



Impiego di fertilizzanti organici da materiali di riciclo in colture cerealicole

Marco Grigatti – Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari
(DISTAL) UNIBO

La qualità dei suoli: Il ruolo dei fertilizzanti a base organica, dalla teoria al campo
Venerdì 6 marzo 2026 - Pievesestina di Cesena



Il contesto



Esiste un rinnovato interesse nel recupero dei rifiuti organici per l'uso in agricoltura



Chiudere il cerchio per i materiali organici



Potenziale sostituzione dei fertilizzanti minerali



Possibile stoccaggio di carbonio organico nel suolo

Prodotti confrontati

Ammendante compostato misto (*ACM*)

Ammendante compostato da fanghi agroalimentari (*ACF_a*)

Gesso da fanghi di depurazione - Biosolfato (*GDDF_{std}*)

Gesso da fanghi di depurazione - Granfondo (*GDDF_{new}*)

Fertilizzazione aziendale N-P (*Chim*)

Principali caratteristiche dei prodotti

Prodotti	Umidità (%)	C _{org} (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	SO ₃ (%)	CaO (%)
ACM	29	23.0	2.3	1.6	1.8	-	-
ACFa	40	31.6	2.6	6.9	1.4	-	-
GDDF_STD (Biosolfato)	74	15.0	0.8	1.6	0.3	17.8	21.4
GDDF_NEW (Granfondo)	50	18.1	1.5	1.1	0.7	15.2	20.3

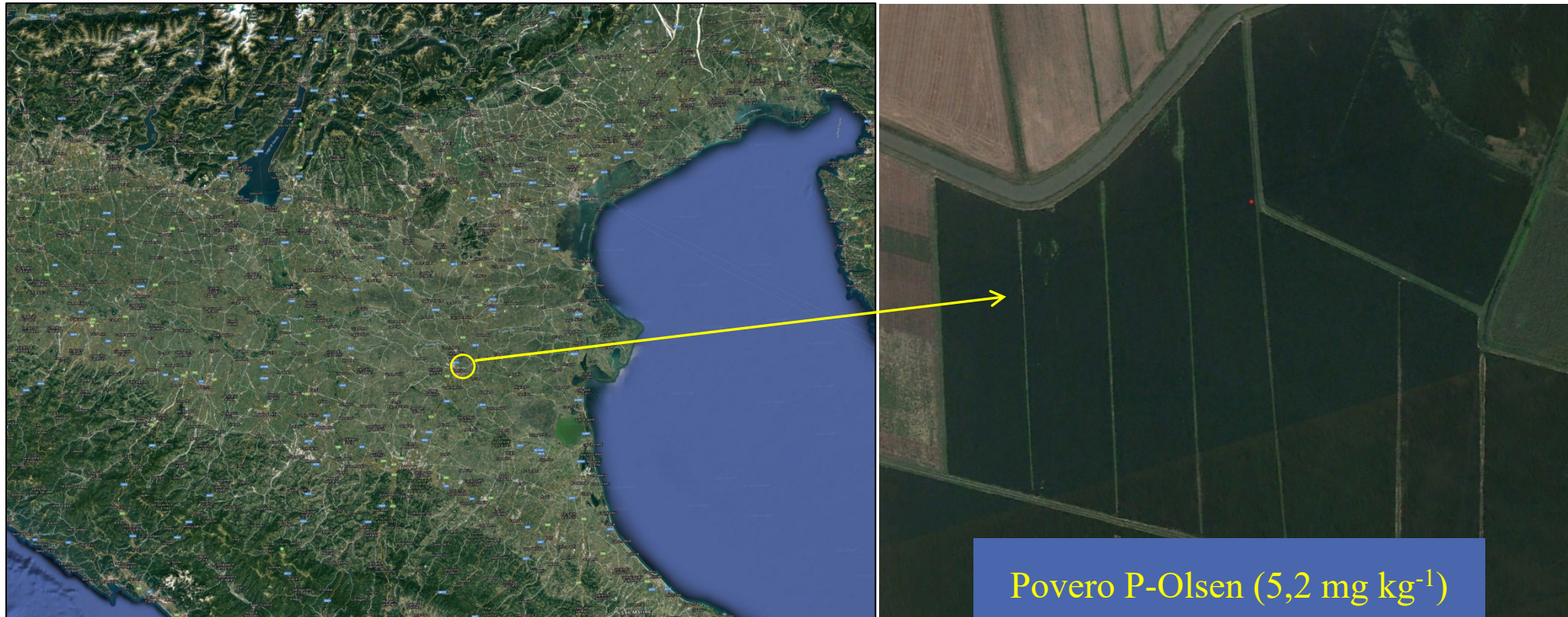
I dati sono espressi sui solidi totali (ST)

Contenuto di metalli pesanti nei prodotti testati

Prodotti	Pb	Cd	Ni	Zn	Cu	Hg	Cr (VI)
	(mg kg ⁻¹)						
ACM	20	0.28	20	178	140	0.12	<0.5
ACFa	14	0.32	23	167	75	0.16	<0.5
GDDEF_STD (Biosolfato)	23	<0.5	35	318	38	<0.5	<0.5
GDDEF_NEW (Granfondo)	12	<0.5	21	206	105	<0.5	<0.5
<i>Limiti (D.Lgs. 75/2010)</i>	<i>140</i>	<i>1.5</i>	<i>100</i>	<i>500</i>	<i>230</i>	<i>1.5</i>	<i>0.5</i>

Localizzazione delle prove di campo

Azienda Sperimentale – Fondazione F.lli Navarra (Ferrara)

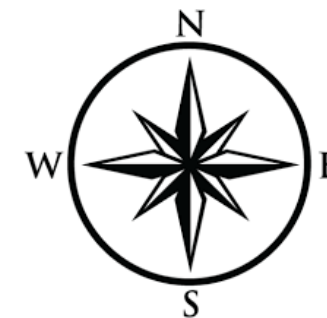
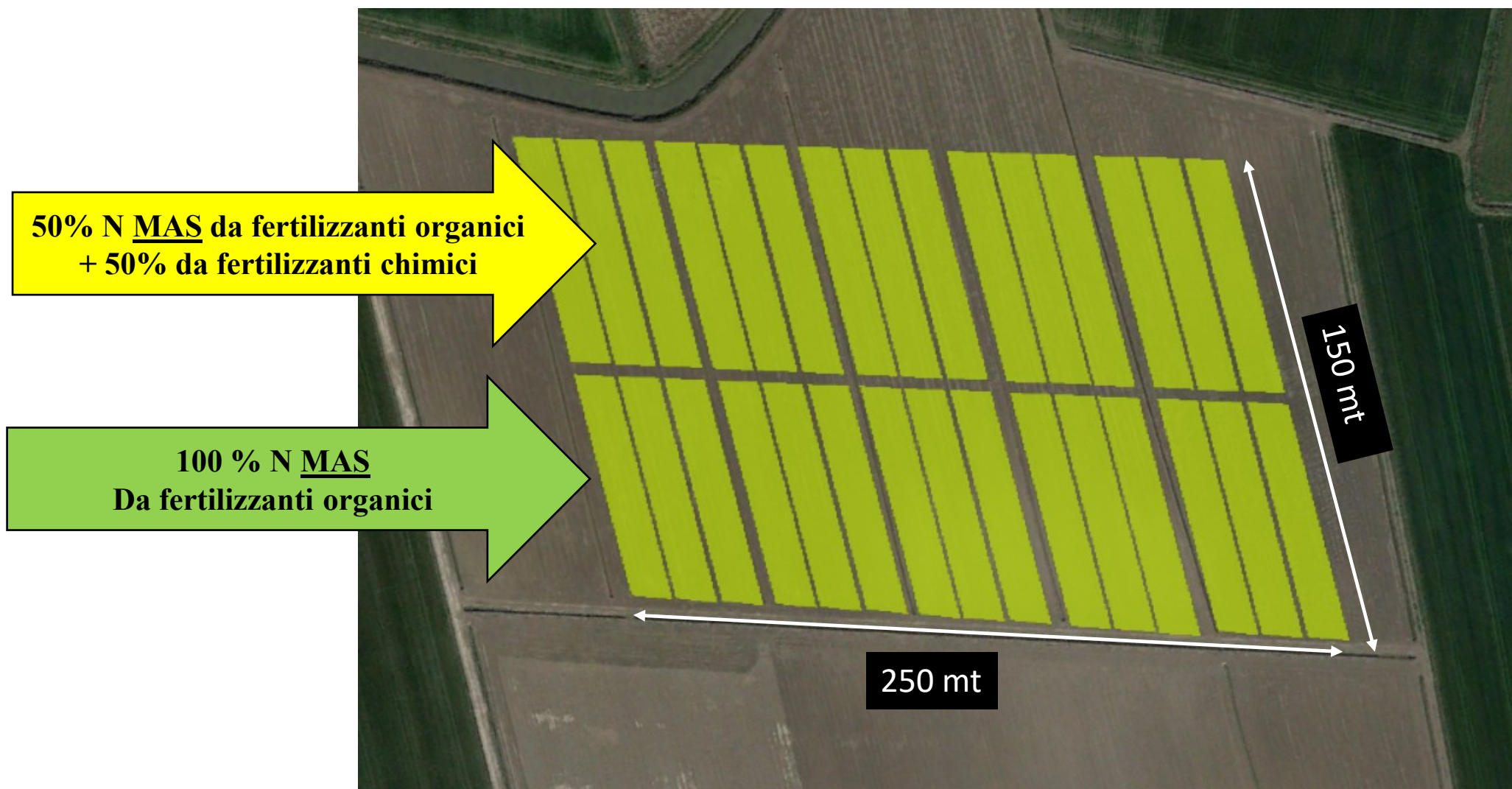


Povero P-Olsen ($5,2 \text{ mg kg}^{-1}$)

Povero C-Organico (0,98 %)

La qualità dei suoli: Il ruolo dei fertilizzanti a base organica, dalla teoria al campo Venerdì 6 marzo 2026 - Pievesestina di Cesena

Prove in campo - Piano sperimentale (ZVN)



Anno	Coltura
1	Grano (tenero)
2	Mais (granella)
3	Mais (granella)
4	Grano (tenero)

