



Department of Agricultural,
Food and Environmental
Sciences - D3A



RILEVANZA DELLA COLTIVAZIONE DEL GIRASOLE Mercoledì 9 luglio 2025 CREA-CI, Azienda sperimentale Settepedana

SPERIMENTAZIONE SULLA FERTILIZZAZIONE ORGANICA E MINERALE NELLA SUCCESSIONE GRANO-GIRASOLE



ALESSIO ILARI, Rtd-A Area meccanica agraria D3A-UNIVPM



Biyensa Gurmessa Dubiwak, Assegnista ricerca Centro Agroforestale Università Missouri

OSIMO, 09/07/2025



INTRODUZIONE



- Digestione anaerobica (AD) approccio win-win per valorizzazione degli scarti vegetali umidi
- Il digestato è riconosciuto come un ottimo ammendante (C/N e fonte di azoto disponibile, localmente abbondante)
- Ostacoli all'utilizzo
 - Rapporto C/N elevato per non completa stabilizzazione
 - Costi per trasporto e distribuzione spesso rilevanti (soprattutto del separato liquido)
 - Rischi ambientali legati all'emissione di sostanze azotate con potenziale acidificante (NH_3) e potenziale riscaldamento globale diretto e indiretto (tracce di CH_4 e N_2O)
 - Rischi "tecnici" e di salute derivanti da salinità, fitotossicità, inquinamento da elementi in tracce e rilascio di geni di resistenza antibiotica legati all'applicazione diretta del digestato.
- Approccio!?!? Effettuare un compostaggio post AD con l'aggiunta di prodotti adsorbenti per garantire inattivazione microbi e sottrazione di elementi inquinanti. -----Quali effetti a breve e medio termine????



ATTIVITÀ PRELIMINARI



DCT



DFBy

DSL

DPM

D4C
D8C
D12C

DMS



TESI	COMPOSIZIONE	Rate
DCT	DIGESTATO	1:1
DPM	POLLINA + DIGESTATO	1:4
DSL	INSILATO DI MAIS + DIGESTATO	1:4
DMS	POLLINA + INSILATO DI MAIS + DIGESTATO	1:1:8
DFBy	SCARTI DI BISCOTTIFICIO + DIGESTATO	1:4
D12C	BIOCHAR 12% + DIGESTATO	1:8
D8C	BIOCHAR 8% + DIGESTATO	1:12,5
D4C	BIOCHAR 4% + DIGESTATO	1:25



