbe infestanti ad ampio spettro, probabilmente ucciderebbero anche le piante coltivate e le specie selvatiche. Infine, laddove sono stati identificati agenti di biocontrollo inondativi per le erbe infestanti, si sono dimostrati molto difficili da trasformare in un prodotto affidabile ed economicamente valido. Allo stesso modo, per il biocontrollo inoculativo delle erbe infestanti, trovare un BCA infestante adatto a tale approccio è stata una sfida significativa (Lundkvist & Verwijst, 2011).

Inoltre, non vi è stato alcun controllo biologico di conservazione delle erbe infestanti, allo stesso modo degli insetti nocivi, dove, ad esempio, vengono fornite risorse floreali sotto forma di polline e nettare che aumentano la longevità e la fecondità di un BCA esistente in modo tale che sia quindi in grado di ridurre la popolazione di parassiti al di sotto delle soglie economiche. Tuttavia, tecniche colturali come rotazioni, scelta di cultivar competitive, semina, ecc., potrebbero da alcuni punti di vista essere considerate biocontrollo di conservazione; Tuttavia, questo è un po' al di fuori del significato tipico.

5.9. GESTIONE DELLE ERBE INFESTANTI DA PARTE DEL BESTIAME

Il pascolo degli animali è un metodo tradizionale e di grande valore per la gestione biologica delle erbe infestanti. Mentre l'uso di animali per la gestione delle erbe infestanti è ancora ampiamente praticato nei sistemi di allevamento meno intensivi e tradizionali, il suo valore è stato perso dai sistemi di allevamento intensivo e specializzato su larga scala. Tuttavia, con il declino degli erbicidi, l'uso del bestiame in questi sistemi inizierà a riacquistare la sua importanza. Inoltre, i sistemi misti di allevamento di seminativi e bestiame (rispetto alla specializzazione regionale) hanno altri vantaggi oltre al controllo delle erbe infestanti, come la diversificazione dei redditi e delle economie rurali, la fertilizzazione da letame animale, la chiusura dei cicli di somministrazione dei nutrienti, ecc. Qualsiasi bestiame domestico può essere utilizzato, ad esempio bovini, caprini, pecore, cavalli, uccelli, ecc. (Popay & Field, 1996).

L'uso più importante del bestiame per la gestione delle erbe infestanti fa parte di una rotazione mista di pascoli e colture. Come discusso nella Sezione 5.4.1, poche erbacce per seminativi possono sopravvivere al pascolo e, allo stesso modo, le erbe infestanti da pascolo raramente prosperano nei sistemi di coltivazione. Le erbacce coltivate sono spesso molto appetibili, con dicono nomi tipo "gallina grassa" (*album Chenopodium*) e "cerastio" (*Stellaria media*).

I maiali (Figura 33) sono molto bravi a controllare la crescita di erbe infestanti ed erba e a ripulire i frutti caduti nei frutteti, e quindi sono comunemente usati per la gestione della vegetazione nei sistemi di frutteti biologici (Nunn et al., 2007). Le "pecore diserbo" stanno diventando sempre più popolari grazie al loro basso costo rispetto al lavoro manuale e alla loro ubiquità. Il pascolo delle pecore può essere utile nei vigneti e nei frutteti per mangiare erbacce, gestire il pascolo e anche la spiumatura delle foglie al posto delle macchine. Se utilizzate più tardi nella stagione, le pecore devono essere impediti di mangiare l'uva; un modo per farlo è con le reti che vengono utilizzate anche per proteggere l'uva dagli uccelli (figura 34).

Figura 33. I maiali che si nutrono di mele sono diminuiti durante la raccolta

Figura 34. Pecore al pascolo nei vigneti con una rete protettiva

■ **Figure 33.** Pig feeding on apples dropped during harvest

■ **Figure 34.** Sheep grazing in vineyards with a protective net



5.10. ERBICIDI BIOLOGICI CERTIFICATI

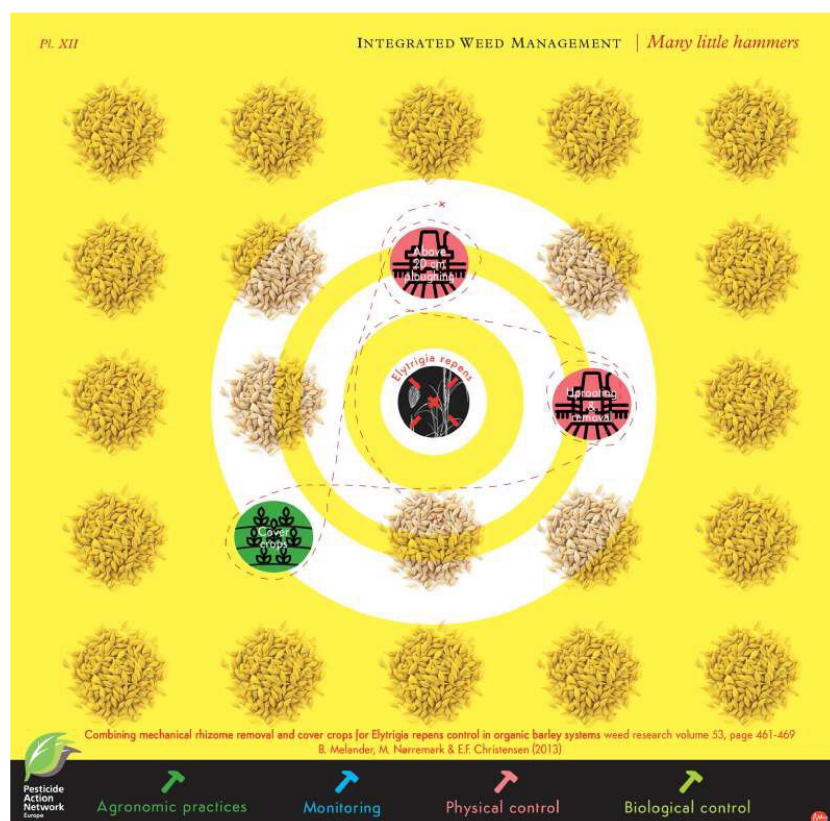
Gli erbicidi biologici certificati sono realizzati con ingredienti estratti direttamente da piante, animali o sintesi microbica, ad esempio l'aceto, anziché essere prodotti sinteticamente. È stata provata una gamma di materiali per erbicidi organici tra cui oli vegetali come pino, cipresso, cedro, manuka, eucalipto, trifoglio rosso, chiodi di garofano, citronella, cannella, menta, rosmarino e salvia. Vengono utilizzate anche farine allelopatiche di mais e semi di senape (cereali macinati / semi), acidi grassi derivati da oli vegetali tra cui oli di pino, cocco e semi di colza, nonché acidi organici concentrati tra cui acido acetico, nonanoato di ammonio (acido pelargonico) e acido citrico. Poiché derivano da fonti biologiche, sono biodegradabili e non lasciano residui. Tuttavia, sono biocidi generali, quindi non uccidono solo le erbe infestanti e potrebbero avere un impatto anche su specie non bersaglio, compresa la biologia del suolo. Pertanto, gli erbicidi organici dovrebbero essere utilizzati come ultima risorsa, non come prima risorsa.

Tuttavia, vi è la necessità di ulteriori ricerche per accelerare lo sviluppo e l'attuazione di erbicidi efficaci conformi al biologico che siano sicuri per l'ambiente e che aiutino il produttore a soddisfare la crescente domanda dei consumatori di prodotti biologici.

5.11. CASO DI STUDIO – L'ERBA PERENNE STRISCIANTE ELYTRIGIA REPENS (GRAMIGNA)

Nei climi dell'Europa settentrionale, la gestione dell'erba perenne strisciante *Elytrigia repens* rappresenta una sfida significativa per gli agricoltori. Hatcher & Melander (2003), hanno presentato un nuovo concetto in base al quale i rizomi striscianti sotterranei di *E. repens* vengono dissotterrati meccanicamente, quindi raccolti e rimossi dal campo consentendo l'immediata creazione di una coltura di orzo con popolazioni molto più basse di *E. repens* (Figura 35). Hanno dichiarato: "Quattro passaggi con un coltivatore rotativo modificato, in cui ogni passaggio è stato seguito dalla rimozione del rizoma, hanno ridotto la crescita dei germogli di *E. repens* nell'orzo dell'84% e del 97%. La resa dell'orzo è stata influenzata solo dai trattamenti nella prima stagione, dove la resa è stata negativamente correlata con la biomassa dei germogli di *E. repens*". Mentre gli autori lodano il concetto di avere il potenziale per gestire gravi infestazioni da *E. repens*, è stato anche riconosciuto che colture soffocanti più efficaci e metodi meno intensivi di rimozione del rizoma sono ancora molto necessari.

Figura 35. Approccio integrato di gestione delle infestanti per l'erba infestante *Elytrigia repens* (gramigna) nell'orzo



Sulla base del parere scientifico di diversi esperti, ulteriori alternative al glifosato sono presentate nell'allegato 1 (a cura di Hans Muilerman).

6. ECONOMIA DELL'INTERRUZIONE DELL'USO DEL GLIFOSATO

L'industria dei pesticidi e molte organizzazioni agricole in tutta l'UE sostengono che un allontanamento dal glifosato e da altri erbicidi sarà catastrofico per il settore agricolo dell'UE perché non ci sono alternative. I capitoli precedenti mostrano che ci sono molte alternative altamente efficaci agli erbicidi, incluso il glifosato. In questa sezione esaminiamo i costi economici della sostituzione di un modello agricolo basato sull'uso di erbicidi al glifosato con mezzi non chimici. Oltre alle prove portate sul tavolo dall'industria dei pesticidi, di cui sono state messe in discussione la qualità e l'imparzialità²⁹, due studi recenti forniscono informazioni sui costi dell'abbandono del glifosato:

- uno studio condotto da Böcker et al., (2017) su "Modelling the effect of a glyphosate ban on weed management in mais production"³⁰ sviluppa un modello bioeconomico che esamina la sostituzione del glifosato utilizzato nelle applicazioni di pre-semina con mezzi meccanici, sostituendo al contempo gli usi post-semina del glifosato con altri erbicidi. Il rapporto conclude: "Troviamo che un divieto del glifosato ha solo piccoli effetti sul reddito. I nostri risultati mostrano che gli erbicidi selettivi non vengono utilizzati a livelli più elevati, ma il glifosato è sostituito da pratiche meccaniche che portano a una maggiore domanda di manodopera. Una leggera riduzione del rendimento dovuta a strategie di semina meno intensive risulta più redditizia rispetto al mantenimento degli attuali livelli di rendimento";
- uno studio di Antichi et al., (2022) conclude con la seguente affermazione: "Questo studio, per la prima volta, dimostra che l'uso a tempo debito della vecchia pelosa arriciata a rullo nel girasole, senza lavorazione può comportare prestazioni agronomiche ed economiche uguali all'aggiunta di glifosato".

Nessuno degli studi descrive alcun impatto catastrofico sull'agricoltura dell'UE, ma evidenziano che comporterà un passaggio a mezzi agronomici e fisici, che possono aumentare il carico di lavoro nei campi. Lo studio del Julius Kühn Institute³¹ è interessante in quanto stima che i costi di produzione aggiuntivi per ettaro per gli agricoltori tedeschi per cessare l'applicazione del glifosato (e di altri erbicidi) sono:

- costi di trattamento meccanico delle infestanti: 45,70 €/ha; e un costo di lavorazione del terreno: 24,11 €/ha,
- stoppie e trattamenti di pre-semina: da 0 a 37 €/ha, mentre
- un'essiccazione del raccolto che sostituisca la pratica dell'essiccazione con un erbicida glifosato (in combinazione con un trattamento sostitutivo di stoppie e/o pre-semina) comporterà in media costi aggiuntivi da circa 50 a 100 €/ha.

²⁹ PAN Europe è a conoscenza del rapporto della European Crop Protection Association "pesticidi: with or without" e del rapporto di Oxford Economics [<https://croplifeeurope.eu/wp-content/uploads/2021/09/Oxford-Economics-Project-Presentationfinal-results.pdf>] ma osserva che i risultati di questi rapporti si basano su due rapporti controversi pubblicati dalle lobby dell'industria un decennio fa: il rapporto Anderson (2015, <https://www.nfuonline.com/archive?treeid=37178>) and the Humboldt report (2013). PAN Europe ha già dimostrato che il rapporto Humboldt è stato fatto su presupposti errati: <http://www.pan-europe.info/sites/paneurope.info/files/public/resources/briefings/pan-europe-opinion-on-humboldt-report-2013.pdf>

³⁰ http://ageconsearch.umn.edu/record/261982/files/Boecker_109.pdf

³¹ https://www.researchgate.net/publication/306006079_Economic_assessment_of_alternatives_for_glyphosate_application_in_arable_farming

Il Dr. Lorenzo Furlan (Veneto Agricoltura, Italia) afferma che la maggior parte degli erbicidi può essere sostituita con metodi non chimici e che sono disponibili vari macchinari per sostituire la maggior parte degli usi di erbicidi³². Questo non è un "pio desiderio": molti decenni di agricoltura biologica che non utilizza erbicidi dimostrano che è del tutto possibile coltivare senza glifosato e altri erbicidi. Secondo Jesper Lund Larsen, responsabile per la salute e l'ambiente presso il sindacato danese dei lavoratori 3F, alcuni buoni metodi e tecniche alternative significano che i costi del lavoro necessari per passare ai due sistemi delineati nei modelli sopra riportati sono relativamente modesti.³³

Nei calcoli economici che i produttori fanno, ci sono i costi delle prescrizioni di legge per i lavoratori che utilizzano pesticidi, come l'accesso alle docce e l'uso di dispositivi di protezione (pulizia, sostituzione, formazione, ecc.), che devono essere inclusi nei costi complessivi.

Tuttavia in tali calcoli dei costi, i costi esterni degli erbicidi, come l'impatto sulla salute dei pesticidi sui lavoratori e sugli astanti, nonché l'inquinamento delle risorse idriche con conseguenti danni all'ambiente, sono spesso esclusi dalle analisi costi-benefici.

E mentre la transizione all'agricoltura su scale più grandi potrebbe richiedere diversi tipi di attrezzature, che potrebbero rappresentare grandi investimenti, la maggior parte delle macchine è facile da scalare, quindi esistono piccole versioni economiche e sono disponibili molte soluzioni più economiche, ad esempio:

- Il crescente interesse per l'agricoltura a basso impatto, in particolare il biologico, ha portato alla disponibilità di una vasta gamma di attrezzature per il diserbo. Ad esempio, molti produttori di frutteti e uva utilizzano piccole diserbatrici sottovite / sotto albero, spesso prodotte localmente.
- Molti agricoltori gestiscono pool di macchinari, che è un buon modo per ripartire i costi, mentre altri utilizzano appaltatori per compiti specifici in cui i macchinari non vengono utilizzati così spesso. La gestione flessibile è la chiave e questi agricoltori non devono sostenere tutti i costi di acquisto di nuovi macchinari.
- È importante sottolineare che i finanziamenti pubblici possono anche colmare alcune lacune nei costi: la politica mira ad accompagnare gli agricoltori nella transizione verso un modello agricolo sostenibile a basso input, e quindi sono stati resi disponibili sussidi pubblici per attrezzature non chimiche per il diserbo che dovrebbero essere assunti dalle amministrazioni nazionali e regionali e ampiamente promossi agli agricoltori, compresi i servizi di consulenza agricola. La PAC (politica agricola comune) dell'UE contiene già disposizioni nel secondo pilastro per accompagnare gli agricoltori nella transizione verso sistemi a basso impiego di input, anche per gli agricoltori che lavorano in gruppo, ma gli Stati membri dell'UE devono prima scegliere tali opzioni, quindi cofinanziarle e quindi integrarle.

Inoltre, il passaggio alla gestione delle infestanti non chimiche richiederà all'agricoltore di riapprendere alcune delle abilità dei loro predecessori dall'era pre-erbicida. Ciò include la gestione della fattoria nel suo intero sistema, utilizzando i "molti piccoli martelli" e approcci piramidali di gestione delle erbe infestanti. Qualsiasi valutazione economica deve anche considerare altri benefici della transizione: poiché il sistema a basso input basato su alternative ai pesticidi chimici costruisce biodiversità funzionale nel tempo, sia nel suolo che nei campi e nei dintorni, porta con sé altri benefici collaterali che aumenteranno la resilienza delle aziende agricole non solo contro altri parassiti ma anche contro le fluttuazioni climatiche, consentendo nel contempo una riduzione della spesa per costosi erbicidi e altri fattori di produzione³⁴. I costi dell'inazione sono immensi, tanto che "superano enormemente i costi relativi alla transizione", come menzionato di recente dalla Commissione europea nel suo documento di lavoro sui driver della sicurezza alimentare. Essa spiega che occorre prendere in considerazione l'adesione a un modello che continua a degradare il suolo (costando all'UE 50 miliardi di euro all'anno), a far collassare i servizi ecosistemici (del valore di centinaia di miliardi di dollari e in cui i servizi ecosistemici rappresentano il 21% del valore totale

³² <https://www.venetoagricoltura.org/wp-content/uploads/2019/06/Conservation-Agriculture-150-ppi.pdf>

³³ A personal communication to PAN Europe in 2017.

³⁴ <http://www.pan-europe.info/sites/pan-europe.info/files/public/resources/briefings/innovation-and-resource-efficiency-1.pdf>

della resa) e che lascia gli agricoltori vulnerabili a variazioni climatiche sempre più estreme e fluttuanti³⁵. Grazie alla natura delle pratiche alternative di gestione delle erbe infestanti e dei parassiti basate o compatibili con l'agroecologia, la loro adozione contribuirà anche a ridurre significativamente la gravità degli impatti climatici sul sistema agricolo, quindi anche i costi delle perturbazioni climatiche, compresa la perdita di rendimento, in modo che vi sia un beneficio economico complessivo a livello di azienda agricola nella transizione.

Un'altra considerazione importante è l'impollinazione, che sta diminuendo in molti sistemi ad alto input con un impatto negativo sulle rese; gli impollinatori contribuiscono con oltre 14 miliardi di euro all'anno al valore di mercato delle colture dell'UE³⁶. L'adozione di pratiche alternative che non abbiano un impatto negativo sugli impollinatori e in particolare consentano loro fonti di cibo ottimizzerebbe l'impollinazione degli insetti delle colture, contribuendo a garantire i raccolti e contribuendo così a compensare i costi della transizione.

Infine, se si considerano i costi effettivi dei pesticidi per la società, che sono stati recentemente stimati in alcune relazioni³⁷, l'adozione di pratiche alternative può essere considerata vantaggiosa per tutti.

6.1. UTILIZZARE LA POLITICA AGRICOLA COMUNE PER RIDURRE L'USO DEI PESTICIDI

Qualsiasi considerazione economica di una transizione dall'uso di erbicidi deve concentrarsi sull'agricoltore e sui suoi costi di produzione; pertanto, anche i pagamenti pubblici che gli agricoltori dell'UE ricevono nell'ambito della politica agricola comune (PAC) devono essere presi in considerazione nella determinazione dei costi e nel loro processo decisionale. Gli agricoltori si assumono spesso un rischio finanziario per modificare o adattare i sistemi di produzione, ed è compito delle politiche pubbliche sostenerli in tale transizione verso pratiche più sostenibili. Questa sezione mostrerà come la PAC può essere utilizzata per fornire sostegno, sotto forma di conoscenze e finanziamenti.

