



Esperienza dimostrativa sull'uso di compost nel progetto Carbon Farming

Sara Turci, Silvia Paolini, Elettra Frassinetti, Maria Grazia Tommasini

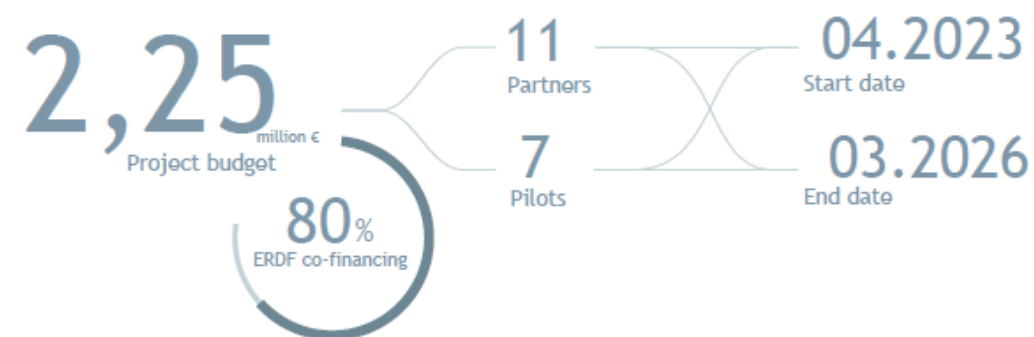
RI.NOVA

Cesena, 6 marzo 2026

Il progetto CE Carbon Farming



Obiettivo: promuovere, testare e diffondere le pratiche del Carbon Farming nell'Europa Centrale



<https://www.interreg-central.eu/projects/carbon-farming-ce/>

Obiettivi del Progetto Carbon Farming CE



1

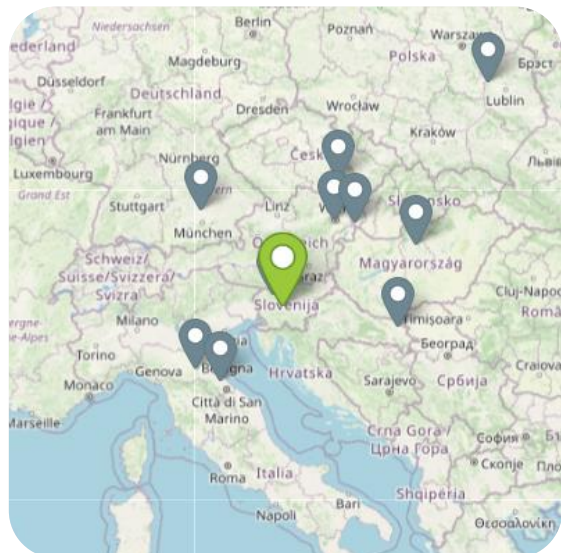
Testare nei 9 paesi UE almeno **6 migliori pratiche** per il carbon farming

2

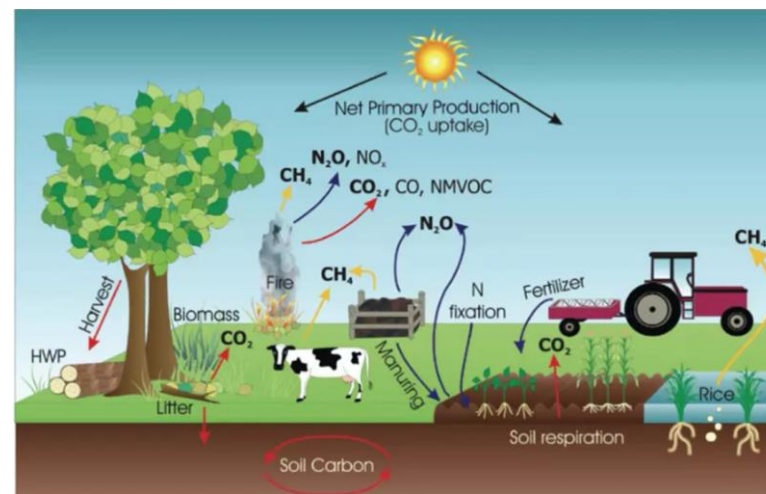
Mettere a punto **5 tipologie di modelli aziendali** per il carbon farming