ATTIVITÀ PRELIMINARI

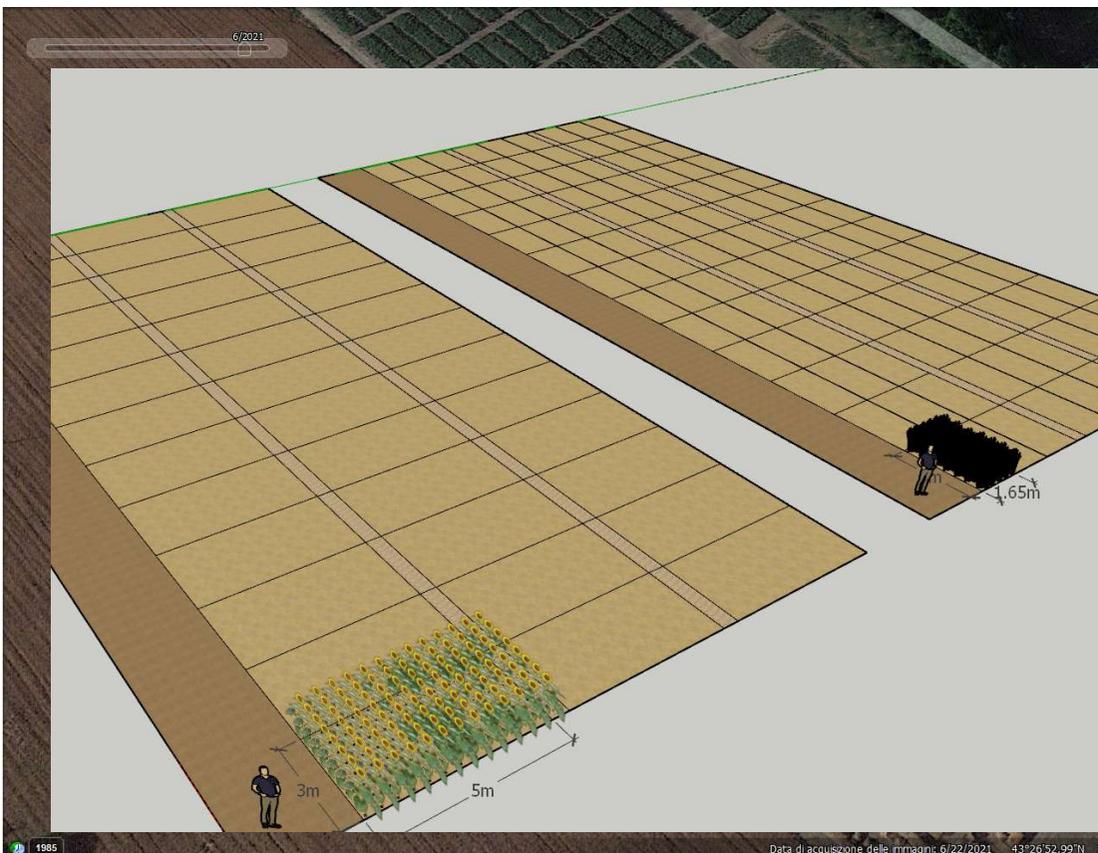


Tesi	% N	Umidità	kg peso fresco per parcella 2020	Fertilizzante minerale kg per parcella 2021	% N	Umidità	kg peso fresco per parcella 2022	Fertilizzante minerale kg per parcella 2023
DPM	2.96	0.69	8.20	0.06-0.13-0.19	3	0.66	7.35	0.06-0.13-0.19
DCT	1.61	0.62	12.30	0.06-0.13-0.19	2.14	0.69	11.29	0.06-0.13-0.19
DFBy	2.46	0.58	7.30	0.06-0.13-0.19	3.34	0.55	5.00	0.06-0.13-0.19
DSL	1.93	0.57	9.10	0.06-0.13-0.19	3.25	0.59	5.63	0.06-0.13-0.19
D12C	1.9	0.67	12.00	0.06-0.13-0.19	1.96	0.65	10.93	0.06-0.13-0.19
DMS	1.93	0.63	10.60	0.06-0.13-0.19	3.04	0.64	6.86	0.06-0.13-0.19
D04C	1.45	0.6	13.00	0.06-0.13-0.19	2.06	0.46	6.75	0.06-0.13-0.19
D08C	1.38	0.60	13.65	0.06-0.13-0.19	2.02	0.63	10.02	0.06-0.13-0.19
Urea	46	0	0.16	0.06-0.13-0.19	46	0	0.16	0.06-0.13-0.19

Disegno sperimentale Girasole: somministrazione equivalente di 50kgN/ha anno



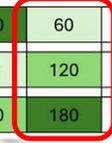
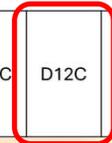
ATTIVITÀ PRELIMINARI



DSL	Cont.	DCT	DPM	DMS	DSL	DFBy	DCT	Dig.	DFBy	Cont.	DPM	DMS
Cont.	D08C	Dig.	Urea	Urea	D04C	DCT	D12C	Cont.	D04C	D04C	Urea	Blank
DPM	Cont.	DFBy	D12C	D08C	Dig.	Cont.	Blank	DSL	DMS	D08C	D12C	Blank
120	60	120	60	180	60	180	120	120	180	180	60	120
180	120	60	180	120	180	120	180	60	120	60	120	180
60	180	180	120	60	120	60	60	180	60	120	120	60
120	180	120	60	60	60	180	120	120	180	180	60	Blank
180	60	60	120	180	120	120	60	180	60	120	120	Blank
60	120	180	180	120	180	60	180	60	120	60	120	Blank
120	60	120	60	180	120	180	Blank	180	60	180	60	Blank
180	180	60	180	120	60	120	Blank	120	180	60	120	Blank
60	120	180	120	60	180	60	Blank	60	120	120	180	Blank

