

*Studio dell'efficienza fertilizzante e dei principali effetti sul
suolo in seguito all'impiego di ammendanti compostati:
risultati al termine del terzo anno di sperimentazione*



Marco Grigatti – Giampaolo Nitti - Claudio Ciavatta

DISTAL - Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroalimentari - Università di Bologna

X Forum Interregionale sul Compostaggio e la Digestione Anaerobica

Fiera di Verona - 4 Marzo 2022

Framework

- ✓ **ESISTE UN RINNOVATO INTERESSE NEL RECUPERO DEI RIFIUTI ORGANICI DA IMPIEGARE IN AGRICOLTURA A SEGUITO DEL PROCESSO DI COMPOSTAGGIO.**
- ✓ **ATTENZIONE ALLA CHIUSURA DEL CICLO PER I MATERIALI ORGANICI:**
- ✓ **FOCUS:**
 - **CARBON SINK**
 - **POTENZIALE SOSTITUZIONE FERTILIZZANTI MINERALI**

I compost selezionati

ACM: ammendante compostato misto;

ACM_{dig}: ammendante compostato misto con prodotti derivanti dalla digestione anaerobica;

ACF: ammendante compostato da fanghi.

Principali caratteristiche dei compost

(dati medi)

Compost	ST (%)	SV (%)	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	C (%) _{ss}	N (%) _{ss}	C:N	OUR ($\text{mmol O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ VS h}^{-1}$)
ACM	84,0	59,3	8,68	$6,4 \cdot 10^3$	28,2	2,29	12,4	46
ACMdig	75,9	45,5	7,85	$3,6 \cdot 10^3$	25,4	2,22	11,5	13
ACF	75,2	57,1	8,06	$3,2 \cdot 10^3$	25,0	1,80	14,0	19

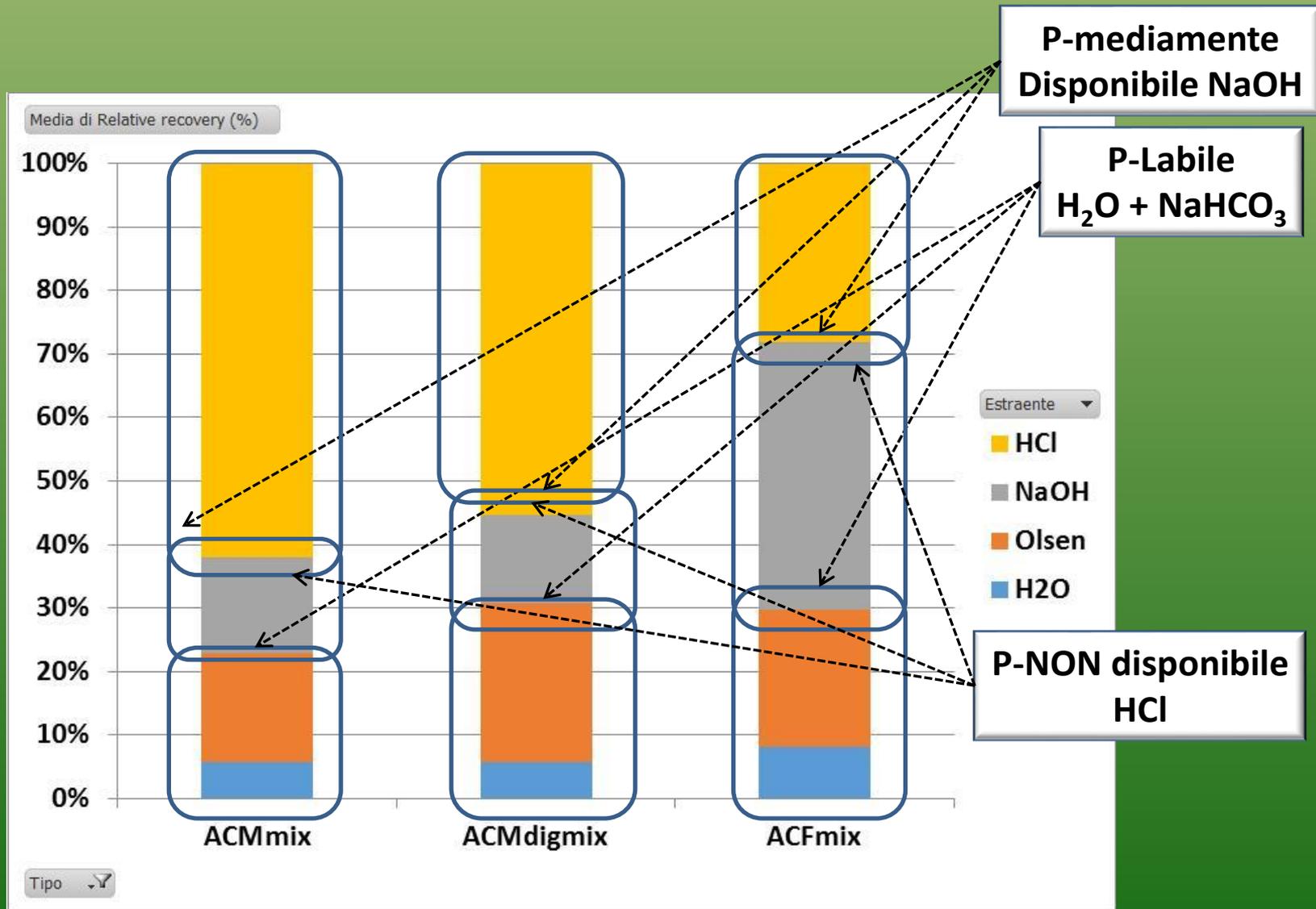
Compost	P	K	Ca	S	Fe	Mg	Mn
	$(\text{mg kg}^{-1})_{\text{ss}}$						
ACM	2876	11.414	40.726	2489	4995	5625	187
ACM _{dig}	7584	11.891	62.440	4157	4867	6093	372
ACF	3754	7615	38.969	2621	4700	6411	240

Principali caratteristiche dei compost (metalli pesanti – dati medi)

Tipo di compost	Cd	Cr*	Cu	Ni	Pb	Zn
	(mg kg ⁻¹) _{ss}					
ACM	0,49	34	71	13	29	116
ACM _{dig}	0,53	27	94	12	21	210
ACF	0,27	39	82	12	23	166
Limite D.Lgs 75/2010 All. 2	1,5		230	100	140	500

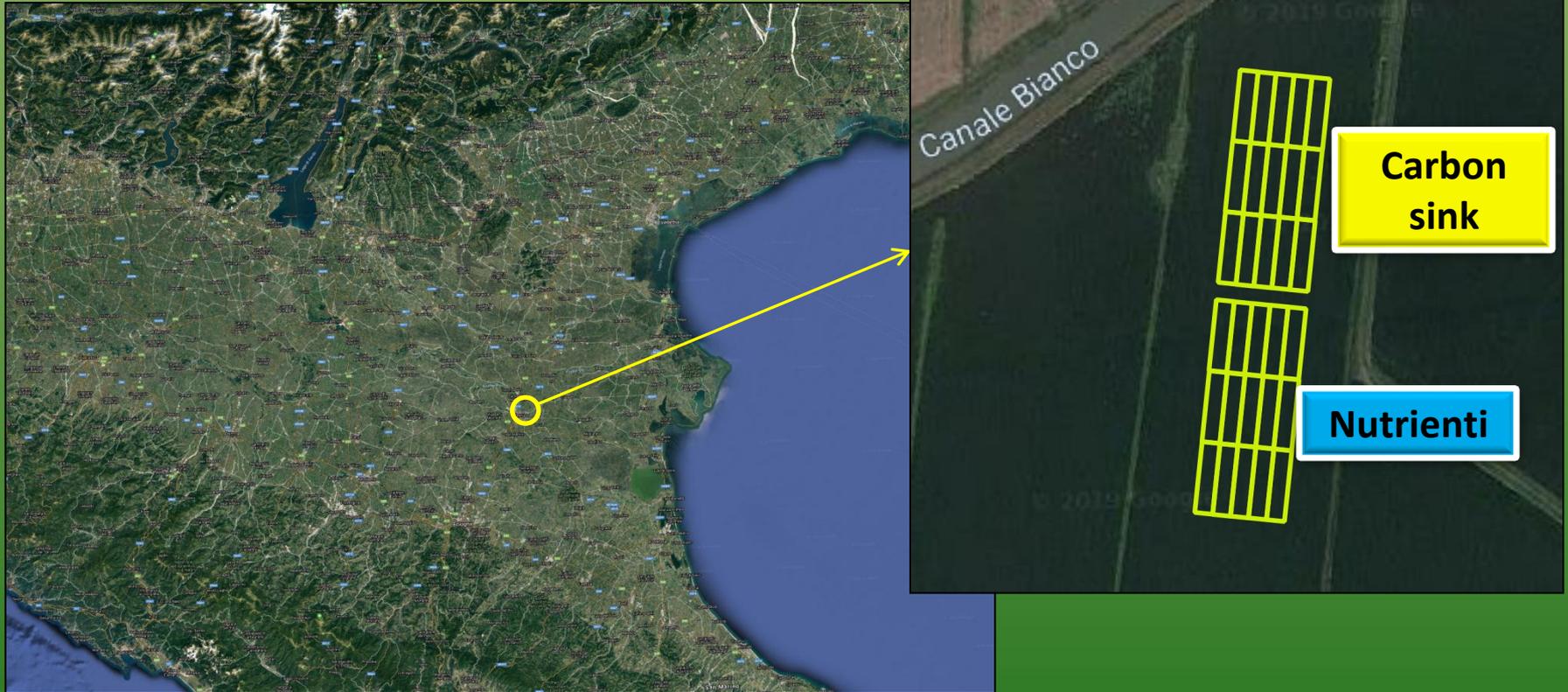
*Cr totale

Frazionamento del P



Localizzazione prove agronomiche

Azienda Sperimentale - Fondazione per l'agricoltura F.lli Navarra (Ferrara)



Caratteristiche del terreno

Azienda Sperimentale - Fondazione per l'agricoltura F.lli Navarra (Ferrara)

Il suolo che ospita la prova rappresenta un tipico suolo della Pianura Padana con tessitura franco-limosa (Fluvic Cambisols, WRB), caratterizzato da un pH sub-alcalino (pH 8,25), coerente con il contenuto in carbonati totali (6,08%).

Il calcare attivo (2,88%), presente per una quota significativa rappresenta quasi la metà dei carbonati totali.

La capacità di scambio cationico (CSC) risultava pari a 22,2 cmol_c kg⁻¹.

Il terreno presenta un moderato contenuto in sostanza organica (SO 1,69%), terreni con valori attorno all'1,5% di SO sono infatti considerati poveri (Gherardi, 2017).