Sistemi di consulenza agricola, nell'ambito di AKIS, il sistema di conoscenza e innovazione agricola

Nell'ambito delle ultime due riforme della politica agricola comune (PAC) nel 2013 e nel 2021, gli Stati membri erano tenuti a garantire che i sistemi di consulenza aziendale (FAS) nell'ambito della PAC potessero fornire consulenza agli agricoltori e ai coltivatori sulla difesa integrata (IPM), come previsto dall'articolo 55 del regolamento (CE) n. 1107/2009 sui prodotti fitosanitari e dall'articolo 14 della direttiva 2009/128/CE sull'uso sostenibile degli antiparassitari.

La homepage del dipartimento Agricoltura e sviluppo rurale (DG AGRI)³⁸ della Commissione europea afferma che un consulente FAS dovrebbe fungere da "consulente a largo spettro, collegando tutti i diversi aspetti dell'agricoltura. Dovrebbe spiegare agli agricoltori non solo i requisiti dell'UE, ma anche i loro obiettivi e le politiche sottostanti". Tuttavia, mentre il potenziale del FAS è enorme nello sviluppo di consulenza indipendente, l'attuale attuazione rimane molto limitata. Nell'ultimo decennio solo pochi stati membri hanno reso visibile il FAS. Tuttavia, anche gli Stati membri che forniscono una qualche forma di servizio di consulenza si concentrano solo su come applicare "meglio" i pesticidi, piuttosto che promuovere alternative all'uso di pesticidi ed erbicidi.

Dalla riforma della PAC del 2013³⁹, l'ambito di applicazione dei sistemi di consulenza agricola finanziati dall'UE ha riguardato le dimensioni economica, ambientale e sociale, e in particolare le modalità di conformità alle

³⁵ European Commission: Drivers of food security. 04.01.2023 SWD(2023) 4 final. pgs 10-11, 31, 38-40, 68

³⁶ <https://ipbes.net/assessment-reports/pollinators>

³⁷ https://www.foodwatch.org/fileadmin/-INT/pesticides/2022-06-30Pesticides_Report_foodwatch.pdf
<https://lebasic.com/en/pesticides-a-model-thats-costing-us-dearly/>

³⁸ https://ec.europa.eu/agriculture/direct-support/cross-compliance/farm-advisory-system_en

³⁹ Regulation (EU) 1305/2013 recital 13 and article 15, also Regulation (EU) 1306/2013 recitals 10-12, articles 12-14, annexes I and II.

Si noti dall'art.12 del Reg.1306/2013 che, nonostante la difesa integrata sia un obbligo per tutti gli agricoltori ai sensi del SUD e del Reg.1107/2009 dal 1° gennaio 2014, la difesa integrata non è stata resa obbligatoria per tutti gli agricoltori nell'ambito della PAC, ossia coperta dalle norme di

buone pratiche agricole e alle norme di condizionalità (che tutti gli agricoltori dovrebbero rispettare per ricevere il pagamento integrale dell'UE). Dal 2013 il FAS finanziato dalla PAC dovrebbe assistere gli agricoltori nell'attuazione della difesa integrata come definito nella direttiva sull'uso sostenibile dei pesticidi (SUD). Dalla riforma della PAC del 2021, i consulenti del FAS finanziati dalla PAC devono essere indipendenti dai produttori⁴⁰.

Partenariati europei per l'innovazione (PEI) e sistema di conoscenza e innovazione agricola (AKIS)

AKIS è un nuovo strumento della nuova PAC post 2023 che mira a raccogliere le conoscenze necessarie per la transizione verso un'agricoltura sostenibile⁴¹. I PEI sono in vigore dal 2013 e continuano nella nuova PAC dal 2023 nel quadro dell'AKIS. L'obiettivo era quello di attingere alla gamma di organizzazioni scientifiche e delle parti interessate nel settore agricolo che dispongono di informazioni sulle alternative all'uso degli erbicidi in agricoltura⁴² ⁴³ Ad esempio, il partenariato europeo per l'innovazione (PEI-AGRI) ha finanziato lavori sulle alternative agli erbicidi come questi:

- Diversi focus group che studiano argomenti rilevanti come "Agricoltura biologica – Ottimizzare le rese dei seminativi"⁴⁴.
- Un progetto austriaco sul "controllo organico dei Romici", che verifica se i Romici possono essere controllati con l'aiuto di falene autoctone invece di utilizzare erbicidi⁴⁵. Sono stati effettuati test sul campo e i risultati vengono ora diffusi attraverso prove pratiche sul campo nelle aziende agricole interessate e in workshop sul campo. Le presentazioni si svolgono nell'ambito di workshop nazionali ed europei⁴⁶ e sono disponibili online⁴⁷.
- Un progetto francese che studia "Zero erbicidi nelle colture perenni mediterranee" (vigneti e frutteti, un nuovo contesto per la gestione delle erbe infestanti)⁴⁸ per un periodo di quattro anni che termina nel 2018.
- Nell'ultimo decennio, PAN Europe ha organizzato, insieme all'Organizzazione internazionale per il controllo del biocontrollo (IOBC), all'Associazione internazionale dei produttori di biocontrollo (IBMA) e a Greenpeace Europe, otto simposi⁴⁹ al Parlamento europeo, invitando ricercatori, agricoltori e aziende a scambiare informazioni sull'esperienza nell'adozione di alternative ai pesticidi.
- Negli ultimi anni, sono state raccolte testimonianze di agricoltori che spiegano la loro adozione di alternative nei vigneti e nelle colture cerealicole⁵⁰.
- PAN Europe ha organizzato visite annuali a un coltivatore francese di colture perenni (uva e mele) che applica la gestione integrata dei parassiti e delle erbe infestanti prima di passare all'agricoltura biologica. Hanno inoltre organizzato una visita a una stazione di ricerca italiana per mostrare l'adozione di alternative ai pesticidi nella coltivazione del mais.

condizionalità della PAC di cui all'allegato II del Reg.1306/2013, CGO 10. Tale anomalia sussiste ancora nella PAC concordata nel 2021 (CGO 7 dell'allegato III del Reg.-SPR PAC 2021/2115); l'unico obbligo per gli Stati membri è di includerlo nel FAS.

⁴⁰ <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1746-692X.12354>

⁴¹ [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2021.435.01.0001.01.ENG;CAP Strategic Plans Regulation \(EC\) 2021/2115, recitals 50 and 85, & articles 3\(9\), 15, 78, 127](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2021.435.01.0001.01.ENG;CAP+Strategic+Plans+Regulation+(EC)+2021/2115,+recitals+50+and+85,+&+articles+3(9),+15,+78,+127)

⁴² IFOAM: <http://farmknowledge.org/index.php/discussion-forum/weed-management>

⁴³ Greenpeace: <https://farmers2farmers.org>

⁴⁴ <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/focus-groups/organic-farming-optimising-arable-yields>

⁴⁵ https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/field_event_attachments/20160420-21_ws-legendario-2016_ogs_represented_final_25042016.pdf

⁴⁶ https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/field_event_attachments/20160420-21_pres02_organic_dock_control_patrick_hann.pdf

⁴⁷ <http://www.melesbio.at/ampferglasfluegler/>

⁴⁸ https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/field_event_attachments/20160420-21_pres06_zero_herbicides_in_mediterranean_perennial_crops_xavier_delpuech.pdf

⁴⁹ <https://www.pan-europe.info/events/annual-symposium>

⁵⁰ <http://www.low-impact-farming.info>

Sebbene il FAS, a livello dell'UE, debba ancora attuare con successo la fornitura di consulenza in tutta l'UE sulla gestione integrata delle specie nocive e delle erbe infestanti, è essenziale che in futuro adempia al suo mandato e fornisca consulenza indipendentemente dagli interessi acquisiti dell'industria chimica e si basi sulle numerose iniziative di valore che si sono sviluppate finora.

Ad esempio, nell'ultimo periodo di programmazione della PAC, il programma francese di sviluppo rurale ha offerto compensazioni finanziarie ai coltivatori di cereali (circa 87 euro/ha), di colture proteiche (circa 85 euro/ha), frutteti (90 euro/ha) e viticoltura (96 euro/ha) per la formazione e l'attuazione della riduzione dell'uso di erbicidi⁵¹.

Riduzione dei pesticidi e IPM nella nuova PAC; Regolamento sui piani strategici della PAC (SPR)

L'approccio della nuova PAC dopo il 2023 prevede che gli stati membri dell'UE elenchino come spenderanno i fondi dell'UE nei loro piani strategici della PAC. Gli indicatori di "risultato" tracciano i budget assegnati, precedentemente concordati tra la Commissione UE e gli Stati membri; Gli indicatori di "impatto" verificheranno molto più tardi, alla fine del periodo di programmazione dopo il 2026, se questi fondi hanno avuto effetto⁵². Pertanto, l'area agricola oggetto di misure che riducono l'uso di pesticidi (efficaci o meno) o che intendono rendere il loro uso "sostenibile" viene monitorata almeno annualmente. Le superfici includerebbero presumibilmente i seguenti finanziamenti:

- I regimi ecologici sono nuovi pagamenti integrativi che si aggiungono ai pagamenti di base della PAC basati sulla superficie, per azioni volontarie che vanno oltre la base delle norme di condizionalità che si applicano a tutti gli agricoltori. (si noti che le norme di condizionalità più pertinenti riguardano la rotazione delle colture (BCAA 7) e le aree di interesse ecologico (BCAA 8) e che le AIE sono legiferate come aree esenti da pesticidi⁵³.) I regimi ecologici possono includere l'IPM⁵⁴ e la Commissione europea aveva già in mente l'IPM, nonché l'agricoltura di precisione che potrebbe essere collegata alla difesa integrata, per i regimi ecologici per un certo periodo⁵⁵. Essi sono interamente finanziati dal primo pilastro, vale a dire solo dal bilancio dell'UE; non è necessario alcun cofinanziamento da parte degli Stati membri. (si noti che la difesa integrata non figura nell'elenco delle norme di condizionalità che si applicano a tutti gli agricoltori⁵⁶, anche se il SUD e il regolamento sui pesticidi n. 1107/2009 hanno reso obbligatoria la difesa integrata dal gennaio 2014.)
- Nel secondo pilastro (sviluppo rurale), gli stati membri possono da tempo utilizzare misure agro-climatico-ambientali⁵⁷ per ripagare gli agricoltori per "i costi sostenuti, il mancato guadagno" a causa della transizione verso un uso ridotto di pesticidi. Queste misure sono cofinanziate tra l'UE e gli Stati membri. È importante non sovrapporre il loro contenuto agli ecosistemi per evitare di pagare due volte per la stessa cosa. Come per gli ecosistemi, molto dipende dalla volontà politica dello stato membro se fornire la misura in primo luogo o meno.
- Nei finanziamenti di mercato organizzati dalle organizzazioni settoriali di produttori (OP), gli agricoltori possono accedere, in primo luogo, ai pagamenti per prodotti ortofrutticoli e, in secondo luogo, ai pagamenti

⁵¹ http://aisne.gouv.fr/content/download/11052/67154/file/DDT02-201407-01-D-T-EU_PHYTO_04.pdf

⁵² Results indicator R.24 and impact indicator I.18 in annex I, CAP strategic plan regulation (EU) 2021/2115 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2021.435.01.0001.01.ENG

⁵³ Cfr. l'allegato III del regolamento (UE) 2021/2115 sui piani strategici della PAC, le buone condizioni agronomiche e ambientali (BCAA) 7 sulla rotazione delle colture nei seminativi e la BCAA 8 sulle aree di interesse ecologico: la grande maggioranza di queste AIE è produttiva (leguminose, colture intercalari), ma i pesticidi non possono essere utilizzati su di esse dal 2017 poiché il loro obiettivo è aumentare la biodiversità. La Commissione ha introdotto una deroga per queste BCAA per il 2022 e il 2023 a causa della guerra in Ucraina.

⁵⁴ article 31(4).f of CAP strategic plan regulation (EU) 2021/2115

⁵⁵ https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2021-01/factsheet-agri-practices-under-ecoscheme_en_0.pdf

⁵⁶ CAP strategic plan regulation (EU) 2021/2115, annex III, statutory management requirements SMR 7 and 8

⁵⁷ article 70 of the CAP strategic plan regulation (EU) 2021/2115

per il vino per l'attuazione della difesa integrata volta a ridurre l'uso di pesticidi⁵⁸. Tuttavia, questi finanziamenti sono essenzialmente volontari e dipendono dal fatto che gli agricoltori siano membri di un'OP in quei settori, la quale a sua volta deve scegliere tale opzione IPM da lunghi elenchi di altre opzioni. Pertanto, la probabilità di erogazione è molto ridotta, anche la spesa è modesta e le misure sono facilmente ignorate dalle OP, mentre i programmi che intraprendono non saranno controllati dagli Stati membri o dalla Commissione (non vi è nessun contenuto circa obblighi di rendicontazione).

È inoltre possibile per gli Stati membri mettere a disposizione degli agricoltori assicurazioni finanziate con fondi pubblici per il rischio di rendimento o di carenze di reddito. Le misure di successo della difesa integrata sono già specificamente collegate all'assicurazione del raccolto⁵⁹, in modo che gli agricoltori siano esposti a minori rischi finanziari e si sentano più sostenuti nel perseguire strategie di riduzione dei pesticidi; Questa misura dovrebbe diventare una consuetudine.

Si noti che la superficie coperta dagli aiuti agli investimenti della PAC per le misure di riduzione dei pesticidi non sarà probabilmente tracciata. Si noti inoltre che, sebbene l'acquisto di animali destinati al pascolo delle erbe infestanti non possa essere finanziato nell'ambito degli aiuti agli investimenti della PAC⁶⁰, in linea di principio gli Stati membri potrebbero concedere agli agricoltori aiuti agli investimenti per macchinari per il diserbo, anche in gruppo. Ma prima essi avrebbero dovuto specificarlo nei loro piani strategici della PAC, il che non è affatto scontato. Inoltre, in linea di principio è possibile per gli agricoltori lavorare insieme in gruppo e accedere ai fondi per le attrezzature condivise⁶¹; questi possono essere collegati all'attuazione del progetto PEI. Questa cooperazione rimane molto rara, su piccola scala e non diffusa; gli agricoltori degli ex Stati membri sovietici hanno ancora una sensibilità culturale a lavorare collettivamente.

Gli esempi di cui sopra dimostrano che esiste un ampio margine di sostegno nell'ambito della PAC per misure volte a coprire i costi aggiuntivi per l'adozione di alternative agli erbicidi, nonché un sostegno agli investimenti per i macchinari necessari. Sebbene gli Stati membri abbiano dovuto stabilire la spesa proposta per la difesa integrata nei loro piani strategici della PAC, e anche se la maggior parte probabilmente non lo ha fatto, è sempre possibile rivedere tali piani strategici⁶², ad esempio in linea con una nuova attenzione alla difesa integrata data dalla riforma della direttiva sull'uso sostenibile dei pesticidi⁶³. Pertanto, resta da rispondere alla domanda sul perché tutti gli Stati membri non abbiano attivato tali misure per aiutare gli agricoltori ad attuare la transizione dalla dipendenza dal glifosato e da altri erbicidi; ma non è affatto troppo tardi per spingere verso un loro maggiore coinvolgimento.

⁵⁸ Articles 49(1) (a) (viii) and 58(1) (a) (iv) of the CAP strategic plan regulation (EU) 2021/2115

⁵⁹ Il "Fondo Risemina Maize" sviluppato nel 2014 da un gruppo di coltivatori di mais veneti, che copre 53.000 ettari, sottoscrive possibili perdite collegando le pratiche IPM con schemi assicurativi, in questo caso fondi comuni finanziati ai sensi dell'articolo 76 del regolamento del piano strategico 2021/2115. In Furlan, Contiero *et al.* (2015), https://www.researchgate.net/publication/272823066_Mutual_funds_are_a_key_tool_for_IPM_implementation_a_case_study_of_soil_insecticides_in_maize_shows_the_way

⁶⁰ CAP SPR (EU) Reg. 2021/2115, Article 73(3)d. Note machinery is not included in the negative list in para (3)

⁶¹ Article 77 of the CAP strategic plan regulation (EU) 2021/2115

⁶² Article 119 of the CAP strategic plan regulation (EU) 2021/2115

⁶³ The old sustainable use of pesticides directive „SUD” is proposed to become a regulation (“SUR”) with a far greater emphasis on IPM <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52022PC0305>

7. RILEVANZA DELLE POLITICHE

7.1. IL GREEN DEAL DELL'UE E LA STRATEGIA "DAL PRODUTTORE AL CONSUMATORE"

L'Unione europea ha annunciato il suo Green Deal nel 2020 per affrontare i cambiamenti climatici e il degrado ambientale in Europa e nel mondo. Nell'ambito del Green Deal adottato dalla Commissione europea nel 2022⁶⁴, sono stati proposti obiettivi per ripristinare gli ecosistemi danneggiati e ripristinare la natura europea, dai terreni agricoli e dai mari, alle foreste e agli ambienti urbani, entro il 2050. Una parte fondamentale della proposta è ridurre del 50% l'uso e il rischio dei pesticidi chimici, in particolare l'uso dei pesticidi più pericolosi, entro il 2030. Le strategie dell'UE in materia di biodiversità e la politica "Dal produttore al consumatore"⁶⁵ avevano precedentemente specificato i due obiettivi di riduzione dei pesticidi nel 2020:

- *Obiettivo 1 – 50% di riduzione dell'uso e del rischio dei pesticidi chimici – Questo obiettivo sarà misurato sulla base delle quantità di sostanze attive contenute nei pesticidi immessi sul mercato (venduti) e quindi utilizzati, in ciascuno Stato membro, e le proprietà di pericolo di tali sostanze attive*

- *Obiettivo 2 – 50% di riduzione dell'uso di pesticidi più pericolosi – Questo sarà misurato utilizzando i dati sulle quantità di sostanze attive più pericolose, i cosiddetti "candidati alla sostituzione"⁶⁶, contenuti nei pesticidi immessi sul mercato (venduti) e quindi utilizzati, in ciascuno Stato membro*

Questi obiettivi del Green Deal hanno agito come principio guida per tutto il mandato dell'attuale Commissione europea: mentre ci avviciniamo alla fine del mandato iniziato nel 2020, gli sforzi sono ora concentrati sulla relativa legislazione. La loro traduzione nel diritto dell'UE, inserendo gli obiettivi nella proposta di revisione della direttiva sull'uso sostenibile dei pesticidi che diventerebbe un regolamento, sta incontrando l'opposizione di gruppi interessati a mantenere lo status quo.

