TERRE DELL’ECCELLENZA (TDE)

Pesticidi nelle foglie di bioindicatori arborei

Nota tecnico-scientifica e criterio operativo di qualificazione territoriale | TDE – Bioindicatori | Versione 1.0 | 9 novembre 2026

Ambito: protocollo territoriale applicabile a differenti aree agricole. Il riferimento alla robinia (Robinia pseudoacacia L.) è esemplificativo e non costituisce obbligo di impiego esclusivo.

1. Finalità e principio interpretativo

Il controllo multiresiduale sulle foglie è destinato a verificare se nell’area circolino pesticidi intercettabili da organismi vegetali esposti all’ambiente esterno. Non serve a stabilire la commestibilità delle foglie, né a dimostrare quantitativamente il trasferimento dei contaminanti alla granella o ad altre colture. La foglia è considerata una matrice sentinella, integrativa rispetto a suoli, acque e altri bioindicatori (api, polline, muschi), quando disponibili.

Principio TDE: il valore ambientale di un territorio non consiste nell’assenza chimica assoluta di ogni molecola, ma in una pressione antropica sufficientemente bassa, verificata mediante un insieme coerente di evidenze. La continua diminuzione dei limiti di quantificazione non deve modificare automaticamente un giudizio territoriale già definito con criteri trasparenti e stabili.

2. Criterio TDE adottato

Unità: mg/kg di foglia fresca (peso fresco); concentrazione X riferita a ciascuna singola sostanza quantificata nell’analisi multiresiduale, non alla somma delle sostanze.

Concentrazione X	Esito criterio fogliare	Applicazione
X < 0,01 mg/kg	FAVOREVOLE – TDE	Il criterio pesticidi sulle foglie è soddisfatto; resta necessario il giudizio integrato territoriale.
0,01 ≤ X ≤ 0,05 mg/kg	VERIFICA INTEGRATA	Considerare gli altri marcatori ambientali disponibili, la natura della sostanza, la distribuzione spaziale e la plausibilità di trasporto esterno.
X > 0,05 mg/kg	ESCLUSIONE TDE	Il superamento di una sola sostanza comporta non idoneità secondo il criterio deliberato; subordinare la decisione a controllo della validità analitica del dato.

Nota sui valori di confine: X = 0,01 e X = 0,05 mg/kg sono collocati per convenzione nella fascia di verifica integrata, eliminando ambiguità decisionali. Se un laboratorio restituisce “< LOQ”, la classificazione è possibile direttamente solo quando LOQ ≤ 0,01 mg/kg nella matrice in esame.

La soglia TDE è convenzionale e volontaria: NON è un limite di legge, NON equivale a un livello di rischio tossicologico e NON costituisce applicazione giuridica degli LMR alimentari alla robinia.

3. Ragione della scelta: confronto con gli LMR alimentari

Il Regolamento (CE) n. 396/2005 stabilisce gli LMR per combinazioni di sostanza attiva e prodotto alimentare. Il limite generale di default è 0,01 mg/kg quando non è fissato un LMR specifico; molti LMR specifici sono più elevati. Per analogia di matrice, le foglie di robinia possono essere confrontate soltanto in via concettuale con ortaggi a foglia (es. spinacio), non per equivalenza biologica o regolatoria.

Per la qualificazione TDE si è preferito un criterio uniforme e più leggibile (0,01 / 0,05 mg/kg per sostanza) rispetto all'applicazione di una percentuale variabile degli LMR degli spinaci. Ciò evita centinaia di soglie diverse e mantiene il focus sulla pressione ambientale, anziché sulla conformità alimentare.

4. Evidenze empiriche nella letteratura

Gli studi pubblicati dimostrano che i residui fitosanitari sono misurabili su vegetazione non bersaglio, anche lontano dai campi, ma il risultato dipende da specie, esposizione, stagione, sostanza e base di peso. I valori seguenti non devono essere scambiati per valori di fondo della robinia in territori TDE.