Analisi di base del suolo prelevato prima dell'inizio della prova agronomica nei terreni individuati presso la Fondazione Navarra

Parametro	U.M.	Valori riscontrati*
Reazione (in acqua)	(unità di pH)	8,25
Conducibilità elettrica (CE) a 25 °C	(dS m ⁻¹)	0,21
Granulometria		
Sabbia	(%)	25
Limo	(%)	54
Argilla	(%)	21
Carbonio organico (C)	(%)	0,98
Sostanza organica (SO)	(%)	1,69
Carbonati totali (CaCO ₃)	(%)	5,3
Calcare attivo (CaCO ₃)	(%)	2,2
Azoto (N) totale	(%)	0,09
Azoto (N) ammoniacale	(mg kg ⁻¹)	87,2
Azoto (N) nitrico	(mg kg ⁻¹)	5,4
Fosforo assimilabile Olsen (P)	(mgkg ⁻¹)	5,2
Capacità di scambio cationico (CSC)	(cmol _c kg ⁻¹)	22,2

*I valori sono riferiti alla media dei valori riscontrati in tutto l'appezzamento interessato dalla prova.

Prove agronomiche

Impostazione sperimentale

Anno	Percorso agronomico		Coltura
	<i>Carbon Sink</i>	<i>Nutrienti</i>	
1	Compost	Compost	Frumento tenero
2	Compost	Fertilizzante - N	Mais da granella irriguo
3	Compost	Fertilizzante - N	Mais da granella irriguo

Prove agronomiche

Azoto efficiente apportato (kg ha⁻¹)

Anno	Percorso agronomico		Coltura
	<i>Carbon Sink</i>	<i>Nutrienti</i>	
1	Compost-180*	Compost-180*	Frumento tenero
2	Compost-280*	Fertilizzante N-280**	Mais da granella irriguo
3	Compost-280*	Fertilizzante N-280**	Mais da granella irriguo

*40% come da MAS (massima applicazione standard in zone vulnerabili da nitrati), secondo il Regolamento 3 della Regione Emilia Romagna (40%);

**100% come da MAS; limite N disponibile come da MAS per frumento tenero: 180 kg ha⁻¹.

Tesi a confronto

Controllo Non Fertilizzato

ACM

ACMdig

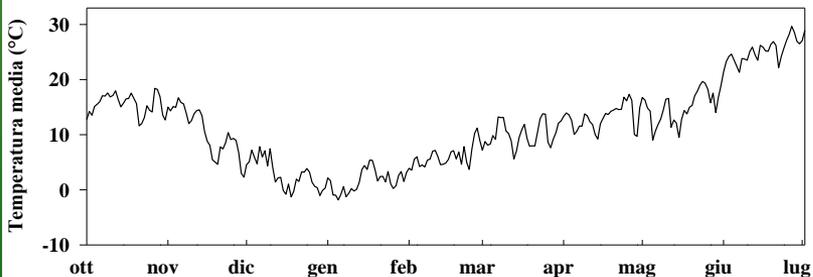
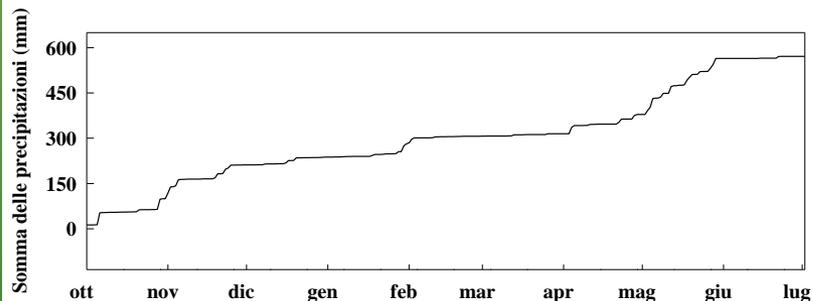
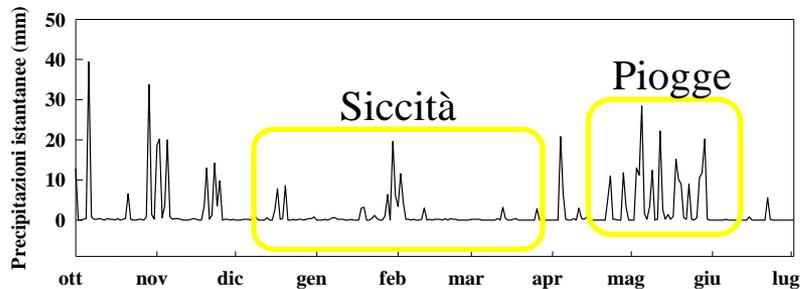
ACF

Chim (N-P-K)

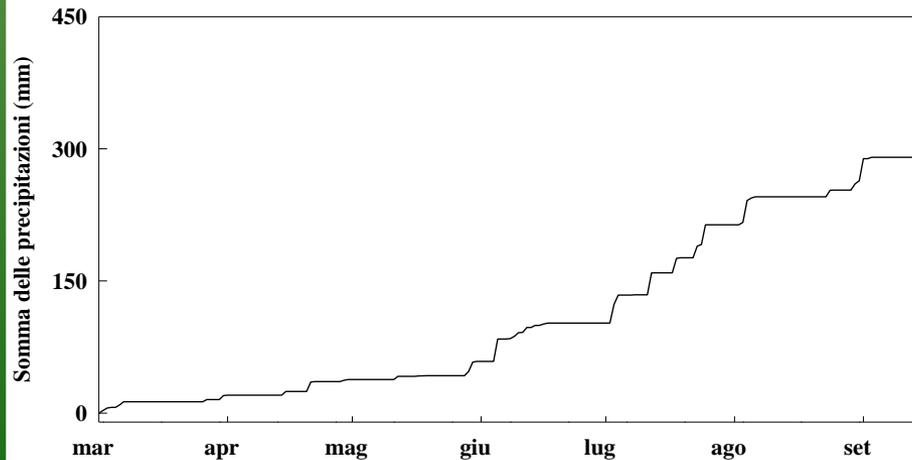
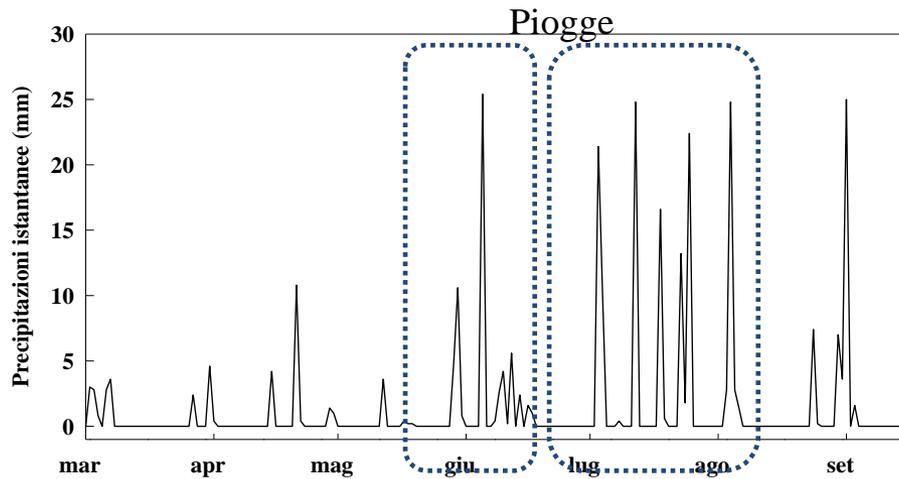


- **Parcelle 16 · 4 m = 64 m²**
- **3 Repliche**
- **2 percorsi agronomici = 30 Parcelle (≈2000 m²)**

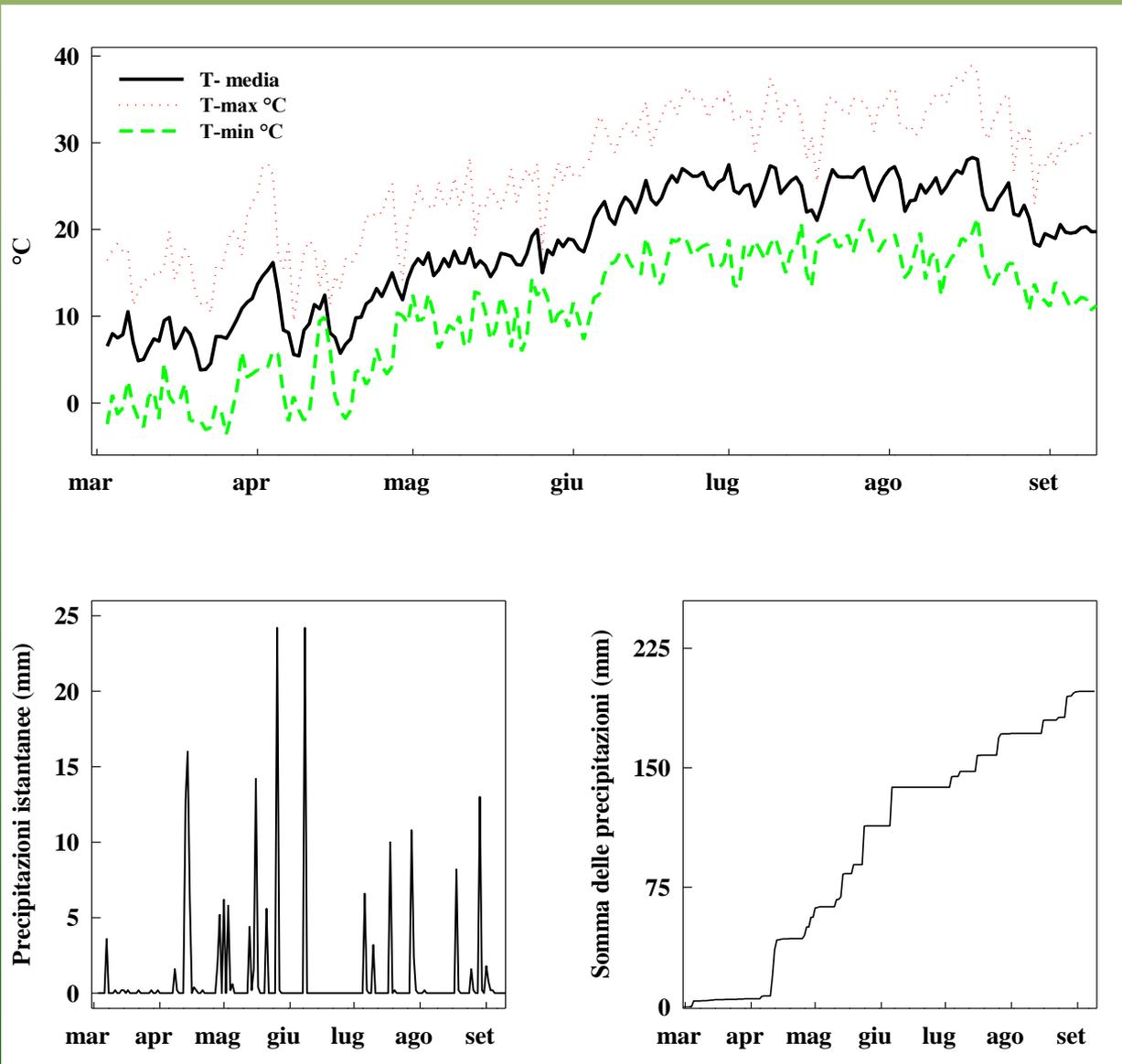
Andamento meteo (2018/19) Anno 1 - Frumento