3

Sviluppare una metodologia standardizzata per il **monitoraggio del sequestro del C** nel suolo



11 Partner di 9 paesi
dell'Europa Centrale





Tecniche di Carbon Farming in Europa (alcuni esempi)



1. **Apporto di matrici organiche**
2. Utilizzo di *cover crops*
3. Sovesci
4. Riduzione delle lavorazioni
5. Riutilizzo di residui colturali
6. Agroforestazione





1. Apporto di ammendanti organici

✓ Matrici SOLIDE

(Es. letame maturo, compost)

- > contenuto in C organico ✓
- Rapporto C/N simile a quello dell'humus presente nel terreno ✓



✓ Matrici LIQUIDE

(Es. liquame, biodigestato)

- Contenuto in C organico < rispetto alle matrici solide ✓
- > apporto di nutrienti minerali prontamente disponibili
- Talvolta può verificarsi un effetto «di innesco» che può causare una decomposizione a breve termine della SOM ✗





Prova no. 1 (2023) - Impiego di COMPOST come ammendante organico su colture orticole

Localizzazione: Az. sperimentale Martorano 5 (Cesena)

DISTRIBUZIONE COMPOST
20/06/2023



OBIETTIVO: Valutare l'effetto sulla **sostanza organica** nel suolo, **sullo sviluppo vegetativo e sulla resa** delle colture orticole dopo l'applicazione di compost a confronto con due strategie aziendali "standard" (concimazione minerale e organica)

2023								2024							
Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug
		Zucchini	Cavolo verza								Spinacio	Lattuga			



Progetto Carbon farming CE

GOI SI.ORTO

Protocollo sperimentale

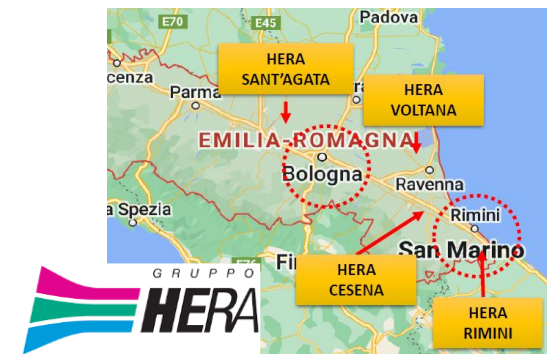
Tesi a confronto:

1. **Compost** HERA stabilimento Rimini (**RN**) (30 t/ha)
2. **Compost** HERA stabilimento Sant'Agata Bolognese (**BO**) (30 t/ha)
3. **Compost** HERA stabilimento Forlì-Cesena (**FC**) (30 t/ha)
4. Ammendante organico ORGA-KEM (**ORG**) (1000 Kg/ha)
5. Concimazione minerale 12-12-17 (**MIN**) (400 Kg/ha)
6. **Compost** HERA stabilimento Voltana (**RA**) (30 t/ha)

VALUTAZIONI

Agronomiche:
sviluppo
vegetativo, resa,
eventuale
fitotossicità

Analisi SUOLO fertilità pre e post-prova (C organico, N, rapporto C/N, macro e micro elementi) + analisi specifiche su **indicatori qualità del suolo** (e.g. attività enzimatica; biomassa microbica) c/o UNIBO



Tr.	Description	N (%)	P2O5 (%)	K2O (%)	N Efficacy index	Dose, kg/ha	Dose kg/plot
1	HERA COMPOST Rimini (RN) plant	1.5	1.8	2.0	0.20	30000	720
2	HERA COMPOST Sant'agata Bolognese (BO) plant	1.4	2.2	3.2	0.20	30000	720
3	HERA COMPOST Forlì-Cesena (FC) plant	1.9	0.6	1.8	0.20	30000	720
4	Organic amendant ORGA-KEM	6.0	6.0	12.0	0.80	1000	24
5	Chemical fertilizer NITROPHOSKA 12-12-17	12.0	12.0	17.0	1.00	400	10
6	HERA COMPOST Voltana (RA) plant	2.2	1.6	2.1	0.20	30000	720