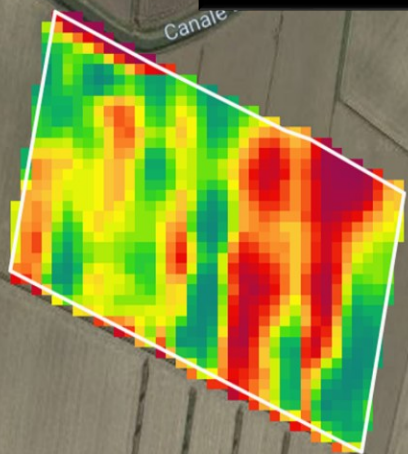


Prove in campo

Risultati

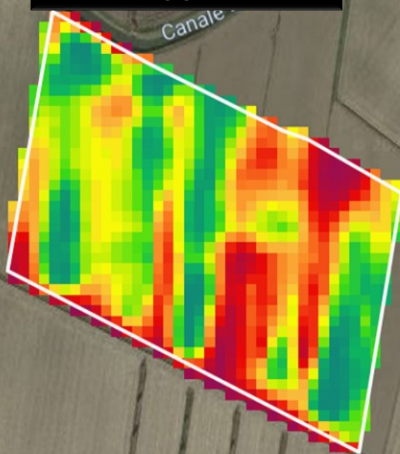
La qualità dei suoli: Il ruolo dei fertilizzanti a base organica,
dalla teoria al campo Venerdì 6 marzo 2026 - Pievesestina di
Cesena

9 Aprile 2019

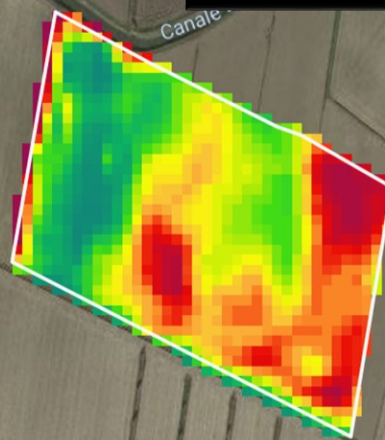


Grano

24 Maggio 2019

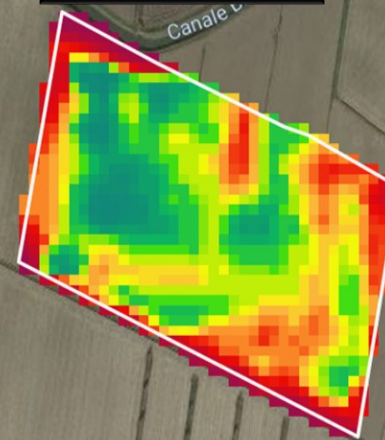


2 Luglio 2020

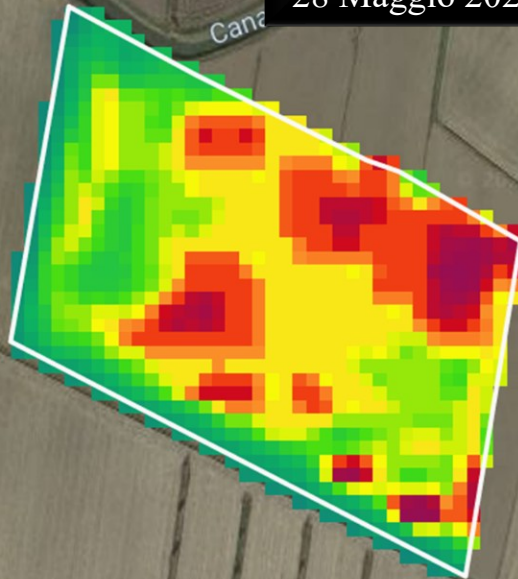


Mais

27 Luglio 2020

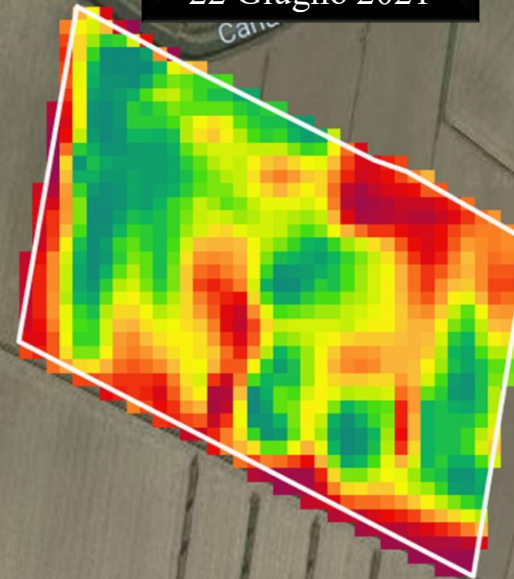


28 Maggio 2021



Mais

22 Giugno 2021



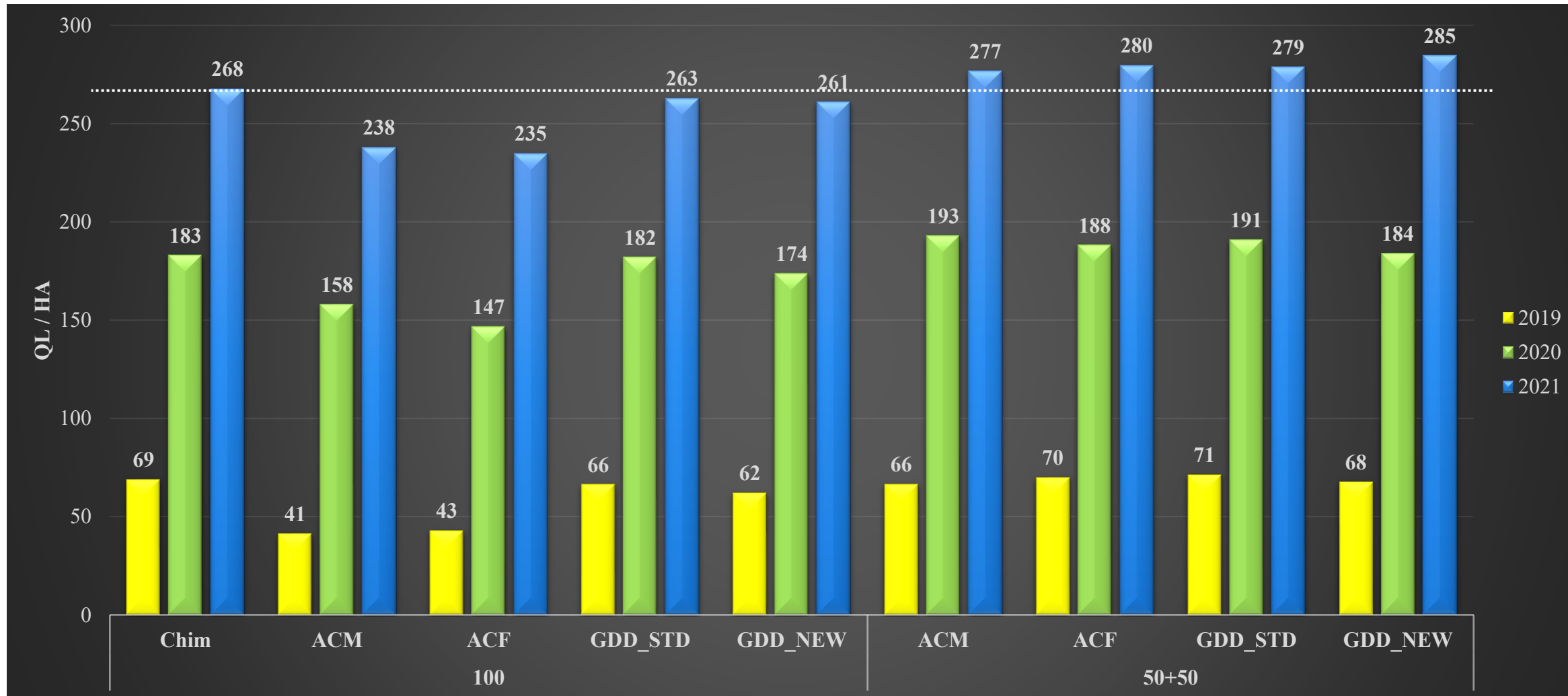
Monitoraggio delle
colture via
Satellite (NDVI)

Biosolfato N ↑

50+50 N ↑

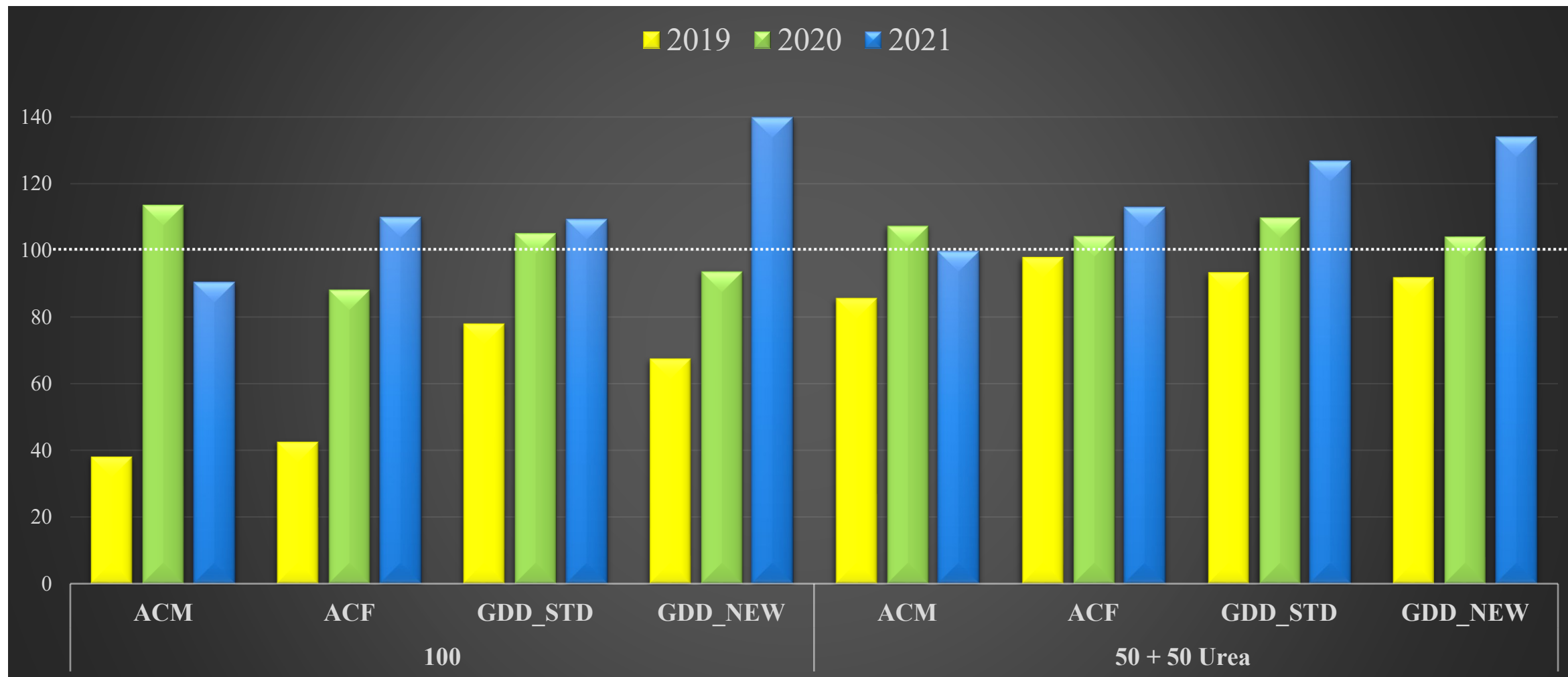
= Chimico

Produzione di granella cumulata negli anni 2019-2021 (ql/ha)