Andamento meteo (2020) Anno 2 - Mais



Andamento meteo (2021) Anno 3 - Mais

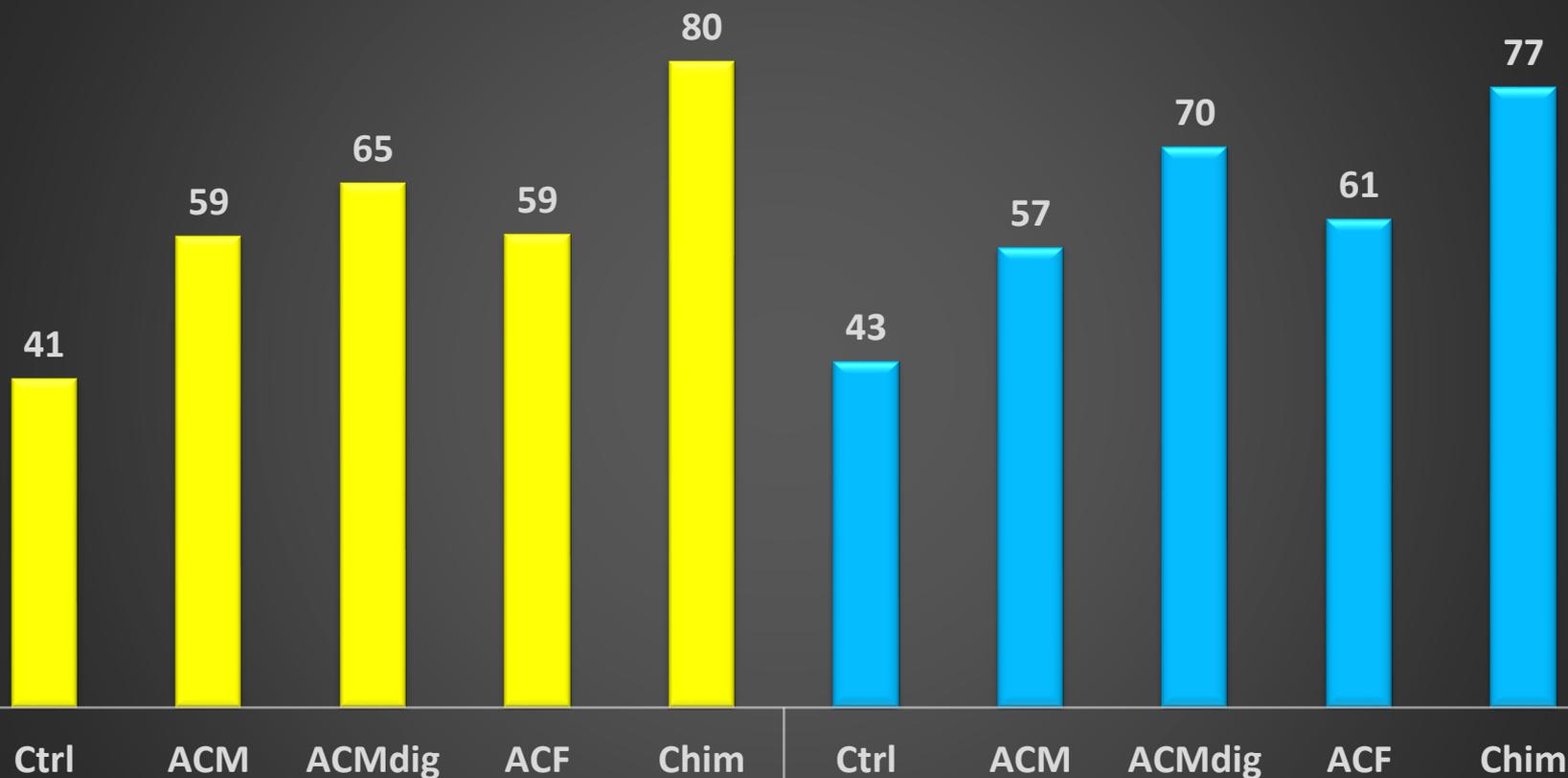




Risultati

Produzione di granella nel corso della prova (q.li ha⁻¹) (FRUMENTO)

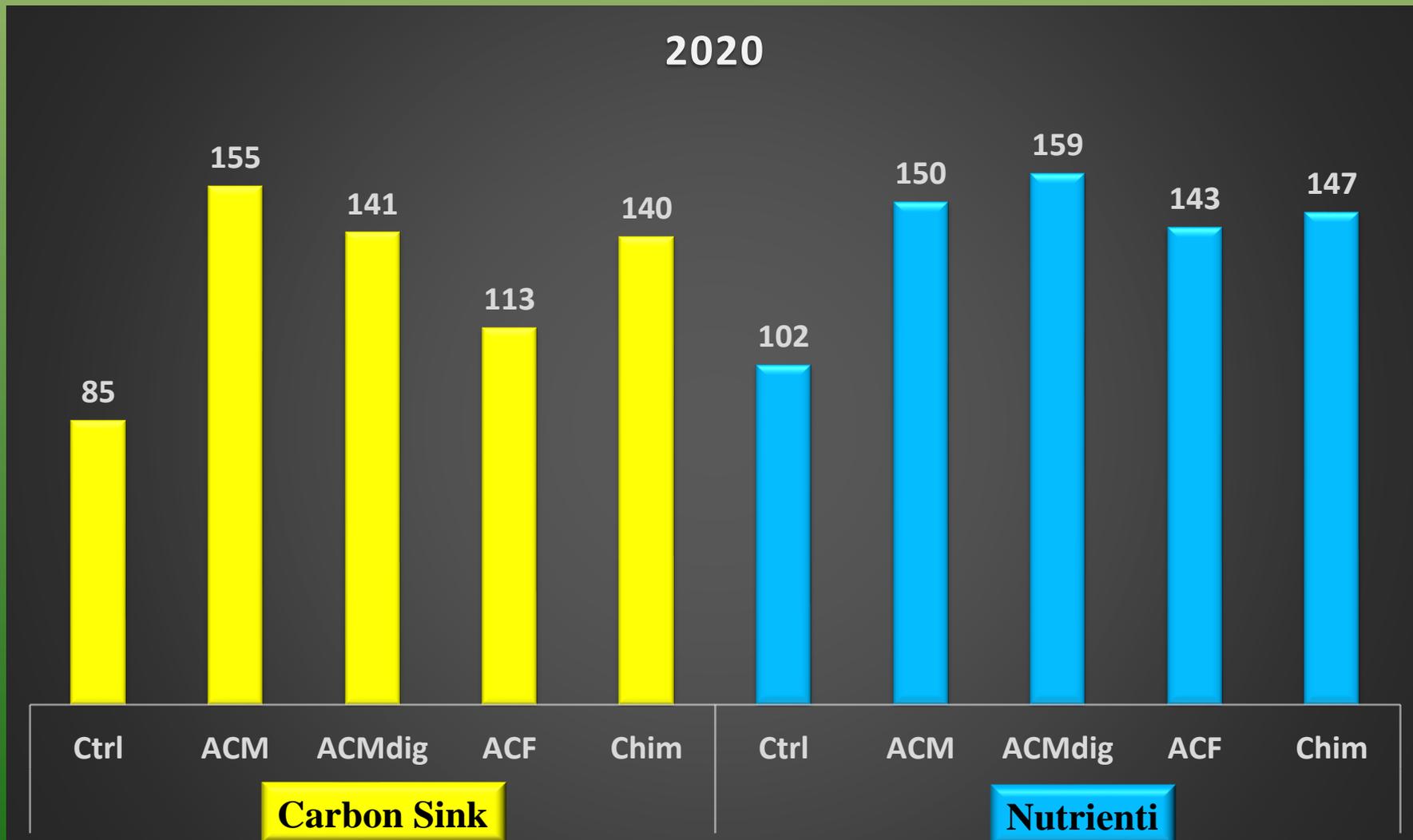
2019



Carbon Sink

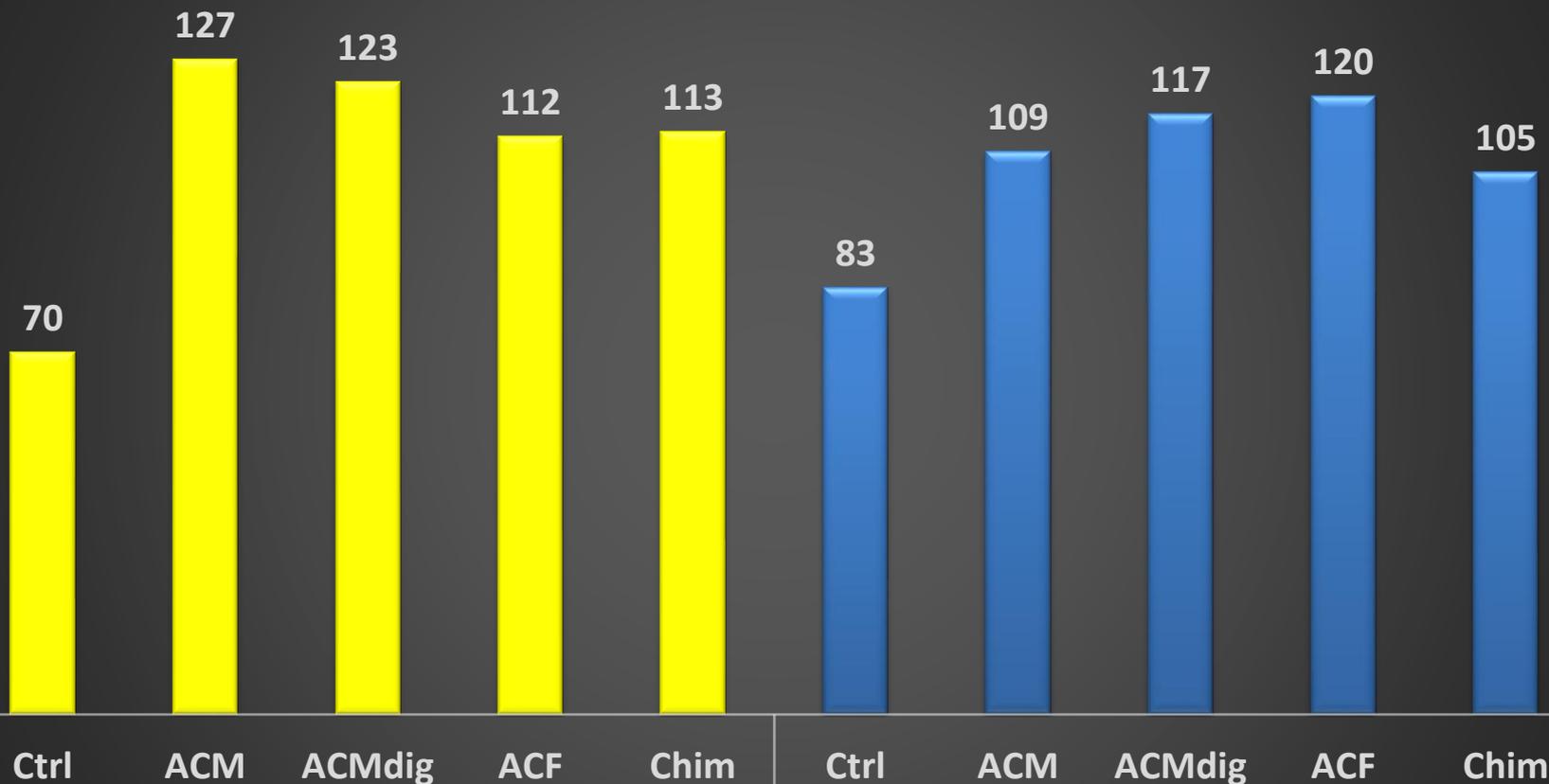
Nutrienti

Produzione di granella nel corso della prova (q.li ha⁻¹) (MAIS)



