

QUALITÀ DELL'ARIA E
USO UREA: TRA DIVIETI E
OPPORTUNITÀ DI
INNOVAZIONE

Il digestato equiparato: come e perchè

GRUPPO RICICLA 
DiSAA

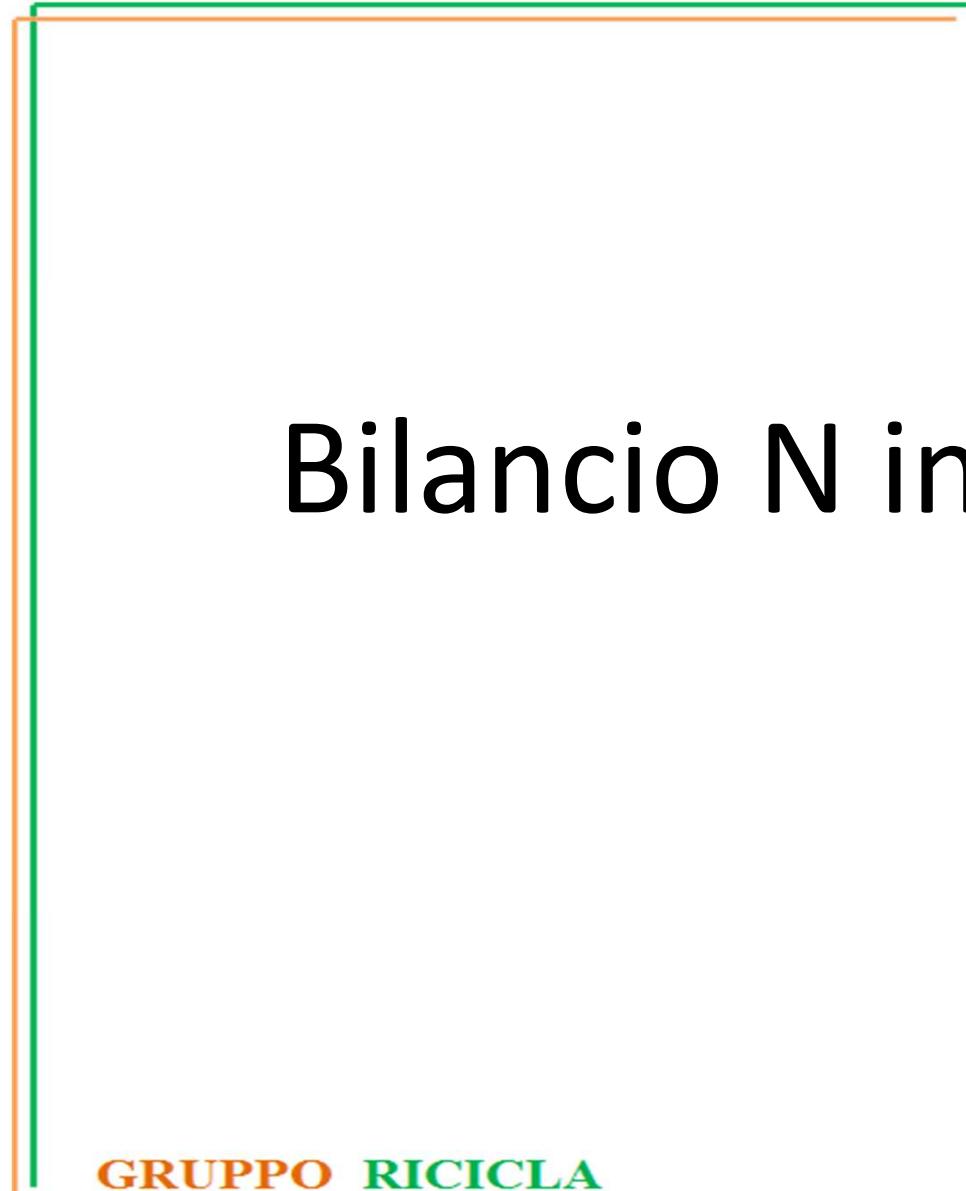
Fabrizio Adani, Università degli Studi di Milano - DiSAA

Agriculture and Environment Lab ; Biomass and Agroenergy Lab. ; of Bioeconomy and Green Chemistry Lab.

Via Celoria, 2 20133 Milano, Tel. 02-50316546, Fax. 02-50316521

Web site: <http://users.unimi.it/ricicla/>

*Adjunct Professor, National Center for International Research of BioEnergy, Science and Technology (iBEST), China
Agricultural University (China)*



Bilancio N in Lombardia

GRUPPO RICICLA

Surplus di azoto in Regione Lombardia

Anno di riferimento: 2022

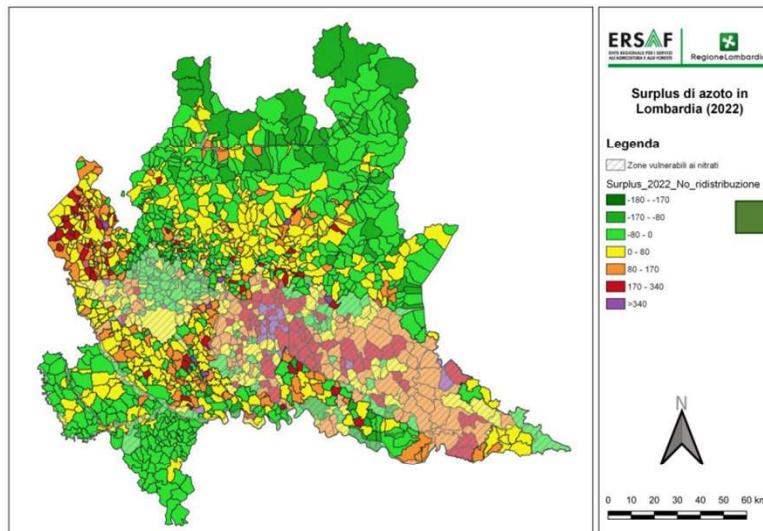
$$SurplusN = N_{FC} - N_{ea} - N_{fm} - N_{fanghi} - N_{biogas}$$

ton N	Surplus	Nasp	Nea
nuovo	18.179	190.321	102.972
vecchio	50.228	172.121	120.968
differenze	-32.050	18.201	-17.997

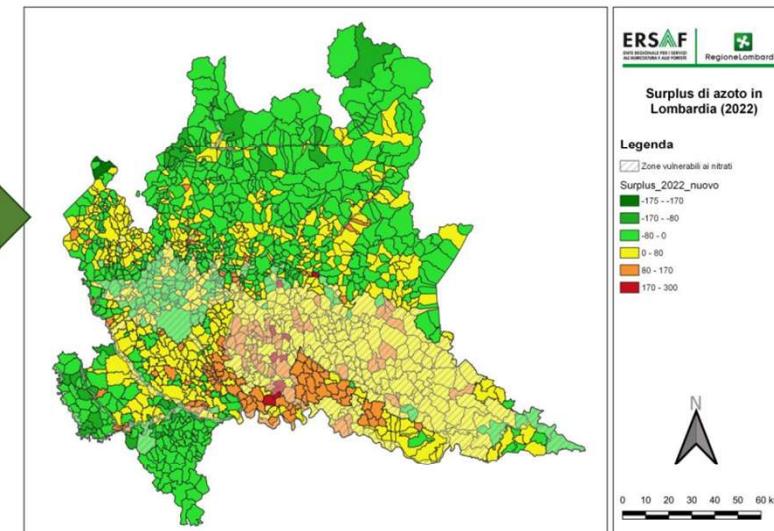
Nfert	Nfanghi	Nbio
84.398	3.003	17.220
89.261	3.903	8.217
-4.863	0	9.011

Fertilizzanti chimici

Vecchio metodo



Nuovo metodo



Concimi minerali costano !!!!! e incidono sul costo di produzione

Su base annuale il calo più consistente è stato quello dei fertilizzanti, -18,3%, e tra questi in particolare quello dei concimi azotati, -32,7%, che avevano guidato l'impennata dei prezzi tra la fine del 2021 e la prima metà del 2022, ma che a fine 2023, **così come le altre tipologie di concimi minerali, sono rimasti ancora su livelli superiori del 40% a quelli del 2015.**

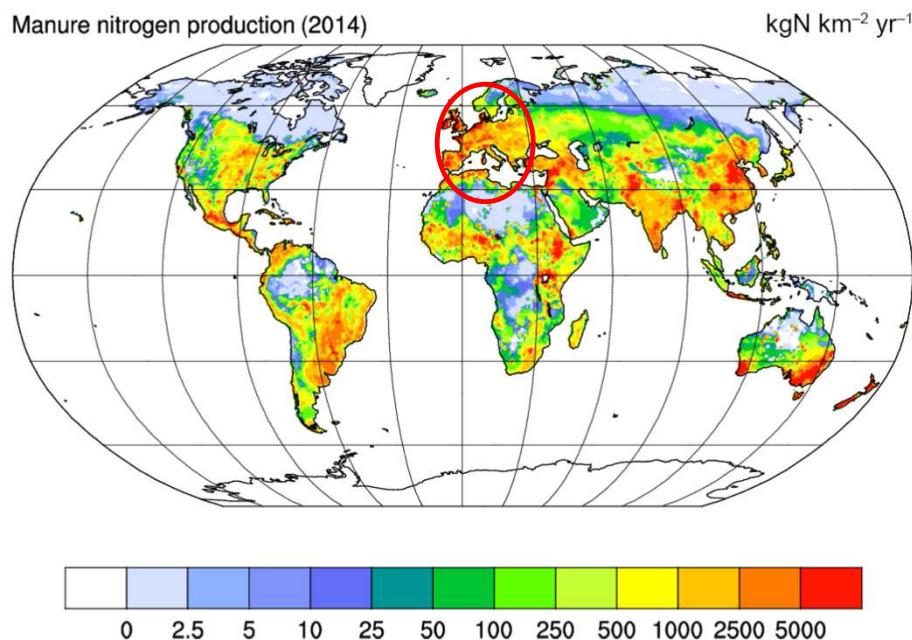
Tab.11.1 - Evoluzione dei prezzi dei consumi intermedi: 2015-2023