7.2. L'INIZIATIVA DEI CITTADINI EUROPEI "SALVARE LE API E GLI AGRICOLTORI"

Nel 2022 i cittadini europei hanno sostenuto obiettivi ancora più ambiziosi di eliminazione graduale dei pesticidi. L'iniziativa dei cittadini europei "Save Bees and Farmers", sostenuta da oltre 1,2 milioni di cittadini⁶⁷, ha esortato la Commissione ad agire immediatamente per ripristinare la biodiversità e proteggere la salute dei cittadini eliminando rapidamente l'uso di pesticidi sintetici. Le richieste formali dell'iniziativa dei cittadini europei "Salviamo le api e gli agricoltori"⁶⁸ erano:

- Eliminazione graduale dell'uso di pesticidi sintetici: entro il 2030 l'uso di pesticidi sintetici sarà gradualmente ridotto dell'80% nell'agricoltura dell'UE. Entro il 2035 l'agricoltura in tutta l'Unione dovrà funzionare senza pesticidi sintetici.
- Misure per il recupero della biodiversità: gli habitat devono essere ripristinati e le aree agricole devono diventare un vettore di recupero della biodiversità.
- Sostegno agli agricoltori: gli agricoltori devono essere sostenuti nella necessaria transizione verso l'agroecologia. Saranno favorite le aziende agricole piccole, diversificate e sostenibili, sarà ampliata l'agricoltura biologica e sarà sostenuta la ricerca sull'agricoltura senza pesticidi e OGM.

⁶⁴ Green Deal: Halving pesticide use by 2030. <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/news/green-deal-halving-pesticideuse-2030>

⁶⁵ Obiettivi "Dal produttore al consumatore" - Progressi - Per entrambi gli obiettivi di riduzione, la tendenza è confrontata con uno scenario di riferimento triennale, comprendente la media del 2015, 2016 e 2017. https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/sustainable-use-pesticides/farm-fork-targetsprogress_en

⁶⁶ Sostanze candidate alla sostituzione a norma dell'articolo 24 del regolamento (CE) n. 1107/2009 ed elencate nell'allegato, parte E, del regolamento di esecuzione (UE) n. 540/2011, o contenenti una o più sostanze attive elencate nell'allegato del regolamento di esecuzione (UE) 2015/408.

⁶⁷ <https://www.savebeesandfarmers.eu/eng>

⁶⁸ <https://www.pan-europe.info/press-releases/2022/11/1-million-eu-citizens-tell-eu-commission-end-war-against-nature>

7.3. L'INIZIATIVA DEI CITTADINI EUROPEI PER "VIETARE IL GLIFOSATO E PROTEGGERE LE PERSONE E L'AMBIENTE DAI PESTICIDI TOSSICI"

La consapevolezza dei cittadini nei confronti del glifosato è illustrata dalla rapidità con cui l'iniziativa dei cittadini europei (ICE) #StopGlyphosate ha soddisfatto i requisiti per essere ufficialmente considerata un successo: ha raggiunto la soglia del milione di firme in soli sei mesi dal suo lancio. L'ICE per vietare il glifosato, riformare il processo di approvazione dei pesticidi dell'UE e fissare obiettivi obbligatori per ridurre l'uso di pesticidi nell'UE è stata ufficialmente consegnata alla Commissione europea il 3 luglio 2017, con un totale di 1.320.517 firme raccolte da tutta l'UE⁶⁹. Questa petizione è stata presentata alla Commissione europea nell'autunno del 2017.

Le tre richieste dell'ICE erano: il divieto del glifosato, una riforma del processo di approvazione dei pesticidi dell'UE e obiettivi obbligatori dell'UE per ridurre l'uso di pesticidi. Il 12 dicembre 2017, la Commissione europea ha risposto all'ICE⁷⁰, respingendo sostanzialmente le richieste. Invece di azioni concrete e di una proposta per vietare il glifosato, la Commissione ha proposto di aumentare la trasparenza dei dati. Le organizzazioni non governative (ONG) hanno dichiarato⁷¹ che si tratta di *"una risposta fuorviante alla richiesta dell'ICE che le approvazioni dei pesticidi dell'UE siano basate solo su studi pubblicati integralmente. Il diritto dell'UE vigente prevede già la pubblicazione integrale degli studi, come confermato dalla Corte di giustizia europea. L'EFSA invece ha voluto sostenere opinioni contrarie a questa sentenza"*.

Anche la richiesta dell'ICE che l'industria finanzi gli studi ma che questi siano commissionati solo dalle autorità di regolamentazione anziché dall'industria è stata respinta. La Commissione ha inoltre respinto la richiesta dell'ICE di fissare obiettivi a livello dell'UE per la riduzione dei pesticidi.

7.4. NUOVA AUTORIZZAZIONE DEL GLIFOSATO

Dopo un dibattito durato sei mesi, nel novembre 2017 il glifosato è stato nuovamente approvato⁷² con una leggera maggioranza dal comitato permanente del Consiglio per le piante, gli animali, gli alimenti e i mangimi (SCoPAFF), composto dai rappresentanti degli Stati membri dell'UE che votano a maggioranza qualificata. Un'autorizzazione più breve di 5 anni (invece dei 15 anni proposti) è stata concessa fino al 15 dicembre 2022. Gli scienziati e le ONG hanno criticato questa decisione poiché lo IARC ha classificato il glifosato come probabilmente cancerogeno per la salute umana⁷³. Un riesame indipendente condotto da esperti⁷⁴ sulla mutagenicità ha rivelato che la decisione dell'UE del 2017 sulla genotossicità del glifosato si basa su uno studio industriale difettoso e inaffidabile.

Il 10 maggio 2019 la Commissione europea ha nominato quattro Stati membri (Francia, Ungheria, Paesi Bassi e Svezia) come relatori per la nuova valutazione del composto, costituendo il gruppo di valutazione sul glifosato (AGG)⁷⁵. Nel giugno 2021 l'AGG ha presentato all'EFSA e all'ECHA il progetto di relazione di valutazione del rinnovo (dRAR) e di relazione sulla classificazione ed etichettatura armonizzate (CLH). Hanno concluso⁷⁶ che, nonostante vi siano lacune nei dati, la classificazione del glifosato come genotossico, mutageno, cancerogeno o tossico per la riproduzione non è giustificata. Il dRAR ha sottolineato che per quanto riguarda il comportamento del glifosato nell'ambiente "diversi punti devono ancora essere chiariti dal richiedente durante il processo di peer review". Tuttavia, nonostante abbia riconosciuto che c'erano

⁶⁹ <http://ec.europa.eu/citizens-initiative/public/initiatives/successful/details/2017/000002>

⁷⁰ http://europa.eu/rapid/press-release_IP-17-5191_en.htm

⁷¹ <https://www.greenpeace.org/eu-unit/issues/nature-food/759/commission-rejects-demands-of-stopglyphosate-citizensinitiative/>

⁷² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32017R2324>

⁷³ <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono112-10.pdf>

⁷⁴ https://s3.amazonaws.com/s3.sumofus.org/images/briefing_how_eu_glyphosate_genotoxic.pdf

⁷⁵ https://ec.europa.eu/food/plants/pesticides/approval-active-substances/renewal-approval/glyphosate/assessment-group_en

⁷⁶ https://food.ec.europa.eu/system/files/2021-06/pesticides_aas_agg_report_202106.pdf

significative lacune nei dati, il dRAR dell'AGG ha concluso che: "Sulla base della valutazione attuale, l'AGG ritiene che il glifosato soddisfi i criteri di approvazione stabiliti nel regolamento (CE) n. 1107/2009".

Il 10 maggio 2022 l'EFSA e l'ECHA hanno annunciato che, poiché l'AGG ha ritardato la consegna del dRAR aggiornato, al fine di completare il processo di revisione inter pares ci sarà un ritardo di quasi un anno nella presentazione delle conclusioni dell'EFSA, previste quindi per luglio 2023.

Il comitato per la valutazione dei rischi (RAC) dell'ECHA ha effettuato la valutazione sui pericoli del glifosato per concludere la sua classificazione. Il RAC ha presentato la sua proposta⁷⁷ nel maggio 2022 per quanto riguarda la classificazione del glifosato secondo il regolamento CLP. Le ONG hanno criticato⁷⁸ il parere del RAC come negazione della scienza e mancanza di rispetto delle leggi dell'UE, quando il RAC dell'ECHA ha deciso di non classificare il glifosato né come cancerogeno né come genotossico, nonostante prove scientifiche ancora più forti della classificazione IARC nel 2015. Il RAC ha proposto di mantenere la classificazione esistente che indica che il glifosato è tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata (Aquatic Chronic 2; H411). Tuttavia, studi indipendenti (Fiorino et al., 2018; Zhang et al., 2021) giustificerebbe una classificazione più severa della tossicità cronica per la vita acquatica (Categoria 1 Aquatic Chronic).

Il 14 ottobre 2022, la proposta della Commissione di prorogare di un anno l'attuale approvazione non è riuscita a ottenere la maggioranza qualificata⁷⁹ nel SCoPAFF. Croazia, Lussemburgo e Malta hanno votato contro la proposta, mentre Francia, Germania e Slovenia si sono astenute. La Commissione europea ha presentato ricorso e il 15 novembre 2022 si è svolta una nuova votazione dei rappresentanti degli Stati membri nel comitato di appello. Poiché non è stata raggiunta una seconda maggioranza qualificata⁸⁰, la Commissione si è avvalsa dei suoi poteri conformemente alle disposizioni del trattato sul funzionamento dell'UE per procedere alla proroga dell'autorizzazione del glifosato nel dicembre 2022.

L'EFSA dovrebbe finalizzare le sue conclusioni entro luglio 2023. Le conclusioni devono riguardare non solo la sostanza attiva, ma uno o più impieghi rappresentativi di almeno un prodotto fitosanitario contenente tale sostanza attiva. Sulla base delle conclusioni dell'EFSA e del RAR dell'AGG, la Commissione europea presenterà agli Stati membri una relazione sul rinnovo e un progetto di regolamento per stabilire se l'approvazione del glifosato possa essere rinnovata o meno. La relazione sul rinnovo sarà discussa in seno al comitato SCoPAFF e poi gli Stati membri voteranno sulla proposta della Commissione – una decisione finale è prevista per la fine del 2023.

7.5. GLI STATI MEMBRI DELL'UE LIMITANO L'USO DEL GLIFOSATO E DI ALTRI ERBICIDI

Sebbene la legislazione dell'UE consenta l'autorizzazione della sostanza attiva di ciascun pesticida a livello dell'UE (ad esempio il glifosato) e l'approvazione dei prodotti finali dei pesticidi (ad esempio Round-up e altri) da parte degli Stati membri dell'UE, i seguenti casi illustrano ciò che alcuni Stati membri dell'UE stanno portando avanti sulla base delle pressioni dei loro cittadini.

Austria:

⁷⁷ <https://echa.europa.eu/documents/10162/882a2dc7-9e6f-b0ac-491a-ed3526b4018a>

⁷⁸ <https://www.pan-europe.info/press-releases/2022/05/glyphosate-echa-classification-denial-science-and-disrespect-eu-law>

⁷⁹ <https://www.euractiv.com/section/agriculture-food/news/temporary-extension-of-eu-glyphosate-approval-hits-roadblock/>

⁸⁰ <https://www.euractiv.com/section/agriculture-food/news/commission-to-temporarily-re-approve-glyphosate-without-member-states-go-ahead/>

nel luglio 2019, il parlamento austriaco ha votato per vietare tutti gli usi del glifosato in Austria⁸¹. Tuttavia, la Commissione europea ha impedito all'Austria di attuare il divieto previsto⁸². Più tardi, nel 2021, il Parlamento austriaco ha adottato un divieto parziale del glifosato nelle aree cosiddette "sensibili" e per uso privato⁸³.

Lussemburgo:

primo paese dell'UE a decidere in merito al divieto dell'uso del glifosato. Una decisione governativa ha dichiarato che il Lussemburgo interrompe l'uso della sostanza glifosato dal 1° gennaio 2021⁸⁴. Bayer, il principale produttore della sostanza, ha citato in giudizio il Lussemburgo, sostenendo che il divieto violava il diritto dell'UE. Un tribunale amministrativo ha stabilito che la decisione del governo di vietare i pesticidi al glifosato è illegale⁸⁵.

Germania:

nel febbraio 2021, il Gabinetto federale tedesco ha approvato l'emendamento al Plant Protection Application Ordinance (PflSchAnwV) al fine di imporre restrizioni immediate e significative all'uso di prodotti fitosanitari contenenti glifosato e una completa "eliminazione graduale del glifosato" entro la fine del 2023⁸⁶.

Francia:

dopo la decisione del 2017 di riapprovare la sostanza attiva, la Francia è stata tra i vari Stati membri che prevedono di eliminare gradualmente l'uso di erbicidi a base di glifosato in agricoltura una volta individuate le alternative⁸⁷. Il governo francese ha insistito per dare seguito alla sua decisione di porre fine ai principali usi del glifosato entro tre anni: l'INRA (Istituto nazionale francese per l'agricoltura), l'istituto statale francese per la ricerca agronomica, ha pubblicato una relazione nel dicembre 2017 sulle alternative al glifosato e la sua graduale eliminazione, che ha dimostrato che molte alternative sono già disponibili⁸⁸.

Il governo francese ha annunciato nel luglio 2018 che istituiva un nuovo centro di risorse per le alternative ai pesticidi entro la fine del 2018, unendo i risultati della ricerca del programma francese "Ecophyto"⁸⁹, i suoi servizi di divulgazione, le reti esistenti di camere regionali dell'agricoltura e istituti di produzione vegetale e animale finanziati dallo stato.

Una legge francese del 2022 ha vietato⁹⁰ l'uso di pesticidi in siti sensibili in cui l'uso di pesticidi può danneggiare inutilmente individui o il pubblico in generale, comprese proprietà residenziali private, hotel e campeggi, cimiteri, impianti sportivi. Il divieto si applica in tutto il paese ed estende la portata di un precedente decreto che limitava l'uso di pesticidi sugli spazi verdi nelle aree pubbliche.

Danimarca:

⁸¹ <https://orf.at/stories/3128905/>

⁸² <https://geneticliteracyproject.org/2020/08/20/eu-blocks-austrias-planned-glyphosate-ban-rejecting-claim-that-weedkillerharms-human-health/>

⁸³ <https://www.fas.usda.gov/data/austria-austrian-parliament-adopts-partial-ban-glyphosate>

⁸⁴ https://gouvernement.lu/en/actualites/toutes_actualites/communiqués/2020/01-janvier/16-interdiction-glyphosate.html

⁸⁵ <https://today.rtl.lu/news/luxembourg/a/1947265.html>

⁸⁶ <https://www.bmv.de/themen/wasser-ressourcen-abfall/boden-und-altlasten/bodenschutz-und-altlasten-worum-geht-es/faq-plan-zum-glyphosat-ausstieg>.

<https://www.reuters.com/article/us-germany-farming-lawmaking-idUSKBN2AA1GF>

<https://www.euractiv.com/section/agriculture-food/news/temporary-extension-of-eu-glyphosate-approval-hits-roadblock/>

⁸⁷ <https://www.cultivateoregon.org/the-macron-government-of-france-is-offering-its-farmers-a-way-out-of-glyphosate-dependency-within-the-next-3-years>

⁸⁸ <https://hal.inrae.fr/hal-02790103>

⁸⁹ <https://agriculture.gouv.fr/encouraging-results-ecophyto-plan-reduction-pesticide-use>

⁹⁰ <https://beyondpesticides.org/dailynewsblog/2022/07/france-enacts-sweeping-restrictions-on-pesticide-use-in-public-andprivate-landscaped-areas/>

il governo danese ha annunciato regole che entreranno in vigore il 1 ° luglio 2018 che vietano l'uso del glifosato su tutte le colture post-emergenza, per evitare residui negli alimenti in colture come piselli, orzo e altri cereali. L'idea originale era di vietarne l'uso 30 giorni prima del raccolto, ma questo è stato esteso, il che significa che gli erbicidi a base di glifosato saranno utilizzati solo prima dell'emergenza delle colture.

8. CONCLUSIONI

La presente relazione dimostra che, combinando e integrando l'ampia gamma di metodi non chimici di gestione delle erbe infestanti (ad esempio, preventivi, culturali e meccanici) con la conoscenza delle caratteristiche biologiche ed ecologiche delle erbe infestanti e delle colture, gli agricoltori e i coltivatori di oggi possono gestire con successo le erbe infestanti senza erbicidi. Tutto questo mantenendo buone rese, prevenendo lo sviluppo di resistenza agli erbicidi, proteggendo la biodiversità del suolo, riducendo l'erosione e riducendo le emissioni di gas serra. La gestione delle erbe infestanti non chimiche ha le sue sfide, ma gli agricoltori e i coltivatori biologici hanno chiaramente dimostrato che possono essere superate. Rispetto agli erbicidi di cui non sono state scoperte nuove modalità di azione dal 1980, gli strumenti e le tecniche di gestione delle infestanti non chimici continuano ad espandersi, offrendo ai produttori sempre più opzioni. È necessario continuare a costruire sui successi del passato, in particolare per integrare i molti strumenti (l'approccio dei "molti piccoli martelli" di IWM) in sistemi agricoli che possono essere ampliati e moltiplicati ampiamente, e anche sviluppare più macchinari e conoscenze, specialmente per affrontare le erbacce problematiche. Inoltre, i risultati della ricerca scientifica devono essere efficacemente diffusi agli agricoltori attraverso partenariati efficienti ed efficaci, servizi di consulenza aziendale e apprendimento tra pari.

In molti modi, agricoltori e coltivatori hanno guidato il cambiamento e si sono spostati verso sistemi di gestione delle erbe infestanti più sostenibili e non chimici, nonostante la mancanza di supporto, o addirittura di fronte alla derisione di alcuni governi e scienziati, con l'agricoltura biologica che ne è l'esempio più chiaro. È pertanto necessario che i responsabili decisionali e i leader a livello sia dell'UE che degli Stati membri forniscano il sostegno finanziario di cui gli agricoltori e i coltivatori hanno bisogno per passare a sistemi agricoli sostenibili, compreso il passaggio alla gestione non chimica delle erbe infestanti e l'arresto dell'uso di erbicidi e pesticidi. Al fine di catalizzare un cambiamento nel collasso della biodiversità verso sistemi agricoli più sostenibili, il ruolo dei fondi pubblici è essenziale: i fondi della PAC in particolare dovrebbero essere destinati a sostenere gli agricoltori in questa transizione, sia in termini di sostegno alle conoscenze che anche coprendo i loro rischi finanziari quando intraprendono misure di riduzione dei pesticidi. È necessario un approccio multilivello, in cui agricoltori, distributori, responsabili politici, cittadini e consumatori siano tutti informati sull'impatto negativo dell'uso di erbicidi e delle alternative disponibili e adottando una visione a lungo termine per lavorare insieme per eliminare gradualmente l'uso di queste sostanze chimiche nocive in agricoltura.