Produzione di granella nel corso della prova (q.li ha⁻¹) (MAIS)

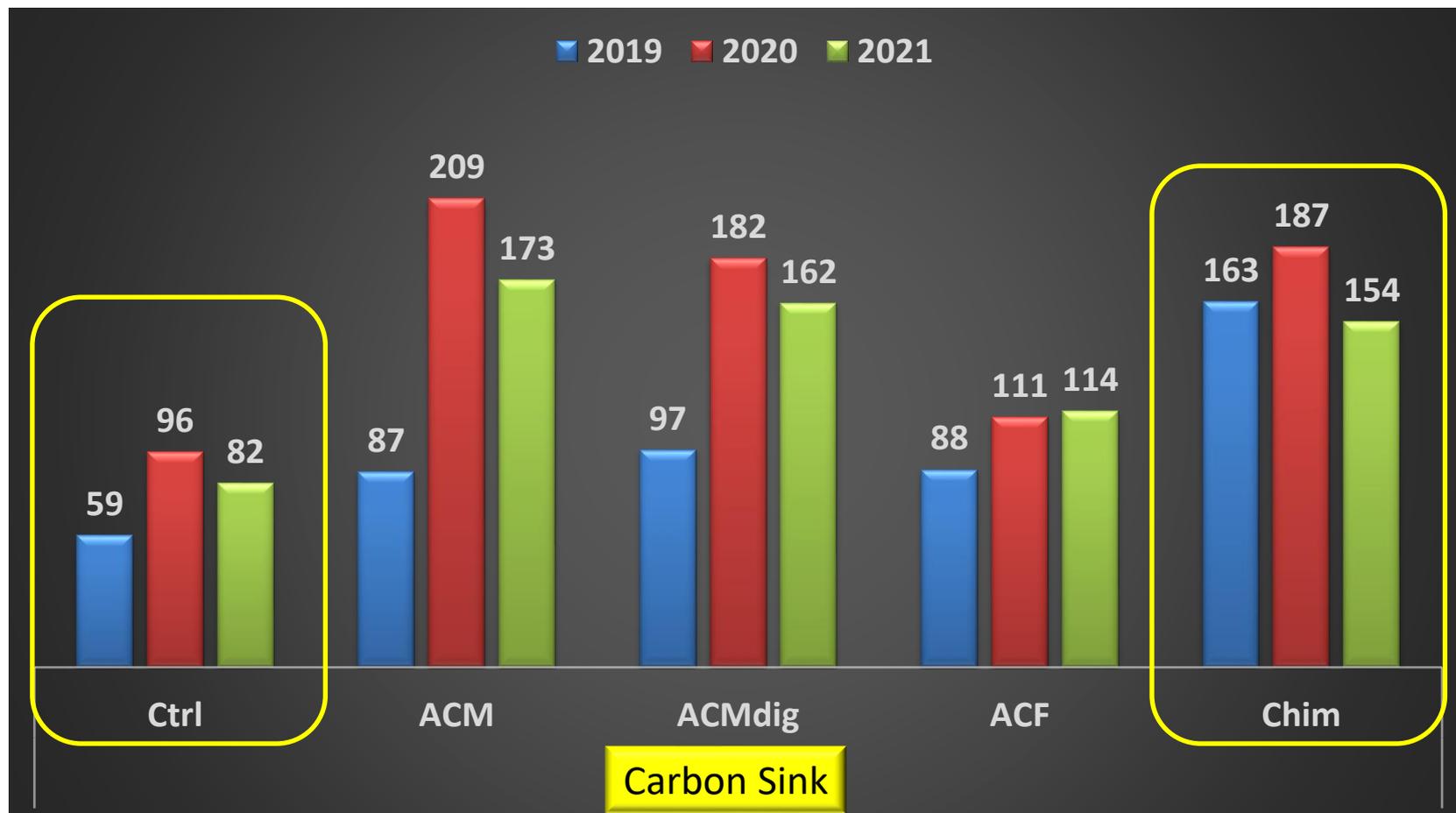
2021



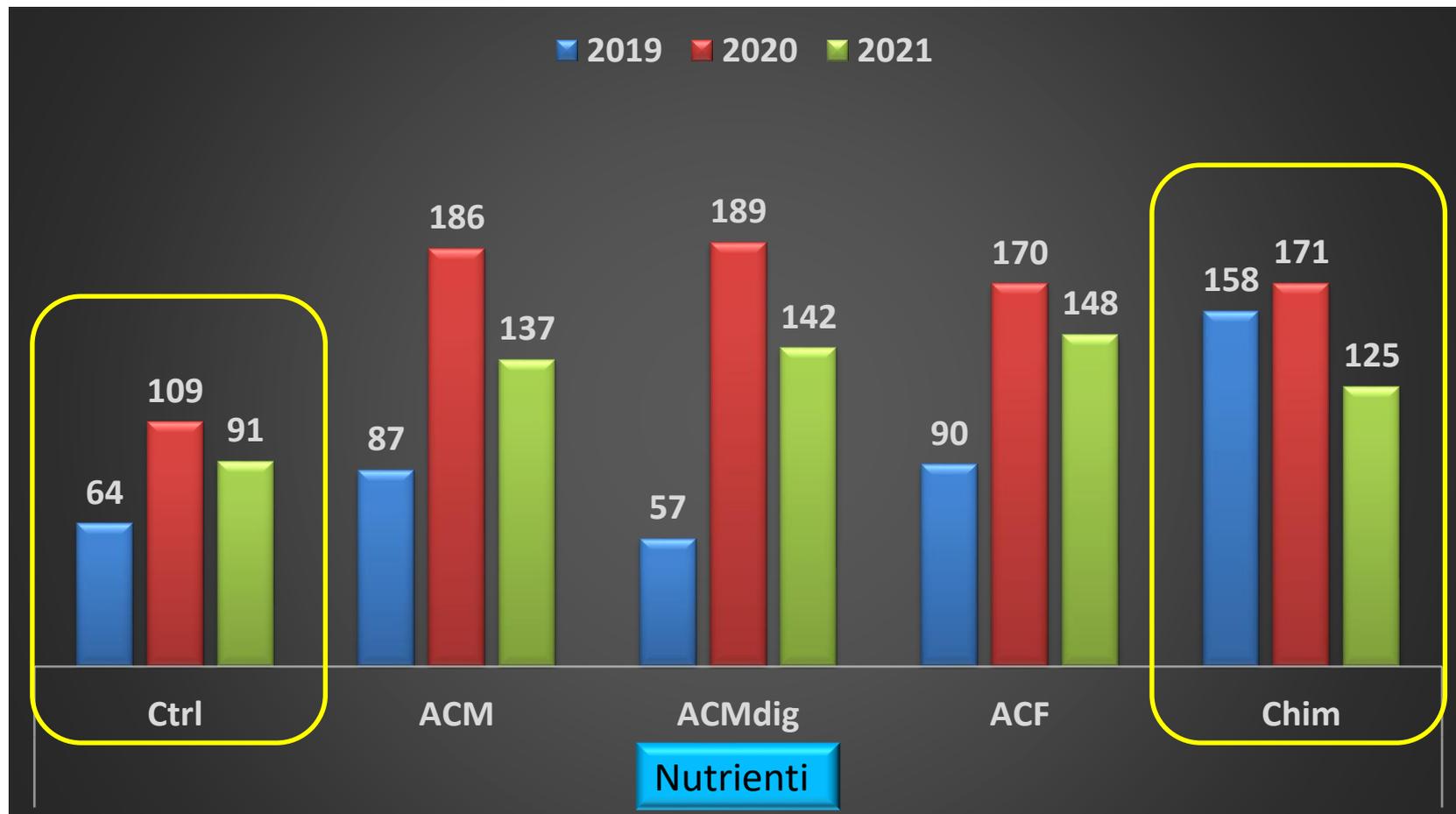
Carbon Sink

Nutrienti

Asportazioni di Azoto (N) nel corso della prova (kg ha⁻¹)

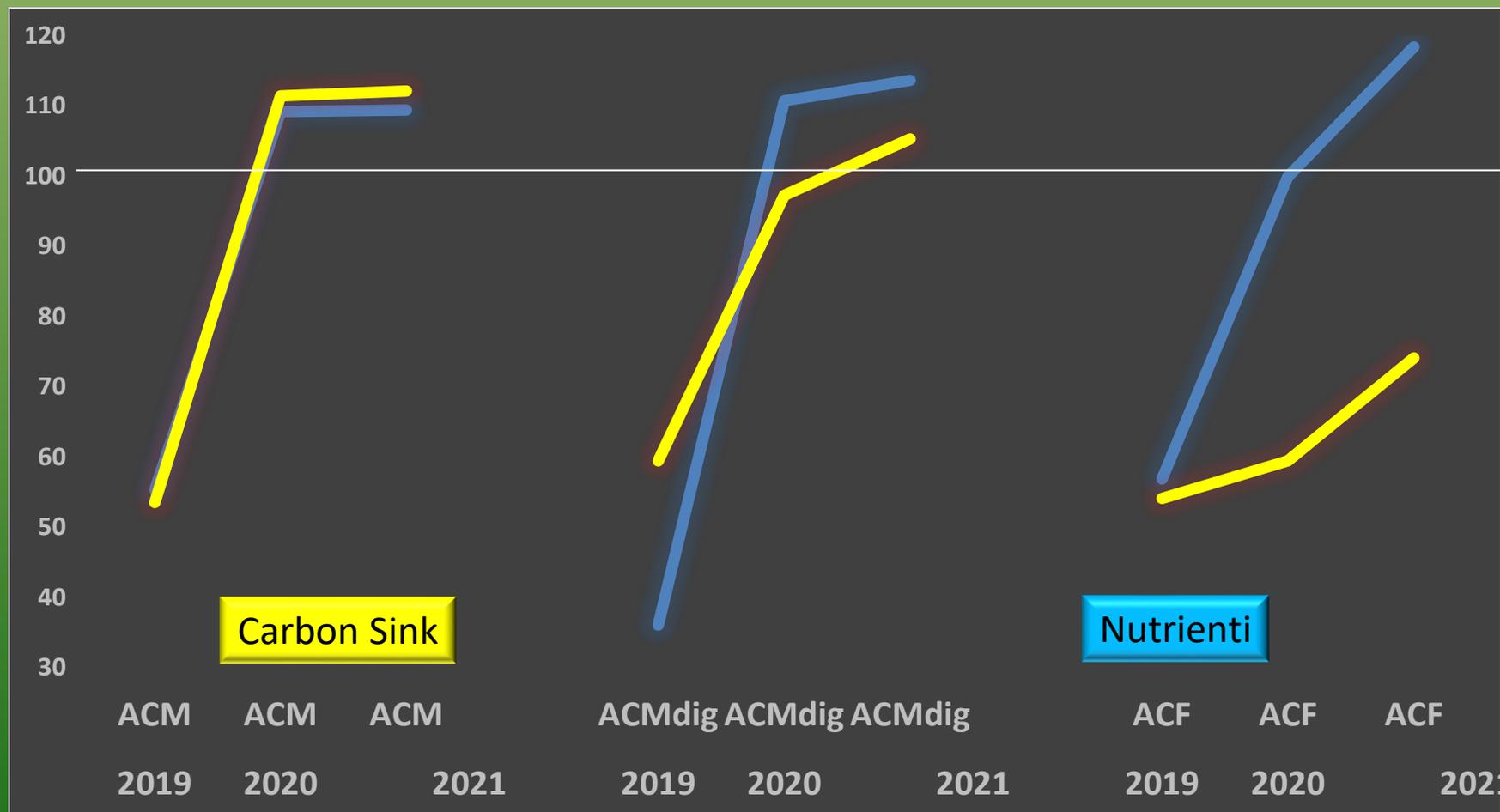


Asportazioni di Azoto (N) nel corso della prova (kg ha⁻¹)