RISULTATI

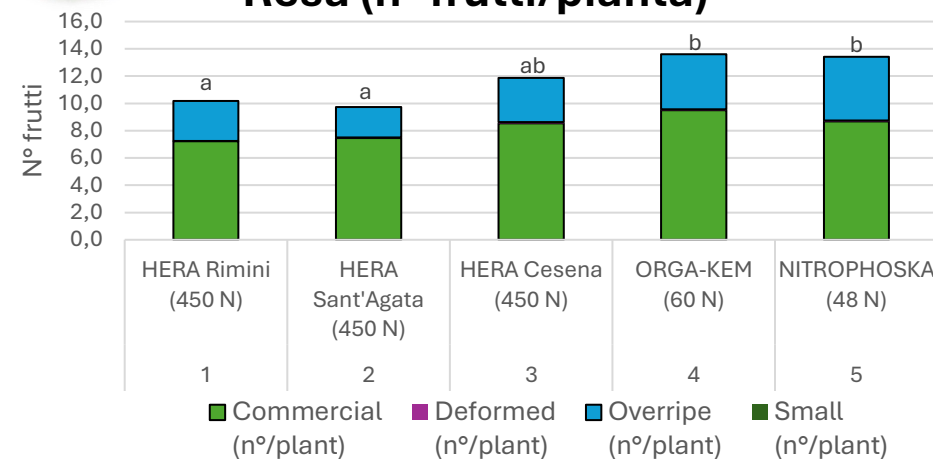


Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)



Tr.	Description	NDVI 07/07/23		NDVI 18/07/23		NDVI 04/08/23	
1	HERA Rimini (450 N)	0.143	a	0.235	a	0.793	a
2	HERA Sant'Agata (450 N)	0.150	ab	0.238	a	0.763	a
3	HERA Cesena (450 N)	0.160	b	0.315	b	0.770	a
4	ORGA-KEM (60 N)	0.185	c	0.378	c	0.788	a
5	NITROPHOSKA (48 N)	0.193	c	0.440	d	0.780	a

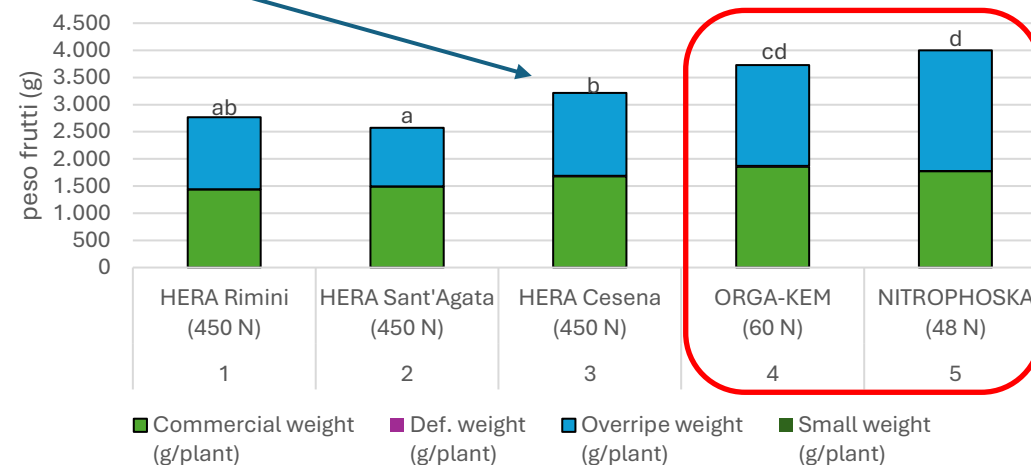
Resa (n° frutti/pianta)