Compost

N minerale



Disegno sperimentale Girasole completamente randomizzato 2020-2022

Disegno sperimentale Frumento blocchi randomizzati 2021-2023



ATTIVITÀ PRELIMINARI

Campionamento suolo orizzonti Ap1-Ap2 (0-14/14-31cm) :

- Pre-trattamento (random)
- Post-trattamento (alla semina) file 2-3 (**T1**)
- Pre-fioritura file 3-4 (**T2**)
- Raccolta file 4-5 (**T3**)



Parametro	metodo
pH	Potenziometro (H2O 1:2.5 w/v)
SOC	Walkley-Black method
N tot.	semi-micro Kjeldahl
P disp.	Olsen method
Ca, Mg, Na, K scamb.	atomic absorption 0.2 M BaCl2

Quantificazione attività enzimatica

Metabolita enzimatico	enzimi
C-acquiring	β -glucosidasi, β -galattosidasi, cellulasi e glucuronidasi
N-acquiring	chitinasi e leucina aminopeptidasi
P-acquiring	fosfodiesterasi e pirofosfato/fosfodiesterasi
S-acquiring	arilsolfatasi

15mg



1.2ml (50 mM di Tris-HCl a pH 7 + lisozima 2%)





ATTIVITÀ PRELIMINARI



Dati risposta Girasole (2020-2022)

Peso campione 6.93 mq (g)

Umidità GAC (%)

Peso 100 semi (g)

Contenuto olio s.s. (%)

Produzione acheni 9% di umidità (t/ha)

Produzione olio s.s. (t/ha)

Peso 1000 al 9% di umidità (g)

Dati risposta Frumento (2021-2023)

Altezza fusto (cm)

Peso campione 0.9438(1,2) mq (g)

Umidità (%)

Peso 500 semi (g)

Peso 1/4 litro (g)

Produzione granella 13% di um. (t/ha)

Peso 1000 semi 13% di um. (g)

Peso hl (kg)

Analisi statistica

Test normalità per verifica della distribuzione dei valori campionari (Test di Shapiro-Wilk)

ANOVA (per singole prove) (test post hoc Tukey)

ANOVA a due vie (per biennio girasole-grano)