Non partiamo da zero: ci sono già conoscenze e strumenti per sostituire gli erbicidi. Alcuni agricoltori li applicano già, mentre la PAC prevede già il sostegno per i regimi ecologici, le misure agroambientali, le sovvenzioni e le assicurazioni per coprire i costi aggiuntivi degli approcci alternativi e il sostegno agli investimenti per gli strumenti meccanici necessari. Mentre la ricerca è ancora necessaria per sviluppare approcci combinati (IWM) nello sviluppo di meccanismi più specifici per il controllo delle erbe infestanti e nella raccolta di storie di successo, queste lentamente stanno già accadendo nell'ambito dell'agenda di ricerca e innovazione dell'UE.

Tuttavia, per ottenere una reale transizione verso un sistema a basso impatto, è fondamentale che tutti iniziamo a riconsiderare i concetti di erbe infestanti, con sfumature tra livelli di infestazione economicamente dannosi e *aliae plantae*, innocue per le colture ma essenziali per la biodiversità. Un'efficace gestione non chimica delle infestanti è impossibile se non si conoscono le erbe infestanti / piante e come esse interagiscono con il loro ambiente.

In conclusione, la transizione verso sistemi a minor impatto e meno dipendenza dagli erbicidi a base di glifosato, è possibile: non solo sostituendo il glifosato con mezzi meccanici o con altri erbicidi meno dannosi, ma anche riscoprendo cicli e tecniche di agricoltura biologica e lavorando con la natura. La chiave è seguire i principi guida dell'approccio "molti piccoli martelli" (illustrato nella Figura 12, Capitolo 5) e quindi in questo modo applicare tutti gli aspetti dell'IWM come menzionato nel Capitolo 5. Tutti questi elementi, considerati nel loro insieme, aumenteranno nel tempo la resilienza degli agricoltori, consentendo nel contempo una diminuzione della dipendenza e delle spese per i fattori di produzione⁹¹.

Tuttavia, se vogliamo che la promessa del Green Deal di ridurre del 50 per cento l'uso dei pesticidi diventi realtà, al fine di evitare i peggiori effetti sulla biodiversità e sul collasso degli ecosistemi, la nuova PAC deve essere utilizzata in modo intelligente. I finanziamenti e gli sforzi devono essere riorientati in linea con la proposta di regolamento sull'uso sostenibile dei pesticidi (SUR), per consentire una maggiore diffusione della difesa integrata (IPM) e incoraggiare l'uso di alternative non chimiche.

⁹¹ <http://www.pan-europe.info/sites/pan-europe.info/files/public/resources/briefings/innovation-and-resource-efficiency-1.pdf>

RIFERIMENTI

- Acquavella, J.F., Alexander, B.H., Mandel J.S., Gustin, C., Baker, B., Chapman, P., and Bleeke M. (2004) Glyphosate biomonitoring for farmers and their families: results from the farm family exposure study, *Environ. Health Pers.* 112:321–326.
- Adeux, G., Vieren, E., Carlesi, S., Bàrberi, P., Munier-Jolain, N., and Cordeau, S. (2019) Mitigating crop yield losses through weed diversity. *Nat. Sustain.* 2(11):1018–1026.
- Andrew, I.K.S., Storkey, J., and Sparkes, D.L. (2015) A review of the potential for competitive cereal cultivars as a tool in integrated weed management, *Weed Res.* 55(3):239–248.
- Antichi, D., Carlesi, S., Mazzoncini, M., and Bàrberi, P. (2022) Targeted timing of hairy vetch cover crop termination with roller crimper can eliminate glyphosate requirements in no-till sunflower, *Agron. Sustain. Dev.* 42:87.
- Antier, C., Andersson, R., Auskalnienė, O., Barić, K., Baret, P., Besenhofer, G., Calha, I., Carrola Dos Santos, S., De Cauwer, B., Chachalis, D., Dorner, Z., Follak, S., Forristal, D., Gaskov, S., Gonzalez Andujar, J. L., Hull, R., Jalli, H., Kierzek, R., Kiss J., Kudsk, P., Leonhardt, C., Leskovšek, R., Mennan, H., Messéan, A., Nečajeva, J., Mullins, E., Neve, P., Pedraza, V., Pintar, A., Reboud, X., Redl, M., Riemens, M., Ringselle, B., Ruuttunen, P., Sattin, M., Simić, M., Soukup, J., Stefanic, E., Steinkellner, S., Storkey, J., Ulber, L., Weickmans, B., and Wirth, J. (2020a) A survey on the uses of glyphosate in European countries. INRAE, <https://doi.org/10.15454/A30K-D531>.
- Antier, C., Kudsk, P., Reboud, X., Ulber, L., Baret, P.V., and Messéan, A. (2020b) Glyphosate use in the European agricultural sector and a framework for its further monitoring, *Sustainability* 12:5682.
- Aristilde, L., Reed, M.L., Wilkes, R.A., Youngster, Y., Kukurugya, M.A., and Katz, V. (2017) Glyphosate-induced specific and widespread perturbations in the metabolome of soil *Pseudomonas* species, *Front. Environ. Sci.* 5:34.
- Bach, N., Natale, G.S., Somoza, G., and Ronco, A.E. (2016) Effect on the growth and development and induction of abnormalities by a glyphosate commercial formulation and its active ingredient during two developmental stages of the South-American Creole frog, *Leptodactylus latrans*, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23:23959–23971.
- Baylis, A.D. (2000) Why glyphosate is a global herbicide: strengths, weaknesses and prospects, *Pest Manag. Sci.* 56:299–308.
- Beck, M.R. and Gregorini, P. (2020) How dietary diversity enhances hedonic and eudaimonic well-being in grazing ruminants, *Front. Vet. Sci.* 7:191.
- Benbrook, C.M. (2016) Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally, *Environ. Sci. Eur.* 28:3.
- Blaix, C., Moonen, A.C., Dostatny, D.F., Izquierdo, J., Corff, J.L., Morrison, J., Redwitz, C. V., Schumacher, M., Westerman, P.R., and Rew, L. (2018) Quantification of regulating ecosystem services provided by weeds in annual cropping systems using a systematic map approach, *Weed Res.* 58(3):151–164.
- Bloomer, D.J., Harrington, K.C., Ghanizadeh, H., and James, T.K. (2022) Micro electric shocks control broadleaved and grass weeds. *Agronomy* 12(9):2039.
- Böcker, T., Britz, W., and Finger, R. (2017) Modelling the effects of a glyphosate ban on weed management in maize production, http://ageconsearch.umn.edu/record/261982/files/Boecker_109.pdf.
- Bond, W., Turner, R.J., and Grundy, A.C. (2003) A review of non-chemical weed management. Coventry: Henry Doubleday Research Association and Horticulture Research International, https://www.agricology.co.uk/sites/default/files/updated_review.pdf.
- Bonny, S. (2011) Herbicide-tolerant transgenic soybean over 15 years of cultivation: pesticide use, weed resistance, and some economic issues. Case of the USA, *Sustainability* 3:1302–1322.
- Boocock, M.R. and Coggins, J.R. (1983) Kinetics of 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase inhibition by glyphosate, *FEBS Lett.* 154:127–133.

- Bou-Mitri, C., Mekanna, A.N., Dagher, S., Moukarzel, S., and Farhat, A. (2022) Occurrence and exposure to glyphosate present in bread and flour products in Lebanon, *Food Control*, 136:108894.
- Camiccia, M., Candiotta, L.Z.P., Gaboardi, S.C., Panis, C., and Kottiwitz, L.B.M. (2022) Determination of glyphosate in breast milk of lactating women in a rural area from Paraná state, Brazil. *Braz. J. Med. Biol. Res.* 55:e12194.
- Chen, G. and Hooks, C.R.R. (2014) The stale seedbed technique: A relatively underused alternative weed management tactic for vegetable production. Updated: 1st September 2021, <https://extension.umd.edu/resource/stale-seedbed-technique-relatively-underused-alternative-weed-management-tactic-vegetable-production>.
- Cohen, O. and Rubin, B. (2007). Soil solarization and weed management. In: Upadhyaya, M.K. and Blackshaw, R.E. (Eds.): *Non-chemical weed management: Principles, concepts and technology*, CABI, Wallingford, UK, 177–200.
- Cotrufo, M.F., Lavelle, J.M., and Sparks, D.L. (2022) Soil organic matter formation, persistence, and functioning: a synthesis of current understanding to inform its conservation and regeneration, *Adv. Agron.* 172:1–66.
- Coupe, R.H., Kalkhoff, S.J., Capel, P.D., and Gregoire, C. (2012) Fate and transport of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface waters of agricultural basins, *Pest Manag. Sci.* 68:16–30.
- Courtney, A.D. (1972) Romici in grassland, their influence on herbage productivity, *Proceedings of the Proceedings of the 11th British Weed Control Conference*, CAB International, London, UK, 315–322.
- Courtney, A.D. (1985) Impact and control of Romici in grassland, *Proceedings of the Occasional Symposium of the British Grassland Society*, British Crop Protection Council, Croydon, UK, 120–127.
- da Costa, N.B., Fugère, V., Hébert, M.-P., Xu, C.C.Y., Barrett, R.D.H., Beisner, B.E., Bell, G., Yargeau, V., Fussmann, G.F., Gonzalez, A., and Shapiro, B.J. (2021) Resistance, resilience, and functional redundancy of freshwater bacterioplankton communities facing a gradient of agricultural stressors in a mesocosm experiment, *Mol. Ecol.* 30:4771–4788.
- De Cauwer, B., Vanbesien, J., De Ryck, S., and Reheul, D. (2019). Impact of *Brassica juncea* biofumigation on viability of propagules of pernicious weed species. *Weed Res.* 59(3):209–221.
- Dierauer, H., Measures, M., Sinclair, C., and Sumption, P. (2018) Romice Control: Combining the best methods for successful control. *Technical guide 1718*, Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, Switzerland, <https://www.organicresearchcentre.com/resources/resource-library/Romice-control-combining-the-best-methods-for-successful-control/>.
- Dill, G.M., Sammons, R.D., Feng, P.C.C., Kohn, F., Kretzmer, K., Mehrsheikh, A., Bleeke, M., Honegger, J.L., Farmer, D., Wright, D., and Haupfear, E.A. (2010) Glyphosate: discovery, development, applications, and properties. In: Nandula, V.K. (Ed.): *Glyphosate resistance in crops and weeds: history, development, and management*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, USA, 1–33.
- Diprose, M.F. and Benson, F.A. (1984) Electrical methods of killing plants, *J. Agric. Eng. Res.* 30:197–209.
- Druart, C., Millet, M., Scheifler, R., Delhomme, O., and de Vaufleury, A. (2011) Glyphosate and glufosinate-based herbicides: fate in soil, transfer to, and effects on land snails, *J. Soils Sediments* 11:1373–1384.
- Druille, M., Cabello, M., Omacini, M., and Golluscio, R. (2013). Glyphosate reduces spore viability and root colonization of arbuscular mycorrhizal fungi. *Applied Soil Ecology.* 64: 99-103. 10.1016/j.apsoil.2012.10.007.
- Duke, S.O. (2018) Interaction of chemical pesticides and their formulation ingredients with microbes associated with plants and plant pests, *J. Agric. Food Chem.* 66:7553–7561.
- Duke, S.O. and Powles, S.B. (2008) Glyphosate: a once-in-a-century herbicide, *Pest Manag. Sci.* 64:319–325.
- Edwards, W.M., Triplett, G.B., and Kramer, R.M. (1980) A watershed study of glyphosate transport

in runoff, *J. Environ. Qual.* 9:661–665.

EFSA (2015) Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glyphosate, *EFSA J.* 13(11):4302.

European Commission (2016) Commission Implementing Regulation (EU) 2016/1313 of 1 August 2016 amending Implementation Regulation (EU) No 540/2011 as regards the conditions of approval of the active substance glyphosate, *OJEU* 208:1–3.

Fiorino, E., Sehonova, P., Plhalova, L., Blahova, J., Syobodova, Z., and Faggio, C. (2018) Effects of glyphosate on early life stages: comparison between *Cyprinus carpio* and *Danio rerio*, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 25:8542–8549.

Fishel, F.M. (2020) What are inert ingredients?, Pesticide Information Office, Gainesville, USA, <https://edis.ifas.ufl.edu/pi081>.

Foy, C.L. (1987) Adjuvants: Terminology, classification, and mode of action, In: Chow, P.N.P, Grant, C.A., Hinshalwood, A.M., and Simundson, E. (Eds.): *Adjuvants and agrochemicals*, CRC Press, Boca Raton, USA, 1–15.

Fuchs, B., Saikkonen, K., and Helander, M. (2021) Glyphosate-modulated biosynthesis driving plant defense and species interactions, *Trends Plant Sci.* 26:312–323.

Fuchs, B., Laihonon, M., Muola, A., Saikkonen, K., Dobrev, P.I., Vankova, R., and Helander, M. (2022) A glyphosate-based herbicide in soil differentially affects hormonal homeostasis and performance of nontarget crop plants. *Front. Plant Sci.* 12:787958.

Gallandt, E.R. (2006). How can we target the weed seedbank? *Weed Sci.* 54(3):588–596.

Gallandt, E.R., Halloran, J., Kersbergen, R., Mallory, E., and Sideman, E. (2010) Managing weed seed rain: A new paradigm for organic and low-input farmers. Sustainable Agriculture Research & Education (SARE), Washington, Maryland, USA, <https://projects.sare.org/project-reports/lne06-237/>.

Gandhi, K., Khan, S., Patrikar, M., Markad, A., Kumar, N., Choudhari, A., Sagar, P., and Indurkar, S. (2021) Exposure risk and environmental impacts of glyphosate: highlights on the toxicity of herbicide co-formulants, *Environ. Chall.* 4:100149.

Gerowitt, B., Bertke, E., Hespelt, S.K., and Tute, C. (2003) Towards multifunctional agriculture - weeds as ecological goods?, *Weed Res.* 43(4):227–235.

Graffigna, S., Marrero, H.J., and Torretta, J.P. (2021) Glyphosate commercial formulation negatively affects the reproductive success of solitary wild bees in a Pampean agroecosystem, *Apidologie* 52:272–281.

Grandcoin, A., Piel, S., and Baurés, E. (2017) AminoMethylPhosphonic acid (AMPA) in natural waters: its sources, behavior and environmental fate, *Water Res.* 117:187–197.

Grau, D., Grau, N., Gascuel, Q., Paroissin, C., Stratonovitch, C., Lairon, D., Devault, D.A., and Di Cristofaro J. (2022) Quantifiable urine glyphosate levels detected in 99% of the French population, with higher values in men, in younger people, and in farmers, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 29:32882–32893.

Hatcher, P. E. and Melander, B. (2003) Combining physical cultural and biological methods prospects for integrated non-chemical weed management strategies, *Weed Res.* 43(5):303–322.

Heap, I. (2022) The International Herbicide-Resistant Weed Database. Retrieved: 12th January 2023, www.weedscience.org.

Hébert, M.-P., Fugère, V., and Gonzalez, A. (2019) The overlooked impact of rising glyphosate use on phosphorus loading in agricultural watersheds, *Front. Ecol. Environ.* 17:48–56.

Helander, M., Saloniemä, I., Omacini, M., Druille, M., Salminen, J.-P., Saikkonen, K., (2018) Glyphosate decreases mycorrhizal colonization and affects plant-soil feedback. *Science of The Total Environment* 642:285-291.

Hirst, K.K. (2017) Mixed cropping. Updated: 16th November 2019, <https://www.thoughtco.com/mixed-cropping-history-171201>.

Holländer, H. and Amrhein, N. (1980) The site of the inhibition of the shikimate pathway by glyphosate: I. Inhibition by glyphosate of phenylpropanoid synthesis in buckwheat (*Fagopyrum*

esculentum, Moench), *Plant Physiol.* 66(5):823–829.

Hu, J., Lesseur, C., Miao, Y., Manservigi, F., Panzacchi, S., Mandrioli, D., Belpoggi, F., Chen, J., and Petrick, L. (2021) Low-dose exposure of glyphosate-based herbicides disrupt the urine metabolome and its interaction with gut microbiota, *Sci. Rep.* 11:3265.

Humphreys, J. (1995) Investigations into aspects of the dynamics of *Rumex obtusifolius* L. (broad-leaved Rumex) populations in grassland. *PhD*, University College Dublin, National University of Ireland, Dublin.

Humphreys, J., Jansen, T., Culleton, N., Macnaeide, F.S., and Storey, T. (1999) Soil potassium supply and *Rumex obtusifolius* and *Rumex crispus* abundance in silage and grazed grassland swards, *Weed Res.* 39:1–13.

Iumamoto, M.M., Sabatini, S.E., Cacciatore, L.C., Cochón, A.C., Cataldo, D., del Carmen Ríos de Romicina, M., and Juárez, Á.B. (2018) Biochemical responses of the golden mussel *Limnoperna fortunei* under dietary glyphosate exposure, *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 163:69–75.

Iumamoto, M.M., Fassiano, A., Graziano, M., dos Santos Afonso, M., del Carmen Ríos de Romicina, M., and Juárez, Á.B. (2019) Effect of glyphosate on the growth, morphology, ultrastructure and metabolism of *Scenedesmus vacuolatus*, *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 172:471–479.

James, T.K. and Merfield, C.N. (2021) Weed and soil management: a balancing act. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier, Burlington, USA, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822974-3.00007-0>.

Jordan, N. and Vatovec, C. (2004) Agroecological benefits from weeds. In: Inderjit (Ed.): *Weed biology and management*, Springer, Dordrecht, Netherlands, 137–158.

Ke, M., Ye, Y., Li, Y., Zhou, Z., Xu, N., Feng, L., Zhang, J., Lu, T., Cai, Z., and Qian, H. (2021) Leaf metabolic influence of glyphosate and nanotubes on the *Arabidopsis thaliana* phyllosphere, *J. Environ. Sci.* 106:66–75.

Kremer, R.J. and Means, N.E. (2009) Glyphosate and glyphosate-resistant crop interactions with rhizosphere microorganisms, *Eur. J. Agron.* 31:153–161.

Lanzarin, G., Venâncio, C., Félix, L.M., and Monteiro, S. (2021) Inflammatory, oxidative stress, and apoptosis effects in zebrafish larvae after rapid exposure to a commercial glyphosate formulation, *Biomedicine* 9:1784.

Liebman, M., and Gallandt, E.R. (1997) Many little hammers: ecological management of cropweed interactions. In: Jackson, L.E. (Ed.): *Ecology in agriculture*, Academic Press, San Diego, USA, 291–343.

Lopes, E.A., Canedo, E.J., Gomes, V.A., Vieira, B.S., Parreira, D.F., and Neves, W.S. (2022). Anaerobic soil disinfestation for the management of soilborne pathogens: A review. *Appl. Soil Ecol.* 174:104408.

Lundkvist, A. and Verwijst, T. (2011) Weed biology and weed management in organic farming. In: Nokkoul, R. (Ed.): *Research in organic farming*, IntechOpen, London, UK, 157–186.

Mamy, L., Barriuso, E., and Gabrielle, B. (2016) Glyphosate fate in soils when arriving in plant residues, *Chemosphere* 15:425–433.

Marshall, E.J.P., Brown, V.K., Boatman, N.D., Lutman, P.J.W., Squire, G.R., and Ward, L.K. (2003) The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields, *Weed Res.* 43(2):77–89.