Efficienza agronomica relativa (% di chimico)

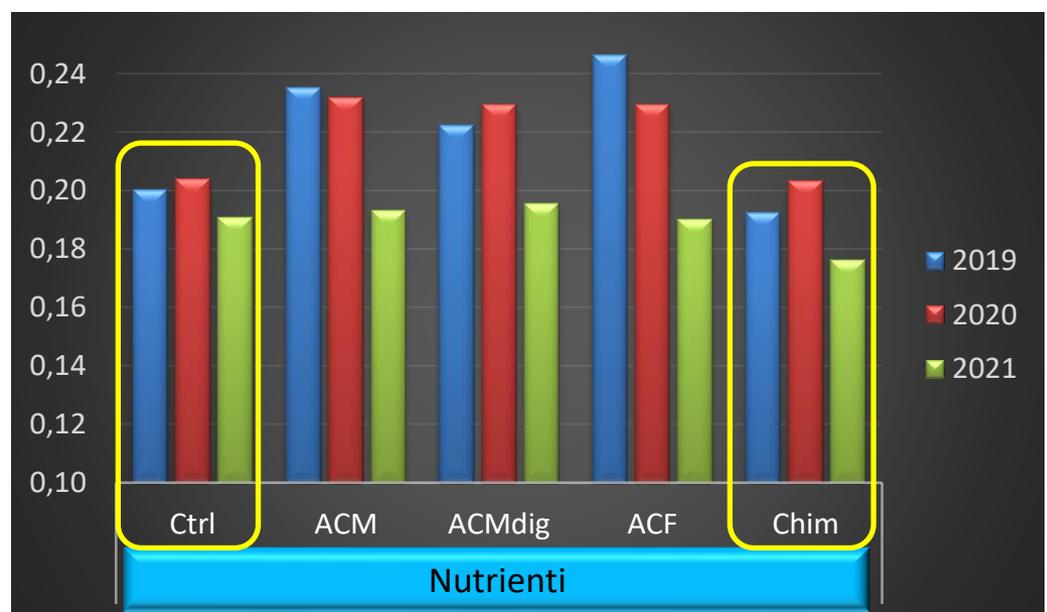
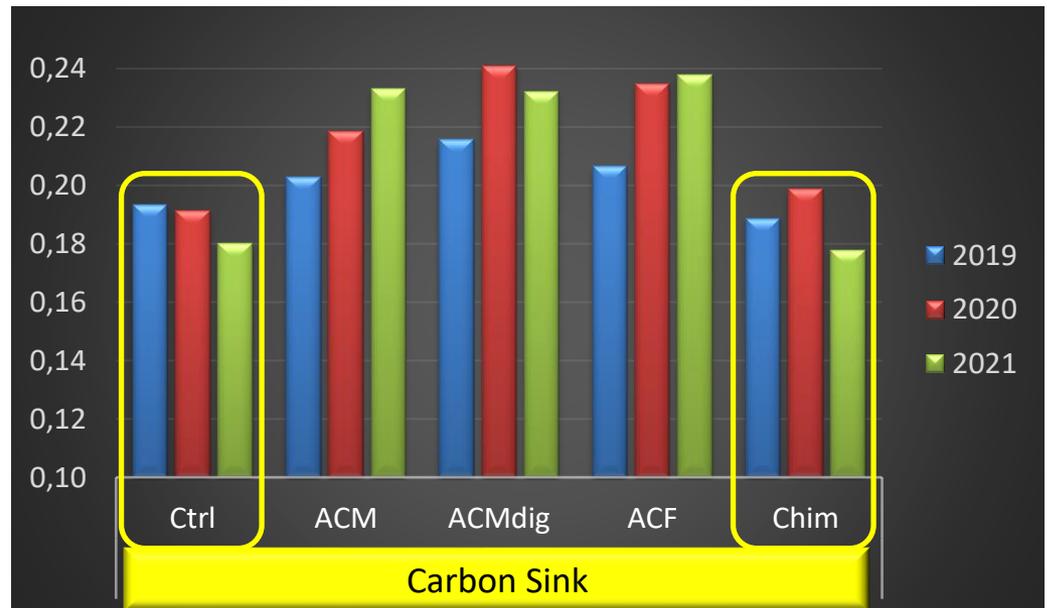
$$\left(\frac{N_{\text{utilizzato}_{\text{comp}}}}{N_{\text{distribuito}_{\text{comp}}}}\right) / \left(\frac{N_{\text{utilizzato}_{\text{chim}}}}{N_{\text{distribuito}_{\text{chim}}}}\right) \cdot 100$$



Azoto: Apporti-asportazioni complessivi nei 3 anni

Percorso	Trattamento	Prodotto (Ton/ha)	N totale distribuito (kg/ha)	N efficiente distribuito (kg/ha)	N asportazioni granella (kg/ha)
Carbon sink	Ctrl-NF		-		244
	ACM	<u>88</u>	1850	740	482
	ACM_{dig}	<u>91</u>	1850	740	453
	ACF	<u>95</u>	1850	740	321
	Chim		740	740	517
Nutrienti	Ctrl-NF		-		272
	ACM	<u>23</u>	1010	740	422
	ACM_{dig}	<u>21</u>	1010	740	428
	ACF	<u>19</u>	1010	740	419
	Chim		740	740	466

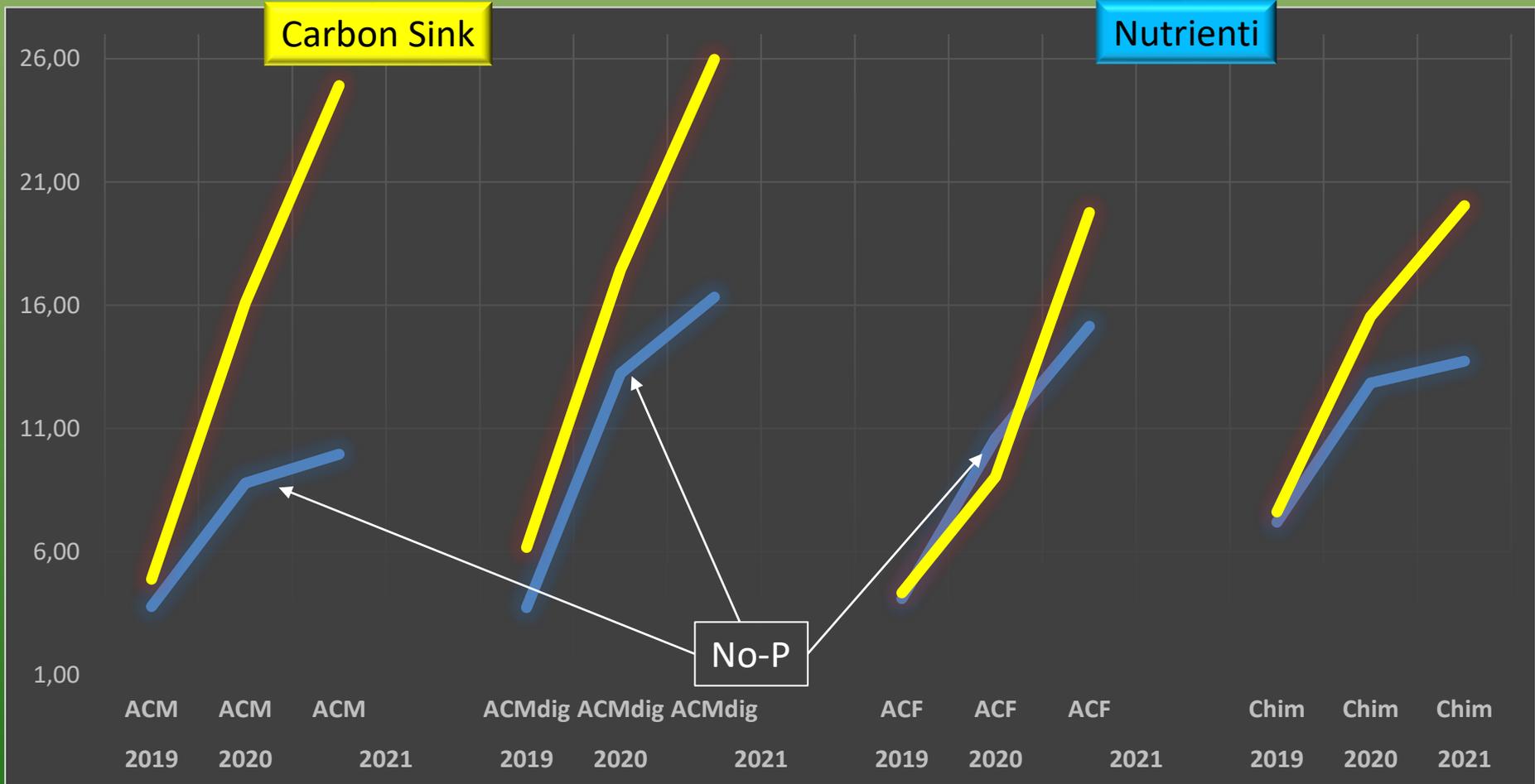
N-totale nei suoli (%)