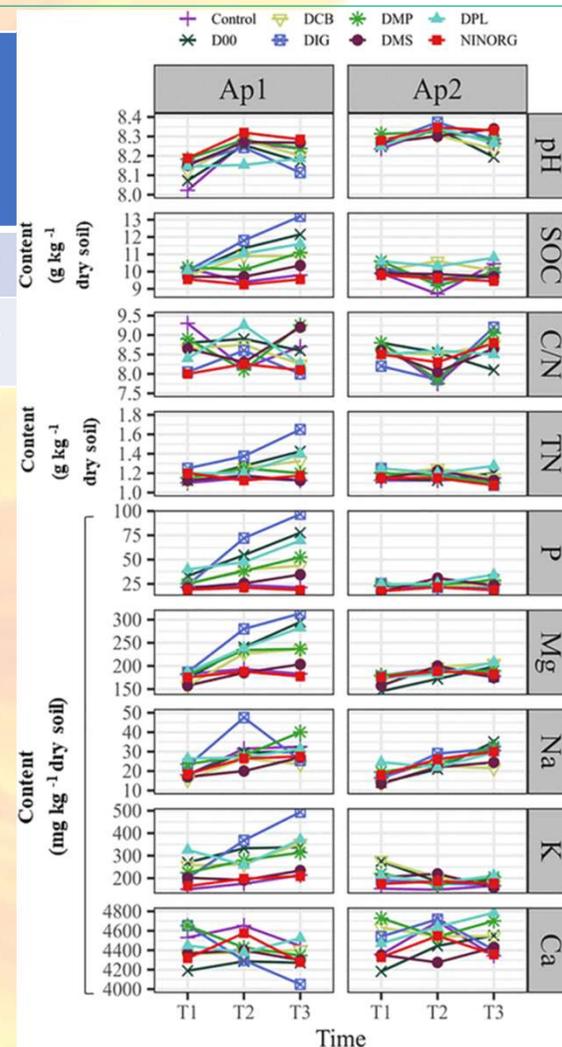


RISULTATI Suolo



	Depth (cm)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	SOC (g kg ⁻¹)	pH Soil	C:N ratio	Total N (g kg ⁻¹)	Availa ble P (mg kg ⁻¹)
Ap1	0–14	40.6±8.6	48.5±7.1	11.1±1.5	10.3±1.5	7.9±0.3	8.4±0.5	1.2±0.1	29±7.9
Ap2	14–31	56.7±18.6	34.3±13.6	9.1±4.9	10.4±1	8.2±0.2	8.5±0	1.2±0.1	28.8±6

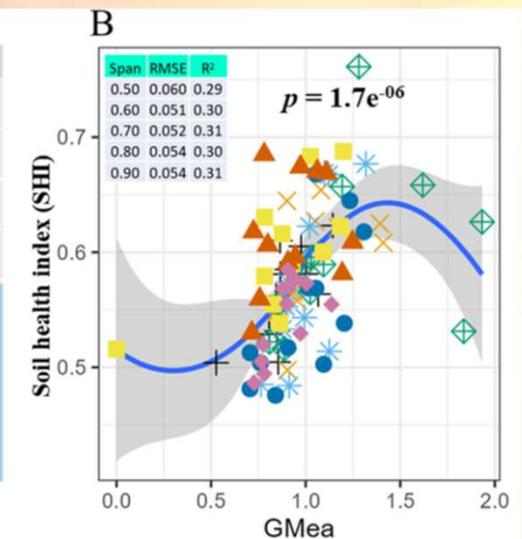
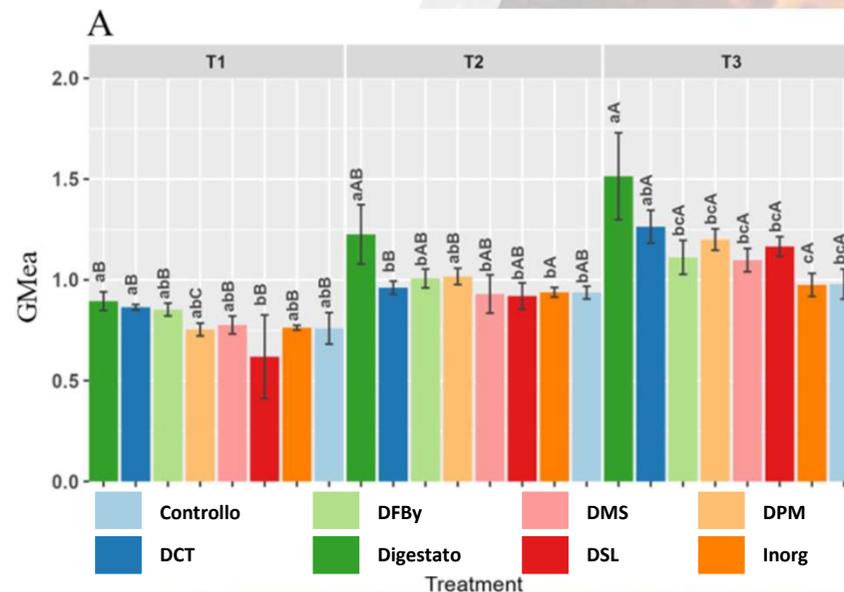
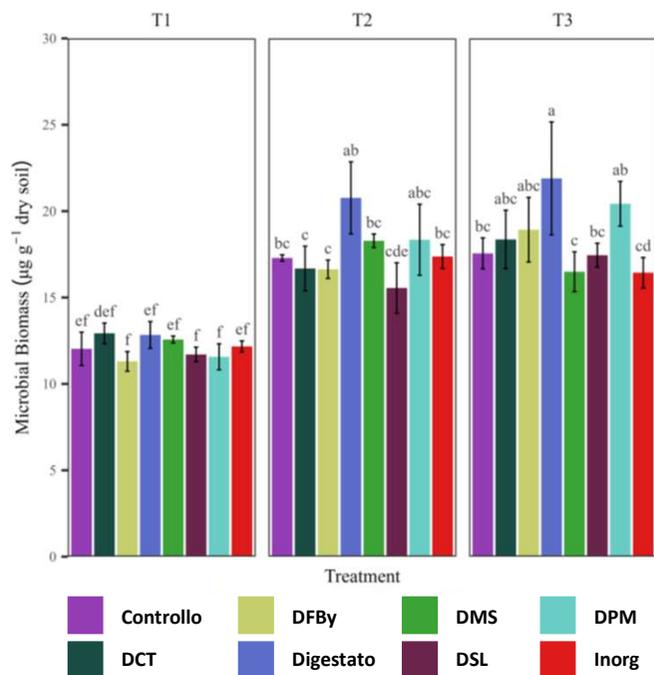
- A seguito della distribuzione di compost e digestato si è osservato dalla semina fino alla raccolta un incremento in tutti i parametri limitatamente ai primi 15 cm di suolo con maggiori incrementi registrati per il trattamento con digestato fresco