Merfield, C.N. (2014) The final frontier: Non-chemical, intrarow, weed control for annual crops with a focus on mini-ridgers, The FFC Bulletin, 2014-V4, The BHU Future Farming, Lincoln, New Zealand, <http://www.bhu.org.nz/future-farming-centre/information/bulletin/2014-v4/thefinal-frontier-non-chemical-intrarow-weed-control-for-annual-crops-with-a-focus-on-mini-ridgers>.

Merfield, C.N. (2015) False and stale seedbeds: The most effective non-chemical weed management tools for cropping and pasture establishment. The BHU Future Farming Centre - The FFC Bulletin, 2015-V4, Lincoln, New Zealand, <http://www.bhu.org.nz/future-farmingcentre/information/bulletin/2015-v4/false-and-stale-seedbeds-the-most-effective-nonchemical-weed-management-tools-for-cropping-and-pasture-establishment>.

Merfield, C.N. (2016) Back to the future - electrothermal, systemic, weedkiller. The BHU Future

Farming Centre - The FFC Bulletin, 2016-V1, Lincoln, New Zealand, <https://www.bhu.org.nz/future-farming-centre/information/bulletin/2016-v1/back-to-the-future-electrothermalsystemic-weedkiller/>.

Merfield, C.N. (2018) Mini-ridgers: Lethal burial depth for controlling intrarow weeds. The BHU Future Farming Centre - The FFC Bulletin, 2018-V2, Lincoln, New Zealand, <http://www.bhu.org.nz/future-farming-centre/information/bulletin/2018-v2/mini-ridgers-lethal-burial-depth-for-controlling-intrarow-weeds>.

Merfield, C.N. (2022) Redefining weeds for the post-herbicide era, *Weed Res.* 62(4):263–267.

Merfield, C. N. (2023). Could the dawn of Level 4 robotic weeders facilitate a revolution in ecological weed management? *Weed Research, Early view*, 1-5. doi:10.1111/wre.12570

Mesnage, R., Benbrook, C., and Antoniou, M.N. (2019) Insight into the confusion over surfactant co-formulants in glyphosate-based herbicides, *Food Chem. Toxicol.* 128:137–145.

Miles, C., Klingler, E., Nelson, L., Smith, T., and Cross, C. (2013) Alternatives to plastic mulch in vegetable production systems, *HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science* 42:899–900.

Mirsky, S.B., Gallandt, E.R., Mortensen, D.A., Curran, W.S., and Shumway, D.L. (2010) Reducing the germinable weed seedbank with soil disturbance and cover crops, *Weed Res.* 50(4):341–352.

Modor Intelligence (2022) Global glyphosate market – Growth, trends, Covid-19 impact, and forecasts (2022 - 2027), Mordor Intelligence Private Ltd., Telangana, India, <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/glyphosate-herbicide-market>.

Newman, M.M., Hoilett, N., Lorenz, N., Dick, R.P., Liles, M.R., Ramsier, C., and Kloepper, J.W. (2016) Glyphosate effects on soil rhizosphere-associated bacterial communities, *Sci. Total Environ.* 543:155–160.

Ngouajio, M., Auras, R., Fernandez, R.T., Rubino, M., Counts, J.W., and Kijchavengkul, T. (2008) Field performance of aliphatic-aromatic copolyester biodegradable mulch films in a fresh market tomato production system, *HortTechnology* 18(4):605–610.

Nunn, L., Embree, C.G., Hebb, D., Bishop, S.D., and Nichols, D. (2007) Rotationally grazing hogs for orchard floor management in organic apple orchards, *Proceedings of the Acta Horticulturae*, 737:71–78, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.737.9>.

Nurk, L., Graß, R., Pekrun, C., and Wachendorf, M. (2017) Effect of sowing method and weed control on the performance of maize (*Zea mays* L.) intercropped with climbing beans (*Phaseolus vulgaris* L.), *Agriculture* 7(7):51.

Owagboriaye, F., Dedeke, G., Bamidele, J., Bankole, A., Aladesida, A., Feyisola, R., Adeleke, M., and Adekunle, O. (2020) Wormcasts produced by three earthworm species (*Alma millsoni*, *Eudrilus eugeniae* and *Libyodrilus violaceus*) exposed to a glyphosate-based herbicide reduce growth, fruit yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*), *Chemosphere* 250:126270.

Pochron, S., Simon, L., Mirza, A., Littleton, A., Sahebzada, F., and Yudell, M. (2020) Glyphosate but not Roundup® harms earthworms (*Eisenia fetida*), *Chemosphere* 241:125017.

Popay, I. and Field, R. (1996) Grazing animals as weed control agents, *Weed Technol.* 10(1):217–231.

Qi, R., Jones, D.L., Li, Z., Liu, Q., and Yan, C. (2020) Behavior of microplastics and plastic film residues in the soil environment: A critical review, *Sci. Total Environ.* 703:134722.

Qiu, H., Geng, J., Ren, H., Xia, X., Wang, X., and Yu, Y. (2013) Physiological and biochemical responses of *Microcystis aeruginosa* to glyphosate and its Roundup® formulation, *J. Hazard. Mater.* 248–249:172–176.

Rahman, A., James, T.K., and Grbavac, N.I.K. (2006) Correlation between the soil seed bank and weed populations in maize fields, *Weed Biol. Manag.* 6(4):228–234.

Ramseier, H. and Crismaru, V. (2014) Resource-conserving agriculture: Undersowing and mixed crops as stepping stones towards a solution. In: Dent, D. (Ed.): *Soil as world heritage*, Springer, Dordrecht, Netherlands, 353–363.

Reddy, S.B., Nolan, C.J., and Plautz, C.Z. (2018) Disturbances in reproduction and expression

of steroidogenic enzymes in aquatic invertebrates exposed to components of the herbicide Roundup, *Toxicol. Res. Appl.* 2018:2. <https://doi.org/10.1177/2397847318805276>.

Reno, U., Doyle, S.R., Momo, F.R., Regaldo, L., and Gagneten, A.M. (2018) Effects of glyphosate formulations on the population dynamics of two freshwater cladoceran species. *Ecotoxicology* 27:784–793.

ReportLinker (2021) Global glyphosate market to reach \$8.9 billion by 2026, GlobeNewswire, Los Angeles, USA, <https://www.globenewswire.com/news-release/2021/10/18/2315706/0/en/Global-Glyphosate-Market-to-Reach-8-9-Billion-by-2026.html>.

Ridley, L., Mace, A., Stroda, E., Parrish, G., Rainford, J., MacArthur, R., and Garthwaite, D. (2020) Pesticide usage survey report 295 - Arable crops in the united kingdom 2020, Land Use & Sustainability Team, Fera Science Limited, Sand Hutton, York, UK, <https://pusstats.fera.co.uk/api/report-download/9>.

Riemens, M., Sønderskov, M., Moonen, A.-C., Storkey, J., and Kudsk, P. (2022) An integrated weed management framework: A pan-European perspective. *Eur. J. Agron.* 133:126443.

Roberts, H.A. and Feast, P.M. (1972) Fate of seeds of some annual weeds in different depths of cultivated and undisturbed soil, *Weed Res.* 12(4):316–324.

Rubio, F., Guo, E., and Kamp, L. (2014) Survey of glyphosate residues in honey, corn, and soy products. *J. Environ. Anal. Toxicol.* 4:249.

Rueda-Ruzafa, L., Cruz, F., Roman, P., and Cardona, D. (2019) Gut microbiota and neurological effects of glyphosate, *Neurotoxicology* 75:1–8.

Ruuskanen, S., Rainio, M.J., Gómez-Gallego, C., Selenius, O., Salminen, S., Collado, M.C., Saikkonen, K., Saloniemi, I., and Helander, M. (2020) Glyphosate-based herbicides influence antioxidants, reproductive hormones and gut microbiome but not reproduction: a long-term experiment in an avian model, *Environ. Pollut.* 266:115108.

Saikkonen, K., Nissinen, R. and Helander, M. (2020) Toward comprehensive plan microbiome research. *Front. Ecol. Evol.* 8:61.

Sandrini, J.Z., Rola, R.C., Lopes, F.M., Buffon, H.F., Freitas, M.M., de Martinez Gaspar Martins, C., and da Rosa, C.E. (2013) Effects of glyphosate on cholinesterase activity of the *Mussel perna* and the fish *Danio rerio* and *Jenynsia multidentata*. *In vitro* studies, *Aquat. Toxicol.* 130–131:171–173.

Schonbeck, M. (2012) Synthetic mulching materials for weed management, eOrganic, <https://eorganic.org/node/4872>.

Schütte, G. (2003) Herbicide resistance: Promises and prospects of biodiversity for European agriculture, *Agric. Hum. Values* 20(3):217–230.

Sesin, V., Davy, C.M., Stevens, K.J., Hamp, R., and Freeland, J.R. (2021) Glyphosate toxicity to native nontarget macrophytes following three different routes of incidental exposure, *Integr. Environ. Assess. Manag.* 17:597–613.

Simoes, T., Novais, S.C., Natal-da-Luz, T., Devreese, B., de Boer, T., Roelofs, D., Sousa, J.P., van Straalen, N.M., and Lemos, M.F.L. (2018) An integrative omics approach to unravel toxicity mechanisms of environmental chemicals: effects of a formulated herbicide, *Sci. Rep.* 8:11376.

Snapp, S.S., Swinton, S.M., Labarta, R., Mutch, D., Black, J.R., Leep, R., Nyiraneza, J., and O’Neil, K. (2005) Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches, *Agron. J.* 97(1):322–332.

Steinmann, H.H., Dickeduisberg, M., and Theuvsen, L. (2012) Uses and benefits of glyphosate in German arable farming, *Crop Prot.* 42:164–169.

Storkey, J. and Neve, P. (2018). What good is weed diversity?, *Weed Res.* 58:239–243.

Sturludóttir, E., Brophy, C., Bélanger, G., Gustavsson, A.M., Jørgensen, M., Lunnan, T., and Helgadóttir, Á. (2014) Benefits of mixing grasses and legumes for herbage yield and nutritive value in Northern Europe and Canada, *Grass Forage Sci.* 69(2):229–240.

Sustainable Agriculture Network (2007) Managing cover crops profitably. 3rd Edition, <http://www.sare.org/Learning-Center/Books/Managing-Cover-Crops-Profitably-3rd-Edition>.

Székács, A. and Darvas, B. (2018) Re-registration challenges of glyphosate in the European

Union, *Front. Environ. Sci.* 6:78.

Tabrez, S., Priyadarshini, M., Priyamvada, S., Shah Nawaz Khan, M., Na, A., Zaidi, S.K. (2014) Gene-environment interactions in heavy metal and pesticide carcinogenesis, *Mutat. Res. Genet. Toxicol. Environ. Mutagen.* 760:1–9.

Tan, S., Li, G., Liu, Z., Wang, H., Guo, X., and Xu B. (2022) Effects of glyphosate exposure on honeybees, *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 90:103792.

TILMAN-ORG. (2016) TILMAN-ORG - Reduced Tillage and Green Manures for sustainable ORGANIC Cropping Systems: CORE organic II - TILMAN-ORG, http://www.tilman-org.net/fileadmin/documents_organicresearch/tilman-org/TilmanOrg2014_CK_flyer_small.pdf.

Transparency Market Research (2016) Global glyphosate market to reach US\$ 8.79 bn by 2019 propelled by increasing adoption of genetically modified crops, Transparency Market Research Pvt. Ltd., Albany, USA, <https://www.transparencymarketresearch.com/pressrelease/glyphosate-market.htm>.

US EPA (2022) Use of term “Inert” in the label ingredients statement. Pesticide Registration (PR) Notice 97-6. Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances, Office of Pesticide Programs, U.S. Government Printing Office, Washington DC, USA, <https://www.epa.gov/pesticide-registration/prn-97-6-use-term-inert-label-ingredients-statement>.

van Bruggen, A.H.C., He, M.M., Shin, K., Mai, V., Jeong, K.C., Finckh, M.R., and Morris, J.G. (2018) Environmental and health effects of the herbicide glyphosate, *Sci. Total Environ.* 616–617:255–268.

van Bruggen, A.H.C., Finckh, M.R., He, M., Ritsema, C.J., Harkes, P., Knuth, D., and Geissen, V. (2021) Indirect effects of the herbicide glyphosate on plant, animal and human health through its effects on microbial communities, *Front. Environ. Sci.* 9:763917.

Watts, M., Clausing, P., Lyssimachou, A., Schutte, G., Guadagnini, R., and Marquex, E. (2016) Glyphosate Monograph. Pesticide Action Network International, <https://pan-international.org/wp-content/uploads/Glyphosate-monograph.pdf>.

Weed Smart (2022) Harvest weed seed control. Retrieved: 12th January 2023, <https://www.weedsmart.org.au/big-6/harvest-weed-seed-control/>.

Weigelt, A., Weisser, W.W., Buchmann, N., and Scherer-Lorenzen, M. (2009) Biodiversity for multifunctional grasslands: equal productivity in high-diversity low-input and low-diversity high-input systems, *Biogeosciences* 6(8):1695–1706.

Wendling, M., Büchi, L., Amossé, C., Jeangros, B., Walther, A., and Charles, R. (2017) Specific interactions leading to transgressive overyielding in cover crop mixtures, *Agric. Ecosyst. Environ.* 241:88–99.

Xu, B., Liu, F., Cryder, Z., Huang, D., Lu, Z., He, Y., Wang, H., Lu, Z., Brookes, P.C., Tang, C., Gan, J., and Xu, J. (2020) Microplastics in the soil environment: Occurrence, risks, interactions and fate – A review, *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 50(21):2175–2222.

Yu, X.M., Yu, T., Yin, G.H., Dong, Q.L., An, M., Wang, H.R., and Ai, C.X. (2015) Glyphosate biodegradation and potential soil bioremediation by *Bacillus subtilis* Strain Bs-15, *Genet. Mol. Res.* 14(4):14717–14730.

Zaller, J.G., Heigl, G., Ruess, L., and Grabmaier, A. (2014) Glyphosate herbicide affects belowground interactions between earthworms and symbiotic mycorrhizal fungi in a model ecosystem, *Sci. Rep.* 4:5634.

Zaller, J.G., Heigl, F., Ruess, L., and Grabmaier, A. (2017) Glyphosate herbicide affects belowground interactions between earthworms and symbiotic mycorrhizal fungi in a model ecosystem, *Sci. Rep.* 4:5634.

Zaller, J.G., Weber, M., Maderthaner, M., Gruber, E., Takács, E., Mörtl, M., Klátyik, Sz., Győri, J., Römbke, J., Leisch, F., Spangl, B., and Székács, A. (2021) Effects of glyphosate-based herbicides and their active ingredients on earthworms, water infiltration and glyphosate leaching are influenced by soil properties, *Environ. Sci. Eur.* 33:51.

Zhang, W., Wang, J., Song, J., Feng, Y., Zhang, S., Wang, N., Liu, S., Song, Z., Lian, K., and Kang, W. (2021) Effects of low-concentration glyphosate and aminomethyl phosphonic acid on

zebrafish embryo development, *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 226:112854.

Zhu, F., Zhu, C., Wang, C., and Gu, C. (2019) Occurrence and ecological impacts of microplastics in soil systems: A review, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 102(6):741–749.

Zimdahl, R.L. (2018) Fundamentals of weed science. (5th ed.), Academic Press, London, UK.

Ziska, L.H. and Dukes, J.S. (2010) Benefits from weeds. *In*: Ziska, L.H. and Dukes, J.S. (Eds.): *Weed biology and climate change*, Blackwell Publishing Ltd., Ames, Iowa, USA, 181–197.

Zobiolo, L.J.S., Kremer, R.J., Oliveira Jr., R.J., and Constantín, J. (2011) Glyphosate affects microorganisms in rhizospheres of glyphosate-resistant soybean, *J. Appl. Microbiol.* 110:118–127.

ALLEGATO 1

Gli otto principali usi del glifosato nell'UE e le possibili alternative non chimiche e chimiche

Una raccolta di pareri di esperti (pers.com.) a cura di Hans Muilerman (PAN Europe)

Gli otto principali usi del glifosato nell'UE	Alternative non chimiche	Alternative chimiche (non raccomandate dal PAN)	Note
1. Trattamento per uccidere la coltura di copertura (coltura sussidiaria o intercoltura) – la pratica di seminare semi di piante su un appezzamento di terreno per la copertura del suolo fino a quando non viene piantata un'altra coltura	Usare colture di copertura invernali (come le specie di brassica e leguminose che muoiono prima della semina primaverile). I rulli standard (ad esempio, Cambridge, Crosskill) aumentano la sensibilità delle varietà di colture di copertura al gelo, che le uccide. Sono disponibili numerosi metodi di intervento per seppellire le colture di copertura (aratura, rotazione del terreno; notare ulteriori vantaggi dell'incorporazione di sovescio) e per uccidere le piante (combustione, cottura a vapore, folgorazione ad esempio, "Zasso"). Inoltre, gli strumenti di scalping (ad esempio, Actisol) per uccidere il sovescio in primavera (trifoglio, erba medica, Phacelia spp.), sono composti da scalpelli per dislocare il terreno in profondità. Il settore biologico utilizza una macchina "a rullo a crimpatura" che appiattisce le piante, compresi gli scalpelli per tagliarle. Queste alternative funzionano anche con tempo asciutto.		Un divieto può essere messo in atto a livello nazionale per questo uso: non un divieto specifico per il glifosato, ma un divieto sul trattamento chimico delle colture di copertura in generale.