Studio / matrice	Risultato documentato	Utilità per TDE
Brühl et al., 2024 – vegetazione spontanea, Val Venosta	Somma media 0,10448 mg/kg; fluazinam medio 0,04352; trifloxystrobin 0,02088; penconazolo 0,01279 mg/kg. Massimo methoxyfenozide 1,37085 mg/kg.	Dimostra la capacità di discriminare vegetazione esposta a coltivazioni intensive; le medie non sono soglie TDE.
Linhart et al., 2019 – erbe di parchi giochi, Alto Adige	45% dei 71 siti con almeno un residuo; massimi riportati: phosmet 0,069 e fluazinam 0,26 mg/kg.	Evidenzia residui superiori a 0,05 mg/kg in aree non trattate direttamente.
Pompe et al., 2026 – loietto e bietola da foglia, Baviera	216 campioni vegetali; metodo con classi di LOQ di 0,01 e 0,001 mg/kg; residui più frequenti vicino alle colture.	Conferma l'utilità delle piante sentinella; nessuna equivalenza diretta tra foglia e deposizione atmosferica.
Beghini et al., 2025 – foglie arboree, Verona	Pesticidi trovati in oltre il 70% dei campioni; folpet-ftalimide nel 55,3%.	Pertinente per biomonitoraggio con foglie di alberi vicino a terreni coltivati.
Cebotari et al., 2018 – fiori di robinia, Moldavia	Riportati diversi residui, fra cui valori medi molto elevati per difenoconazolo (8,75 mg/kg).	Confronto solo esplorativo: fiori, non foglie; qualità metodologica e dati tabellari da approfondire.

Avvertenza: per confrontare realmente concentrazioni pubblicate occorre verificare in ciascuno studio la base di peso (fresco/secco), il trattamento preanalitico, il metodo e i singoli LOQ. Non si convertono valori su peso secco in peso fresco senza conoscere il contenuto idrico effettivo.

5. Interpretazione dell'esito e integrazione tra matrici

Per X < 0,01 mg/kg su tutte le sostanze misurabili, il criterio fogliare è positivo. Nella fascia 0,01–0,05 mg/kg si considerano, se presenti, suolo (soprattutto pesticidi storici e persistenti), api/polline, muschi, acque e informazioni sulle pratiche agricole; l'assenza di una matrice opzionale non deve essere confusa con un risultato negativo. Per X > 0,05 mg/kg, la non idoneità TDE si applica dopo verifica di identificazione, unità, matrice, eventuale contaminazione del campione e incertezza di misura.

Il dato fogliare non prova da solo l'assenza di impiego locale di fitosanitari: per tale dichiarazione sono necessari anche elementi documentali sulle pratiche aziendali, il contesto d'uso del suolo e le sorgenti circostanti. Residui sulle foglie possono essere dovuti a deposizione atmosferica, contatto diretto, risospensione o assorbimento dalla pianta.

6. Requisiti per il piano di campionamento

Il numero di punti, le stagioni, le specie e le modalità di composizione dei campioni devono essere definiti nel piano generale di campionamento TDE, comune ai differenti comparti ambientali. Devono essere specificati: scelta di una specie vegetale diffusa e confrontabile; campioni di foglie integre non lavate; standardizzazione di età fogliare, altezza, esposizione e stagione; registrazione meteo e usi agricoli; siti di confronto; trasporto e conservazione del campione.

Requisito analitico funzionale già fissato: multiresiduale LC-MS/MS + GC-MS/MS validata sulla matrice fogliare, con LOQ almeno pari a 0,01 mg/kg (peso fresco) per le sostanze sulle quali si intende formulare il giudizio. Le sostanze non comprese nel metodo, o con LOQ maggiore, vanno esplicitate nel rapporto; la loro assenza non può essere dedotta dal risultato "non rilevato".