CONSIDERAZIONI

1. Le tesi fertilizzate con compost Hera hanno avuto uno sviluppo vegetativo ritardato rispetto agli standard aziendali organico e minerale.
2. **MIN e ORG hanno generato una resa (g/pianta) significativamente superiore ai compost**
3. Il compost proveniente dallo stabilimento di Cesena ha mostrato una migliore performance rispetto a Rimini e Sant'Agata

Resa (g/pianta)



RISULTATI

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)



Tr.	27/9/23	5/10/23	12/10/23	19/10/23	26/10/23	7/11/23	14/11/23	20/11/23	13/12/23
1	0.139 <i>c</i>	0.233 <i>a</i>	0.298 <i>b</i>	0.455 <i>a</i>	0.574 <i>a</i>	0.638 <i>a</i>	0.675 <i>a</i>	0.643 <i>a</i>	0.709 <i>a</i>
2	0.141 <i>cd</i>	0.238 <i>a</i>	0.321 <i>c</i>	0.495 <i>b</i>	0.624 <i>a</i>	0.700 <i>b</i>	0.715 <i>a</i>	0.676 <i>b</i>	0.741 <i>b</i>
3	0.133 <i>a</i>	0.223 <i>a</i>	0.294 <i>ab</i>	0.455 <i>a</i>	0.609 <i>a</i>	0.646 <i>a</i>	0.693 <i>a</i>	0.668 <i>ab</i>	0.735 <i>b</i>
4	0.134 <i>ab</i>	0.221 <i>a</i>	0.281 <i>a</i>	0.429 <i>a</i>	0.575 <i>a</i>	0.650 <i>a</i>	0.691 <i>a</i>	0.664 <i>ab</i>	0.744 <i>b</i>
5	0.138 <i>bc</i>	0.223 <i>a</i>	0.293 <i>ab</i>	0.458 <i>ab</i>	0.614 <i>a</i>	0.655 <i>a</i>	0.713 <i>a</i>	0.668 <i>ab</i>	0.750 <i>b</i>
6	0.144 <i>d</i>	0.240 <i>a</i>	0.304 <i>b</i>	0.464 <i>ab</i>	0.588 <i>a</i>	0.651 <i>a</i>	0.703 <i>a</i>	0.664 <i>ab</i>	0.745 <i>b</i>



Resa: biomassa totale (g/pianta)