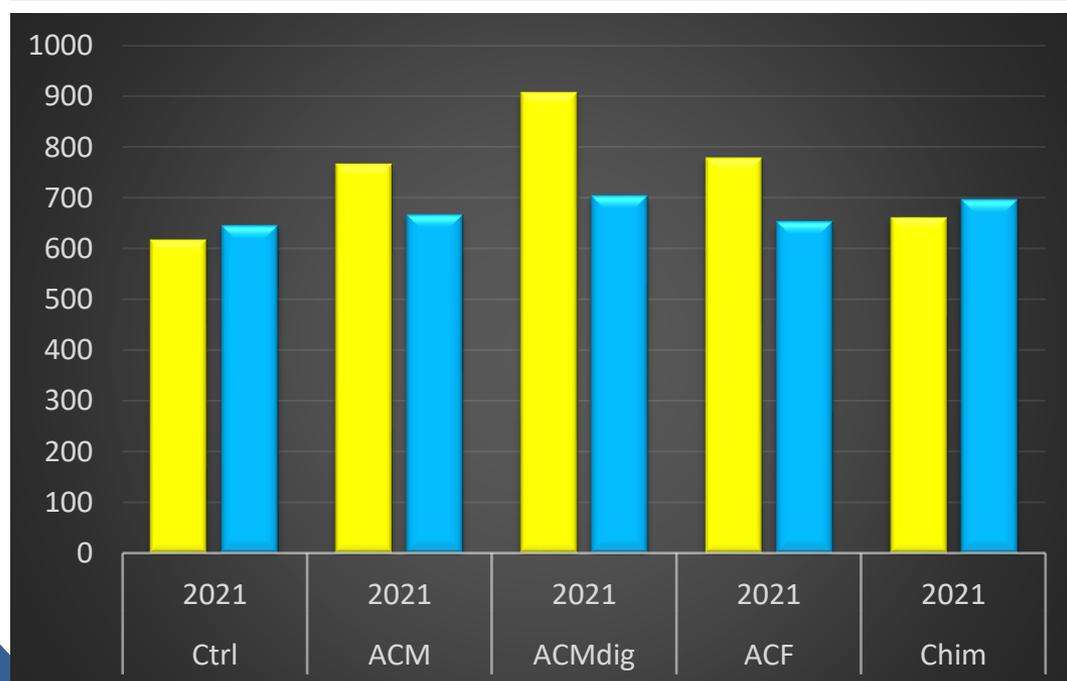
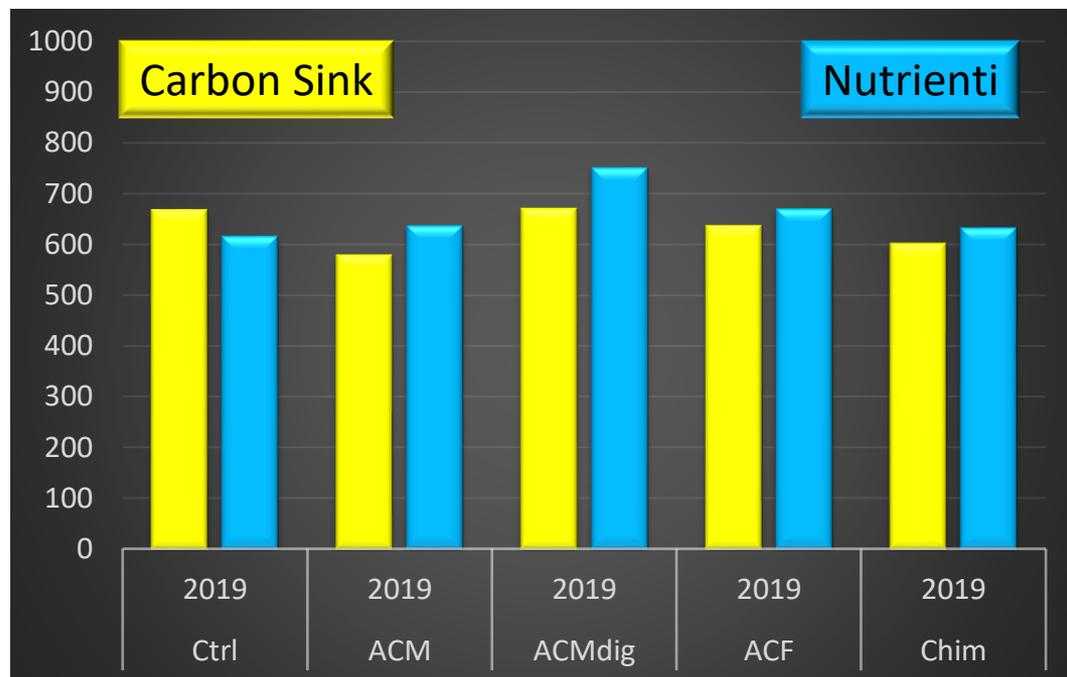
Fosforo: Apporti-asportazioni complessivi nei 3 anni

Percorso	Trattamento	P tot (kg/ha)	P disp (kg/ha)	Asportazioni (kg/ha)
Carbon sink	Ctrl-NF	-	-	114
	ACM	320	80	189
	ACMdig	683	228	192
	ACF	422	142	173
	Chim	120	120	174
Nutrienti	Ctrl-NF	-	-	125
	ACM	105	23	155
	ACMdig	181	56	161
	ACF	125	40	171
	Chim	120	120	167

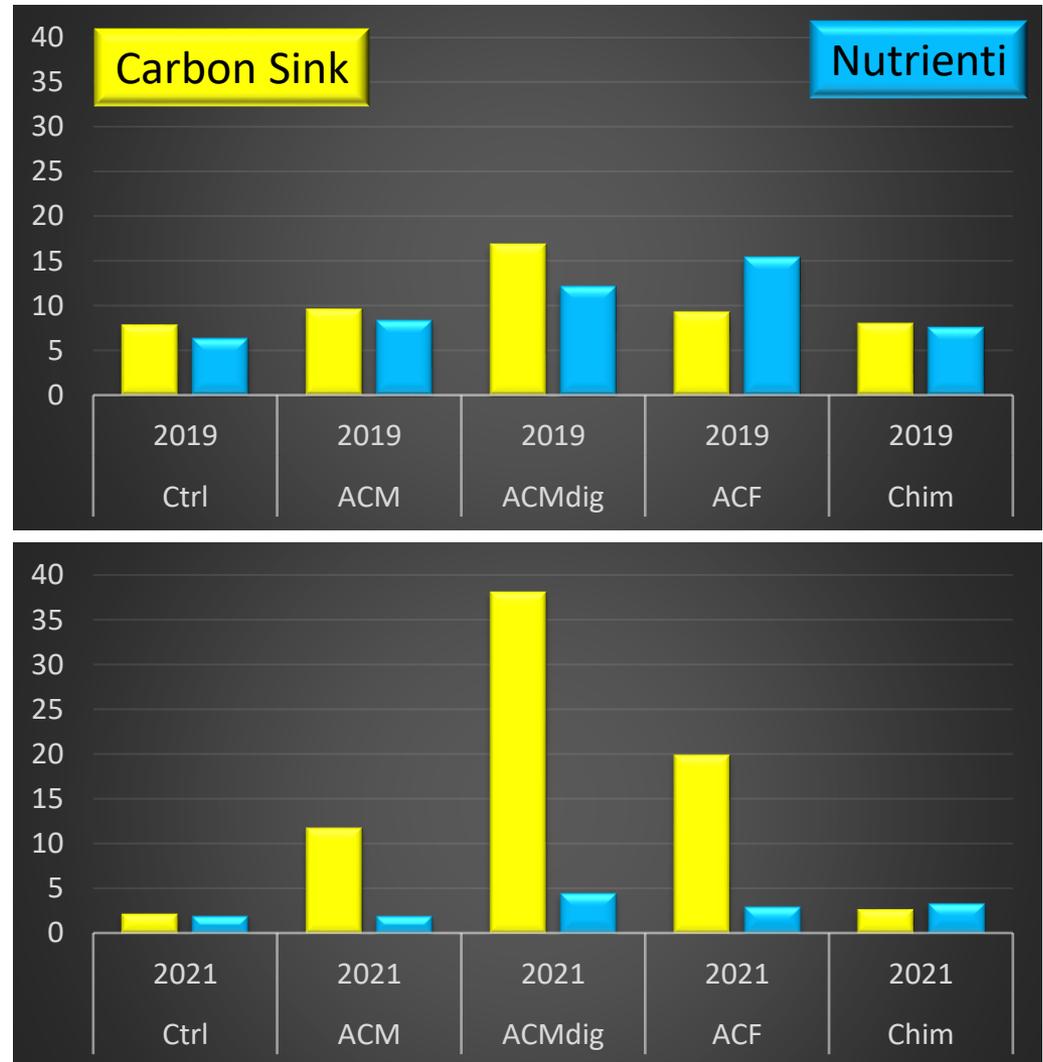
Sommatoria asportazioni di P (al netto del Controllo NF; kg ha⁻¹)



Fosforo
totale
(mg kg⁻¹)

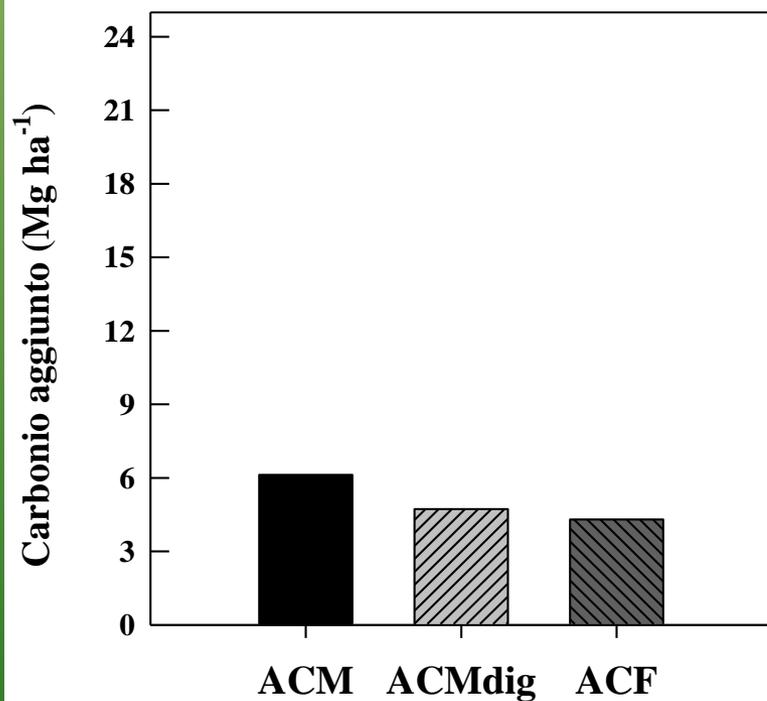


Olsen-P
(mg kg⁻¹)