Efficienza agronomica relativa dell'N rispetto ai fertilizzanti chimici (N-RAE %)

$$(\text{N-utilizzato}_{\text{org}} / \text{N-applicato}_{\text{org}}) / (\text{N-utilizzato}_{\text{chem}} / \text{N-applicato}_{\text{chim}}) \cdot 100$$



Asportazioni cumulate di P nella granella (kg ha⁻¹)



Metalli pesanti nei cereali – Grano 2019

Level/Treatment	Pb	Cd	Ni	Zn	Cu	Hg	Cr tot
	(mg kg ⁻¹) _{ts}						
Chem	0.55	n.d.	0.65	19.9	4.11	n.d.	1.69
100 % Organic							
ACM	0.57	n.d.	0.58	16.1	2.95	n.d.	1.16
ACFa	0.60	n.d.	0.64	15.5	3.00	n.d.	0.72
GDDF_STD	0.53	n.d.	0.53	19.2	3.64	n.d.	0.61
GDDF_NEW	0.53	n.d.	0.54	19.3	3.36	n.d.	0.65
50% Organic + 50% N-Fert							
ACM	0.53	n.d.	0.41	20.3	4.05	n.d.	0.84
ACFa	0.48	n.d.	0.53	20.8	4.33	n.d.	0.92
GDDF_STD	0.49	n.d.	0.61	21.0	4.01	n.d.	0.71
GDDF_NEW	0.56	n.d.	0.49	18.9	4.01	n.d.	0.72

Metalli pesanti nei cereali – Mais 2020

Level/Treatment	Pb	Cd	Ni	Zn	Cu	Hg	Cr tot
	(mg kg ⁻¹) _{ts}						
Chem	0.32	n.d.	0.04	13.6	1.80	n.d.	n.d.
100 % Organic							
ACM	n.d.	n.d.	0.14	15.1	1.83	n.d.	n.d.
ACFa	0.21	n.d.	0.07	14.5	1.74	n.d.	n.d.
GDDEF_STD	0.14	n.d.	0.16	15.0	1.98	n.d.	n.d.
GDDEF_NEW	0.29	n.d.	0.17	21.1	2.07	n.d.	n.d.
50% Organic + 50% N-Fert							
ACM	n.d.	n.d.	0.08	14.4	1.88	n.d.	n.d.
ACFa	0.24	n.d.	0.11	12.9	1.78	n.d.	n.d.
GDDEF_STD	0.48	n.d.	0.10	19.7	1.77	n.d.	n.d.
GDDEF_NEW	0.23	n.d.	0.11	16.4	1.85	n.d.	n.d.

Metalli pesanti nei cereali – Mais 2021

Level/Treatment	Pb	Cd	Ni	Zn	Cu	Hg	Cr tot
	(mg kg ⁻¹) _{ts}						
Chem	n.d.	n.d.	n.d.	15.9	1.13	n.d.	n.d.
100 % Organic							
ACM	n.d.	n.d.	n.d.	16.4	0.84	n.d.	n.d.
ACFa	n.d.	n.d.	n.d.	15.5	1.11	n.d.	n.d.
GDDF_STD	n.d.	n.d.	n.d.	16.4	0.88	n.d.	n.d.
GDDF_NEW	n.d.	n.d.	n.d.	17.0	1.18	n.d.	n.d.
50% Organic + 50% N-Fert							
ACM	n.d.	n.d.	n.d.	15.9	0.87	n.d.	n.d.
ACFa	n.d.	n.d.	n.d.	15.3	1.00	n.d.	n.d.
GDDF_STD	n.d.	n.d.	n.d.	16.8	0.60	n.d.	n.d.
GDDF_NEW	n.d.	n.d.	n.d.	18.1	1.17	n.d.	n.d.

Fertilità residua: Trattamenti vs. Chim; 30 vs. 180 kg di N minerale ha⁻¹

Grano tenero

28 Feb. 2019

vs.

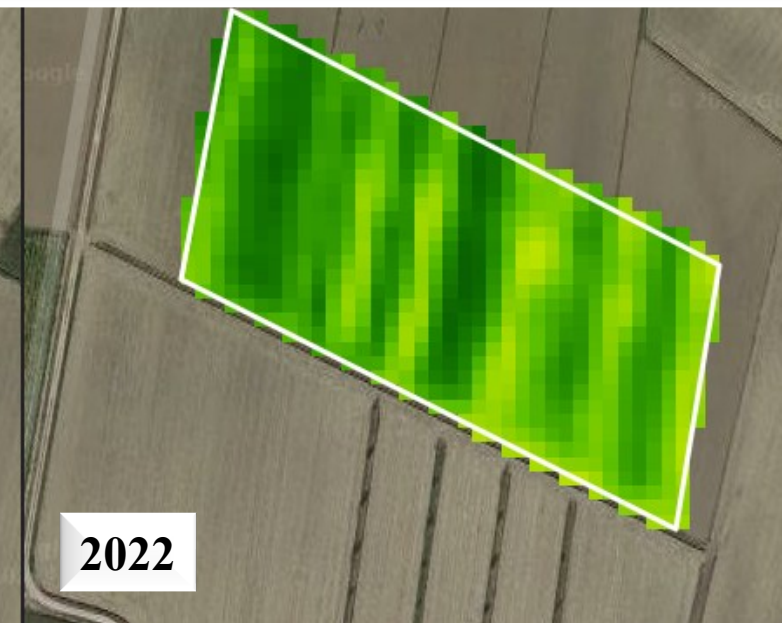
27 Feb. 2022

Monitoraggio delle colture
via satellite - NDVI

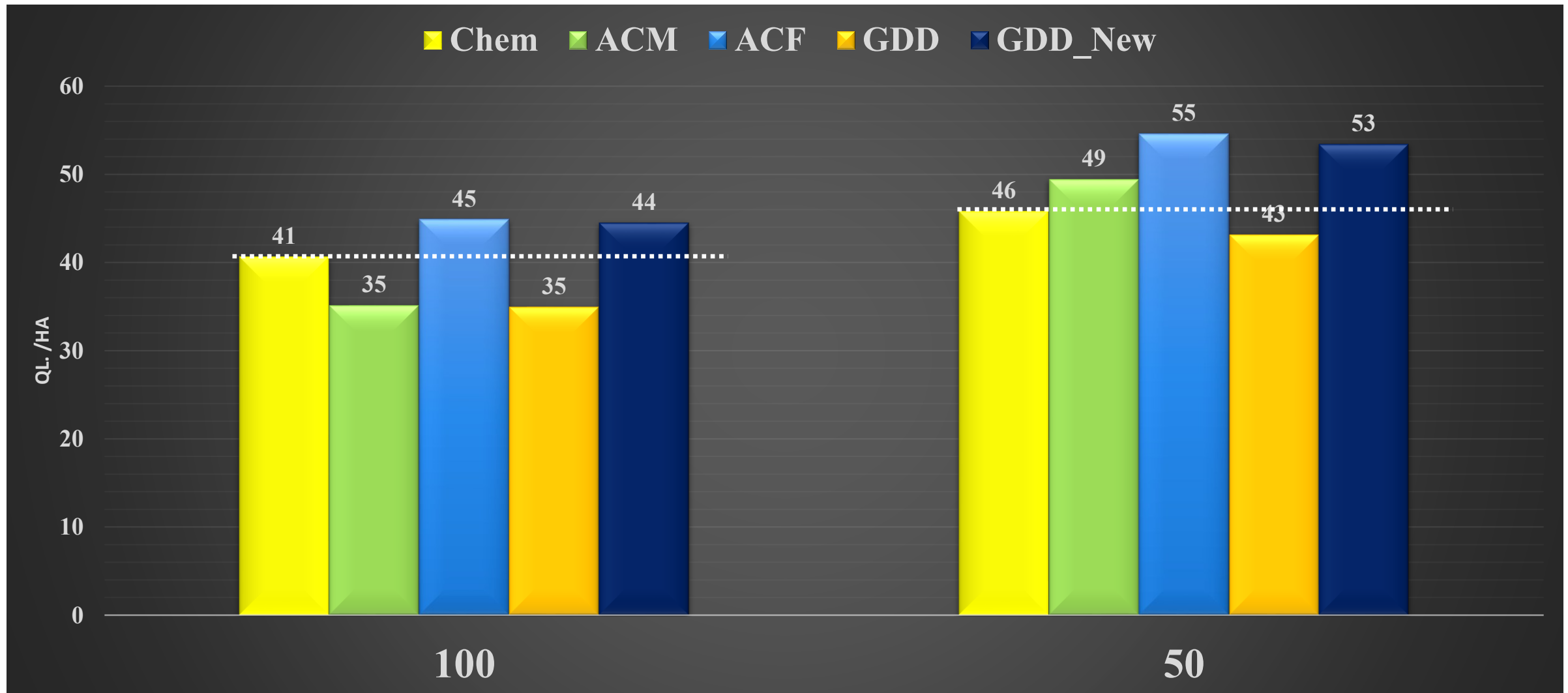
25 Marzo 2019

vs.