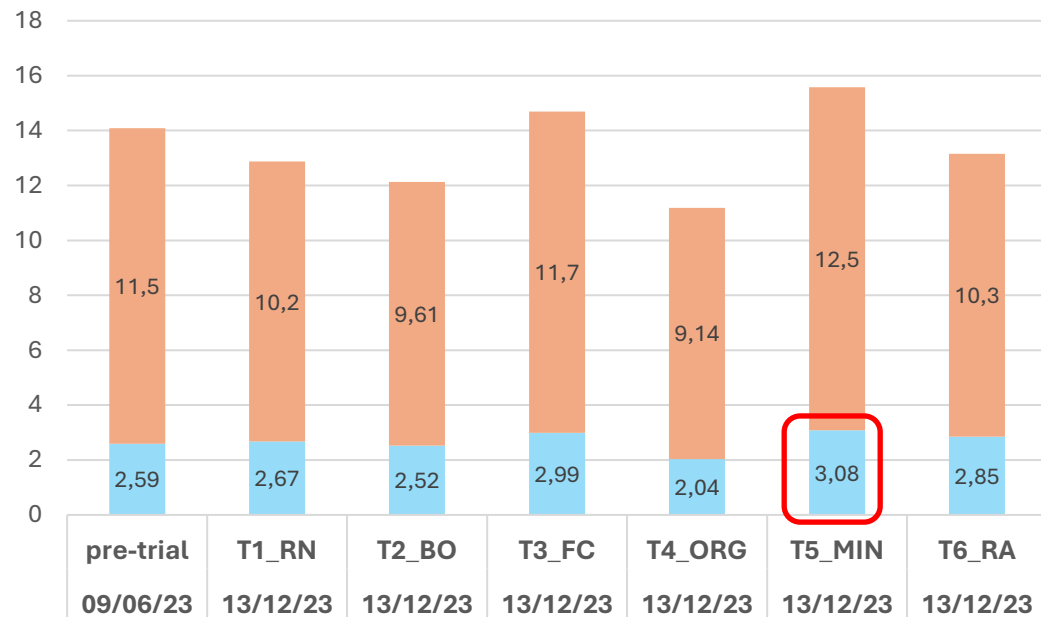
CONSIDERAZIONI

1. Tutte le tipologie di compost mostrano un effetto simile agli standard organico e minerale
2. Sul secondo ciclo colturale (cavolo) il compost proveniente dallo stabilimento di **Voltana** ha mostrato una **resa (g/pianta)** simile allo standard minerale
3. Va tuttavia ricordato che nella tesi 6 (Voltana) l'applicazione del compost è stata effettuata appena prima del trapianto del cavolo (**19/09**) mentre in tutte le altre tesi l'applicazione era stata fatta 3 mesi prima (20/06)

RISULTATI ANALISI SUOLO



Sostanza organica (%) e rapporto C/N



■ SOM % ■ C/N

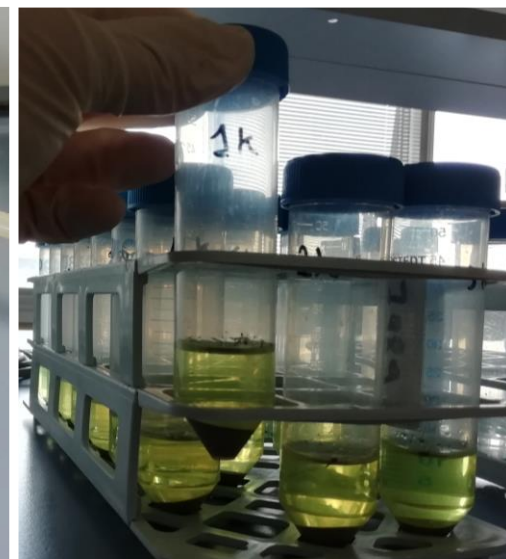
- ✓ In alcune tesi si evidenzia un incremento numerico nel contenuto in SOM che tuttavia risulta essere **maggiore nella tesi con concimazione minerale** (ove l'apporto di matrici organiche è nullo)
- ✓ È plausibile supporre che l'aumento sia dovuto **all'interramento dei residui vegetali** la cui biomassa totale è tendenzialmente maggiore nelle tesi fertilizzate con concime minerale (MIN)
- ✓ Visto la breve durata della sperimentazione e la ridotta distanza dall'interramento dei residui ed il campionamento al suolo è molto probabile che l'incremento di SOM sia dovuta in gran parte alla **frazione organica meno stabile** dal punto di vista biochimico.
- ✓ **Per monitorare l'effettivo sequestro di C nel suolo** (ovvero l'incremento della frazione più stabile della SOM) **sono necessari studi a lungo termine.**



ANALISI BIOCHIMICHE C/O UNIBO



MBC, MBN, attività enzimatiche: indicatori specifici che evidenziano **risposte più rapide nelle dinamiche della sostanza organica legate all'attività microbica** e al ciclo dei nutrienti rispetto ad esempio al rapporto C/N



La determinazione in lab consente la massima espressione degli enzimi presenti (**attività enzimatica potenziale di un suolo**)



- **C della biomassa microbica – MBC** (mg/Kg suolo)
 - **N della biomassa microbica - MBN** (mg/Kg suolo)
- Determinati con il metodo della fumigazione con cloroformio ed estrazione con solfato di K.
La differenza tra campioni fumigati e non fumigati esprime il C e N microbici