	Var. % media annua		Var. % IV Trim 2022 su:		
	2015-23	2022-23	media 2015	IV T 22	II T 23
Fertilizzanti	5,2	-18,3	37,0	-27,6	-10,4
Concimi semplici	5,8	-30,5	41,2	-37,9	-9,1
- Concimi semplici azotati	5,7	-32,7	40,7	-39,0	-8,1
- Concimi semplici fosfatici	5,8	-9,9	44,7	-21,5	-9,8
- Concimi semplici potassici	6,8	-12,9	44,7	-34,2	-18,8
Concimi complessi (composti)	6,0	-10,3	45,6	-22,0	-12,6
- Concimi composti fosfo-azotati	5,2	-18,3	37,0	-27,6	-10,4
- Concimi composti NPK	5,8	-30,5	41,2	-37,9	-9,1
Altri concimi e ammendanti - concimi organici	3,9	-4,5	27,2	-15,8	-10,4
Fitofarmaci	3,8	7,7	34,6	4,6	-0,5
Fungicidi	3,6	7,5	33,0	4,2	0,1
Insetticidi	4,5	13,4	42,9	9,5	-0,3
Erbicidi	3,5	4,9	31,3	2,4	-1,0
Sementi	4,7	10,8	44,7	4,8	-0,4
Mangimi	4,4	-6,4	34,3	-13,9	-7,1
Mangimi semplici	6,4	-11,9	43,7	-27,9	-18,2
Mangimi composti	3,8	-4,2	31,7	-8,2	-3,0
Spese veterinarie	3,1	2,7	32,4	4,4	5,1
Energia e lubrificanti	6,6	-7,1	58,2	-27,4	-1,6
Elettricità	6,1	9,8	56,9	-5,3	-2,4
Combustibili	4,9	-11,3	48,2	-10,9	7,8
Carburanti	3,9	1,6	36,0	-0,7	0,3
Lubrificanti	6,6	-7,1	58,2	-27,4	-1,6
Manutenzione e riparazione macchine	2,1	4,9	19,8	4,1	1,6
Manutenzione e riparazione fabbricati rurali	1,3	3,1	12,7	3,2	1,9
Altri servizi - Spese generali	2,9	5,2	27,5	4,4	1,5
TOTALE CONSUMI INTERMEDI	4,2	-2,6	35,7	-10,6	-2,8

Fonte: elaborazioni ESP su dati Istat (Indici dei prezzi dei prodotti acquistati dagli agricoltori).

L'uso dell'urea è vietato nel [Bacino Padano](#) dal 1° gennaio 2028. La misura, originariamente prevista per il 2027, è stata posticipata per dare più tempo all'adeguamento del settore agricolo e mira a ridurre le emissioni inquinanti, come le polveri sottili. Per supportare la transizione, si stanno promuovendo incentivi per fertilizzanti alternativi e tecniche a basso impatto.

L'ALTERNATIVA AI FERTILIZZANTI DI SINTESI: I REFLUI ZOOTECNICI E GLI SCARTI ORGANICI



Zhang et al. 2017

Oltre 125 Mton/anno di reflui zootecnici e scarti organici prodotti nel mondo

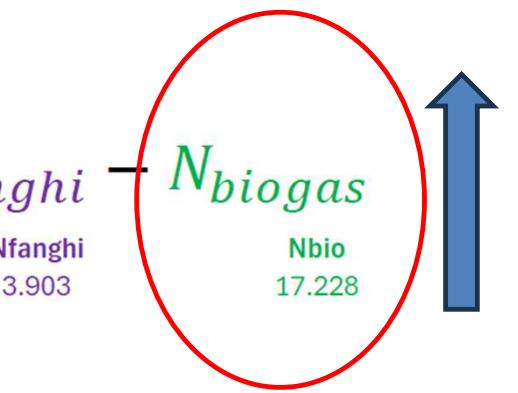


Riduco/elimino i concimi minerali di sintesi...riduco la pressione N al campo.

Deficit

$$\text{SurplusN} = N_{FC} - N_{ea} - \cancel{N_{fm}} - N_{fanghi}$$

ton N nuovo	- 66.219
Nasp	190.321
Nea	102.972
Nfert	84.398
Nfanghi	3.903



Potrei usare scarti organici al posto di fertilizzanti chimici riducendo fortemente il surplus che diverrebbe un deficit:

Deficit = - 66.219 N kg



adattata da: Silvia R. Motta
Gardone Riviera, 10 ottobre 2024

GRUPPO RICICLA

N_{FC} = azoto richiesto dalle colture

N_{ea} = azoto da effluenti di allevamento

N_{fm} = azoto da fertilizzanti minerali e organici

N_{fanghi} = azoto da fanghi di depurazione

N_{biogas} = azoto dalla componente vegetale immessa negli impianti a biogas

DIGESTATO EQUIPARABILE

Decreto Sviluppo (dl 83, 22 giugno 2012) cita testualmente: “è considerato sottoprodotto il digestato ottenuto in impianti aziendali o interaziendali dalla digestione anaerobica,

.....sono definite le caratteristiche e le modalità di impiego del digestato equiparabile, per quanto attiene agli effetti fertilizzanti e all'efficienza di uso, ai concimi di origine chimica”.

[Decreto-Legge 21 marzo 2022 n. 21](#)

Art. 21. Disposizioni in materia di economia circolare in agricoltura

[**Decreto 31/08/22 “Equiparazione del digestato ai fertilizzanti di origine chimica”**](#)

Digestato equiparato ai fertilizzanti chimici, dietrofront

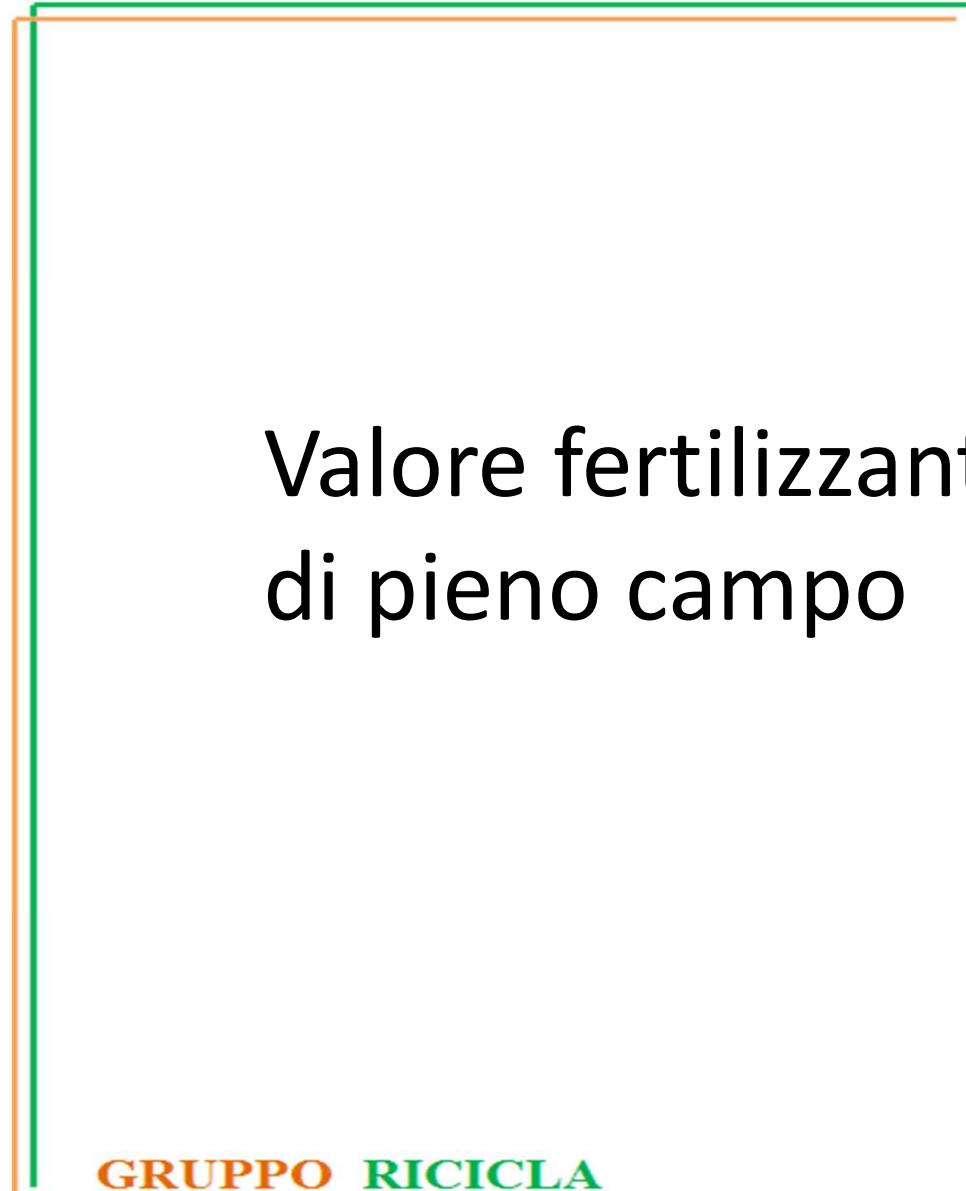
Si torna indietro. Il **digestato** non sarà più equiparato per l'utilizzazione agronomica ai **fertilizzanti** di origine chimica, come era invece stato stabilito dall'articolo 21 del Decreto Legge n. 21 del 21 marzo 2022, convertito, con modificazioni, dalla Legge del 20 maggio 2022, n. 51 e salutato con soddisfazione - più che legittima, a dire il vero, per il salto in avanti epocale - dal mondo agricolo, **che aveva guardato al provvedimento come un passo in avanti in ambito di transizione verde.**