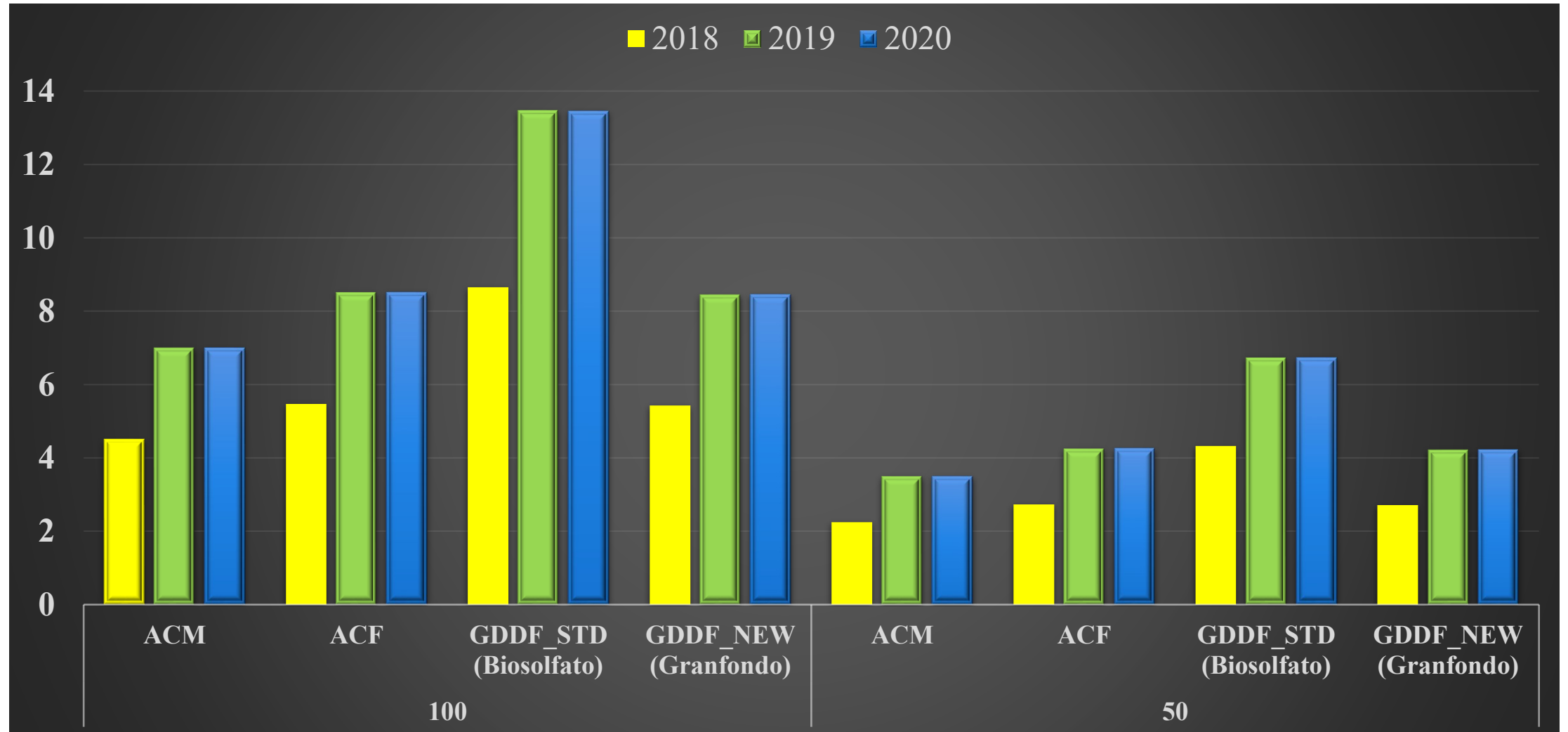
24 Marzo 2022



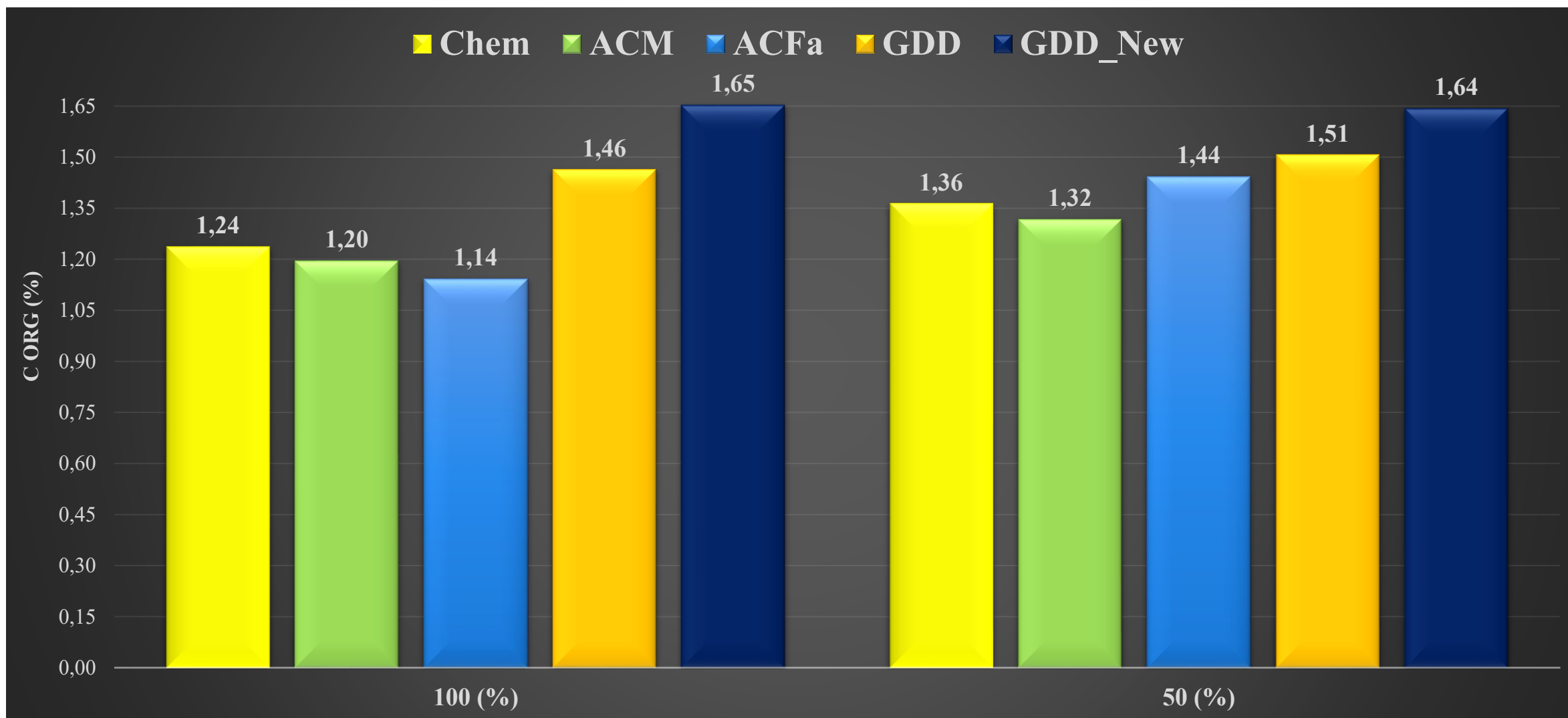
Fertilità residua – Produzione di frumento al IV anno (2022)



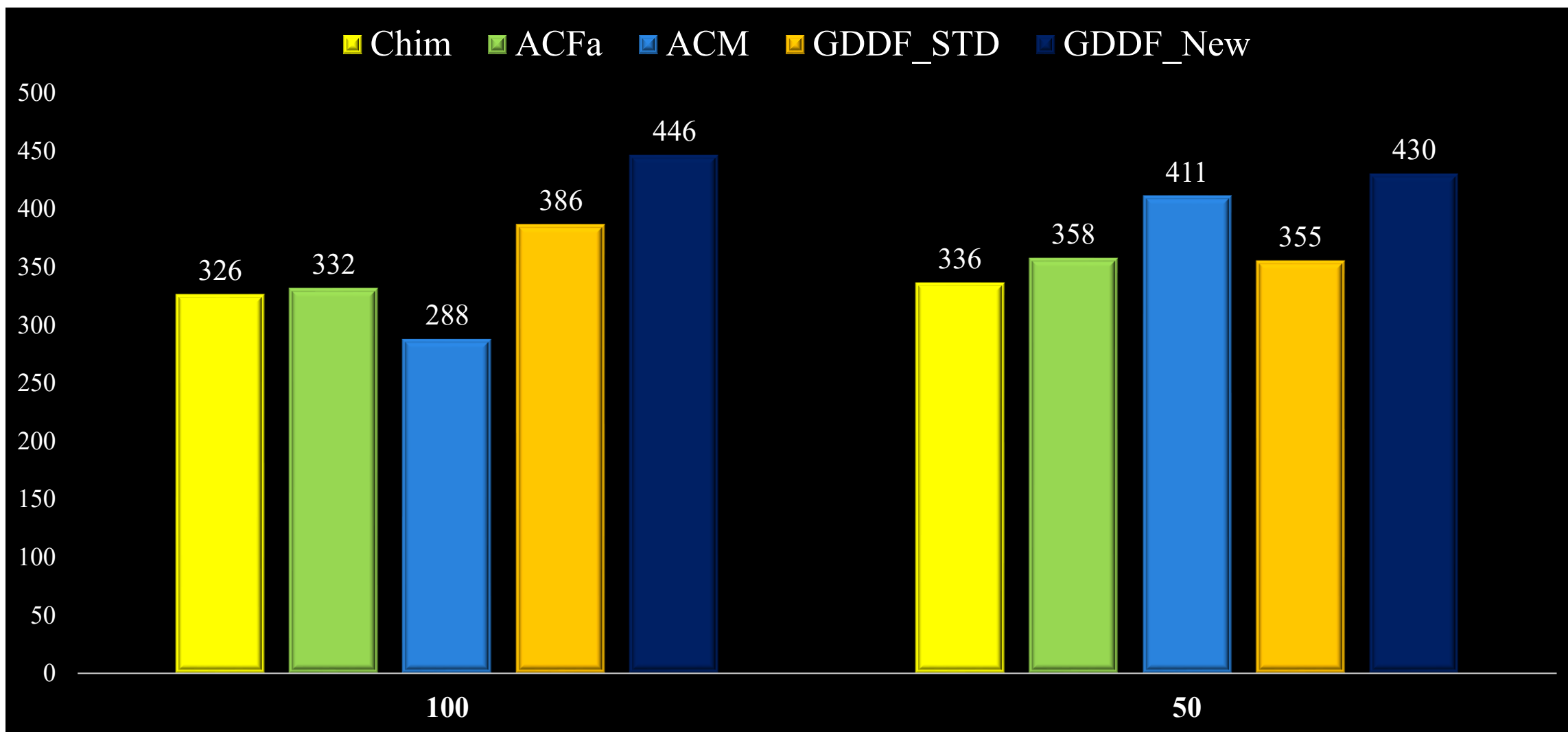
Apporti di Carbonio Organico al suolo (ton ha⁻¹)



Carbonio organico nel suolo al IV anno (2022)