RISULTATI Microbiota

- Per quanto riguarda le analisi microbiologiche la biomassa microbica è aumentata a seguito delle distribuzioni di compost in maniera sensibile e nel caso del digestato tale aumento è statisticamente significativo al momento della raccolta (T3)
- Il GMea che riassume attraverso l'attività enzimatica la capacità di riciclo microbico dei nutrienti ha mostrato staticità alla semina per incrementare in fase di prefioritura e raccolta con il digestato a incrementare in maniera più evidente.



GMea - enzymatic geometric mean index (Reardon et al. (2022).)



RESULTS girasole 2020



One-way ANOVA: Contenuto olio s.s. (%) versus Tesi

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesi	11	24,48	2,23	1,90	0,091
Error	24	28,04	1,17		
Total	35	52,52			

S = 1,081 R-Sq = 46,61% R-Sq(adj) = 22,14%

One-way ANOVA: Peso campione 6,93 mq (g) versus Tesi

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesi	11	3046491	276954	9,10	0,000
Error	24	730288	30429		
Total	35	3776779			

S = 174,4 R-Sq = 80,66% R-Sq(adj) = 71,80%

One-way ANOVA: Peso 1000 al 9% di um. (g) versus Tesi

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesi	11	417,7	38,0	3,59	0,004
Error	24	254,1	10,6		
Total	35	671,8			

S = 3,254 R-Sq = 62,18% R-Sq(adj) = 44,84%

One-way ANOVA: Prod. olio s.s. (tha) versus Tesi

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesi	11	1,4103	0,1282	9,34	0,000
Error	24	0,3293	0,0137		
Total	35	1,7396			

S = 0,1171 R-Sq = 81,07% R-Sq(adj) = 72,40%

One-way ANOVA: Prod. acheni 9% di um. (tha) versus Tesi

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesi	11	6,8964	0,6269	9,13	0,000
Error	24	1,6479	0,0687		
Total	35	8,5443			

S = 0,2620 R-Sq = 80,71% R-Sq(adj) = 71,87%

- Differenza statistica significativa per produzione olio e produzione acheni
- Differenze statistiche anche per peso 1000 semi e peso campione su aree di saggio
- Contenuto in olio non significativamente variabile



RESULTS girasole 2020



One-way ANOVA: Prod. acheni 9% di um. (tha) versus Tesi

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesi	11	6,8964	0,6269	9,13	0,000
Error	24	1,6479	0,0687		
Total	35	8,5443			

S = 0,2620 R-Sq = 80,71% R-Sq(adj) = 71,87%

Tesi	N	Mean	Grouping
11	3	3,5800	A
6	3	3,4367	A B
1	3	3,3300	A B
3	3	3,0167	A B C
2	3	3,0000	A B C
5	3	2,9700	A B C
9	3	2,8267	A B C
4	3	2,7167	B C D
10	3	2,6800	B C D
12	3	2,5100	C D
7	3	2,3900	C D
8	3	1,9800	D