Le **osservazioni** non sono finite. *"Per quanto riguarda il digestato, se contiene effluente animale - interamente o parzialmente - come materia prima, rientra nella definizione di effluente di allevamento di cui all'articolo 2, lettera g), della Direttiva sui Nitrati e pertanto la sua applicazione sul terreno deve essere soggetta al limite di 170 chilogrammi/ettro all'anno stabilito dalla Direttiva sui Nitrati per le zone designate come inquinate (zone vulnerabili per i nitrati)"*.

Carta d'identità del digestato:



Matrice stabile, a basso impatto odorigeno e parzialmente igienizzata ed ad elevato contenuto di elementi nutritivi in forma disponibile per la pianta.....sarà vero ?



Valore fertilizzante del digestato: prove di pieno campo

GRUPPO RICICLA

GRUPPO RICICLA



Science of the Total Environment 547 (2016) 206–214



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



Short-term experiments in using digestate products as substitutes for mineral (N) fertilizer: Agronomic performance, odours, and ammonia emission impacts



C. Riva ^a, V. Orzi ^a, M. Carozzi ^b, M. Acutis ^b, G. Boccasile ^c, S. Lonati ^a, F. Tambone ^a, G. D'Imporzano ^a, F. Adani ^{a,*}

^a Gruppo Ricicla, Lab. Agricoltura e Ambiente, DiSAA, Università degli Studi di Milano, Via Celoria 2, 20133 Milano, Italy

^b DiSAA, sez. Agronomia, Università degli Studi di Milano, Via Celoria 2, 20133 Milano, Italy

^c DG Agricoltura, Regione Lombardia, Piazza Lombardia, Milano, Italy

Regione Lombardia DG. Agricoltura - Struttura Ricerca, Innovazione tecnologica e Servizi alle imprese, Project N. 1705, 2011: Messa a punto di best practice a ridotta emissione in atmosfera per la gestione e l'utilizzo agronomico di reflui zootecnici – NERØ (N-Emissione Riduzione ZerØ-Scheda).

GRUPPO RICICLA

.....già nel 2011 !!!!! Comparazione digestato con fertilizzanti chimici di sintesi

Presemina

Copertura

Table 1
Experimental plan design.

First campaign (2012)				
Treatment	Pre-sowing (130 kg N ha^{-1})	Application modality	Topdressing (200 kg N ha^{-1})	Application modality
T1a-T1b	Blank – no fertilization	n.a. ^a	Blank – no fertilization	n.a.
T2a-T2b	Digestate	Surface	Digestate	Injected
T3a-T3b	Urea	Surface	Urea: application	Surface
T4a-T4b	Digestate	Injected	Separate liquid fraction of digestate	Injected

Second campaign (2013)				
Treatment	Pre-sowing (180 kg N ha^{-1})		Topdressing (160 kg N ha^{-1})	
T1a-T1b	Blank – no fertilization	n.a.	Blank	n.a.
T2a-T2b	Separate liquid fraction of digestate	Surface	Separate liquid fraction of digestate	Injected
T3a-T3b	Urea	Surface	Urea	Surface
T4a-T4b	Separate liquid fraction of digestate	Injected	Separate liquid fraction of digestate	Injected

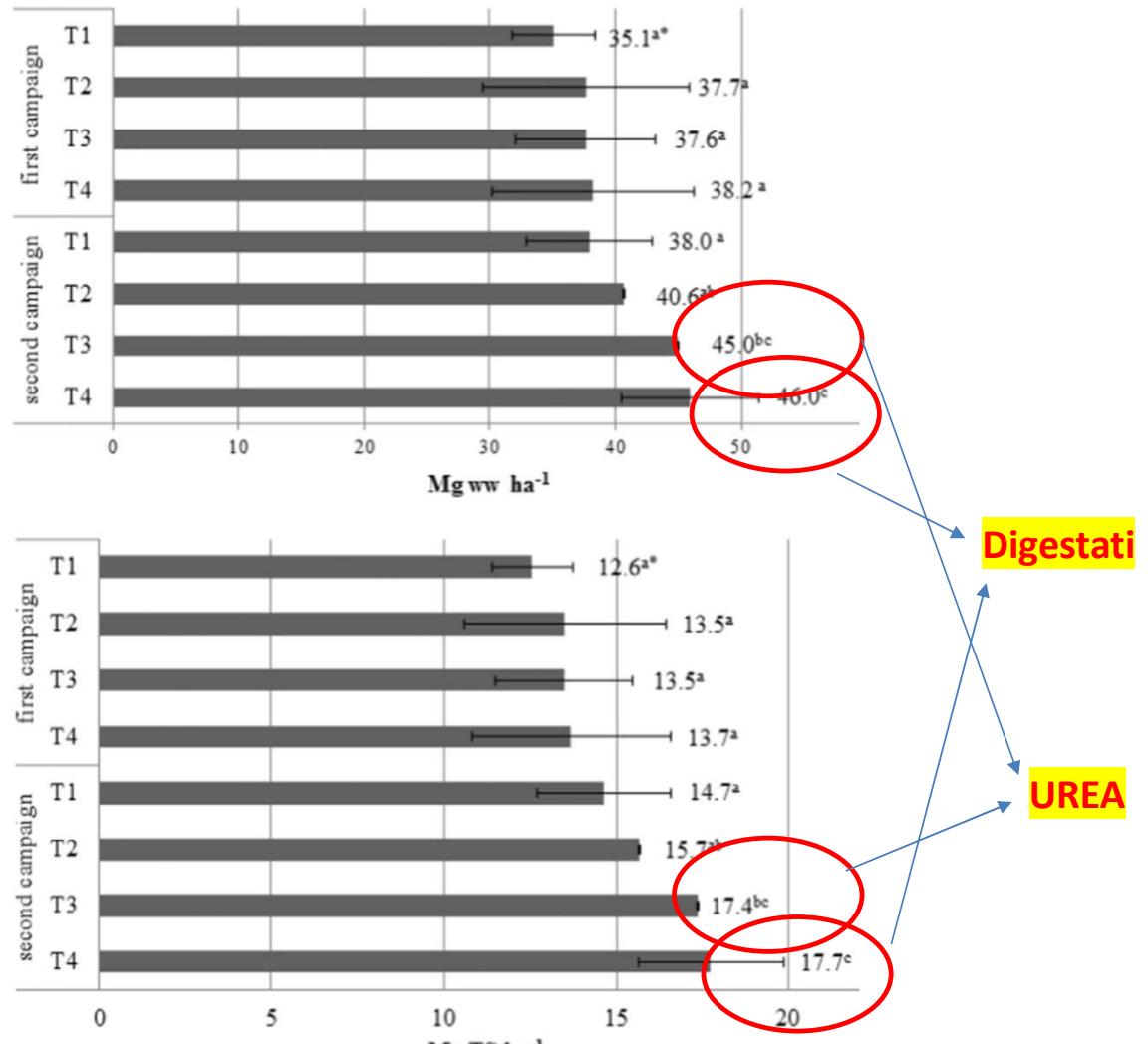
^a No application.