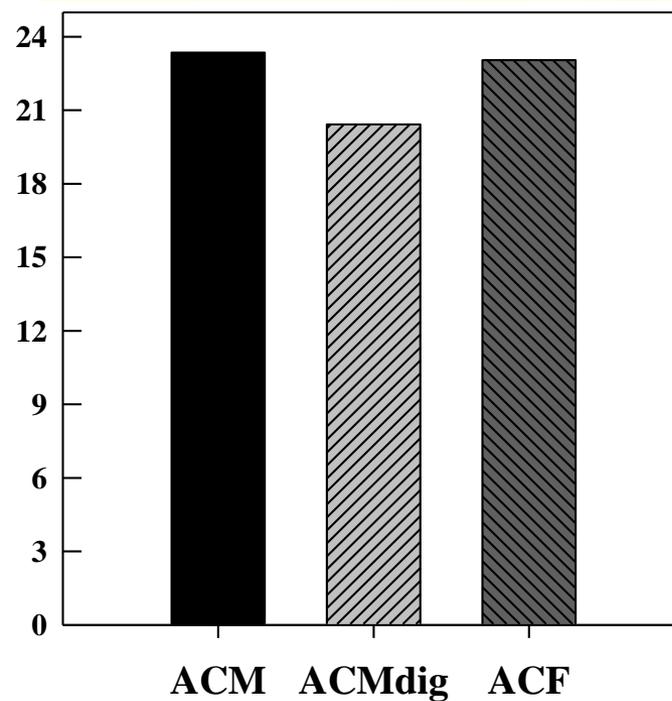


C organico distribuito e variazioni della SO nel suolo

Nutrienti

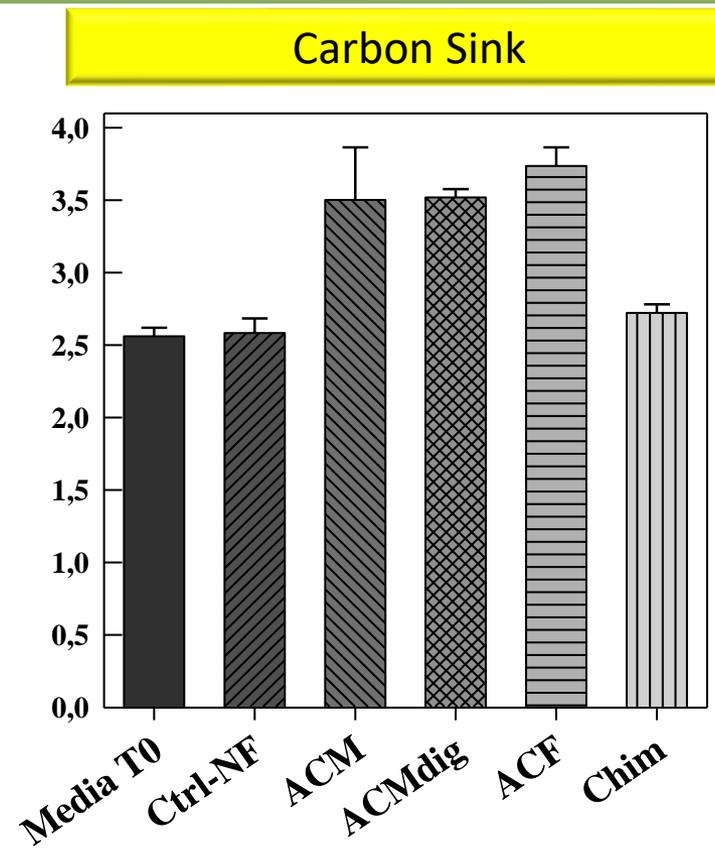
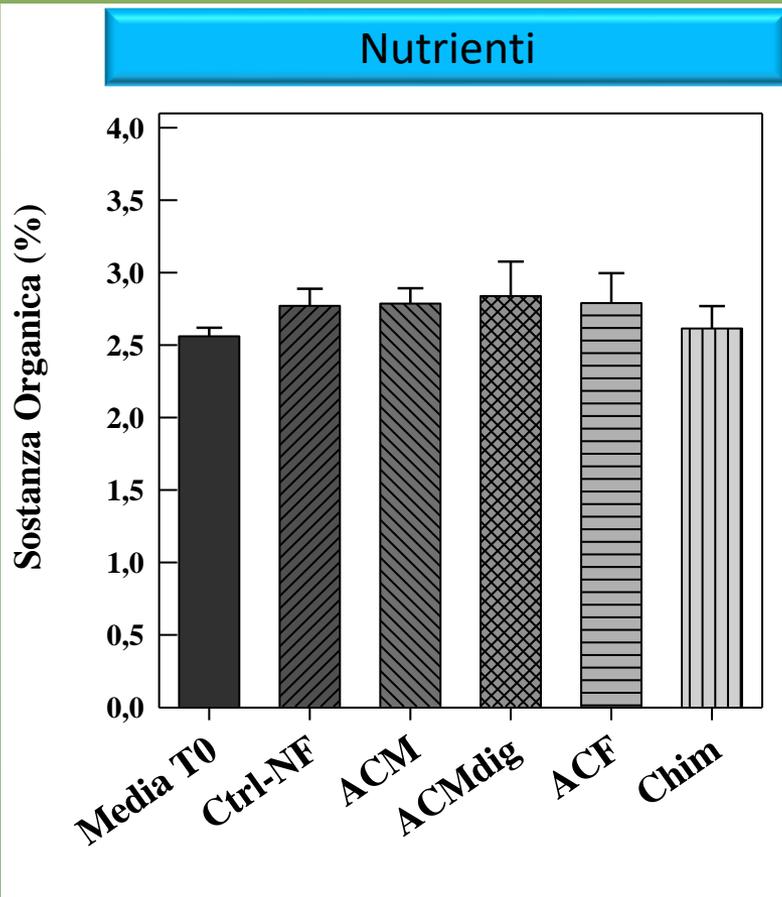