- Attività enzimatiche idrolitiche extracellulari** (prevalentemente di origine batterica) coinvolti in importanti cicli dei nutrienti:
- β -glucosidasi (**β -glu**) $\rightarrow$ coinvolta nel ciclo del C (degradazione della cellulosa)
 - Fosfatasi (**Fosf**) $\rightarrow$ ciclo del P (rilascio di PO_4^{3-})
 - N-acetil- β -glucosidasi (**NAG**) $\rightarrow$ degradazione di polimeri che contengono legami C-N (come la chitina)



Analisi biochimiche c/o UNIBO

Prova COMPOST: risultati del C e N della biomassa microbica e di alcune attività enzimatiche

Tesi	MBC (mg/kg)	MBN (mg/kg)	β -glu ($\mu\text{molpNP/gssh}$)	Fosf ($\mu\text{molpNP/gssh}$)	NAG ($\mu\text{molpNP/gssh}$)	β -glu/MBC*	fosf/MBC*	NAG/MBC*
MIN	504 $\pm$ 61	5,2 $\pm$ 3,2	0,4 $\pm$ 0,06	1,05 $\pm$ 0,07	0,052 $\pm$ 0,002	0,471	1,458	0,084
ORG	502 $\pm$ 115	6,2 $\pm$ 1,8	0,42 $\pm$ 0,05	1,01 $\pm$ 0,23	0,056 $\pm$ 0,011	0,710	1,716	0,105
RN	679 $\pm$ 15	11,9 $\pm$ 0,7	0,32 $\pm$ 0,04	0,99 $\pm$ 0,03	0,057 $\pm$ 0,011	0,698	1,860	0,107
FC	559 $\pm$ 40	8,3 $\pm$ 2,1	0,39 $\pm$ 0,002	1,04 $\pm$ 0,03	0,060 $\pm$ 0,010	0,837	2,012	0,112
BO	507 $\pm$ 134	7,7 $\pm$ 1,9	0,36 $\pm$ 0,005	0,87 $\pm$ 0,02	0,053 $\pm$ 0,003	0,754	2,083	0,103
RA	532 $\pm$ 53	8,8 $\pm$ 2,1	0,42 $\pm$ 0,05	1,15 $\pm$ 0,08	0,076 $\pm$ 0,013	0,789	2,162	0,143

L'apporto di **compost** in generale determina un aumento della biomassa microbica (**MBC e MBN**), con valori più elevati nel caso del compost di **RN**

Le attività enzimatiche specifiche sono generalmente più elevate nelle tesi con apporto di **compost**, rispetto allo standard minerale. Questo perché nel compost i nutrienti non sono immediatamente disponibili e i microrganismi devono produrre enzimi per renderli accessibili.

* Valori moltiplicati per 10^3 (mmolpNP/gssh)



CONSIDERAZIONI

- ✓ Il C e N delle biomassa microbica e le attività enzimatiche sono **indicatori specifici** che evidenziano **risposte più rapide nelle dinamiche della sostanza organica legate all'attività microbica** e al ciclo dei nutrienti rispetto ad esempio ad analisi più tradizionali come il rapporto C/N
- ✓ **L'interpretazione dei risultati non è sempre facile ed univoca** perché le dinamiche della sostanza organica nel suolo e le connesse attività microbiche sono complesse
- ✓ Non sempre una maggiore attività enzimatica è un indice positivo o viceversa una minore attività è un indice negativo, dipende dai molteplici fattori che entrano in gioco.
- ✓ Risulta importante individuare **indicatori diversi della qualità del suolo** per fornire un quadro più oggettivo sulle variabili che entrano in gioco ad esprimere i servizi ecosistemici connessi al suolo





Deliverable D.1.4.1 «Mainstreaming of CF techniques»

Overview of uptake of carbon farming techniques

Table 1: Number of farmers who took up certain carbon farming techniques in nine Central European countries.