One-way ANOVA: Prod. olio s.s. (tha) versus Tesi

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesi	11	1,4103	0,1282	9,34	0,000
Error	24	0,3293	0,0137		
Total	35	1,7396			

S = 0,1171 R-Sq = 81,07% R-Sq(adj) = 72,40%

Tesi	N	Mean	Grouping
11	3	1,5800	A
6	3	1,5000	A B
1	3	1,4533	A B C
3	3	1,3233	A B C D
2	3	1,2933	A B C D
5	3	1,2633	A B C D
9	3	1,1933	B C D E
4	3	1,1500	C D E
10	3	1,1233	C D E
12	3	1,0767	D E
7	3	1,0500	D E
8	3	0,8600	E

controllo

N minerale

D08C



RESULTS frumento 2021



Two-way ANOVA: Peso 1000 13% di um. (g) versus N 2021; 2020

Source	DF	SS	MS	F	P
N 2021	2	22,709	11,3545	4,58	0,013
2020	11	87,505	7,9550	3,21	0,001
Interaction	22	61,009	2,7731	1,12	0,350
Error	72	178,647	2,4812		
Total	107	349,870			

S = 1,575 R-Sq = 48,94% R-Sq(adj) = 24,12%

Two-way ANOVA: Peso hl versus N 2021; 2020

Source	DF	SS	MS	F	P
N 2021	2	11,030	5,51509	6,62	0,002
2020	11	18,832	1,71201	2,06	0,035
Interaction	22	19,212	0,87327	1,05	0,421
Error	72	59,953	0,83269		
Total	107	109,028			

S = 0,9125 R-Sq = 45,01% R-Sq(adj) = 18,28%

Two-way ANOVA: Produzione granella 13% di um. versus N 2021; 2020

Source	DF	SS	MS	F	P
N 2021	2	9,1566	4,57832	20,45	0,000
2020	11	15,0717	1,37015	6,12	0,000
Interaction	22	2,8228	0,12831	0,57	0,928
Error	72	16,1184	0,22387		
Total	107	43,1695			

S = 0,4731 R-Sq = 62,66% R-Sq(adj) = 44,51%

Two-way ANOVA: Peso campione 0,9438 mq (g) versus N 2021; 2020

Source	DF	SS	MS	F	P
N 2021	2	75240	37620,2	19,46	0,000
2020	11	130388	11853,4	6,13	0,000
Interaction	22	24000	1090,9	0,56	0,934
Error	72	139211	1933,5		
Total	107	368839			

S = 43,97 R-Sq = 62,26% R-Sq(adj) = 43,91%

- Nessuna dipendenza tra l'applicazione della fertilizzazione minerale e il residuo effetto delle applicazioni nel 2020
- Tuttavia i valori di significatività per le tesi 2020 sono sempre sotto soglia indice di una interazione non allineata con quella della fertilizzazione inorganica



RESULTS frumento 2021



One-way ANOVA: Produzione granella 13% di um. versus Tesi

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesi	35	27,051	0,773	3,45	0,000
Error	72	16,118	0,224		
Total	107	43,170			

S = 0,4731 R-Sq = 62,66% R-Sq(adj) = 44,51%

Tesi	N	Mean	Grouping
15	3	6,2833	A
14	3	5,7333	A B
21	3	5,4967	A B C
9	3	5,3967	A B C D
6	3	5,3967	A B C D
8	3	5,3800	A B C D
5	3	5,3733	A B C D
27	3	5,1733	A B C D E
12	3	5,1733	A B C D E
7	3	5,1433	A B C D E
18	3	5,1333	A B C D E
33	3	5,1200	A B C D E
36	3	5,1000	A B C D E
30	3	5,0800	A B C D E
35	3	5,0567	A B C D E
32	3	5,0467	A B C D E
24	3	5,0400	A B C D E
26	3	5,0300	A B C D E
4	3	5,0133	A B C D E
11	3	4,9433	A B C D E
23	3	4,9333	A B C D E
29	3	4,9100	A B C D E
13	3	4,8900	A B C D E
34	3	4,7633	A B C D E
10	3	4,7067	B C D E
17	3	4,6933	B C D E
20	3	4,6600	B C D E
28	3	4,5767	B C D E
19	3	4,5600	B C D E
22	3	4,4633	B C D E
3	3	4,4567	B C D E
25	3	4,3700	B C D E
31	3	4,3033	B C D E
2	3	4,0033	C D E
16	3	3,8900	D E
1	3	3,7133	E