Rese mais 2012 e 2023

Digestato iniettato migliori performance

Rese con digestati > rese con chimico

C. Riva et al. / Science of the Total Environment 547 (2016) 206–214



*Value in the same campaign followed by the same letter are not statistically different
(Duncan test, $P<0.05$)

GRUPPO RICICLA

GRUPPO RICICLA



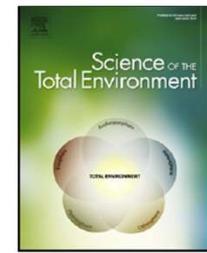
Science of the Total Environment 815 (2022) 152919



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



Using highly stabilized digestate and digestate-derived ammonium sulphate to replace synthetic fertilizers: The effects on soil, environment, and crop production



Massimo Zilio ^{a,*}, Ambrogio Pigoli ^a, Bruno Rizzi ^a, Axel Herrera ^a, Fulvia Tambone ^a, Gabriele Geromel ^b, Erik Meers ^c, Oscar Schoumans ^d, Andrea Giordano ^b, Fabrizio Adani ^{a,*}

^a Gruppo Ricicla labs, DiSAA-Università degli Studi di Milano, Via Celoria 2, 20133 Milan, Italy

^b Acqua & Sole Srl Via Giulio Natta, 27010 Vellezzo Bellini (PV), Italy

^c Dept. Green Chemistry & Technology, Ghent University, Coupure Links 653, 9000 Ghent, Belgium

^d Wageningen Environmental Research, Wageningen University and Research, PO Box 47, 6700AA Wageningen, the Netherlands

European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 730400 (project name: Systemic large scale eco-innovation to advance circular economy and mineral recovery from organic waste in Europe).

GRUPPO RICICLA

3 anni su mais

GRUPPO RICICLA



Table 1

Fertilization plan adopted: fertilization date, fertilizers used, and dose applied.

Year	Plots	Date	Fertilization	Fertilizer	Fertilizer dosed (Mg ha ⁻¹ ww ^a)	Ntot applied (kg N ha ⁻¹)	NH ₄ ⁺ applied (kg N ha ⁻¹)	Type of spreading
2018	Recovered fertilizer	23/04/2018	Pre-sowing	Digestate	48.5	370	229	Injection 15 cm
		22/06/2018	Top-dressing	Ammonium sulphate ^b	1.35	100	100	Fertigation
	Synthetic fertilizer	23/04/2018	Pre-sowing	Urea	0.4	185	185	Spread in surface
		22/06/2018	Top-dressing	Ammonium sulphate ^c	0.46	100	100	Spread in surface
2019	Recovered fertilizer	16/04/2019	Pre-sowing	Digestate	48.5	370	229	Injection 15 cm
		1/08/2019	Top-dressing	Ammonium sulphate	1.35	100	100	Fertigation
	Synthetic fertilizer	16/04/2019	Pre-sowing	Urea	0.4	185	185	Spread in surface
		1/08/2019	Top-dressing	Ammonium sulphate	0.46	100	100	Spread in surface
2020	Recovered fertilizer	28/05/2020	Pre-sowing	Digestate	48.5	370	200	Injection 15 cm
		31/07/2020	Top-dressing	Ammonium sulphate	1.26	90	90	Fertigation
	Synthetic fertilizer	28/05/2020	Pre-sowing	Urea	0.4	185	185	Spread in surface
		31/07/2020	Top-dressing	Ammonium sulphate	0.46	90	90	Spread in surface

^a ww: wet weight.

^b Digestate-derived ammonium sulphate used in recovered fertilizer treatment has an N title of 7% ww/ww.

^c Ammonium sulphate used in synthetic fertilizer treatment has an N title of 21% ww/ww.

Fertilizzanti da matrici organiche: digestato presemina + (NH₄)₂SO₄ (da digestato)

Fertilizzanti minerali sintetici : urea + (NH₄)₂SO₄ (di sintesi)

GRUPPO RICICLA

Zilio et al., 2022

Diversa filosofia: abbiamo dimostrato **che anche la frazione organica stabilizzata** non crea problemi grazie alla sua elevata stabilità biologica.

- Digestato da matrici organiche utilizzato con efficienza 0.5: totale N dosato **470 kg/ha, N (N eff. 235 kg/ha)**
- Concimi chimici di sintesi: Totale N dosato **285 kg/ha (285 kg/ha minerale)**

La DA stabilizza la sostanza organica che riduce fortemente la sua reattività

Produzioni granella di mais

Fertilizzanti da matrici organiche : digestato presemina + $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ (da digestato):
18.1±2.9 t gran./Ha

Fertilizzanti minerali sintetici : urea + $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ (di sintesi):
17.4 ± 1.2 t gran./Ha

Efficienza fertilizzante e fertilizer replacement value (NFRV)

Table 5

Fertilizer use efficiency (FUE) and N fertilizer replacement value (NFRV) for the maize crop fertilized with SF and RF in the year 2020.

	Unfertilized	Synthetic fertilizer	Recovered fertilizer	
N uptake (kgN ha ⁻¹ dw ^a)	175 ± 19	267 ± 13	256 ± 31	
N tot applied (kgN ha ⁻¹)	0	285	460 (Ntot) ^b	290 (N-NH ₄ ⁺) ^c
FUE (%)	–	93.6 ± 4.4 (b) ^d	55.5 ± 6.6 (a)	85.3 ± 10 (b)
NFRV (%)	–	–	54.5	83.7

^a dw: dry weight.

^b N applied considering the N tot contained in the digestate dosed.

^c N applied considering only the N-NH₄⁺ contained in the digestate dosed.

^d Letters are referred to One-way ANOVA ($n = 6$, $p < 0.05$, Tukey post-test).

The **N fertilizer use efficiency (FUE)** for Synthetic and Recovered fertilizers, and **N fertilizer replacement value (NFRV)** for Recovered fertilizers only were calculated according to [Sigurnjak et al. \(2017\)](#).

$$\text{FUE (\%)} = \frac{\text{N uptake}_{\text{fert}}}{\text{N applied}} \times 100$$

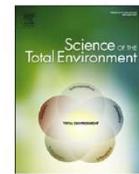
$$\text{NFRV (\%)} = \left[\frac{\frac{(\text{N uptake recovered fertilizers} - \text{N uptake unfertilized})}{\text{total N applied recovered fertilizers}}}{\frac{(\text{N uptake synthetic fertilizers} - \text{N uptake unfertilized})}{\text{total N applied synthetic fertilizers}}} \right] \times 100$$



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



GRUPPO RICICLA



Measuring ammonia and odours emissions during full field digestate use
in agriculture



Massimo Zilio ^a, Ambrogio Pigoli ^a, Bruno Rizzi ^a, Gabriele Geromel ^b, Erik Meers ^c, Oscar Schoumans ^d,
Andrea Giordano ^b, Fabrizio Adani ^{a,*}

^a Gruppo Ricicla labs., DiSAA, Università degli Studi di Milano, Via Celoria 2, 20133 Milan, Italy

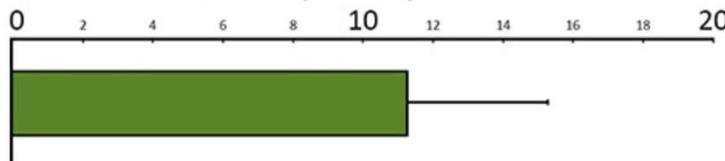
^b Acqua & Sole Srl, Via Giulio Natta, 27010 Vellezzo Bellini (PV), Italy

^c Dept. Green Chemistry & Technology, Ghent University, Coupure Links 653, 9000 Ghent, Belgium

^d Wageningen Environmental Research, Wageningen University and Research, PO Box 47, 6700AA Wageningen, the Netherlands

DIGESTATE

Ammonia emitted (% TAN)



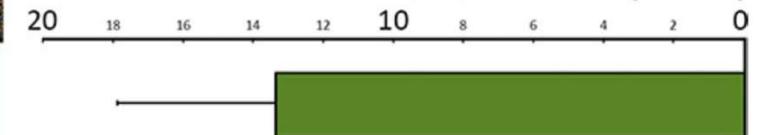
INJECTION
15 cm



SURFACE
SPREAD

UREA

Ammonia emitted (% TAN)



GRUPPO RICICLA

Il digestato va iniettato !!!!!!!

Table 6

NH₃ emission after fertilizers spreading and emission factors (EF) expressed as the ratio between the N-NH₃ emitted and the TAN applied.

		kg N ha ⁻¹	NH ₃ losses EF (% TAN)	Std ^a
First campaign	Pre-sowing (130 kg N ha ⁻¹)	T2 Digested surface T3 Urea surface T4 Digested injected	23.3b 17.8ab 7.1a	30.4 13.7 9.3
	Topdressing (200 kg N ha ⁻¹)	T2 Digested injected T3 Urea surface T4 Separate liquid fraction injected	2.5a 2.5a 6.9b	1.6 1.3 4.5
		T2 Separate liquid fraction surface	52.6b	46.3
	Pre-sowing (180 kg N ha ⁻¹)	T3 Urea surface T4 Separate liquid fraction injected	17.6a 12.0a	9.7 10.6
		T2 Separate liquid fraction injected	16.9 a	14.7
	Topdressing (160 kg N ha ⁻¹)	T3 Urea surface T4 Separate liquid fraction injected	13.7 a 13.2 a	6.8 8.5
^a The standard deviation (Std) is calculated between the EF of the same treatment.				
^b Values of the same column followed by the same letter are not statistically different within each fertilization (ANOVA bootstrap and Tukey test, p < 0.05).				

Riva et al., 2016

GRUPPO RICICLA

Regione Lombardia DG. Agricoltura - Struttura Ricerca, Innovazione tecnologica e Servizi alle imprese,
Project N. 1705, 2011: Messa a punto di best practice a ridotta emissione in atmosfera per la gestione e
l'utilizzo agronomico di reflui zootecnici – NERØ (N-Emissione Riduzione Zerø-Scheda).