Techniques	Austria	Croatia	Czech Republic	Germany	Hungary	Italy	Poland	Slovakia	Slovenia	Total number of choices/ farmers
A.1 External organic fertilizers		2	4	1	1	5	1	5	5	24
A.2 Relocation of harvest residues	1		1					4	2	8
B.1 Additional cover crops	2	5	5	1	2	4	1	3	6	29
B.2 Diversification of crop rotation	3	3	4	1	2		2	1		16
B.4 Agroforestry	1		2				1	2		6
C.1 Reducing tillage	3	5	4	2	5		3	4	4	30
C.4 Liming/gypsum effect		1		4			1		1	7
Number of farmers	5	5	5	5	5	9	5	5	6	50

Intervista svolta a **50 agricoltori nei 9 paesi UE** che hanno adottato tecniche di CF con l'obiettivo di raccogliere il loro feedback sulla **fattibilità, accettabilità** ed effettivo **contributo alla qualità del suolo e sequestro del C**





3 le pratiche di Carbon Farming più comunemente impiegate e con il maggior punteggio:

- **Apporto di matrici organiche**
- **Cover crops**
- **Riduzione delle lavorazioni**

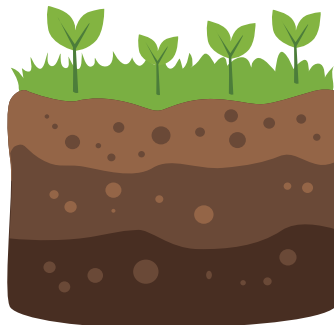
Table 2: Average rating of country averages of farmers of impact, feasibility, and acceptance after uptake of carbon farming practices on a scale from 0 (very low) -10 (very high)

Criteria	A.1 External organic fertilizers	A.2 Relocation of harvest residues	B.1 Additional cover crops	B.2 Diversi- fication of crop rotation	B.4 Agro- forestry	C.1 Reducing tillage	C.4 Liming/ gypsum effect	Average of country average scores/ total numbers of evaluation
Estimation of the positive impact on carbon sequestration	8,69	7,08	8,37	7,73	7,63	7,53	6,78	7,69
Feasibility (incl. costs and labour demand)	5,53	7,00	6,82	6,32	5,13	6,88	6,88	6,37
Acceptance (of farmers, consumers, public)	7,14	7,88	7,50	7,11	5,81	6,77	7,31	7,07
Total score (sum)	21,36	21,95	22,68	21,16	18,56	21,18	20,97	21,12
Number of evaluations	24	8	29	16	6	30	7	120
Countries included	Croatia		Croatia	Croatia		Croatia	Croatia	
	Germany		Germany	Germany		Germany	Germany	
	Hungary		Hungary	Hungary		Hungary		
	Italy		Italy					
	Slovenia	Slovenia	Slovenia			Slovenia	Slovenia	
		Austria	Austria	Austria	Austria	Austria		
	Czech Republic	Czech Republic	Czech Republic	Czech Republic	Czech Republic	Czech Republic		
	Poland		Poland	Poland	Poland	Poland	Poland	
	Slovakia	Slovakia	Slovakia	Slovakia	Slovakia	Slovakia		



Considerazioni finali

- ✓ L'impiego di tecniche di Carbon Farming **nel breve periodo non consente di raggiungere incrementi apprezzabili di C organico** nel suolo (+0,04% di TOC sulla SS del suolo; osservazioni condotte su 2 anni di sperimentazione in 3 Paesi dell'Europa centrale)
- ✓ Sul lungo periodo gli incrementi di C organico sono più consistenti (+20% di aumento relativo del TOC; da studi di lungo termine in 3 paesi UE)
- ✓ Pertanto, **l'apporto di ammendanti organici** (e.g. compost, letame, liquami, digestato) o l'impiego di altre tecniche di carbon farming (e.g. sovescio) possono avere un **effetto positivo sul sequestro del carbonio nel lungo periodo**
- ✓ In generale stiamo assistendo a una crescente sensibilizzazione del mondo agricolo sull'importanza di preservare e incrementare i livelli di sostanza organica nel suolo





Grazie per l'attenzione