7. Decisione conclusiva

CRITERIO TDE APPROVATO: < 0,01 mg/kg favorevole; 0,01–0,05 mg/kg verifica integrata; > 0,05 mg/kg esclusione. Criterio applicato per singola sostanza nelle foglie bioindicatrici, su peso fresco. Gli LMR UE restano un riferimento concettuale, non una base giuridica per tali soglie. Il protocollo mantiene il principio di proporzionalità e non ricerca l'assenza assoluta di contaminazione a livello di ultratracce.

8. Bibliografia e riferimenti normativi

1. Parlamento europeo e Consiglio (2005). Regolamento (CE) n. 396/2005, relativo ai livelli massimi di residui di antiparassitari nei o sui prodotti alimentari e mangimi di origine vegetale e animale. Testo consolidato e successive modifiche. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2005/396/oj

2. Commissione europea. EU legislation on MRLs. Valore generale di default 0,01 mg/kg in assenza di un LMR specifico. https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/maximum-residue-levels/eu-legislation-mrls_en

3. Brühl, C. A., Engelhard, N., Bakanov, N., Wolfram, J., Hertoge, K., & Zaller, J. G. (2024). Widespread contamination of soils and vegetation with current use pesticide residues along altitudinal gradients in a European Alpine valley. Communications Earth & Environment, 5, 72. https://doi.org/10.1038/s43247-024-01220-1

4. Linhart, C., Niedrist, G. H., Nagler, M., et al. (2019). Pesticide contamination and associated risk factors at public playgrounds near intensively managed apple and wine orchards. Environmental Sciences Europe, 31, 28. https://doi.org/10.1186/s12302-019-0206-0

5. Linhart, C., Panzacchi, S., Belpoggi, F., Clausing, P., Zaller, J. G., & Hertoge, K. (2021). Year-round pesticide contamination of public sites near intensively managed agricultural areas in South Tyrol. Environmental Sciences Europe. https://doi.org/10.1186/s12302-020-00446-y

6. Pompe, F., Reitz, M. U., Brumhard, B., Waeber, M., Mendez Gutierrez, A. A., Köhler, J., Kunkel, U., Gehring, K., Scheithauer, M., & Johnson, D. (2026). Investigating the fate and transport behavior of pesticides in air via bioindicator plants and bulk deposition samplers in southeastern Germany. Environmental Toxicology and Chemistry, 45(6), 1389–1407. https://doi.org/10.1093/etojnl/vgag052

7. Beghini, G., Danieli, G., Marcolungo, C., Lauriola, P., Caobelli, R., & Biggeri, A. (2025). From fields to gardens: Pesticide contamination in residential areas. A participatory study in Verona (Veneto Region, Italy), 2021–2022. Epidemiologia & Prevenzione, 49(5–6), 404–414. https://doi.org/10.19191/EP25.5-6.A901.091

8. Cebotari, V., Buzu, I., Gliga, O., Postolachi, O., & Granciuc, N. (2018). Content of pesticide residues in the flowers of the acacia and linden trees from the Moldavian Codri Area. Scientific Papers, Series D, Animal Science, 61(2), 235–242. ISSN 2285-5750. Fonte bibliografica/abstract: https://www1.eurekamag.com/research/070/895/070895074.php

9. Cebotari, V., Buzu, I., & Postolachi, O. (anno da verificare). Pesticide residues in melliferous flowers from sites with diverse anthropic impact. Scientific Papers – Animal Science Series. Abstract consultabile: https://uaiasi.ro/firaa/en/journal/vol-71/Valentina_Cebotari2.html. Riporta assenza di residui rilevabili in campioni di fiori di acacia da bosco (69 sostanze ricercate); non utilizzato per fissare le soglie.

Nota redazionale: bibliografia verificata sulle pagine degli editori/banche dati accessibili alla data del documento. Le soglie TDE sono una decisione autonoma del progetto, non una conclusione direttamente ricavata dagli studi citati.