L'idea (forse meglio dire la consapevolezza) che la **digestione anaerobica è un processo biotecnologico** che **trasforma** gli **scarti organici in fertilizzanti** in grado di sostituire i fertilizzanti chimici di sintesi in una logica di vera Economia Circolare, ha fatto sì che in un nuovo progetto EU-H2020-NutriBudget, l'Italia - la Pianura Padana - nell'esperienza industriale e scientifica maturata dalla collaborazione del Gruppo Ricicla e Acqua e Sole presso l'impianto di Vellezzo Bellini, fosse **scelta quale «Pilota» per la proposta di soluzioni, su scala reale, per la gestione sostenibile dei surplus di nutrienti e la preservazione della qualità dell'ambiente.**

Continental Pilot Nutrient surplus region

Challenges :air and water quality

GRUPPO RICICLA



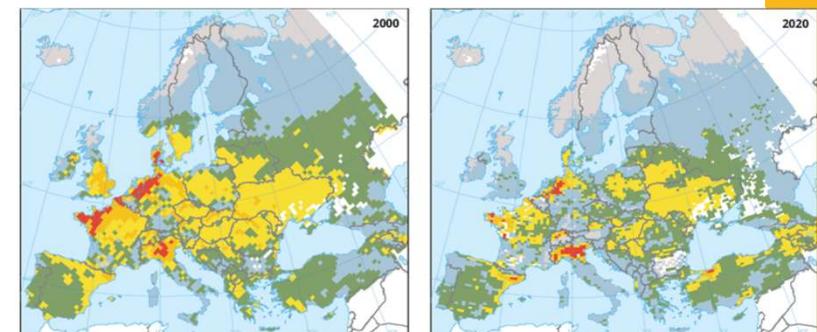
- **North Italy: contextual situation**

- Intensive livestock (6 million pigs, 2.3 million cattle, 37 M poultry)
- Specific orography of the basin (Basin closed by two mountain ranges, the Alps and the Apennines)



- **Ammonia emissions, particulate matter and nitrate leaching**

- Ammonia emissions are significant (herd number) and persist in the basin (no wind dispersion)
- Poor air quality
- Nitrate leaching possible in some areas
- Use of chemical fertilizers widespread (to better manage crop needs)



Obiettivi del Pilota Italiano

Mitigation measure	Start date	End date
Valutazione dell'effetto della stabilità biologica sulla mineralizzazione del carbonio e dell'azoto utilizzando digestati.	1/ 2024	12/2025
Sostituzione dei fertilizzanti minerali mediante digestato e prodotti derivati (solfato d'ammonio) e grado di lisciviazione.	9/2023	12/2025
Aggiornamento del sistema di iniezione di precisione per ridurre le emissioni di ammoniaca mediante l'uso di digestati	3/2024	9/2025



*Ministero dell'agricoltura, della sovranità
alimentare e delle foreste*

DIPARTIMENTO DELLA POLITICA AGRICOLA COMUNE E DELLO
SVILUPPO RURALE
DIREZIONE GENERALE DELLO SVILUPPO RURALE
DISR IV



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,
TERRITORIO, AGROENERGIA
GRUPPO RICICLA



Milano 07.10.2025

**“VIDEO - Valorizzazione innovativa del digestato per l’efficienza e
l’ottimizzazione della nutrizione azotata”: report 1/2025**

GRUPPO RICICLA

Sito di PV

GRUPPO RICICLA



Legenda tesi sperimentali^a

CONV.	Convenzionale: fertilizzazione convenzionale con utilizzo di digestato e concimi chimici
DigAS	Digestato prodotto dall'impianto di digestione anaerobica di Vellezzo Bellini che tratta scarti organici di origine municipale
DigEQ	Digestato zootecnico equiparabile utilizzato come definito nel Decreto 31/08/22 “Equiparazione del digestato ai fertilizzanti di origine chimica” con efficienza 0,9
DigZ	Digestato zootecnico utilizzato con efficienza 0,5

Sito di Mn

GRUPPO RICICLA



Standard	Standard: fertilizzazione standard con utilizzo di liquame bovino e concimi chimici
DigEQ	Digestato zootecnico equiparato utilizzato come definito nel Decreto 31/08/22 “Equiparazione del digestato ai fertilizzanti di origine chimica” con efficienza 0,9
Dig0,5	Digestato zootecnico utilizzato con efficienza 0,5

GRUPPO RICICLA

GRUPPO RICICLA



Sito di PV

Tesi		q.tà fertilizzante (unità peso)	N tot (kg/ha)	Efficienza	N efficiente dosato (kg/ha)	N totale dosato	N eff. totale
CONROLLO		0	0	0		0	0
CONV. *	Presemina	2,5 tss/ha (dig. zootec.)	170,2	0,5	85,1		
		+ 164 kg/ha (urea)	75,4	1	75,45	367,3	282,2
	Copertura	264,6 kg /ha (urea)	121,7	1	121,7		
Dig. da fraz.	Presemina	4,9 tss/ha dig.	397,8	0,5	198,9		
Org.	Copertura	188,3 kg/ha (urea)	86,6	1	86,6	484,4	285,5
DigEQ**	Presemina	6,2 tss/ha sep. solido	186,4	0,5	93,2		
	Presemina	4,9 tss/ha sep. liquido	197	0,9	177	383,4	270,6
DigZ.**	Presemina	8,12 tss/ha dig.	560	0,5	280	560	280

*integrazione con 144 kg/ha di K (240 kg/ha KCl); 55,2 kg/ha P2O5(120 kg /ha perfosfato triplo)

**Inibitore nitrificazione: "Vizura" 2 l/ha

GRUPPO RICICLA

Come abbiamo inteso il digestato equiparato

- Presemina frazione solida separata in direttiva nitrati (170 kg/ha, eff. 0,5)
- Copertura frazione liquida in sostituzione completa del concime chimico
- In sintesi:

Tesi	Tesi	q.tà fertilizzante (unità peso)	N tot (kg/ha)	Efficienza	N efficiente dosato (kg/ha)	N totale dosato	N eff. totale
CONV.*	Presemina	2,5 tss/ha (dig. zootec.) + 164 kg/ha (urea)	170,2	0,5	85,1		
	Copertura	264,6 kg /ha (urea)	75,4	1	75,45	367,3	282,2
DigEQ**	Presemina	6,2 tss/ha sep. solido	186,4	0,5	93,2		
	Presemina/copertura	4,9 tss/ha sep. liquido	197	0,9	177	383,4	270,6

STESSA DOSE DI N TOTALE !!!!!!!

GRUPPO RICICLA



Sito di Mn

Tesi		quantità fertilizzante (unità peso)	N tot (kg/ha)	Efficienza	N efficiente dosato (kg/ha)	N totale dosato (kg/ha)	N efficiente totale (kg/ha)
Controllo		0	0	0		0	0
Standard	Presemina	4,4 t ss/ha (liqu. bovino)	208	0,5	104		
	Copertura	413 kg/ha (urea)	190	1	190	398	294
DigEQ	Presemina	8,3 t ss/ha sep. solido	199	0,5	100		
	Copertura	1,6 t/ha sep. liquido	223	0,9	201	422	301
Dig0.5	Presemina	4,5 t ss/ha digestato t. q.	373	0,5	187		
	Copertura	4,2 t ss/ha digestato t. q.	345	0,5	172	718	359

GRUPPO RICICLA

Tesi		quantità fertilizzante (unità peso)	N tot (kg/ha)	Efficienza	N efficiente dosato (kg/ha)	N totale dosato (kg/ha)	N efficiente totale (kg/ha)
Standard	Presemina	4,4 t ss/ha (liqu. bovino)	208	0,5	104		
	Copertura	413 kg/ha (urea)	190	1	190		
DigEQ	Presemina	8,3 t ss/ha sep. solido	199	0,5	100		
	Copertura	1,6 t/ha sep. liquido	223	0,9	201		

STESSA DOSE DI N TOTALE !!!!!!!

GRUPPO RICICLA

Produzioni 1 anno di sperimentazione

Sito di PV	
	Produzioni ^a (t/ha)
Tesi	
Controllo	49,8 ± 4
CONV.	71,1 ± 1,5
Dig. fraz. org	83,4 ± 7,6
DigEQ	73,4 ± 5,7
DigZ	70,3 ± 12,8

^aDKC7023, Classe 700.