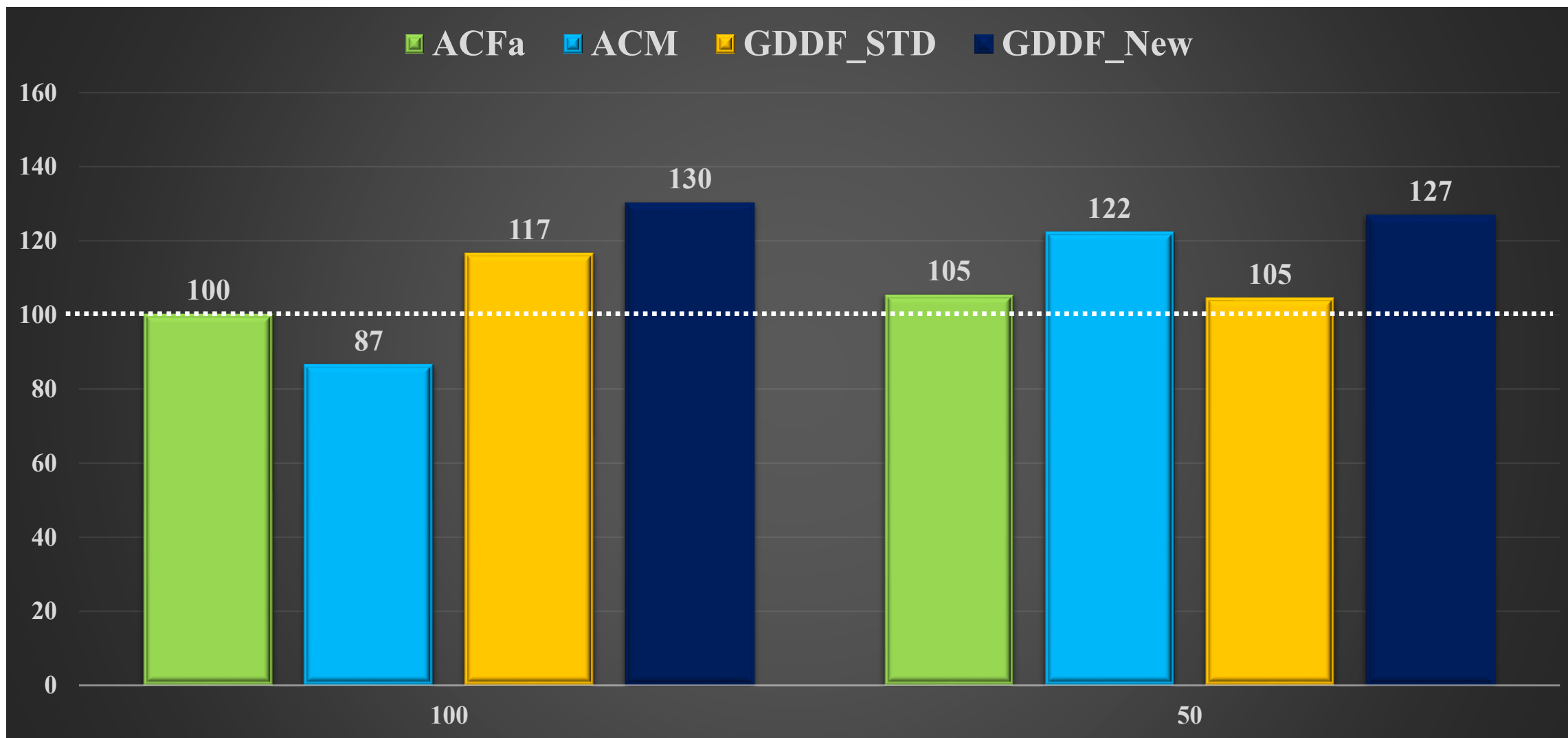


Carbonio Labile (mg kg⁻¹)

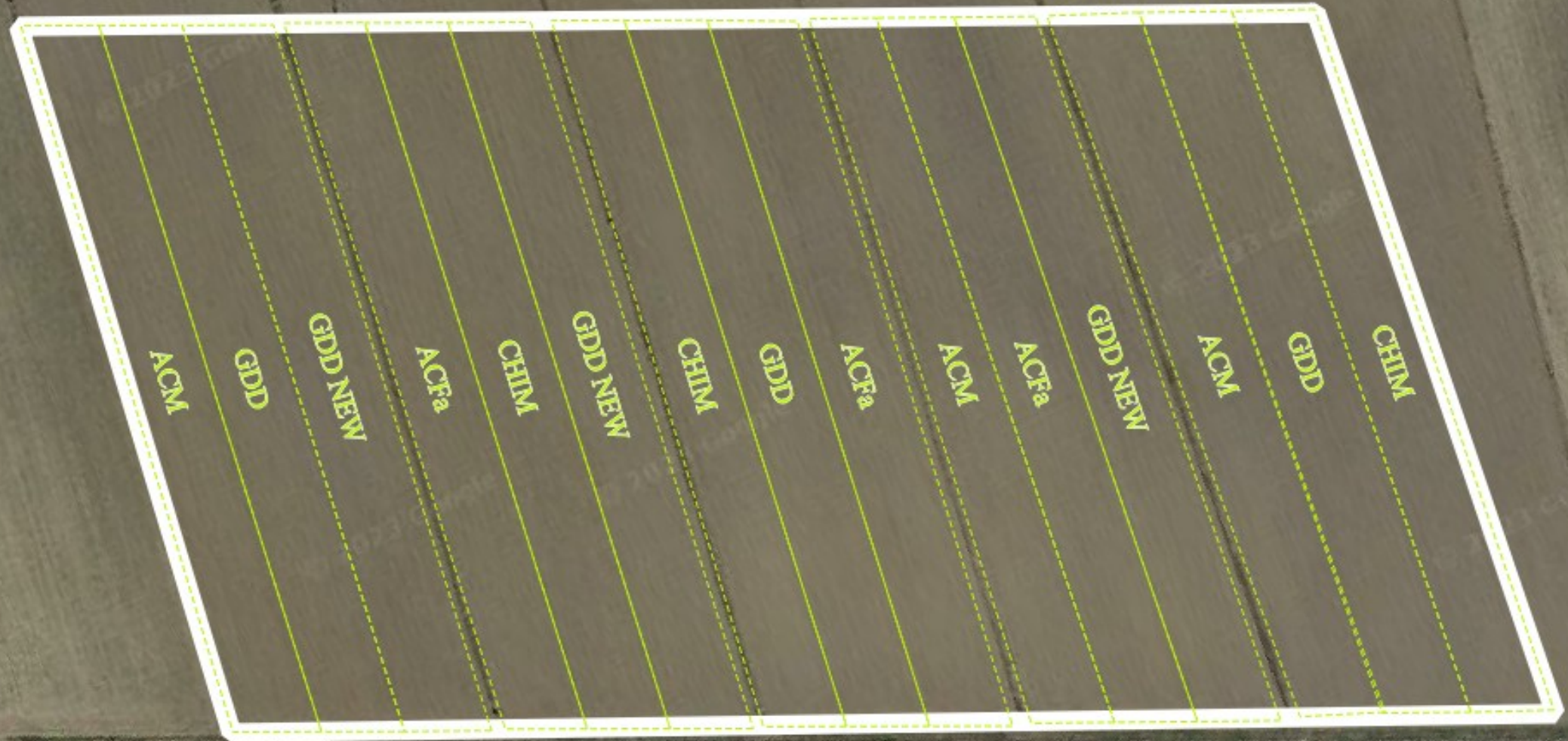


Carbon Management Index (% vs Chim) al IV anno (2022)

Ossidante debole (KMnO_4);
Carbonio “attivo”;
Disponibile per la biomassa microbica;
→Indice di gestione del carbonio (CMI); Funzionalità del suolo.
$$\frac{[\text{C}_{\text{labile}}/\text{C}_{\text{tot Treament}}]}{[\text{C}_{\text{labile}}/\text{C}_{\text{tot Chim}}]}$$