Gli otto principali usi del glifosato nell'UE	Alternative non chimiche	Alternative chimiche (non raccomandate dal PAN)	Note
<p>2. Trattamento delle erbacce perenni</p>	<p>Prevenzione:</p> <ul style="list-style-type: none"> - attrezzature pulite per evitare la diffusione di semi di piante infestanti (dopo la lavorazione del terreno e la raccolta) - lunga rotazione con colture invernali (colture soffocanti) e primaverili (radici a piantagione tardiva) - cernita e setacciatura delle sementi per rimuovere i semi di piante infestanti - compostaggio del letame in campo (il terreno raggiunge i 45-50°C in 3-4 settimane) - monitorare i bordi dei campi (le erbacce perenni entrano principalmente da lì) - non lasciare aree nude di terreno (utilizzare colture di copertura e/o colture secondarie sottosemina) - diserbo meccanico in coltura (per piante perenni) - lavorazione del terreno durante la consociazione o la lavorazione superficiale possono portare gli organi perenni (ad esempio tuberi, rizomi e cormi) sulla superficie del suolo dove si seccano - successive asportazioni di stoppie (per rimuovere i semi di piante infestanti, idealmente in condizioni di essiccazione) - diserbo mediante estrazione con rotore rovesciato (contro cardi e Rumex spp.) - falsi semenzai in primavera e in estate - barra di taglio dell'ortaggio a radice <p>Anche la coltivazione di colture di copertura è un'opzione, utilizzando tipi di colture con molta biomassa che supereranno le erbacce sia per la luce che per l'acqua, esaurendole. Colture di copertura dense: ravenello cinese, Phacelia spp., trifoglio di Alessandria, senape marrone.</p> <p>Contro i cardi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - introdurre erba medica nella rotazione per almeno 2 anni (3 anni se possibile) - coprire le colture durante le colture di copertura non sono efficace (o addirittura aumentano la pressione delle erbe infestanti dei cardi) - semina di colture che superino le erbe infestanti nella rotazione (canapa, segale, avena) <p>Nei pascoli, se altro non funziona: terminare, coltivare una coltura foraggera annuale e quindi stabilire nuovi pascoli. Il diserbo elettrotermico dovrebbe cambiare le regole del gioco; sia manuale che montato a macchina.</p>	<p>Erbicidi sistemici: clethodim, dicamba etc.</p>	<p>Il diserbo meccanico potrebbe essere ripetuto per un effetto ottimale.</p>

Gli otto principali usi del glifosato nell'UE	Alternative non chimiche	Alternative chimiche (non raccomandate dal PAN)	Note
<p>3 Stoppie e trattamenti di presemina</p>	<p>Ripetendo diversi tipi di lavorazione del terreno (lavorazione delle stoppie, lavorazione rotativa, ad esempio rotovator, o meglio, erpici a disco) alcune volte.</p> <p>Sono disponibili numerosi metodi di diserbo meccanico (ad esempio macchine applicate in agricoltura biologica).</p> <p>La lavorazione meccanica è l'alternativa al glifosato per distruggere una coltura precedente prima di seminare un'altra coltura:</p> <ul style="list-style-type: none"> -sarchiatrice: uno strumento che consente l'allentamento del terreno, ad esempio la sarchiatrice di stoppie – - vibrosarchiatrice: coltivazione di terreni poco profondi con denti vibranti - erpice: una macchina per la lavorazione superficiale del terreno. I denti raschiano il terreno ed eliminano le piantine di erba a foglia larga. - aratro: lavorazione profonda del terreno. 		<p>Non tutte le erbe infestanti devono essere debellate: una minoranza è dannosa mentre la maggioranza svolge un ruolo positivo nella salute del suolo. Dovrebbe essere seguita la gestione integrata delle infestanti, in cui diverse tecniche di gestione (preventiva, meccanica, biologica e di monitoraggio) hanno il loro ruolo. Dopo la raccolta, le stoppie vengono rapidamente decomposte, processo facilitato dalla lavorazione del terreno con sarchiatori di stoppie.</p>

Gli otto principali usi del glifosato nell'UE	Alternative non chimiche	Alternative chimiche (non raccomandate dal PAN)	Note
<p>4. Essiccazione: girasole, semi oleosi colza, mais, grano, orzo</p>	<p>Tecniche elettrotermiche o altre alternative ai pesticidi chimici.</p>		<p>L'essiccazione non rientra nell'ambito di applicazione del Reg. 1107/2009. Questa pratica è già vietata in stati membri come i Paesi Bassi.</p>
<p>5. Controllo delle erbe infestanti interfilari e intrafilari, anche nei frutteti/vigneti</p>	<p>- Sono disponibili erpici meccanici e zappe meccaniche (guidate da telecamera) ("Robocrop" di "Steketee ICWeeder").</p> <p>- Un'ampia varietà di macchine viene applicata nell'agricoltura biologica: "fingerweeder", "torsoweeder", "harrow-weeder", "vibrate-weeder", ecc.</p> <p>- Lavorazione del terreno con diserbi dotati di sensori di rilevamento alberi/viti/cespugli (a volte necessaria la ripetizione). I sensori consentono di avvicinare alberi / viti molto da vicino.</p> <p>Mantenere la vegetazione piuttosto che il terreno nudo tra le colture arboree (con o senza falciatura): questo limita le erbacce ed è utile contro l'erosione. Le interfile possono anche essere pascolate, specialmente quando le colture sono dormienti, come in inverno; anche gli escrementi di animali fertilizzano il terreno.</p> <p>Consociazione: gli spazi vuoti tra le file di colture sono riempiti da un'altra coltura che non lascia spazio a piante indesiderate. Piantare trifoglio bianco, ad esempio, tra le file di mais è una buona combinazione che tiene giù le erbacce. Le erbacce sono superate e il terreno viene fertilizzato da batteri che fissano l'azoto nei noduli di trifoglio.</p> <p>La cottura a vapore e il diserbo elettrotermico sono opzioni aggiuntive.</p>	<p>Diversi pesticidi come diflufenican, clorotoluron, flazasulfuron, acido pelargonico, ecc.</p>	<p>Il settore biologico ha decenni di esperienza con queste macchine e tecniche.</p>

Gli otto principali usi del glifosato nell'UE	Alternative non chimiche	Alternative chimiche (non raccomandate dal PAN)	Note
<p>6. Binari ferroviari e zone non agricole</p>	<p>Ferrovie: vapore, radiazioni UV e diserbo elettrotermico (tra i binari); a mano con una falciatrice (percorso accanto ai binari del treno). I sistemi di rilevamento delle piante "Green seeker" accoppiati con la luce focalizzata per uccidere le erbacce sono una buona opzione.</p> <p>Aree non agricole: utilizzo di piante per coprire il suolo (sostituite con vegetazione erbacea lasciata non falciata), vapore, spazzole metalliche (strade, marciapiedi), fiamme e falciatura.</p> <p>Campi da golf: falciatura, trattamento ottimale dell'erba. Diserbatrici robotizzate di livello 3 per specie a foglia larga nel tappeto erboso.</p>	<p>Sebbene esistano altri mezzi chimici, come Flufenican, Flumioxazin e Oxyfluorfen, altri come MCPA, 2,4-D, sono molto più pericolosi del glifosato.</p>	<p>Già implementato in diversi paesi; diversi Stati membri dell'UE (Italia, Belgio, Paesi Bassi) hanno imposto un divieto di uso di pesticidi in aree non agricole.</p>
<p>7. Controllo di piante specifiche (ambrosia, convolvolo, acetosella cavalleresca), comprese le specie invasive</p>	<p>I robot con telecamere rilevano selettivamente queste piante.</p> <p>Le erbacce con radici sotterranee (problematiche) possono essere tagliate da un "Rodweeder".</p> <p>Nelle aree naturali: perché è necessario intervenire? Lasciare che la successione seriale si svolga.</p> <p>Se l'intervento è ancora necessario, ad esempio per le specie invasive, può essere fatto a mano o falciatrice, o usando il vapore.</p>	<p>Diversi pesticidi come diflufenican, clorotoluron, flazasulfuron, acido pelargonico, ecc.</p>	<p>Il settore biologico ha decenni di esperienza con queste macchine e tecniche.</p>

<p>8. Rinnovo del pascolo”</p>	<p>Lavorazione del terreno, rotazione, combustione, ecc. - Estrazione completa ed eradicazione delle radici delle piante infestanti utilizzando erpice a denti ed estrattore di rizoma, seguita da una risemina con un mix di semi che supera le erbe infestanti.</p> <ul style="list-style-type: none"> - ruotare il prato con una "coltura di pulizia" che inibisce o riduce la presenza di erbe infestanti. <p>Per i cardi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - falciatura ripetuta prima della fioritura - diserbo elettrotermico e cottura a vapore. 		<p>È possibile mettere in atto un divieto a livello nazionale sul trattamento chimico dei pascoli in generale, non un divieto specifico per il glifosato. Si noti che i prati correttamente pascolati e pascolati non lasciano spazio a erbacce indesiderate e quindi non devono essere ripristinati. Si noti che il rinnovo dei pascoli che comporta la lavorazione del terreno o l'aratura non è compatibile con gli obiettivi di sequestro del carbonio o di biodiversità. Il rinnovo dei pascoli permanenti va inoltre contro le attuali norme di condizionalità per tutti gli agricoltori nell'ambito della PAC e di altre misure della PAC in materia di biodiversità, o dei futuri pagamenti per l'agricoltura del carbonio.</p>
--------------------------------	---	--	---

ALLEGATO 2

Gestione non chimica dei Romici (*Rumex spp.*)

Di Dr. Charles Merfield, capo del BHU Future Farming Centre

1. Introduzione: quando un'erba non è un'erbaccia?

I Romici, principalmente il Romice a foglia larga (*Rumex obtusifolius*) e il Romice riccio (*Rumex crispus*) sono erbe infestanti comuni in Europa, specialmente alle latitudini più fresche e umide e più elevate. Sono prevalentemente un'erbaccia di pascolo, specialmente pascolo a lungo termine, perché la lavorazione regolare / coltivazione li uccide in modo che non sopravvivano nei sistemi di coltivazione. In passato sono state etichettate come erbe infestanti altamente problematiche, persino elencate nella legislazione "erba nociva", ad esempio nella Repubblica d'Irlanda⁹² e nel Regno Unito⁹³. Tuttavia, questo è considerato un chiaro esempio di sovrastima degli impatti negativi di particolari erbe infestanti sulla base di una definizione obsoleta di erbe infestanti.

Fondamentalmente, un'erba infestante è un giudizio di valore degli attributi positivi e negativi di un dato individuo e / o popolazione di piante in un dato momento. Tipicamente in agricoltura, i giudizi di valore sono in definitiva economici, vale a dire, una particolare pianta o popolazione di piante influisce sulla redditività dell'azienda agricola? Se la risposta è no, la pianta o la popolazione di piante non sono erbacce: sono "aliae plantae" (Merfield, 2022). In molti casi, l'impatto economico delle erbe infestanti non è mai stato calcolato correttamente, con il risultato che anche una sola erba è troppa ed è necessaria l'eradicazione totale. Questa è una visione sciocca, specialmente dove le erbacce sono nel loro areale nativo e sono impossibili da eliminare. Inoltre, non hanno necessariamente un impatto negativo sulla produttività all'interno di una certa gamma di copertura: ad esempio, secondo studi condotti in Irlanda, i pascoli con il 15% o meno di copertura del suolo dei Romici produrranno più sostanza secca totale rispetto allo stesso pascolo senza Romice (Courtney, 1985). I Romici sono appetibili, a differenza delle erbacce tossiche come le piante del genere *Senecio* (*Jacobaea vulgaris*); il fogliame del Romice ha livelli più elevati di potassio, zinco, magnesio e tannino rispetto all'erba; è stato provato che previene il gonfiore del bestiame; e giovani germogli di *R. crispus* hanno un buon valore nutritivo per i bovini (Courtney, 1972; Humphreys, 1995). Quindi le popolazioni moderate di Romice non hanno alcun impatto sull'economia agricola e possono persino avvantaggiare il bestiame e quindi i profitti agricoli. Inoltre, tali aliae plantae potrebbero essere più resistenti alla siccità - durante l'ondata di caldo del 2022 in Europa, la maggior parte dei pascoli è diventata marrone quando l'erba è morta, ma molte erbacce e aliae plantae sono rimaste verdi. Pertanto, non dovrebbero essere considerati erbe infestanti, ma piuttosto componenti naturali degli ecosistemi agricoli. Tuttavia, va notato che grandi popolazioni di Romici hanno chiaramente dimostrato di essere dannose (al di sopra del 15% di copertura del suolo secondo Courtney 1985), quindi devono essere gestite, ma non sterminate.

Oltre alla redditività della fattoria, il Romice ospita una vasta gamma di altre specie nei suoi areali nativi, in particolare gli insetti. Anche quando sono specie esotiche, contribuiscono potenzialmente alla biodiversità e alle funzioni dell'ecosistema. Ad esempio, i Romici sono una fonte di cibo dominante per lo scarabeo verde (*Gastrophysa viridula*, Figura 1) e il seme è importante per una serie di alimentatori di semi, compresi gli invertebrati come i coleotteri. L'importanza e i benefici delle erbe infestanti sono sempre più riconosciuti (ad es. Gerowitt et al., 2003; Marshall et al., 2003; Blaix et al., 2018; Storkey & Neve, 2018)⁹⁴ e quindi a livello ecologico, l'eliminazione del Romice dai terreni agricoli è indesiderabile.

⁹² <https://www.agriculture.gov.ie/farmingsectors/crops/controlofnoxiousweeds/>

⁹³ <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/Eliz2/7-8/54>

⁹⁴ <http://www.arc2020.eu/unplanned-vegetation-is-important-aka-weeds-provide-for-needs/>

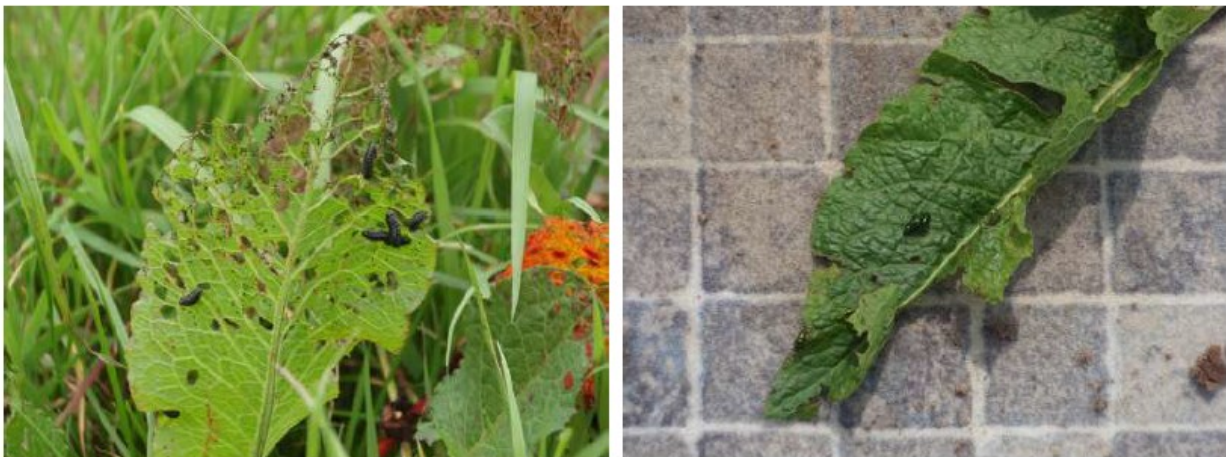
L'obiettivo della gestione del Romice e di altre erbe infestanti nell'agricoltura moderna dovrebbe quindi essere quello di mantenere le erbe infestanti al di sotto delle soglie economicamente dannose, piuttosto che mirare alla loro completa eradicazione.

2. Gestione del Romice

Il controllo non chimico di qualsiasi erba o pianta richiede un approccio basato su sistemi o integrato. La metafora dei "tanti piccoli martelli", coniata da Liebman & Gallandt (1997), evidenzia che sono necessari più strumenti. Per capire quali strumenti saranno efficaci e come usarli, è essenziale comprendere la biologia e l'ecologia delle erbe infestanti.

Figura 1. Scarabeo verde (*Gastrophysa viridula*) Larve scheletriche una foglia (sinistra) adulti (destra)

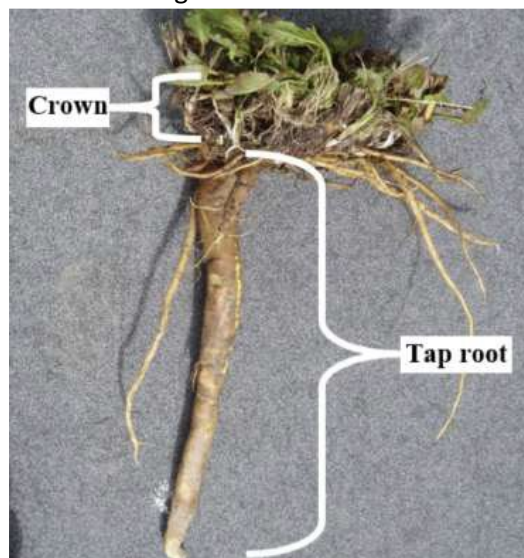
Figure 1. The green dock beetle (*Gastrophysa viridula*) Larvae skeletonising a leaf (left) adults (right)



2.1. Componenti chiave della biologia e dell'ecologia delle Romice

I Romici sono piante erbacee perenni formanti rosette, costituite da una corona (fusto corto, verticale, sotterraneo, altamente compresso), con grandi radici carnose a fittone (Figura 2).

Figura 2. Pianta di Romice che mostra foglie in ricrescita, la corona, la radice principale a fittone grande e radici più piccole che spuntano dalle corone figlie

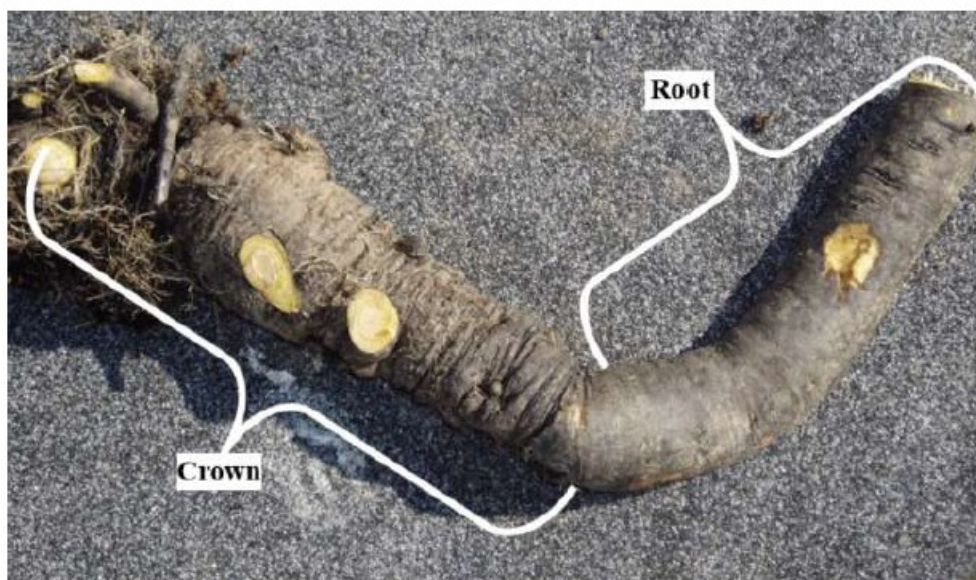


Foglie e steli di fiori sono prodotti dalla corona. I principali mezzi di riproduzione sono attraverso il gran numero di semi che vengono prodotti, ma i Romici possono anche produrre cloni attraverso propaggini dalla corona, anche se il numero di nuove piante prodotte in questo modo è insignificante, soprattutto perché anche le piante madri tendono a morire.

Tuttavia, c'è una notevole confusione sia tra i gestori del territorio che tra gli scienziati sulla capacità dei Romici di rigenerarsi in seguito a disturbi, ad esempio la lavorazione del terreno / coltivazione o lo scavo. Solo le gemme (meristemi) nelle ascelle fogliari del vero fusto sono in grado di sdifferenziarsi per produrre radici. La vera radice non è in grado di sdifferenziarsi, quindi non può produrre germogli. È solo la corona che può rigenerarsi, in quanto è un vero germoglio. Tuttavia, alcune persone confondono la corona per vere radici, non rendendosi conto che la corona è un vero germoglio e non una radice. Ciò è probabilmente dovuto al fatto che la corona e la radice appaiono abbastanza simili in alcune piante (Figura 3), soprattutto perché la corona produce radici avventizie, quindi sembrano radici.