D12C 120/180 kgN

DPM/DMS 60/60 kgN

- Nell'analisi statistica Anova ad una via sui dati frumento 2021 appare chiaro che la dose di azoto genera performance migliori ma non sempre.
- Ad esempio le tesi 1-2 e 3 che corrispondono al trattamento con digestato e pollina compostata mostrano performance chiaramente inferiori rispetto ad altri trattamenti.
- Lo schema 60-120-180 è sempre rispettato quindi l'eventuale incremento o decremento medio di produzione (se significativo) è imputabile al trattamento precedente.



RESULTS girasole 2022



ANOVA TESI ----- contenuto olio %ss

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesi	11	12,08	1,10	1,03	0,455
Error	24	25,70	1,07		
Total	35	37,78			

S = 1,035 R-Sq = 31,97% R-Sq(adj) = 0,79%

ANOVA TESI ----- produzione olio t/ha

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesi	11	0,2102	0,0191	1,36	0,254
Error	24	0,3373	0,0141		
Total	35	0,5476			

S = 0,1186 R-Sq = 38,39% R-Sq(adj) = 10,

ANOVA TESI ----- Peso campione 6,93 mq (g)

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesi	11	616174	56016	1,88	0,095
Error	24	715101	29796		
Total	35	1331275			

S = 172,6 R-Sq = 46,28% R-Sq(adj) = 21,66%

- Nessuna differenza statistica tra le tesi per nessuno dei parametri produttivi
- La fertilizzazione organica (con digestato compostato o non) non influenza negativamente la produzione nemmeno a confronto con quella minerale a 50 kg/ha di N

ANOVA TESI ----- Peso 1000 semi 9%U

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesi	11	228,75	20,80	4,50	0,001
Error	24	110,97	4,62		
Total	35	339,73			

S = 2,150 R-Sq = 67,33% R-Sq(adj) = 52,36%

Tesi	N	Mean	Grouping
4	3	61,800	A
8	3	58,133	A B
3	3	57,800	A B C
5	3	57,067	A B C
6	3	56,167	A B C
7	3	55,867	A B C
9	3	55,733	A B C
11	3	55,133	B C
12	3	55,100	B C
10	3	54,267	B C
1	3	52,800	B C
2	3	51,667	C

DSL

DCT



RESULTS frumento 2023



Two-way ANOVA: Peso 1000 13% di um. (g) versus Girasole 2022; N 2023

Source	DF	SS	MS	F	P
Girasole 2022	11	82,774	7,5249	1,76	0,078
N 2023	2	26,150	13,0751	3,06	0,053
Interaction	22	66,641	3,0291	0,71	0,817
Error	72	308,027	4,2781		
Total	107	483,592			

S = 2,068 R-Sq = 36,30% R-Sq(adj) = 5,34%

Two-way ANOVA: Peso campione 1,2 mq (g) versus N 2023; Girasole 2022

Source	DF	SS	MS	F	P
N 2023	2	1217389	608695	231,94	0,000
Girasole 2022	11	85153	7741	2,95	0,003
Interaction	22	90512	4114	1,57	0,080
Error	72	188957	2624		
Total	107	1582011			

S = 51,23 R-Sq = 88,06% R-Sq(adj) = 82,25%

Two-way ANOVA: Produzione granella 13% di um. versus N 2023; Girasole 2022

Source	DF	SS	MS	F	P
N 2023	2	86,294	43,1468	233,23	0,000
Girasole 2022	11	6,478	0,5889	3,18	0,001
Interaction	22	6,329	0,2877	1,55	0,083
Error	72	13,320	0,1850		
Total	107	112,420			