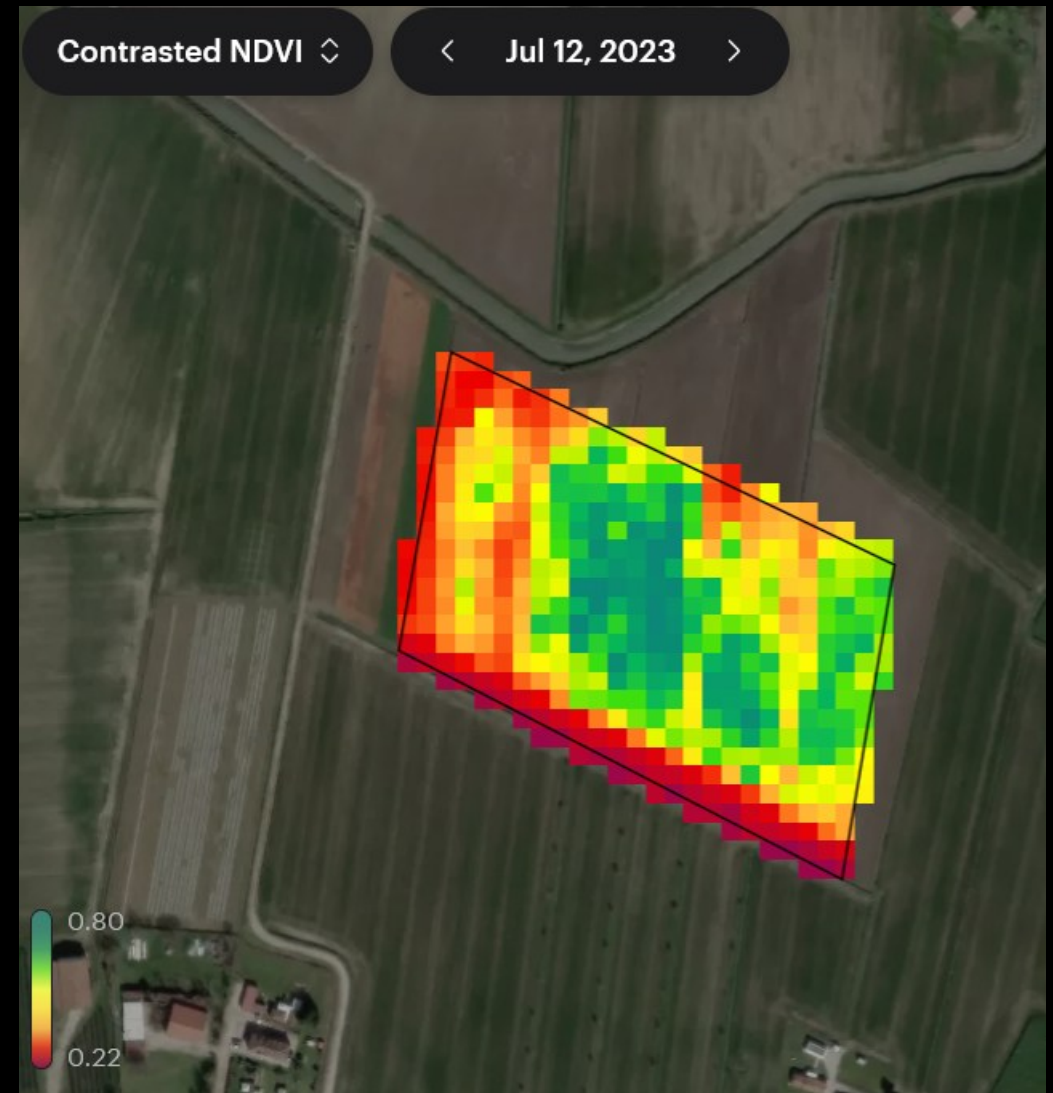
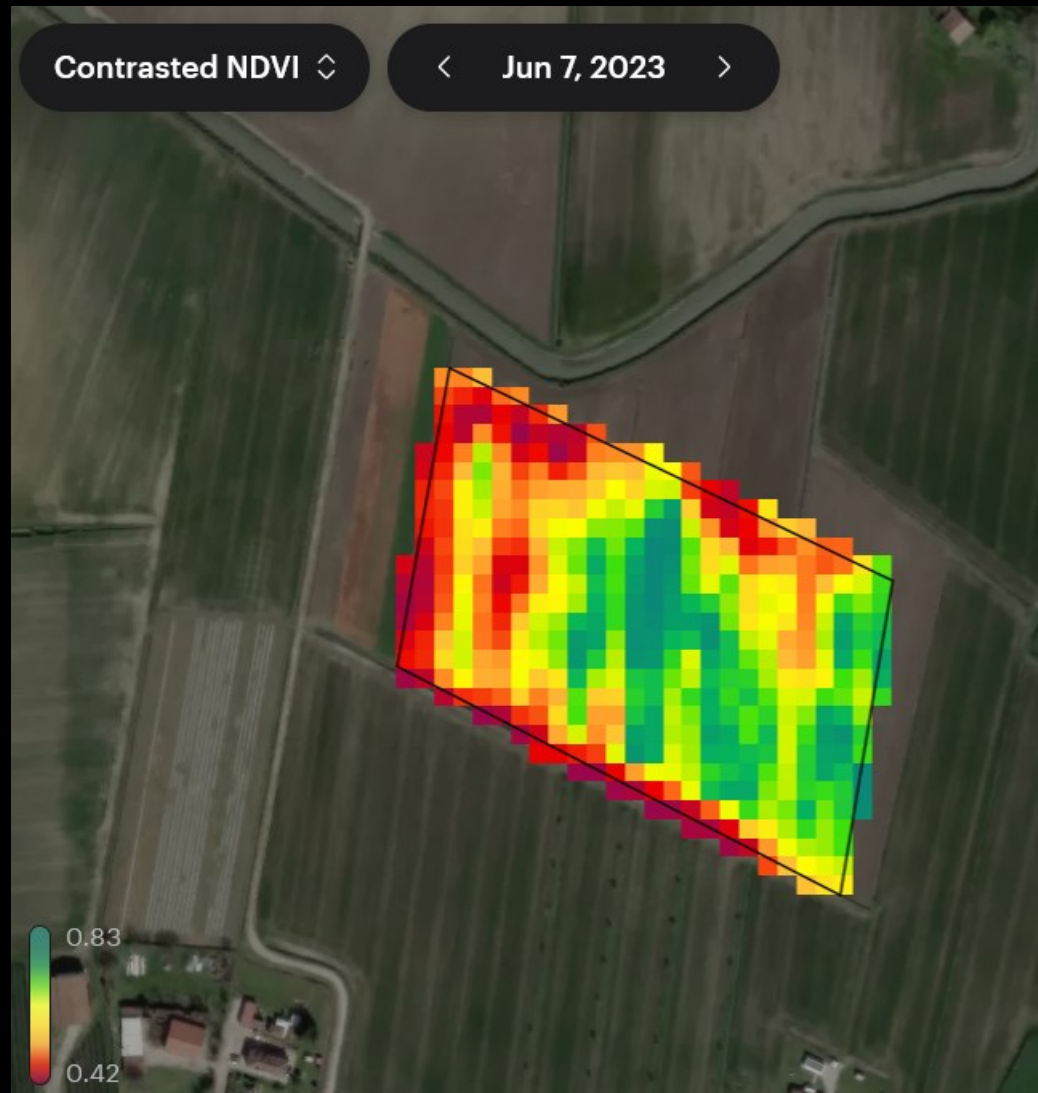
SCHEMA SPERIMENTALE (NEL SECONDO QUADRIENNIO)



Strategia di fertilizzazione e quantitativi di N distribuito (kg /ha)

Trattamento	Organico	Chimico	Organico	Chimico
	2023 (Mais trinciato)	2024 (Frumento duro)	2025 (Mais da Granella)	2026 (Frumento duro)
ACFa	280	135	280	135
ACM	280	135	280	135
GDDF_STD	280	135	280	135
GDDF_NEW	280	135	280	135
Chim	280	190	280	190

Andamento della vigoria vegetativa del Mais trinciato (2023)

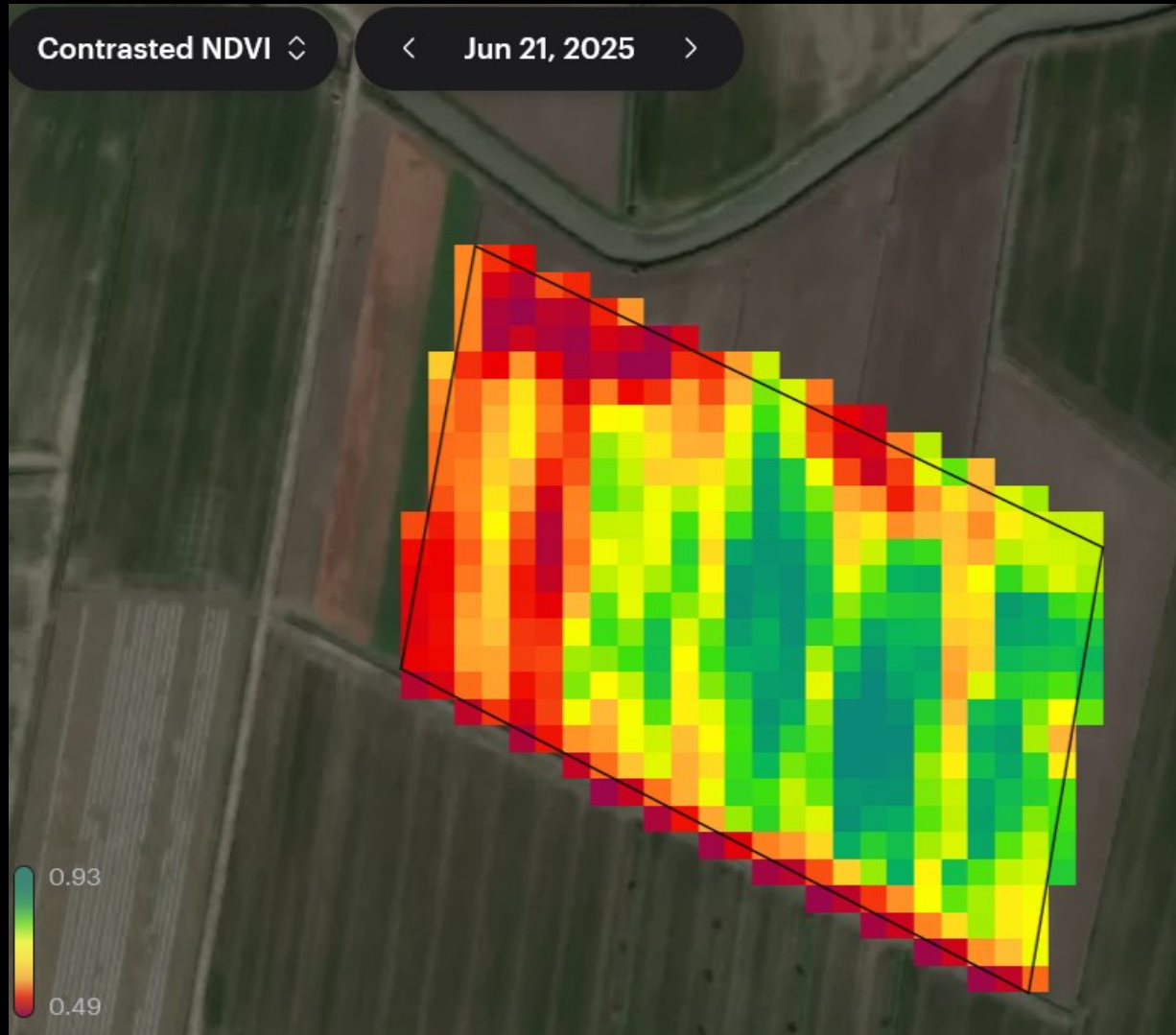


Andamento della vigoria vegetativa del Frumento duro nel corso della prova nei diversi trattamenti a confronto
(2023-2024)