Sito di Mn		
	Produzioni ^{a, b} (t p.f. /ha)	(t ss /ha)
Tesi		
Controllo	64,9	19,9
Standard	82,8	23,6
DigEQ	82,5	29,7
Dig0,5	101	31

^aPioneer P2105, Classe 700

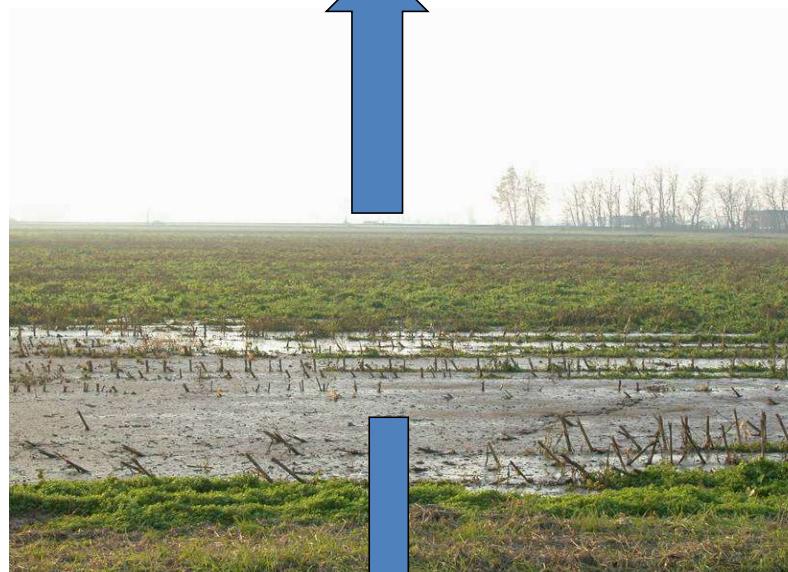
^bLe rese di ogni tesi sono state ottenute misurando le produzioni (p.f.) dell'intera parcella

Impatti

GRUPPO RICICLA

Scarti organici

NH₃, odori, CH₄, CO₂

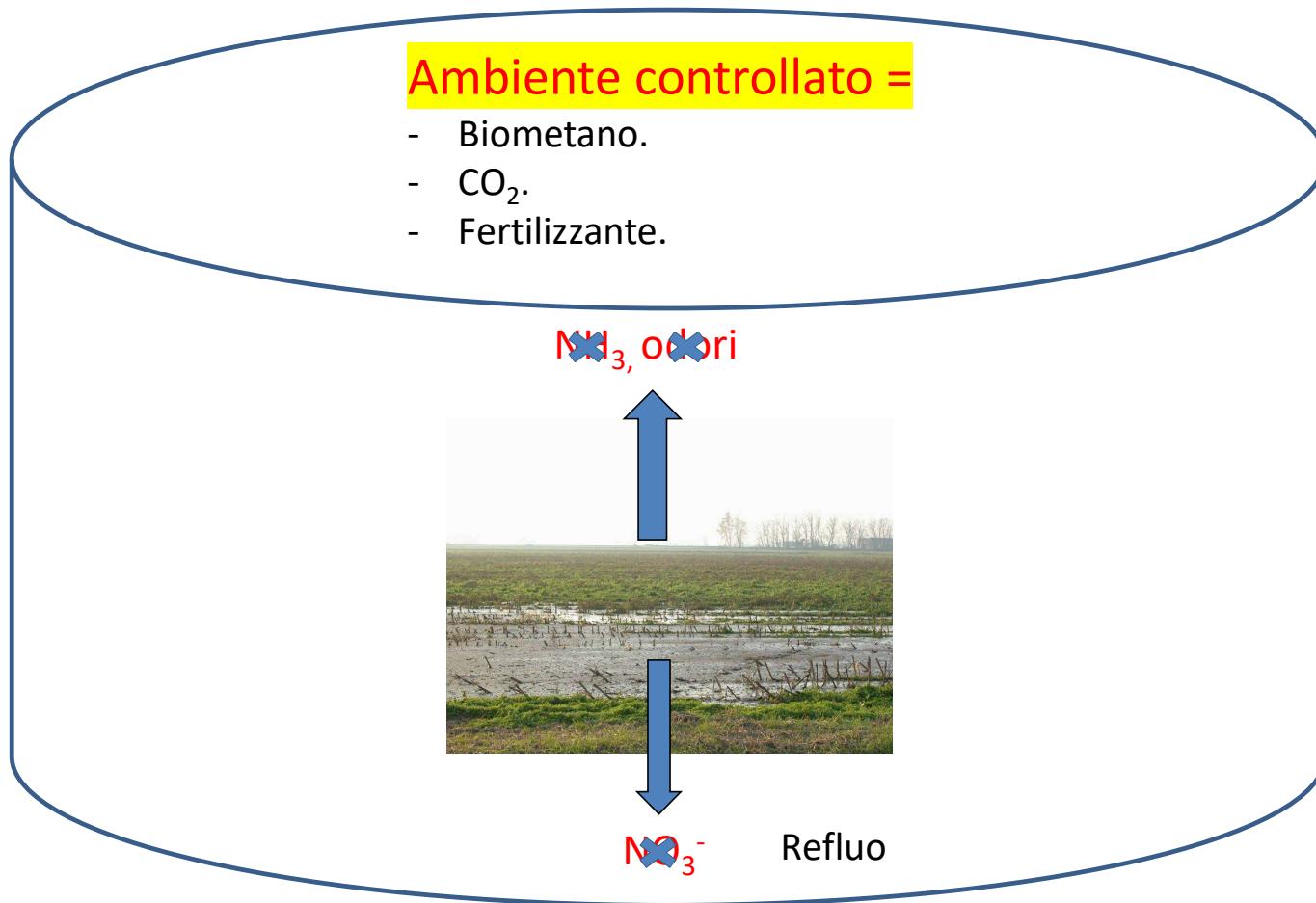


Ambiente non controllato

NO₃⁻

GRUPPO RICICLA

DIGESTIONE ANAEROBICA: i processi avvengono in ambiente controllato





*Ministero dell'agricoltura, della sovranità
alimentare e delle foreste*

DIPARTIMENTO DELLA POLITICA AGRICOLA COMUNE E DELLO
SVILUPPO RURALE
DIREZIONE GENERALE DELLO SVILUPPO RURALE
DISR IV



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,
TERRITORIO, AGROENERGIA
GRUPPO RICICLA



Milano 07.10.2025

**“VIDEO - Valorizzazione innovativa del digestato per l’efficienza e
l’ottimizzazione della nutrizione azotata”: report 1/2025**

GRUPPO RICICLA

Sito di PV

Nitrati nelle acque di prima falda (Piezometri posti a 3 metri, livello falda misurata a ca. 1.5 mt)

	NO ₃ ⁻ annuo			
	media	sd	min	max
Controllo	4,9 ^a	± 4,4	<0,09	11,3
CONV.	4,02	± 6,3	0,11	18,5
Dig. da fraz. Org	8,07	± 9,11	0,26	28,5
DigEQ	6,61	± 7,18	<0,09	17,3
DigZ	0,86	± 1,05	<0,09	2,57

Nessuna differenza
con controllo e
nessuna relazione
con azoto totale
dosato

Sito di PV

Contenuto di nitrati nel suolo a 100 cm di profondità e nella falda ipodermica

	Suolo 100 cm					Acqua di falda						
	N-NO ₃ annuo	mg kg ⁻¹ dw	media	sd	min	max	NO ₃ ⁻ annuo	mgL ⁻¹	media	sd	min	max
VIDEO						<i>Media annua</i>						
<i>annata 2025</i>						<i>Media annua</i>						
	<i>(n=5)</i>						<i>(n=5)</i>					
Controllo	7,5	±	1,1	6,7	8,2		Controllo	4,9	±	4,4	<0,09	11,3
CONV.	9,8	±	2,8	7,2	11,6		Chimico (Urea)	4,02	±	6,3	0,11	18,5
Dig. da fraz. org	14,3	±	5,8	10,9	19,3		Dig. da fraz. org	8,07	±	9,11	0,26	28,5
DigEQ	12,8	±	6,1	9,2	20,1		DigEQ	6,61	±	7,18	<0,09	17,3
DigZ	8,6	±	2,6	7,1	11,8		DigZ	0,86	±	1,05	<0,09	2,57

Nessuna differenza con controllo e nessuna relazione con azoto totale dosato

Sito di Mn (assenza di falda ipodermica (piezometri a 7 mt ma assenza di acqua nei piezometri durante la stagione agraria

Contenuto di nitrati nel suolo a 100 cm di profondità

	N-NO ₃ ^a mg kg ⁻¹ dw	N-NO₃ annuo^{b,c} mg kg⁻¹ dw						
	06-mag	01-lug	28-lug	30-ago	20-ott	media	min	max
Controllo	11,4±0,3	7,6±2,4	12,8±2,3	15±4,5	23,6±8,6	14±6,5	7,6	23,6
Standard	12,8±4,5	11,5±3,9	11,8±7	33,7±22	25,2±15,3	19±13,4	11,5	33,7
DigEQ	8,2±1,9	6,8±1,8	12±3,2	15±2,7	9,5±2,5	10,3±3,6	6,8	15
Dig0,5	14,4±0,9	9,2±3,9	28,4±4,9	26,8±4,2	20±3,1	19,7±8,1	9,2	28,4

Nessuna differenza con controllo e nessuna relazione con azoto totale dosato

H2020 - NUTRIBUDGET annata 2024	Nitrati a 100 cm						Nitrati in falda <i>ipodermica)</i>					
	Media annua (n=8)						Media annua (n=9;10;9)					
	Controllo	8,4	±	4,1	3,9	15,4	Controllo	0,36	±	0,23	0,13	0,89
Chimico (285 kg/N di N)	16,7		±	11,3	9,8	44	Chimico	7,61	±	4,07	2,39	13,99
Dig. fraz. org (470 kg/ ha di N)	9,2		±	4,8	5,1	19	Dig. fraz. org	1,75	±	1,92	<0,09	5,89