Figura 3. Sezione del Romice che mostra la somiglianza visiva tra corona e radice

Figure 3. Section of dock showing the visual similarity between crown and root



A titolo di confronto, i Romici sono morfologicamente identici al rabarbaro (*Rheum rhabarbarum*), un altro membro della famiglia delle Polygonaceae o del grano saraceno. Anche il rabarbaro si rigenera solo dalla corona; Questo è il motivo per cui il rabarbaro viene moltiplicato vegetativamente dividendo la corona, non la radice.

I Romici tendono a mantenere un rapporto radice / germoglio intorno al 75% di radici e 25% di germogli, con una percentuale di radici più alta durante l'inverno e una più bassa durante la fioritura. La rimozione del fogliame fa sì che il Romice ritiri le sue riserve radicali per ristabilire il suo rapporto ottimale radice\germoglio, che richiede circa quattro settimane. Pertanto la defogliazione ad intervalli inferiori a quattro settimane comporta una riduzione delle dimensioni della pianta, poiché le riserve radicali vengono continuamente utilizzate per sostituire il fogliame. In confronto, la defogliazione a intervalli superiori a quattro settimane consente ai Romici di accumulare carboidrati nelle loro radici, con una tendenza all'aumento dei tassi di accumulo all'aumentare degli intervalli di tempo tra la defogliazione. Pertanto, intervalli di defogliazione superiori a quattro settimane consentono al Romice di diventare più competitivo con i pascoli.

I semi di Romice hanno bisogno di luce per germogliare in modo che possano stabilirsi solo su terreno aperto, non sotto la copertura di un buon tappeto erboso da pascolo. Essi hanno anche bisogno di sufficienti fluttuazioni di temperatura diurna per germinare, quindi hanno meno probabilità di germinare in inverno. Le piantine di Romice sono concorrenti deboli fino a quando non hanno circa 40-50 giorni, a quel punto la radice della piantina si gonfia in una radice a fittone. Dopo questo punto, la loro capacità competitiva aumenta rapidamente, diventando molto alta dopo i sei mesi di età.

2.2. Gestione dei pascoli

La gestione di qualsiasi erba da pascolo dipende principalmente dalla gestione dei pascoli. Una buona gestione dei pascoli si basa su quattro principi chiave:

- terreno sano, basato su livelli ottimali di pH e nutrienti e buona struttura;
- un tappeto erboso molto diversificato, comprendente più specie di erba, legumi e forbs;
- pascolo rotazionale di breve durata con residui più lunghi (più alti) (fogliame di piante vive che rimane dopo un evento di pascolo);
- ridurre al minimo la compattazione del suolo.

Un terreno sano è il fondamento di tutta l'agricoltura. Un terreno con carenze nutrizionali o pH sub-ottimale non supporterà la crescita ottimale dei pascoli, consentendo alle erbe infestanti che possono tollerare, o addirittura adattarsi, a condizioni sub-ottimali di superare il pascolo. Una buona struttura del suolo è vitale per la crescita ottimale delle radici, consentendo ai terreni di trattenere l'umidità; D'altra parte, la compattazione causata da veicoli agricoli o bestiame può distruggere la struttura del suolo impedendogli di drenare liberamente. L'osservazione dei Romici nelle fattorie mostra che spesso appaiono in aree umide e impregnate d'acqua dei campi, anche se mancano ricerche su questo. Non è chiaro se preferiscano le zone umide o siano più tolleranti ai ristagni rispetto alle specie da pascolo, ottenendo così un vantaggio competitivo. Indipendentemente da ciò, migliorare il drenaggio riducendo al minimo la compattazione e migliorando l'aggregazione del suolo è importante per garantire una buona struttura, una crescita ottimale dei pascoli e una minima di infestanti.

L'opinione comune in agricoltura dalla seconda guerra mondiale è stata che per massimizzare la resa, venga identificata la specie o la cultivar con la resa più alta e poi coltivata in monocoltura. Questa visione è sempre più messa in discussione (Weigelt et al., 2009; Sturludóttir et al., 2014). Da un punto di vista ecologico, le monocolture hanno molte nicchie ecologiche vuote che sono pronte da sfruttare per le erbacce. Avendo più specie di ciascuno dei tre gruppi funzionali di pascolo: erbe, leguminose e forbs (ad esempio, piantaggine e cicoria), la quantità di spazio ecologico libero viene ad essere significativamente ridotta, diminuendo lo spazio disponibile per le erbe infestanti. Inoltre, diverse specie crescono in diversi periodi dell'anno, assicurando che la nicchia ecologica sia piena tutto l'anno.

Allo stesso modo, avere più specie che riempiono diverse nicchie ecologiche può produrre rese più elevate rispetto alle monocolture (Wendling et al., 2017). Dal punto di vista di un animale, ci si rende sempre più conto che, sebbene i pascoli semplificati con solo poche specie forniscano sufficiente sostanza secca per l'animale, non riescono a fornire la diversità della dieta di cui gli animali hanno bisogno per prosperare e stare bene (Beck & Gregorini, 2020).

Il metodo di pascolo tradizionale diffonde gli animali intorno alla fattoria in modo che tutti i pascoli vengano pascolati per la maggior parte del tempo. Ciò crea il problema che lo stock mangia preferenzialmente le specie più appetibili, lasciando le specie sgradevoli, il che consente loro di prosperare a causa della ridotta competizione dei pascoli. Inoltre, le piante mantengono la radice e i germogli in equilibrio, quindi quando una pianta viene continuamente pascolata, ha solo un piccolo apparato radicale: se si accoppia una piccola quantità di foglie, questo significa che può crescere solo lentamente.

L'alternativa al bestiame fisso è il pascolo a rotazione, che prevede il bestiame in grandi mandrie che si nutrono solo di un campo o parte di un campo per pochi giorni, o anche solo poche ore, prima di essere spostato sul nuovo pascolo. È anche importante non pascolare il pascolo troppo in basso (lasciare residui più lunghi), poiché ciò significa che rimane solo una piccola quantità di superficie fogliare per catturare la luce solare di cui la pianta ha bisogno per ricrescere, portando quindi ad una ricrescita più lenta. Inoltre, per le specie da pascolo con gemme fuori terra (meristemi), pascolarli troppo in basso li esaurirà e si estingueranno. Il pascolo rotazionale con lunghi residui dà alle piante da pascolo il tempo di far crescere molte foglie per catturare la luce solare e sviluppare grandi sistemi di radici per catturare acqua e sostanze nutritive. Dopo essere state pascolate le piante hanno risorse nel grande apparato radicale per far ricrescere rapidamente nuovo fogliame, massimizzando così la produzione di foraggio. Ciò significa anche che il pascolo compete fortemente con le erbacce. Inoltre, con il pascolo rotazionale, il bestiame è meno in grado di scegliere ciò che mangia, quindi tendono a mangiare tutto, comprese le erbacce, a meno che non siano tossici o altamente sgradevoli. In tali situazioni, la maggior parte del bestiame mangerà i Romici così sopprimendoli.

Con livelli di nutrienti non ottimali, la compattazione del suolo è il secondo fattore più importante che influisce sulla produttività dei pascoli (e dei seminativi). Non sono solo i grandi trattori a causare la compattazione: anche il bestiame di piccole dimensioni come le pecore causerà la compattazione quando il terreno è troppo umido. È quindi importante disporre di strategie e sistemi per evitare di avere bestiame su campi troppo umidi e suscettibili alla compattazione. Tuttavia, i Romici sono più problematici nelle latitudini più fredde, umide e più elevate dove il terreno può essere bagnato per molti mesi durante l'inverno. A causa di ciò, in molti casi, il bestiame durante l'inverno è già nelle stalle ma è necessaria una rinnovata enfasi sulla gestione della compattazione in tutti i periodi dell'anno, ad esempio anche in estate, avere le risorse per spostare gli animali nei capannoni quando ci sono forti piogge.

2.3. Pascolo misto

Le specie animali sono ben note per la loro diversa accettazione del Romice. I cervi sono i più tolleranti, apprezzando molto anche i Romici, seguiti da capre e pecore, che mangeranno fogliame più giovane. A seguire i bovini che mangeranno il Romice, soprattutto se affamati (Figura 4), mentre i cavalli evitano il più possibile il Romice. Laddove praticabile il pascolo incrociato con speci tolleranti ed intolleranti il Romice può aiutare a mantenere lo stesso soppresso.



Figura 4. Manzi che mangiano piante di Romice a foglia larga in attesa di essere spostati in nuovi pascoli

2.4. Pascolo misto

Diversi sostenitori dell'agricoltura alternativa sostengono che i livelli di nutrienti del suolo sono fattori chiave per le erbe infestanti. Tuttavia, ci sono eccezionalmente pochi dati di ricerca a sostegno delle loro affermazioni, e i modelli concettuali di come i livelli di nutrienti guidano le popolazioni di erbe infestanti non sono nemmeno stati formulati (ad esempio, l'erba ha un fabbisogno più elevato di nutrienti specifici o può tollerare livelli eccessivi o carenti? Quali sono gli impatti sulla competizione inter-specie? C'è un effetto sulla qualità delle sementi, o sulla germinazione? etc.) Tuttavia, una quantità significativa di ricerche sull'impatto dei nutrienti sui Romici nel pascolo è stata intrapresa dal Dr. James Humphreys nella Repubblica d'Irlanda (Humphreys, 1995; Humphreys et al., 1999).

La ricerca ha chiaramente dimostrato che il potassio (K) è un fattore chiave della persistenza del Romice nel pascolo perché i Romici hanno un fabbisogno più elevato di K rispetto alle erbe, in quanto viene utilizzato per guidare la ripartizione dei carboidrati tra radici, foglie e fiori. Dove i livelli di K nel suolo sono pari o inferiori all'ottimale, l'erba supererà i Romici a causa del suo sistema di radici fibrose altamente competitivo, inducendo così carenza di K nelle Romici, arrestandone la crescita e rendendole meno competitive. Una volta che i livelli di K del suolo sono superiori all'ottimale, i Romici hanno libero accesso al K in eccesso, perché l'erba assorbe solo la quantità di K di cui ha bisogno, quindi i Romici ottengono tutto il K in eccesso per sé stessi. Pertanto più sono al di sopra dell'ottimale i livelli K del suolo, più forti e persistenti diventeranno i Romici. I Romici consolidati sono anche altamente competitivi con il pascolo ombreggiandolo con le loro foglie.

I livelli di potassio devono essere mantenuti appena al di sotto o al livello ottimale. La causa più comune dei livelli di K eccessivi negli allevamenti è l'applicazione di liquami e letame da cortile nei campi più vicini alla stabulazione degli animali. È essenziale che vengano effettuati regolarmente test sui nutrienti del suolo (ogni tre-cinque anni), che venga testato il contenuto di nutrienti di ogni lotto di letame e che il letame venga aggiunto solo in quantità in cui non porterà alcun livello di nutrienti al di sopra dell'ottimale, in particolare per azoto, fosforo e potassio (NPK).

Humphreys ha anche trovato una forte interazione tra i livelli di azoto (N) del suolo, la frequenza di defogliazione e le popolazioni di Romice. A frequenze di defogliazione inferiori a quattro settimane, livelli di N più elevati favoriscono l'erba; a frequenze di defogliazione superiori a quattro settimane, N più alto favorisce i Romici. Quindi il pascolo rotazionale e la raccolta di mangimi conservati, ad esempio l'insilato, dovrebbero essere focalizzati su un periodo di ritorno di un mese o meno (tempo tra gli eventi di pascolo / falciatura), specialmente durante la stagione di crescita principale, e l'azoto non deve mai essere applicato in modo eccessivo, ad esempio, è meglio usarlo in più piccole applicazioni rispetto a singole grandi applicazioni.

2.5 Insilati e pascoli

I campi utilizzati prevalentemente per l'insilato hanno spesso livelli elevati di Romice. La ragione principale di ciò non è il ritorno di un gran numero di semi di Romice nel liquame ai campi di insilati, come si crede comunemente. Questo perché il primo taglio di insilato avviene prima che i semi vengano fissati, quindi pochi semi entrano nella maggior parte dell'insilato. I semi di Romice vengono uccisi dal processo di insilamento a causa del basso pH. La digestione ruminale uccide anche una quantità significativa di semi, così come il fatto stesso di trovarsi nel liquame. Quindi ci sono molte ragioni per cui il liquame non contiene semi di Romice vitali.

Il motivo principale per cui i campi di insilato hanno un'elevata popolazione di Romici è che sono in genere vicini all'aia, si tratta quindi di siti convenienti per le applicazioni di liquami; E poiché l'insilato viene estratto da quei campi, avendo essi una maggiore necessità di sostituzione dei nutrienti spesso ricevono grandi quantità di liquami. Il liquame è alto in K e (come discusso nella Sezione 2.4) alti livelli di K aumentano la persistenza del Romice. Inoltre, i campi di insilato hanno spesso alti livelli di N che, insieme al taglio poco

frequente, favoriscono anche i Romici. Inoltre, l'insilato tagliato vicino al terreno spesso si traduce in terreno nudo esposto che è ciò che i Romici richiedono per germinare. Pertanto spesso i campi di insilato sono gestiti in modo quasi ottimale per favorire popolazioni di Romici elevate.

Le soluzioni chiave a questo problema sono garantire che i livelli di N e K non superino mai i livelli ottimali attraverso regolari test del suolo, ad esempio ogni tre anni, e applicando liquami solo in base ai risultati di tali test e, ove possibile, ruotare i pascoli e i campi di insilato, in modo che il pascolo rotazionale a breve termine (meno di un mese di ritorno) inizi a logorare i Romici.

2.5. Il ruolo delle banche dei semi

Si parla molto della longevità dei semi, ma molti di questi studi studiano i semi in condizioni ideali. In confronto, il suolo è un ambiente altamente ostile per i semi, essendo abrasivo, chimicamente caustico e brulicante di esseri viventi, dai microbi ai vertebrati che vedono i semi come una fonte di cibo altamente nutriente. Pertanto, la persistenza nel terreno è di gran lunga inferiore alla massima longevità potenziale dei semi. È quindi molto più prezioso concentrarsi sull'emivita della banca dei semi di piante infestanti che, rispetto ai decenni di longevità dei singoli semi, può essere di appena un anno (Roberts & Feast, 1972; Gallandt, 2006; Gallandt et al., 2010; Mirsky et al., 2010).

Molto dipende anche dal gran numero di semi che le erbacce come i Romici possono produrre, con 60.000 semi per il Romice di latifoglie, una cifra comunemente citata. Tuttavia, come la longevità dei semi, questa è la produzione massima di semi in condizioni ottimali (ad esempio, in una grande pianta indisturbata). In un pascolo ben gestito, con frequenti pascoli rotazionali e falciatura strategica per rimuovere gli steli dei fiori dopo il pascolo, la produzione di semi sarà una frazione di questo, anche zero. Tuttavia, sono necessari solo 600 semi per pianta per mantenere una banca di semi di 12 milioni di semi; Questo può sembrare grande ma equivale a 1.200 semi per metro quadrato, di cui la stragrande maggioranza (ad esempio, il 90%) non sarà in grado di germinare a causa del fatto di essere troppo profonda nel terreno, di essere dormiente, ecc. Ciò lascia solo 120 semi per metro quadrato in grado di stabilirsi, se le condizioni sono giuste. Questa popolazione è minuscola rispetto alle erbacce arabili, come la gallina grassa (*Chenopodium album*) che può avere 12.600 semi per metro quadrato (Rahman et al., 2006). Humphreys (1995) ha concluso che, poiché i semi di Romice hanno bisogno della luce solare diretta per germinare, in un pascolo ben gestito sarebbe altamente improbabile che molti Romici siano in grado di stabilirsi. Pertanto, la maggior parte dei Romici in un pascolo sono stati lì sin dall'istituzione del pascolo. Si ritiene pertanto che la banca delle sementi di Romice sia veramente rilevante solo quando il pascolo è di nuova costituzione. Tuttavia, nessuna ricerca nota ha studiato le dimensioni e la persistenza della banca dei semi di Romice nei pascoli reali, una lacuna di conoscenza significativa che deve essere affrontata.

Una componente fondamentale di qualsiasi strategia di gestione non chimiche per il controllo delle infestanti terofite (erbe infestanti che sopravvivono come semi) è ridurre al minimo la pioggia di semi di erbe infestanti, per ridurre le dimensioni della banca dei semi delle erbe infestanti. I Romici hanno una strategia mista per essere perenni, in particolare il Romice a foglia larga, e producono anche una grande quantità di semi, che è la loro principale forma di riproduzione e dispersione. Pertanto, una strategia vitale a lungo termine è quella di ridurre al minimo la pioggia di semi di erbe infestanti dai Romici impedendo loro di produrre semi, ad esempio tagliando o pascolando gli steli dei fiori. Il momento migliore per farlo è quando hanno appena iniziato a fiorire perché questo si traduce nella più grande perdita per la pianta. Tuttavia, i semi di Romice diventano vitali molto rapidamente dopo l'inizio della fioritura, con una vitalità del 15% sei giorni dopo la fine della prima fioritura, che sale a oltre il 90% dopo 18 giorni. È quindi fondamentale non lasciare il taglio o il pascolo degli steli fioriti troppo a lungo, altrimenti si saranno stabiliti semi vitali. Quando il gambo del fiore viene tagliato, le piante cercheranno di fiorire di nuovo, specialmente nelle regioni più calde, quindi anche queste vampate secondarie di gambi dei fiori devono essere controllate.

2.6. Gestione dei Romici presso lo stabilimento dei pascoli

Poiché si ritiene che la via principale per i Romici verso pascoli ben gestiti sia al momento dell'insediamento, questo è chiaramente un punto critico per la gestione dei Romici. Esistono alcune tecniche consolidate per ridurre al minimo l'insediamento di Romici in nuovi pascoli. La chiave è stabilire le specie di pascolo e ottenere la copertura del suolo il più rapidamente possibile per sopprimere la germinazione dei semi dei Romici intercettando la luce, e quindi superare i Romici mentre sono ancora giovani e non competitivi. Come per la gestione dei pascoli in generale, livelli corretti di pH e nutrienti sono fondamentali per garantire che le piantine di pascolo possano prosperare. Anche un buon semenzaio è fondamentale. Dove il tempo lo consente, l'uso di falsi semenzai è una tecnica eccezionalmente preziosa (Merfield, 2015). È importante stabilire pascoli solo nei periodi ottimali dell'anno, cioè quando il terreno e il clima sono caldi, non freddi e umidi, per garantire una rapida crescita. Avere un gran numero di specie di pascoli, in particolare legumi e forbs con foglie grandi che coprono e ombreggiano rapidamente il terreno, è particolarmente prezioso. Tassi di semina più elevati possono anche contribuire a una copertura del suolo più rapida. È stato anche dimostrato che il liquame bovino inibisce la germinazione dei semi di Romice senza influenzare la germinazione dei semi di erba e questo può essere usato per dare al nuovo pascolo un vantaggio competitivo (Humphreys, 1995). Tuttavia, non è noto quale impatto abbia il liquame su legumi e forbs, quindi dove vengono seminati pascoli diversi, il liquame non dovrebbe essere applicato dopo la semina, fino a quando non si ottengono maggiori informazioni.