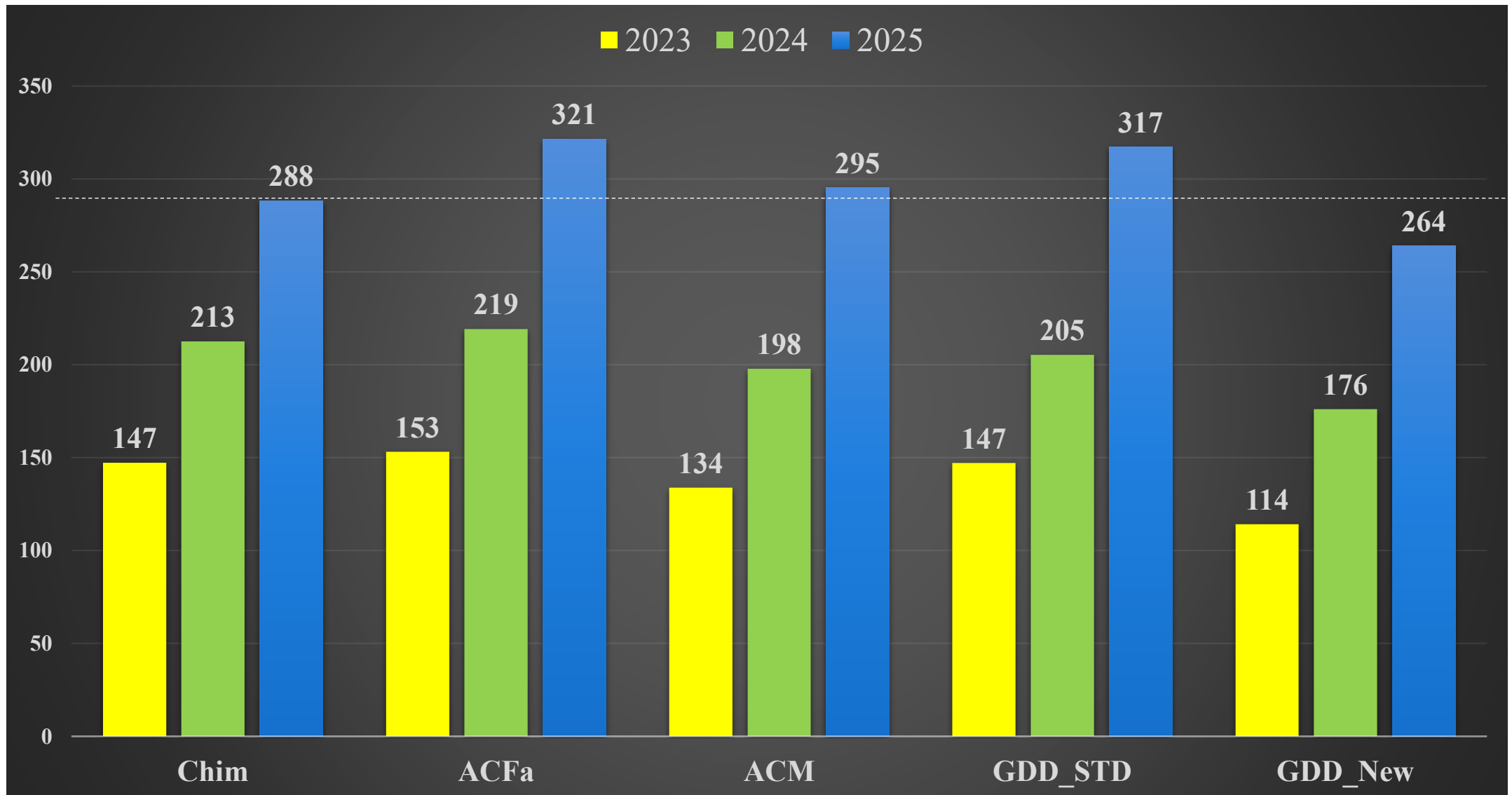
Chimico 180 kg N ha⁻¹ vs. Organici 135 kg N ha⁻¹ = -25%



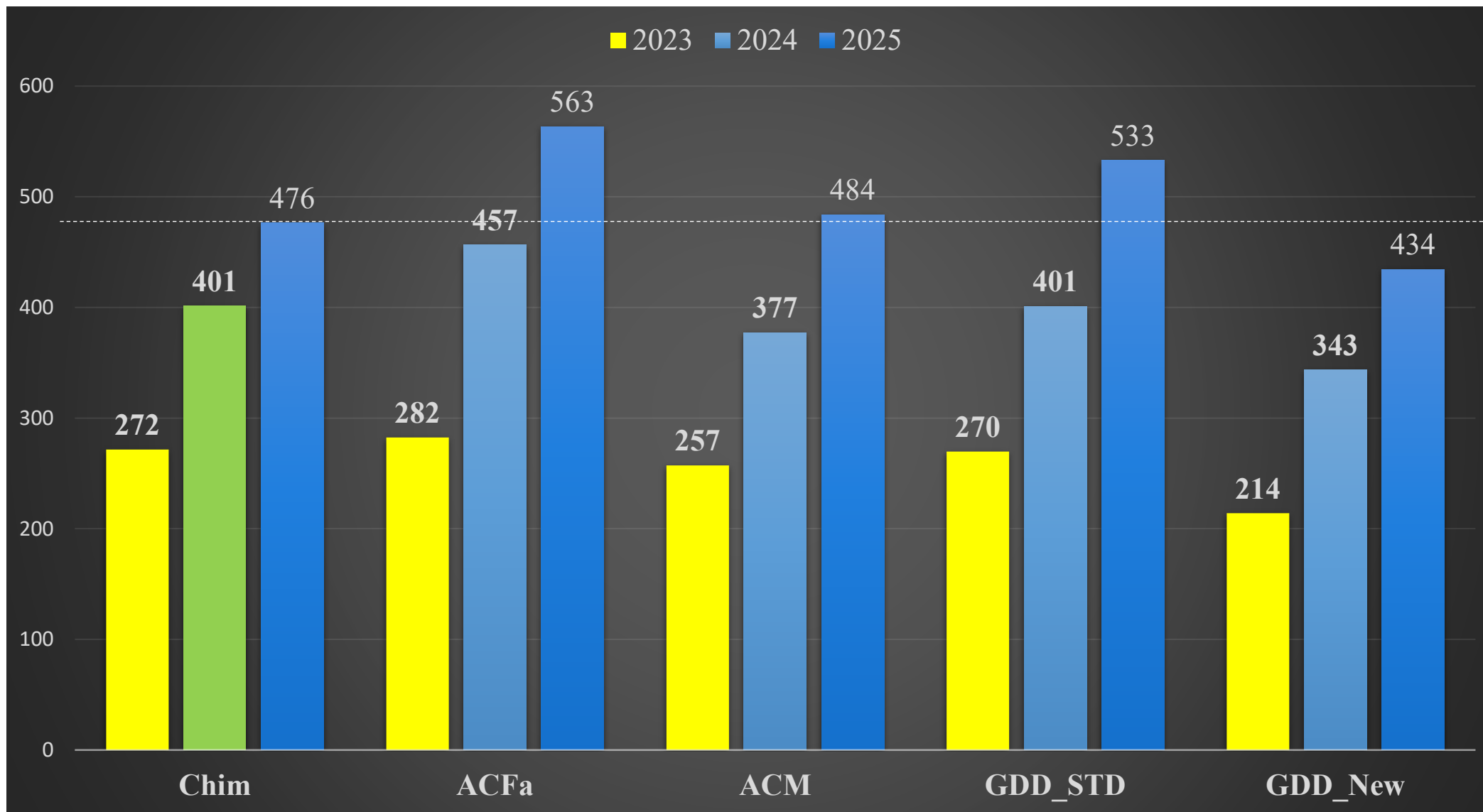
Andamento della vigoria vegetativa del Mais da granella nel corso della prova nei diversi trattamenti a confronto (2025)



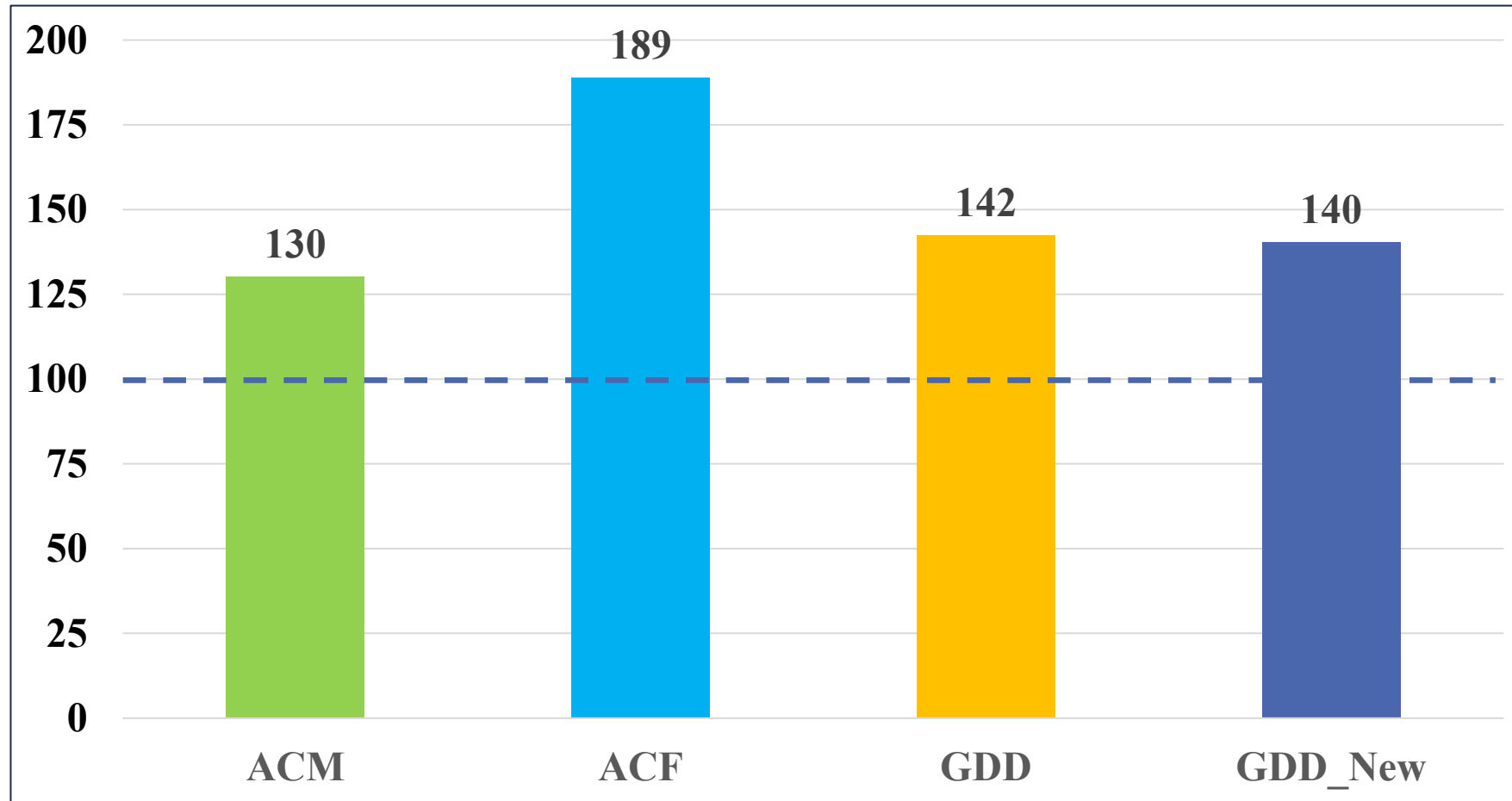
Produzione di biomassa e granella cumulata negli anni 2022-2025 (ql/ha)