S = 0,4301 R-Sq = 88,15% R-Sq(adj) = 82,39%

Two-way ANOVA: Peso hl versus N 2023; Girasole 2022

Source	DF	SS	MS	F	P
N 2023	2	16,7037	8,35184	14,13	0,000
Girasole 2022	11	13,4318	1,22107	2,07	0,034
Interaction	22	18,9354	0,86070	1,46	0,119
Error	72	42,5547	0,59104		
Total	107	91,6255			

S = 0,7688 R-Sq = 53,56% R-Sq(adj) = 30,98%

- Nessuna dipendenza tra l'applicazione della fertilizzazione minerale e il residuo effetto delle applicazioni nel 2020 anche se per «peso campione» e «produzione granella» P è vicino alla significatività
- Valori di significatività per le tesi 2022 sono sempre sotto soglia tranne nel peso 1000 semi
- Possibile timido inizio di un effetto additivo????



RESULTS frumento 2023



One-way ANOVA: Produzione granella 13% di um. versus Tesi

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesi	35	99,100	2,831	15,30	0,000
Error	72	13,320	0,185		
Total	107	112,420			

S = 0,4301 R-Sq = 88,15% R-Sq(adj) = 82,39%

Tesi	N	Mean	Grouping
6	3	6,9833	A
33	3	6,3867	A B
21	3	6,2900	A B
27	3	6,2100	A B
36	3	6,1900	A B
18	3	6,1567	A B
3	3	6,1300	A B C
15	3	5,9067	A B C
12	3	5,9067	A B C
24	3	5,8833	A B C
26	3	5,8167	A B C
14	3	5,8067	A B C
5	3	5,7567	A B C D
32	3	5,6600	A B C D E
35	3	5,6433	A B C D E F
11	3	5,5433	B C D E F G
9	3	5,5333	B C D E F G
17	3	5,5133	B C D E F G
30	3	5,5100	B C D E F G
23	3	5,3800	B C D E F G H
29	3	5,3667	B C D E F G H
2	3	5,2600	B C D E F G H I
20	3	5,2067	B C D E F G H I
8	3	4,7467	C D E F G H I J
10	3	4,3867	D E F G H I J K
22	3	4,3633	D E F G H I J K
13	3	4,3300	E F G H I J K
25	3	4,2500	F G H I J K
1	3	4,1667	G H I J K
31	3	4,0667	H I J K
4	3	3,9000	I J K
7	3	3,8900	I J K
16	3	3,8767	I J K
19	3	3,6500	J K
34	3	3,4000	J K
28	3	3,2767	K

DCT/Cont. 180 kgN

Cont./Dig. 60 kgN

- Nell'analisi statistica Anova ad una via sui dati frumento 2023 si conferma quanto osservato nel 2021.
- Cambiano tuttavia le «classifiche» nelle tesi



CONCLUSIONI



- L'utilizzo di digestato (anche e soprattutto compostato) aggiunge sostanza organica al suolo includendo input basati su approcci circolari di valorizzazione degli scarti e delle biomasse.
- Dal punto di vista microbiologico è stato riscontrato un aumento significativo dell'attività microbica solo per il digestato non compostato, non significativi gli altri trattamenti ma in alcuni casi evidenti.
- Nel Girasole l'applicazione di digestato e digestato compostato (con ulteriori sottoprodotti) ha generato al primo anno una significativa variabilità in termini di produzione di semi e sulla produzione di olio. Nel secondo anno invece tutte le tesi sono risultate statisticamente identiche.
- Nel Frumento non si è mai riscontrato un effetto di interazione tra la fertilizzazione organica dell'anno precedente e quella azotata tuttavia un aumento di probabilità statistica nel secondo anno lascia sospettare che a medio e lungo termine un effetto sia possibile.
- L'applicazione di compost nel breve termine non è migliorativa ne peggiorativa.