H2020 - NUTRIBUDGET annata 2025	Media annua (n=6)						Media annua (n=7;8;8)					
	Controllo	8	±	3,5	2,8	11,7	Controllo	8,76	±	7,36	<0,09	18,69
	Chimico (285 kg/N di N)	11,6	±	5,1	6,5	19,1	Chimico	0,82	±	0,84	<0,09	2,44
Dig fraz. org (470 kg/ ha di N)	5,1	±	2	3,1	7,7		Dig. fraz. org	0,51	±	0,67	<0,09	2,08

GRUPPO RICICLA

<i>Zilio et al., 2023 STotEn 868: 161500 http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161500</i>	<i>Nitrati a 100 cm</i>				
	<i>Media 2019-2020</i>				
	<i>(n=7)</i>				
	Controllo	7,6	±	4,2	2
<i>Zilio et al., 2020 PlosOne 15(6): e0228364 https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228364 <u>64 (12 siti trattati con diversi piani di fertilizzazione (range di N: 153–453 kg/ha N)</u></i>	Chimico (285 kg/ha N)	9,9	±	4,3	4,9
	Dig. fraz. org + chimico (470 kg/ha N)	10	±	5,4	2,6
					17,5
	<i>Media delle medie 2014-2016 di tutti i siti campionati (n=12)</i>				
		5,9	±	6,8	1,1
					25,6

1. ERSAF, Regione Lombardia (2024). PIANO DI MONITORAGGIO DEI SUOLI E DEI SISTEMI AGRICOLI 2024
– Rapporto Finale.

ERSAF Monitoraggio suoli 2020-2023 (aree limitrofe alla sperimentazione)	Nitrati a 100 cm Media 2020-2023 (n=4)			Nitrati in falda ipodermica) Media 2021-2023				
	Bassa pianura ovest	9,7	± 20,7	Abbiategrosso (n=3)	58,59	± 31,73	28,7	91,88
	Totalle Pianura Padana	9,4	± 13,7	Basiglio (n=3)	0,89	± 0,99	0,26	2,03
				Tavazzano (n=3)	2,15	± 0,9	1,35	3,13
				Bassa pianura ovest (n=9)	20,54	± 32,66	0,26	91,88

I valori prima discussi sono in linea con quelli per i suoli naturali sia per quanto attiene il contenuto di nitrati nella falda ipodermica se il contenuto nel suolo a 100 cm

Environment type	Typical nitrate content (mg NO ₃ ⁻ per kg soil)	Equivalent soil-solution nitrate (mg NO ₃ ⁻ per L)
Undisturbed forest / grassland soils	1–10 mg/kg	< 1–5 mg/L
Mediterranean shrublands / natural soils in Italy (e.g. Sardinia, Tuscany)	2–8 mg/kg	\approx 2–10 mg/L in soil solution
Semi-natural pasture or low-intensity land	5–15 mg/kg	\approx 10–20 mg/L
Agricultural or fertilized soils (for comparison)	20–100 mg/kg, sometimes > 200 mg/kg	> 30–100 mg/L



Contents lists available at ScienceDirect

Environmental Pollution



journal homepage: www.elsevier.com/locate/envpol



Organic inputs to reduce nitrogen export via leaching and runoff: A global meta-analysis*

Zhibiao Wei ^{a,b,c}, Ellis Hoffland ^b, Minghao Zhuang ^a, Petra Hellegers ^c, Zhenling Cui ^{a,*}

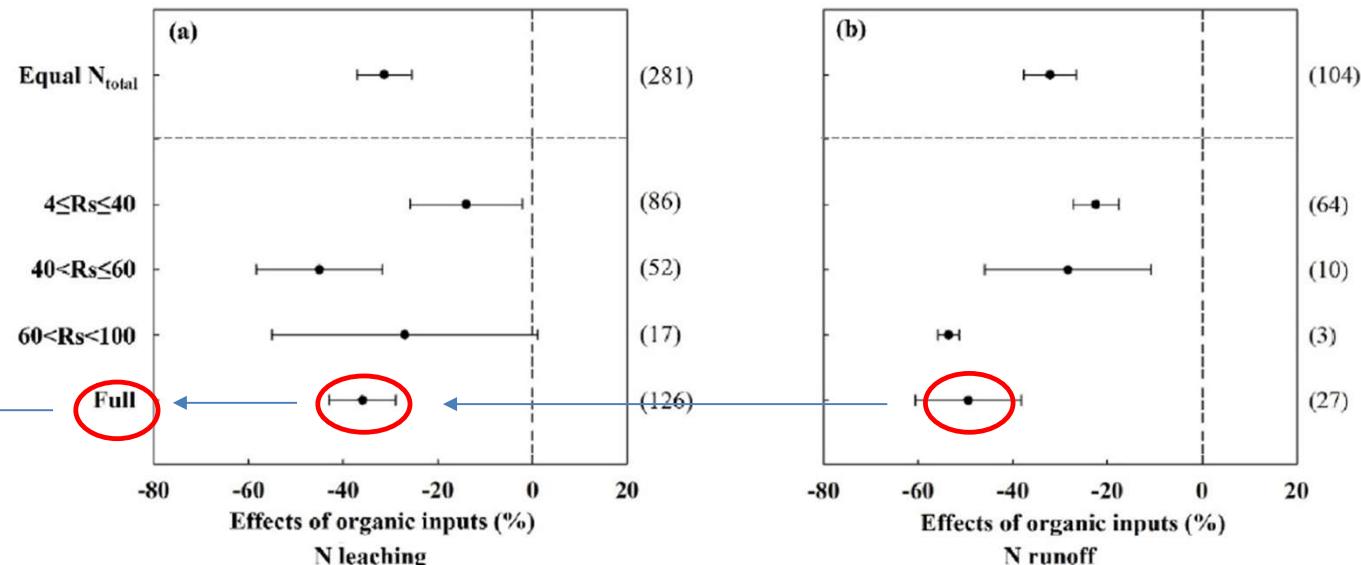
^a Center for Resources, Environment and Food Security, China Agricultural University, Beijing, 100193, China

^b Soil Biology Group, Wageningen University & Research, P.O. Box 47, 6700 AA, Wageningen, The Netherlands

^c Water Resources Management Group, Wageningen University & Research, P.O. Box 47, 6700 AA, Wageningen, The Netherlands

In totale, questa analisi ha incluso **129 articoli sottoposti a peer review** di esperimenti condotti in tutto il mondo (Asia, 53%; Europa, 31%; Americhe, 12%; Africa, 4%), con **511 osservazioni sito/anno** per la lisciviazione e **125** osservazioni per il deflusso superficiale. Le osservazioni riguardavano diversi tipi di colture: **colture asciutte, 77%; riso, 13%; ortaggi, 10%**.

100 % sostituzione
=
- 35 % leaching



Rs = quantità di N chimico sostituito con refluo

Riduzione della lisciviazione
dovuta alla sostituzione dei
concimi chimici con quelli
organici e organici processati

Wei et al, 2021

GRUPPO RICICLA

Table 2

Loss ratios (LRs) for leaching and runoff with 95% confidence interval (CI) depending on application approach, substitution rate and organic type.

Category	Leaching			Runoff			
	n	Mean	CI	n	Mean	CI	
Chemical fertilizer	511	14	12–15	125	4.5	3.3–5.7	
Organic fertilizer	511	9.2	8.2–10	125	2.6	1.9–3.3	
Equal N _{total}	281	8.8	7.3–10	104	2.3	1.8–2.9	
R _s (%)	0–40	86	6.9	5.1–8.9	64	2.3	1.6–3.2
	40–60	52	6.1	3.7–8.9	10	2.2	0.8–3.9
	60–100	17	10	5.4–16	3	1.4	0.3–3.4
	100	126	11	8.4–14	27	2.5	1.5–3.6
Equal N _{min}	156	11	9.8–12	6	4.5	0.1–10	
R _s (%)	0–40	38	14	12–15			
	40–60	18	12	7.5–17			
	60–100	17	9.8	7.7–12			
	100	83	9.8	8.1–12			
Additional N _{org}	74	7	4.7–10	15	4.1	0.9–7.8	
Organic type	Crop residues	84	7.1	4.9–9.6	25	3.6	1.6–6.1
	Animal manure	286	11	9.4–13	34	1.5	0.6–2.6
	Processed manure	141	6.1	4.9–7.4	66	2.8	2.0–3.6

R_s, substitution rate, defined as organic N input/total N applied x100 (%).

E il protossido di azoto (e GHG ??)

Misurando i gas serra si ottiene

Table 4

Cumulated emissions of N₂O, CO₂ and CH₄ measured from the experimental plots during the crop season 2020 and the following months (from 28/05/2020 to 17/03/2021).

Fertilizer	Total nitrogen dosed (kgN ha ⁻¹)	Total N ₂ O emitted (kgN ha ⁻¹)	Total CO ₂ emitted (kgC ha ⁻¹)	Total CH ₄ emitted (kgC ha ⁻¹)
Unfertilized	0	1.71 ± 1.1 ^a (a) ^b	5698 ± 935(a)	0.066 ± 0.06(a)
Synthetic fertilizer	285	10.3 ± 6.8(b)	6144 ± 1491(a)	0.053 ± 0.04(a)
Recovered fertilizer	461	7.59 ± 3.2(ab)	6216 ± 1160(a)	0.036 ± 0.03(a)

^a Mean ± SD, n = 6.