Carbon Sink

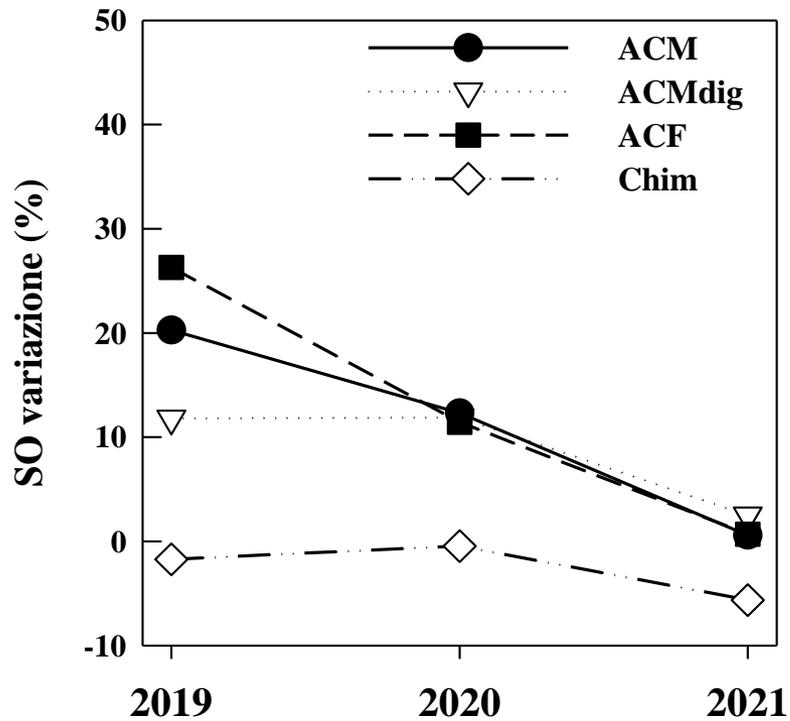


C organico distribuito e variazioni della SO nel suolo

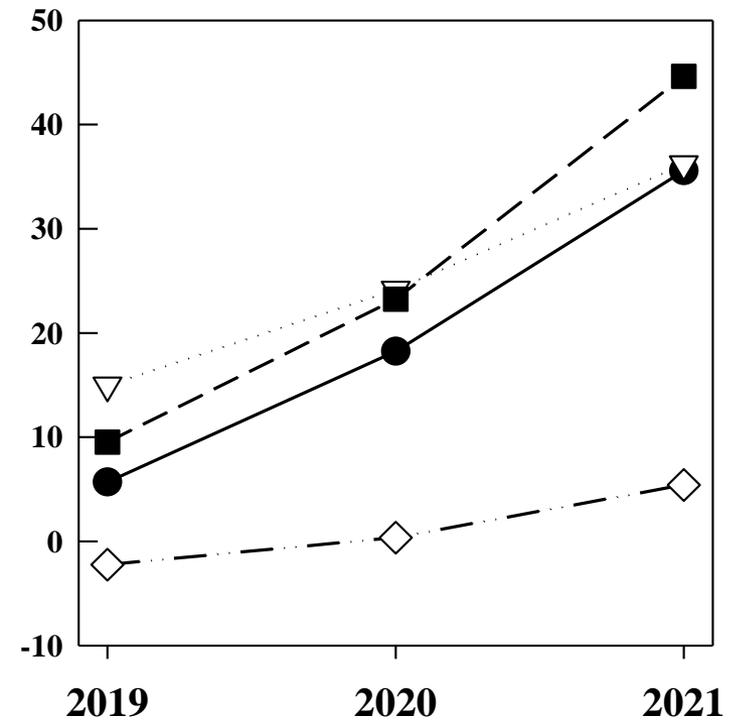
Situazione al termine del 3 anno



C organico distribuito e variazioni della SO nel suolo



Nutrienti



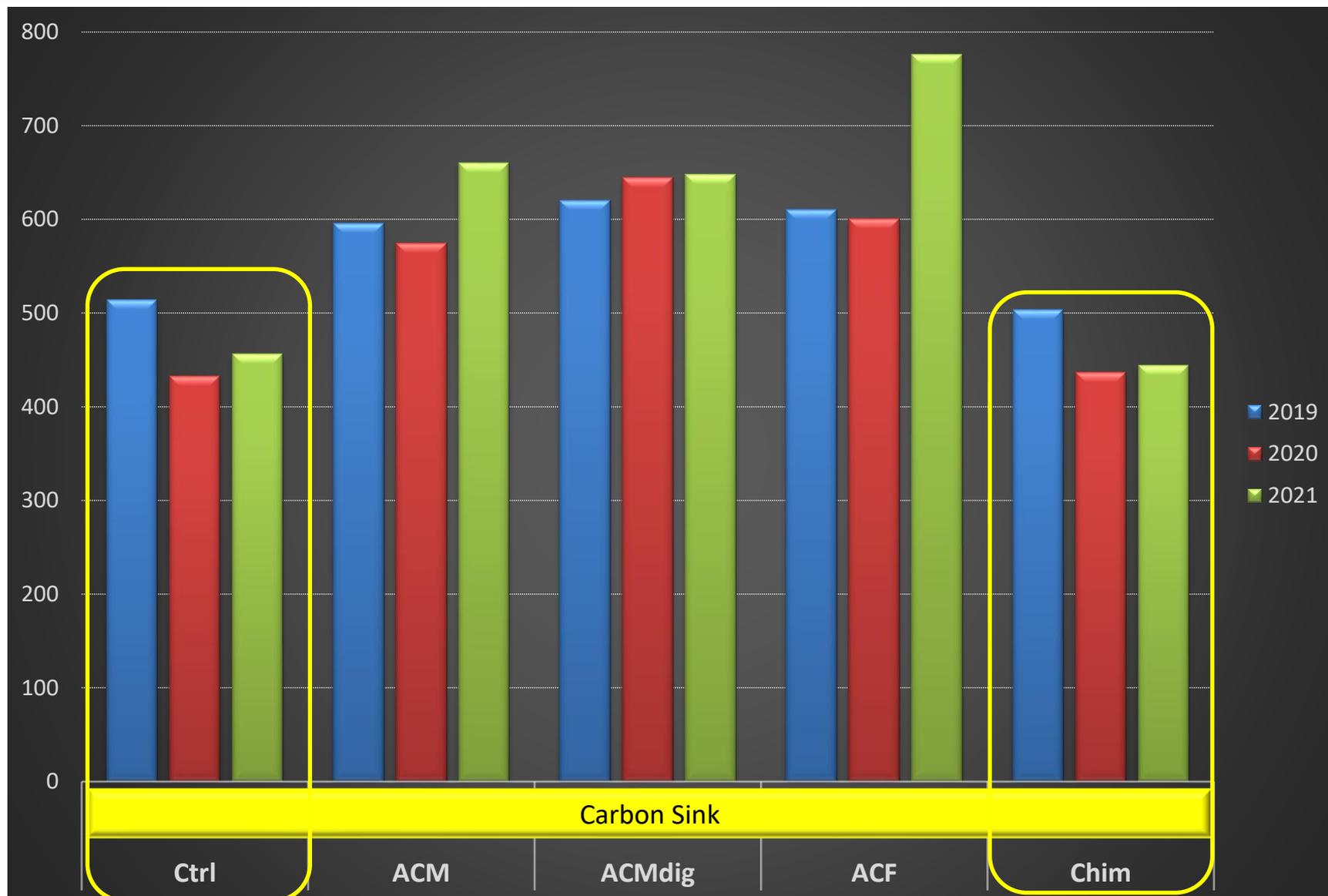
Carbon Sink

Carbonio labile

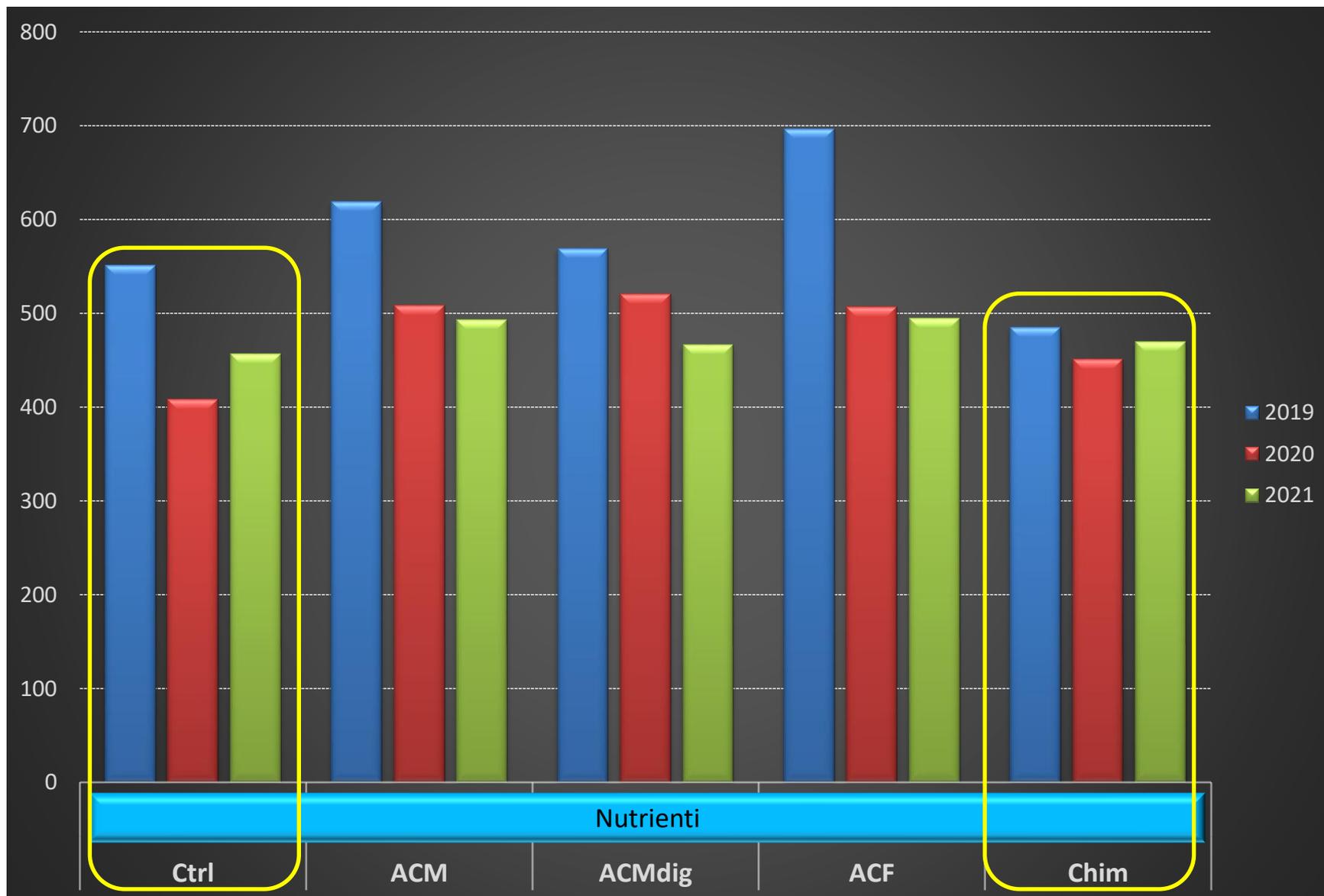
Debole ossidante (KMnO_4)

- Carbonio attivo;
- A disposizione della biomassa microbica;
- → Carbon management index (CMI);
 - Indice di «funzionalità» del suolo.
 - $[\text{C}_{\text{labile}}/\text{C}_{\text{tot}} \text{ Trattamento}] / [\text{C}_{\text{labile}}/\text{C}_{\text{tot}} \text{ Chim}]$

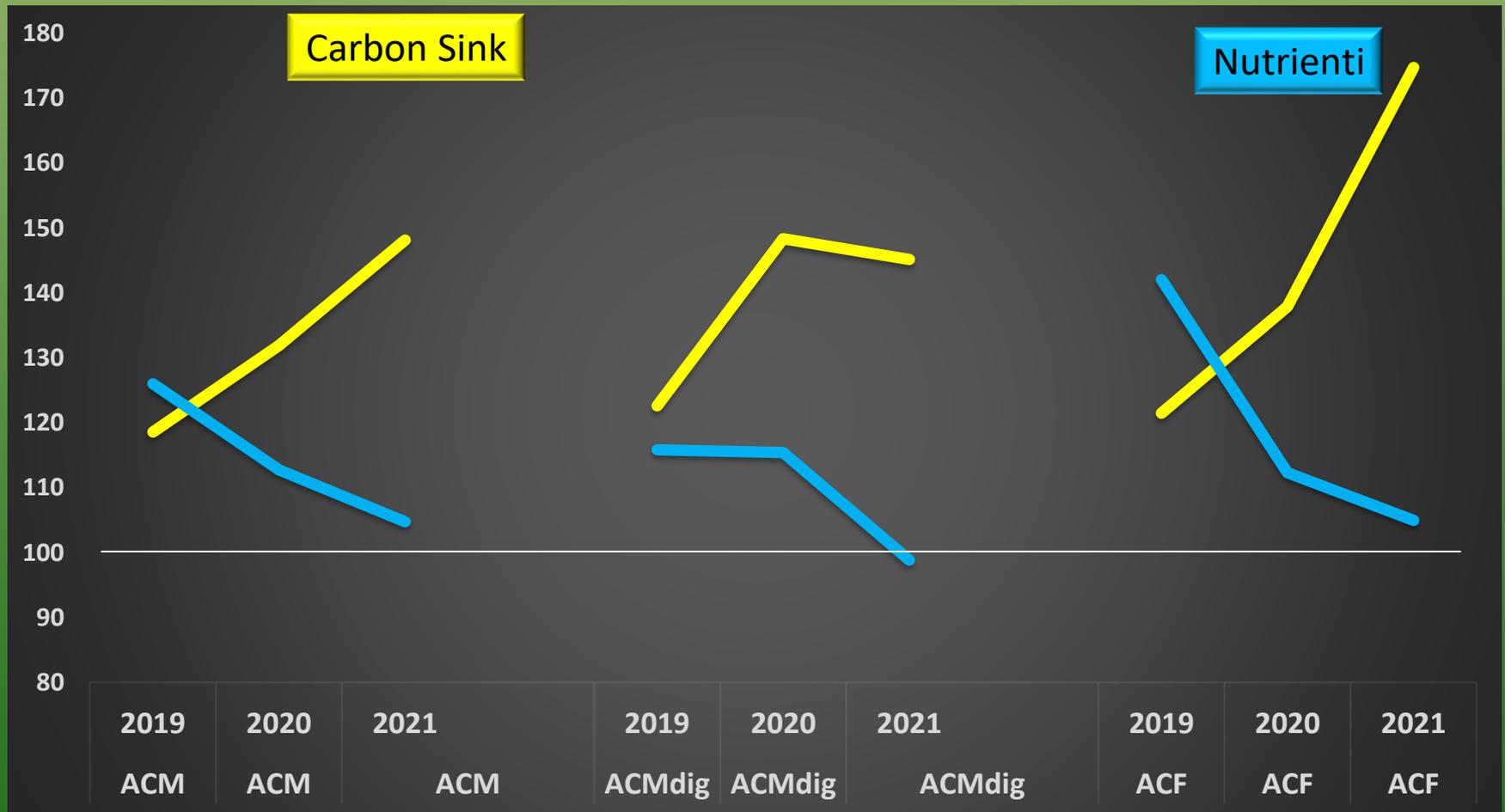
Carbonio Labile (mg kg⁻¹)



Carbonio Labile (mg kg⁻¹)



Carbon Management Index (CMI vs. Chim %)



Conclusioni e prospettive

- In frumento tenero i diversi compost presentavano qualche deficit produttivo al primo anno di applicazione;
 - *Ciclo autunno-vernino non favorevole alla mineralizzazione della SO applicata.*
- In mais da granella (**Carbon Sink**), i diversi compost presentavano produzioni anche superiori alla fertilizzazione aziendale;
 - *Solo ACF presentava qualche deficit (molto stabile; C:N non favorevole).*
- In mais il percorso **Nutrienti** ha dimostrato produzioni superiori od in linea con quanto mostrato dalla fertilizzazione aziendale.

Conclusioni e prospettive

- AZOTO: al primo anno di applicazione i diversi compost presentavano Efficienza Agronomica Relativa (EAR) $\ll 40\%$

- AZOTO: al secondo e terzo anno nel percorso **Carbon Sink** EAR $\geq 100\%$ ACM e ACMdig; ACF 50-70%.

- AZOTO: l'EAR nella successione **Nutrienti** $\geq 100\%$ vs. Chimico:
 - *Il compost rappresenta un efficiente pool di N che viene utilizzato negli anni successivi.*

Conclusioni e prospettive

- Fosforo: al termine del primo ciclo di coltivazione l'utilizzo del P da parte di frumento era limitato dalla disponibilità di azoto.
- Fosforo: al termine del II e III ciclo di coltivazione la mineralizzazione dell'N ha favorito l'utilizzo del P in mais: in **Carbon Sink** \geq Chim
- Fosforo: nel percorso **Nutrienti** forte P «*mining*»:
 - ACM_{dig} e $ACF \geq$ Fertilizzazione aziendale.
 - *ACM carenze dopo il II anno (scarsa disponibilità di P nel prodotto)*

Conclusioni e prospettive

➤ SOSTANZA ORGANICA:

- Elevato potenziale di accumulo di SO nel suolo (**CARBON SINK**) nella applicazione consecutiva di compost;
 - *Il carbonio labile e il CMI confermano il forte e continuo incremento di «FUNZIONALITÀ».*

➤ SOSTANZA ORGANICA:

- Discreta conservazione della SO anche nel percorso **Nutrienti**;
 - *Il carbonio labile ed anche il CMI evidenziano che tutti i compost garantiscono per almeno 2 anni elevata «FUNZIONALITÀ»*

Grazie per la vostra attenzione

marco.grigatti@unibo.it

Ringraziamenti:

- **Consorzio Italiano Compostatori (CIC)**
- **Fondazione Navarra**
- **Dott. Giampaolo Nitti**