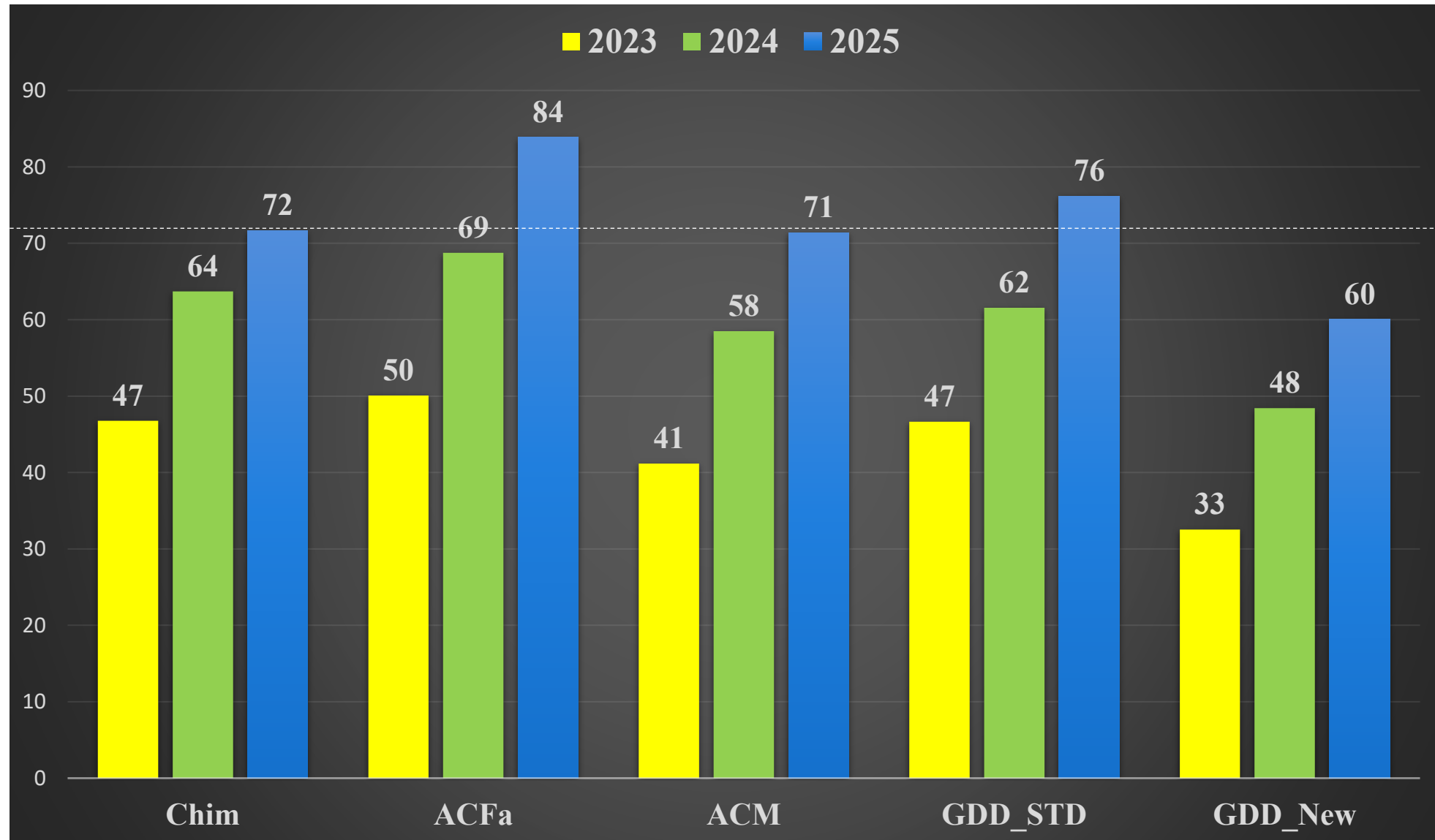
Asportazioni cumulate di N nella biomassa e granella (kg ha⁻¹)



Efficienza Agronomica Relativa (% Chim) in frumento duro 2023-2024
(135 vs. 180 kg N ha⁻¹)



Asportazioni cumulate di P nella biomassa e granella (kg ha⁻¹)



Metalli pesanti nella granella di frumento (2024)

Trattamento	<i>Pb</i>	<i>Cd</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>
	(mg kg ⁻¹)					
ACF_a	<0,01	0,04 ab	<0.05	0,13	3,56	23,8
ACM	<0,01	0,02 b	<0.05	0,20	3,52	26,0
GDDF_STD	<0,01	0,06 a	<0.05	0,14	3,42	28,2
GDDF_NEW	<0,01	0,03 b	<0.05	0,12	3,50	26,7
Chim	<0,01	0,04 ab	<0.05	0,12	4,36	39,2
<i>Lim. Reg. UE n. 2023/915</i>	<i>0,20</i>	<i>0,10</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>

I valori sono espressi sul tal quale. Valori accompagnati da lettere differenti risultano significativamente diversi in base al test di Tukey (P <0,05).

Metalli pesanti nella granella di mais (2025)

Trattamento	<i>Pb</i>	<i>Cd</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>
	(mg kg ⁻¹)					
ACF_a	nr	nr	0,48	0,42	0,78	9,50
ACM	0,03	nr	0,47	0,37	0,71	9,13
EX_GDDF_STD	0,02	nr	0,37	0,37	0,82	8,70
GDDF_NEW	nr	nr	0,48	0,38	0,74	9,27
CHIM	nr	nr	0,42	0,35	0,72	8,30
<i>Lim. Reg. UE n. 2023/915</i>	<i>0,20</i>	<i>0,10</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>

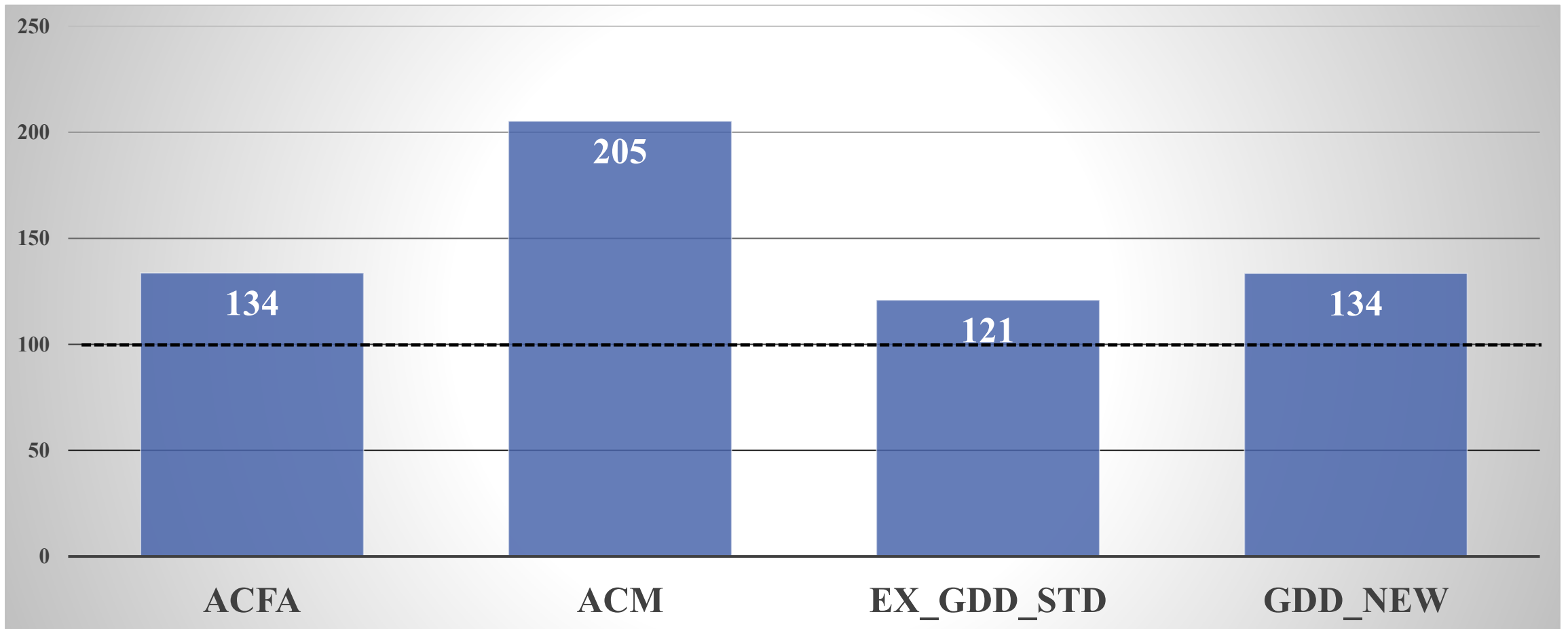
I valori sono espressi sulla sostanza secca. Valori accompagnati da lettere differenti risultano significativamente diversi in base al test di Tukey (P <0,05).

Metalli estraibili in DTPA nei suoli oggetto della prova al termine della coltivazione del mais (settembre 2025).

Trattamento	<i>Pb</i>	<i>Cd</i>	<i>Ni</i>	<i>Cu</i>	<i>Cr*</i>	<i>Zn</i>
	(mg kg ⁻¹)					
<i>ACF_a</i>	1,96 b	0,06 ns	1,05 ns	3,43 ns	0,004 ns	1,90 d
ACM	3,48 a	0,08 ns	1,61 ns	6,00 ns	0,007 ns	7,47 a
EX_GDDF_STD	2,38 ab	0,07 ns	0,92 ns	6,33 ns	0,005 ns	4,26 b
GDDF_NEW	2,37 ab	0,07 ns	1,02 ns	4,70 ns	0,005 ns	3,16 c
CHIM	2,24 ab	0,06 ns	1,00 ns	4,07 ns	0,006 ns	1,34 e

I valori sono espressi sui solidi totali. *Cr totale. Valori accompagnati da lettere differenti risultano significativamente diversi in base al test di Tukey (P <0,05); ns: non significativo.

CMI (% di Chem) nel suolo (2025)



Conclusioni e prospettive

I prodotti testati si sono dimostrati come possibile alternativa ai fertilizzanti minerali

- **N: primo anno alcune carenze in ACM e ACF. Anni successivi: eccellente performance agronomica.**
- **Efficienza dell'N: più regolare nel modello misto.**
- **Utilizzo del P: più regolare nel percorso misto.**
- **Corg: trend crescente nel percorso misto.**
- **La successione prodotti *organici* + *fertilizzante chimico* ha dato ottimi risultati agronomici.**
- **Maggiore Efficienza di utilizzo dell'N con ridotto apporto (-25%).**
- **Basso rischio di incremento disponibilità metalli pesanti (estraibili in DTPA).**

Grazie per la vostra attenzione!

marco.grigatti@unibo.it