^b letters are referred to One-way ANOVA comparing values in each column ($p < 0.05$; n = 6; Tukey post-test).

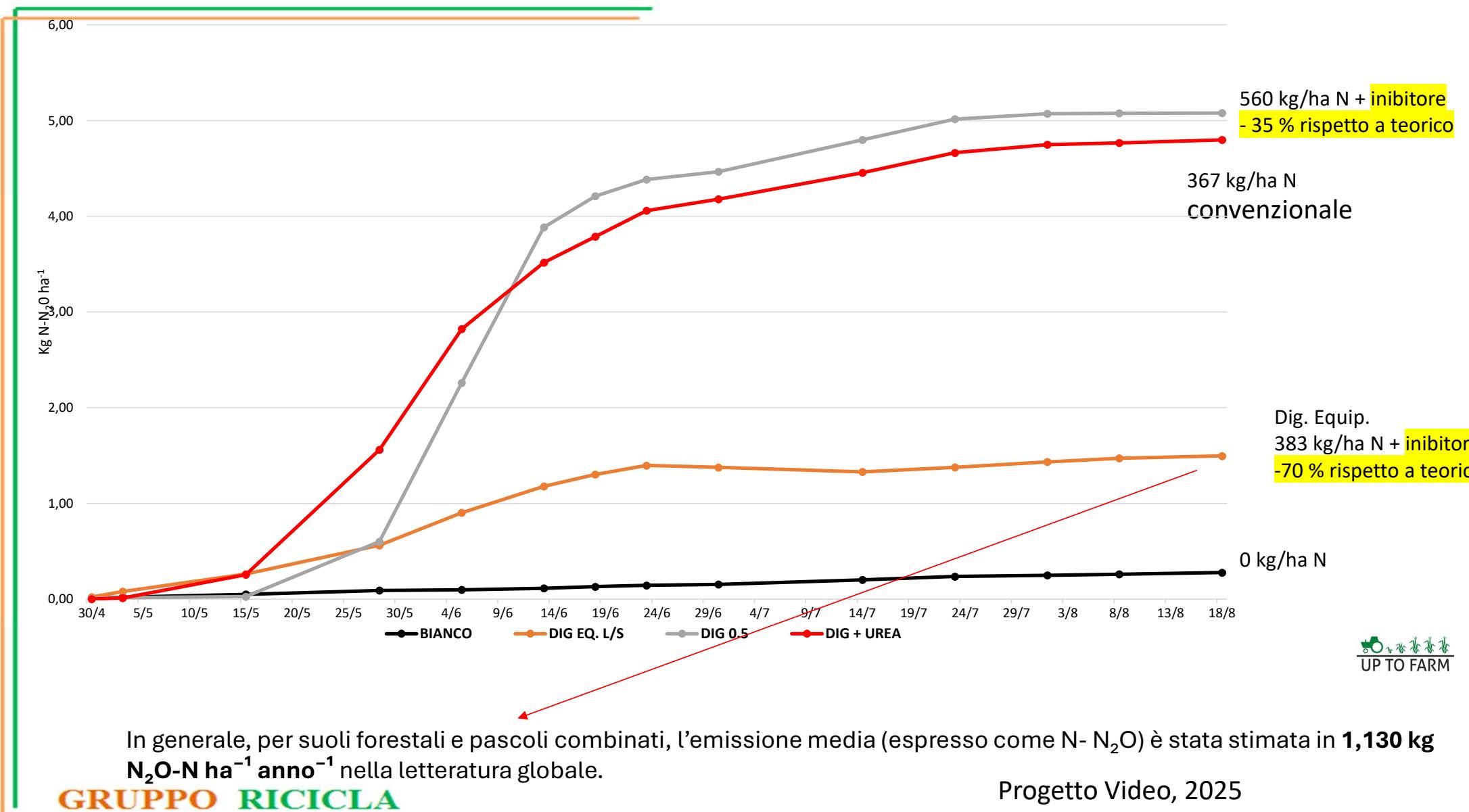
N₂O

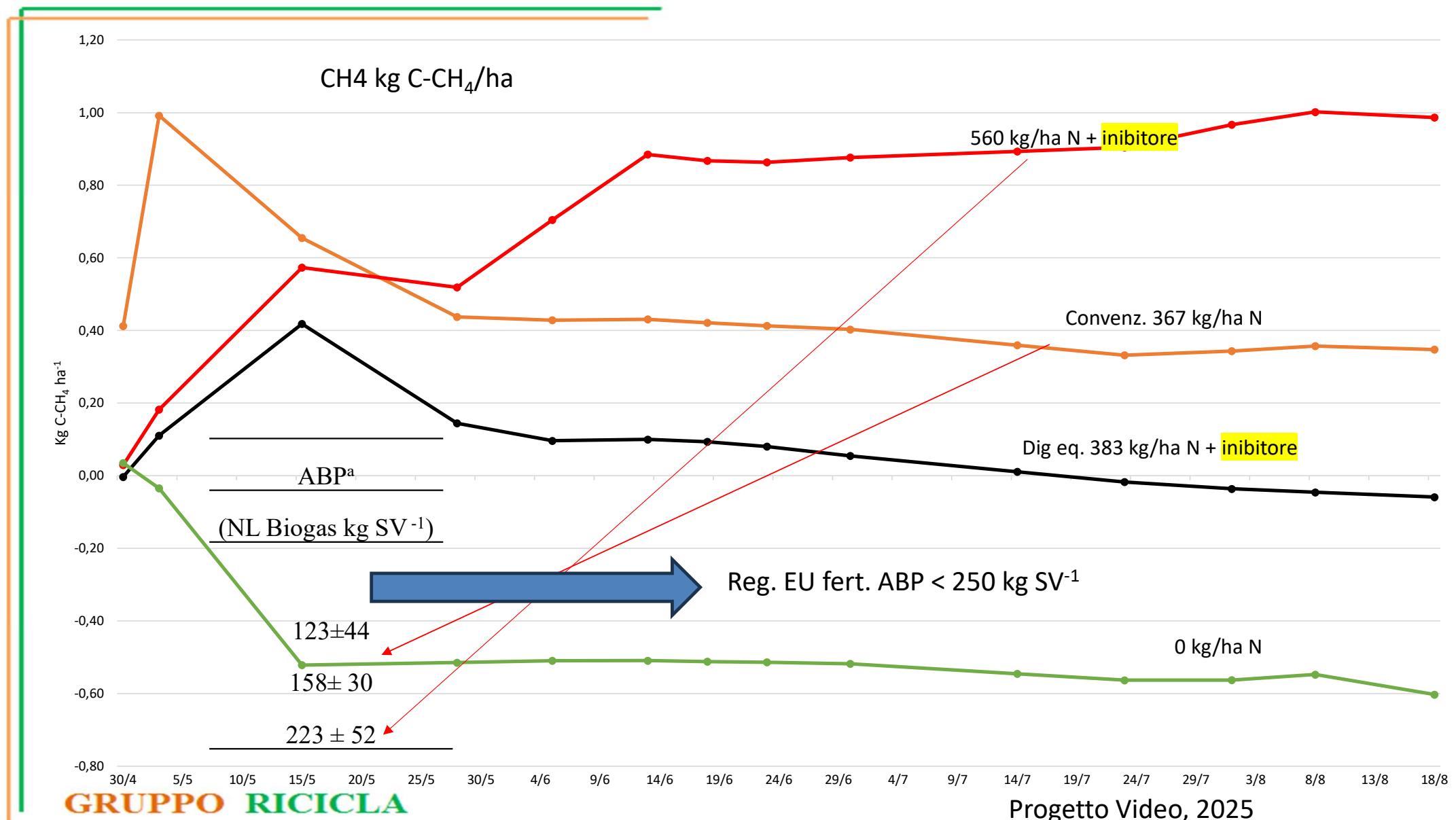
CO₂

CH₄

Nonostante l'aggiunta di circa il doppio
di N l'emissione di N₂O è minore del
chimico

Nonostante l'aggiunta di digestato al
suolo la quantità di CO₂ (e metano)
non cambiano rispetto al controllo e la
chimico

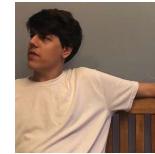




Grazie !!!!



Fabrizio Adani
Full Professor



Matteo Ceriani
*Biotechnologist for
the Bioeconomy*



Elisa Clagnan
Molecular biologist



Maria Francesca Polli
Plant Biotechnologist



Matteo Ceriani
Agronomist



Hager Galal Elsayed
Elboghdady
*Biotechnologist for
the Bioeconomy*



Marta Dell'Orto
Agronomist, Plant physiologist

GRUPPO RICICLA

web site: <http://users.unimi.it/ricicla/>



Federico Guglielmo Korner
Agronomist



Gabriele Soggia
*Biotechnologist for
the Bioeconomy*



Patrizia De Nisi
Agronomist; Chemist



Raveena Vilas Sajgule
Biotechnologist



Giuliana D'Imporzano
Agronomist, LCA expert