2.7. Lotta biologica

La lotta biologica si presenta in tre forme:

- importazione o classica;
- accrescimento;
- conservazione.

L'importazione comporta l'importazione dei nemici naturali di un parassita in un nuovo luogo in cui non si verificano naturalmente. L'accrescimento comporta il rilascio supplementare di nemici naturali che già si verificano in una particolare area, aumentando le popolazioni naturali. Questo è ulteriormente suddiviso in tecniche inoculative, in cui viene rilasciata una piccola popolazione starter che si riproduce e costruisce la sua popolazione, e tecniche inondative, in cui un numero molto elevato di un organismo viene rilasciato per sommergere il parassita. Il biocontrollo della conservazione mira a rafforzare i nemici naturali che già esistono nell'ambiente, rendendo l'ambiente più ospitale per loro, ad esempio per gli insetti benefici fornendo nettare e polline attraverso l'aggiunta di piante da fiore.

Il controllo biologico dei Romici in Europa è difficile perché si trovano nel loro areale originario. Il biocontrollo con importazione è più adatto alle erbacce esotiche che mancano di predatori dal loro areale nativo. Anche allora il successo (definito come una riduzione dell'erba al di sotto dei livelli economicamente dannosi) è raggiunto solo nel 10% dei casi.

Il biocontrollo di conservazione dei Romici è impegnativo, perché i Romici hanno già un gran numero di specie che le attaccano. Quindi è particolarmente difficile trovare una manipolazione ecologica che aumenterebbe significativamente i predatori dei Romici a un numero sufficiente per ridurre significativamente le popolazioni di Romici.

Le tecniche di accrescimento, in particolare quelle inondative che utilizzano microrganismi, hanno un potenziale teorico. Ci sono specie di funghi patogeni che sono specifici per i Romici, ad esempio *Uromyces rumicis*. Questo tipo di specificità è molto prezioso in quanto significa che il fungo può essere spruzzato per uccidere i Romici senza uccidere le specie di pascolo. Ma a livello globale lo sviluppo di micoerbicidi (erbicidi a base di funghi) è stato molto impegnativo e si è concentrato principalmente sulle erbe infestanti in sistemi di coltivazione ad alto valore, a causa del costo dei prodotti finali. Meno di una manciata si sono dimostrati

pratici ed economici, quindi svilupparne uno per Romici in sistemi di pascolo di basso valore è considerato poco fattibile.

L'accrescimento inondativo con parassiti del Romice invertebrati, ad esempio la Trochilia (*Pyropteron chrysidiformis*) o lo scarabeo verde del Romice hanno un potenziale, ma le sfide sono considerevoli, tra cui lo sviluppo di sistemi di allevamento di massa e quindi il loro dimensionamento a livello commerciale. Quindi distribuire gli insetti vivi agli agricoltori, fargli deporre uova sufficienti in modo che le larve uccidano o sopprimano abbastanza Romici per fare una differenza economica, il tutto mantenendo i costi sufficientemente bassi in modo che sia economicamente sostenibile con i rendimenti dell'allevamento del bestiame, sono tutte cose particolarmente impegnative.

2.8. Controllo fisico

La produzione animale presenta margini di guadagno lordi più bassi rispetto a tutti i tipi di agricoltura (ad esempio, rispetto ai seminativi e alle colture orticole) e spesso avviene su terreni collinari che sono meno adatti o inadatti per l'accesso ai macchinari, quindi spesso non è finanziariamente sostenibile spendere denaro per tecniche di controllo diretto / fisico dei Romici. Tuttavia, ci sono alcune situazioni in cui è giustificabile. Ad esempio, poiché si ritiene che la maggior parte dei Romici entri nel pascolo durante lo stabilimento, ridurre il numero di Romici una volta che il pascolo è completamente stabilito, ad esempio, da sei mesi a un anno dopo la semina, può pagare dividendi, specialmente se il pascolo viene mantenuto per molti anni, poiché i benefici della rimozione maturano di anno in anno.

2.9.1. Rimozione diretta delle piante di Romice

La chiave per un controllo fisico efficace dei Romici è che possono rigenerarsi solo dalla corona (vero germoglio), non dalle vere radici, come discusso nella sezione 2.1. Tipicamente, la corona si estende solo cinque centimetri sotto la superficie del suolo, e raramente fino a 10 cm di profondità, quindi quando la corona viene rimossa la radice alla fine morirà. Tuttavia, la capacità della corona di rigenerarsi producendo nuove radici e germogli è prodigiosa, quindi la corona scavata deve essere impedita di ristabilirsi. In tempo caldo secco, soprattutto se c'è un buon spessore di pascolo, per evitare che le corone abbiano un contatto diretto con il terreno possono essere lasciate sul campo a seccare e morire. In condizioni di asciugatura non ideali potrebbe essere necessario rimuovere le corone dal campo e distruggerle, ad esempio attraverso il

compostaggio o la messa in pozzi di liquami. Lo strumento principale per scavare le corone è la "forcella per Romici" (Figura 5) che consiste di due rebbi e un punto di rotazione per garantire un sollevamento pulito verticale facilità d'uso e buona ergonomia.

Figura 5. Forcella per Romici tradizionale (sinistra), design moderno ed ergonomico con teste intercambiabili (destra) (LazyDogTools.co.uk)



2.9.2. Diserbo elettrotermico

L'altro potenziale mezzo di controllo diretto dei Romici è il diserbo elettrotermico (Merfield, 2016). Questa tecnologia è stata ampiamente studiata nel 1980, poi ha perso uso fra gli erbicidi. Ora è di nuovo disponibile in commercio. Il suo valore risiede nella uccisione sistemica delle erbe infestanti dovuta all'elettricità che scorre attraverso il fogliame e nel sistema radicale prima di disperdersi nel terreno. Dove le erbe infestanti sono più alte del raccolto o del pascolo, l'elettricità può essere applicata selettivamente alle erbe infestanti in base alla differenza di altezza. Pertanto, il controllo elettrotermico ha un notevole potenziale per la gestione delle erbe infestanti da pascolo poiché la grande maggioranza delle erbe infestanti da pascolo sovrasta il pascolo. Il diserbo elettrotermico è quindi sia sistemico che selettivo per le erbe infestanti.

La criticità per il controllo elettrotermico dei Romici sta nel fatto che il picciolo delle foglie è molto sottile rispetto alla grande massa della corona, che è ciò che deve essere distrutta per uccidere il Romice nel suo complesso. Se l'elettricità viene applicata alle foglie il picciolo verrà distrutto prima che l'elettricità sufficiente entri nella corona per ucciderlo. È quindi probabile che l'elettricità debba essere applicata al gambo del fiore per ottenere energia sufficiente nella corona. Ciò potrebbe funzionare solo su piante più giovani con corone più piccole piuttosto che su vecchi grandi Romici. Con le macchine elettrotermiche portatili potrebbe essere possibile applicare direttamente l'elettricità alla corona stessa. Tuttavia, non è chiaro se questo sarebbe più efficace ed efficiente in termini di manodopera e costi rispetto alla rimozione manuale con una forcella per Romici. Sono necessarie ulteriori ricerche.

2.9.3. Altre tecniche

Sono state sperimentate diverse altre tecniche per il controllo diretto dei Romici, come il diserbo termico mediante fiamma e vapore, gli scavatori meccanizzati per Romici, ecc. La fiamma e il vapore possono solo defogliare le piante di Romice, quindi non sono più efficaci del pascolo e della falciatura. Richiedono anche grandi quantità di energia il che li rende antieconomici. Approcci meccanici come il "dock twirler" (Dierauer et al., 2018) con il suo alto costo di capitale, bassa agilità e quindi lento ritmo di lavoro sono considerati incapaci di eguagliare il diserbo con forcelle per Romici ben progettate sia per velocità che per costi.

2.9.4. Rinnovo dei pascoli con un'elevata popolazione di Romice

Quando le popolazioni di romice sono eccessive, è probabile che sia più economico chiudere il pascolo e ripristinarlo piuttosto che cercare di rimuovere i romici. Tipicamente, la coltivazione poco profonda (da 5 a 10 cm) motorizzata con un rotovator dovrebbe essere utilizzata inizialmente per staccare le chiome dalle radici per ridurre al minimo le loro riserve. Il rotovator romperà anche le corone, riducendo ancora una volta al minimo le riserve di qualsiasi frammento a cui possono attingere per ricrescere. I frammenti della corona ricresceranno vigorosamente a meno che il terreno e il tempo non siano particolarmente asciutti, quindi sarà necessario un follow-up della lavorazione del terreno per fermare il ri-radicamento dei frammenti.

Un'opzione è quella di seppellire le corone rotte il più profondamente possibile con un aratro. Tuttavia, ottenere una buona sepoltura con un aratro nel terreno che è già coltivato può essere difficile.

Un'alternativa è quella di utilizzare coltivatori e erpici a molla per tirare le corone in superficie per impedire loro di ri-radicarsi. È meglio evitare i macchinari motorizzati in quanto ciò sarà più dannoso per la struttura del suolo ed è più probabile che seppellisca poco le corone ottenendo l'effetto di trapiantarle.

Le coltivazioni di follow-up sono assolutamente critiche perché se le corone non vengono uccise, dividendo le corone la coltivazione iniziale creerà molte più piante di Romice, proprio come avviene per il rabarbaro.

Arare Romici intatti non sempre garantisce il successo, perché se le piante sono grandi, possono inviare germogli attraverso una notevole profondità di terreno e ristabilirsi (Figura 6).

Figura 6. Pianta di Romice che è stata arata e poi ha messo su un germoglio dalla corona sepolta il quale ha poi stabilito una nuova corona e foglie. Si noti l'aspetto allungato, simile al bambù, del germoglio che è cresciuto in superficie e che le radici avventizie sono prodotte solo dai nodi.



3. Conclusioni

L'approccio tolleranza zero in una "guerra alle erbacce" fallimentare deve lasciare il posto a una nuova attenzione all'economia della gestione dei Romici che tollera una bassa popolazione di Romici basata sulla consapevolezza che eliminare tutti gli impianti di Romice è uno spreco di denaro e che sono una parte importante della biodiversità naturale dell'Europa, e che una loro presenza contenuta nel pascolo può essere utile. Un'efficace gestione non chimica del Romice si basa su un approccio basato sull'intero sistema. Il primo è comprendere la biologia e l'ecologia del Romice, in particolare il ruolo della corona. Una parte importante è una buona gestione dei pascoli che preveda tappeti erbosi diversificati e pascoli a rotazione che lascino residui più lunghi. È importante ruotare l'insilato e i campi pascolati e garantire che i nutrienti del suolo, il pH e la struttura siano tutti ottimali. Infine, la pioggia di semi di erbe infestanti deve essere ridotta al minimo e, se i Romici si stabiliscono nel nuovo pascolo, le forcelle possono essere utilizzate per ridurre le loro popolazioni a livelli accettabili.

ALLEGATO 3

Illustrazione dell'approccio "molti piccoli martelli" nella lotta contro le erbe infestanti

Figura 36. Gestione integrata delle infestanti per l'orzo primaverile

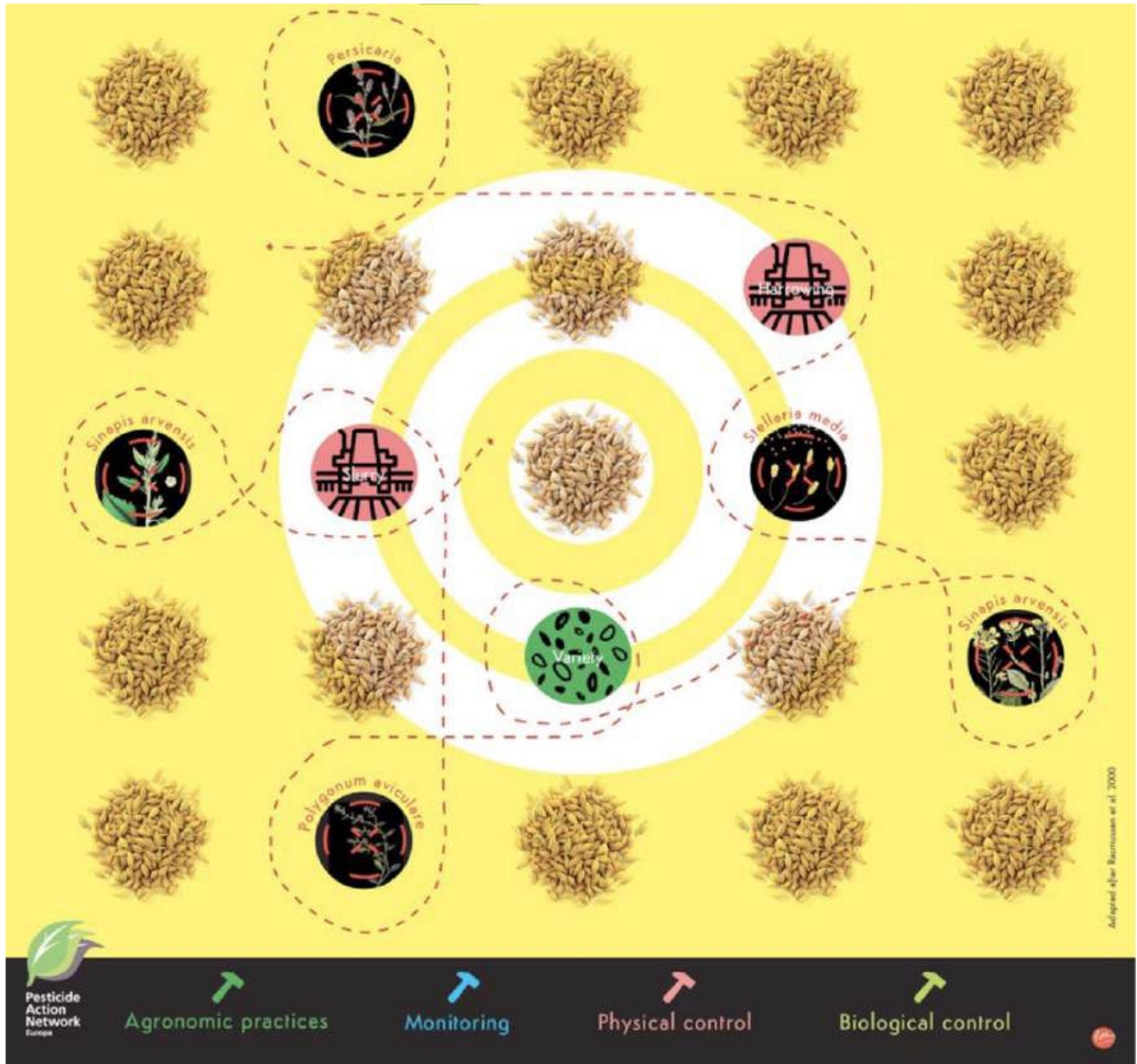
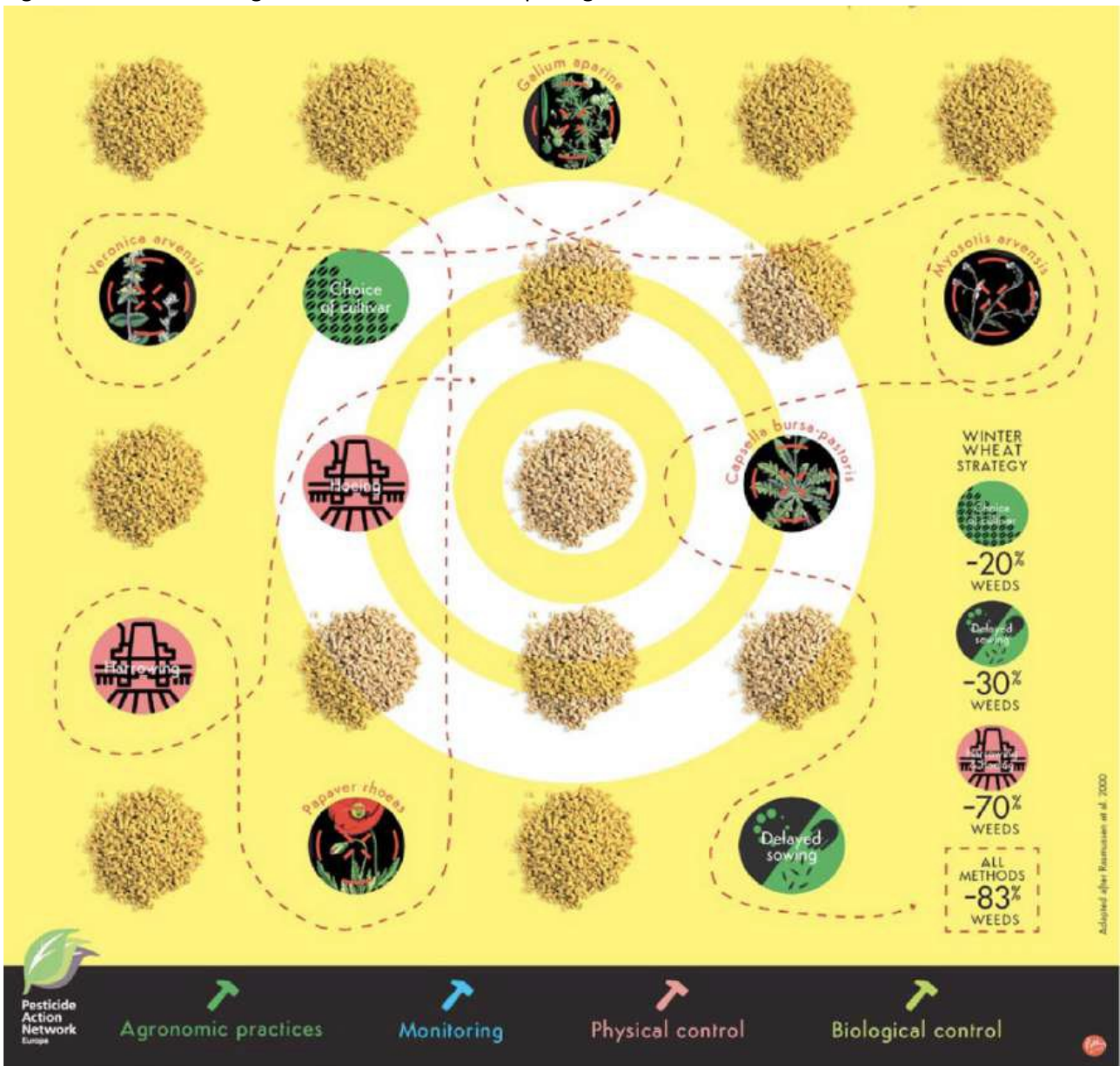


Figura 37. Gestione integrata delle erbe infestanti per il grano invernale



60 rue Wiertz/Wiertzstraat 60
 1047 Brussels, Belgium
www.greens-efa.eu
contactgreens@ep.europa.eu