ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CENTRO INTERDIPARTIMENTALE
DI RICERCA INDUSTRIALE AGROALIMENTARE

CIRI AGROALIMENTARE

La fertilizzazione del frutteto: soluzioni per un'agricoltura sostenibile

Moreno Toselli, Elena Baldi, Maurizio Quartieri

CIRI – AGROALIMENTARE
Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari
Università di Bologna
Viale Fanin 46, 40127 Bologna
moreno.toselli@unibo.it

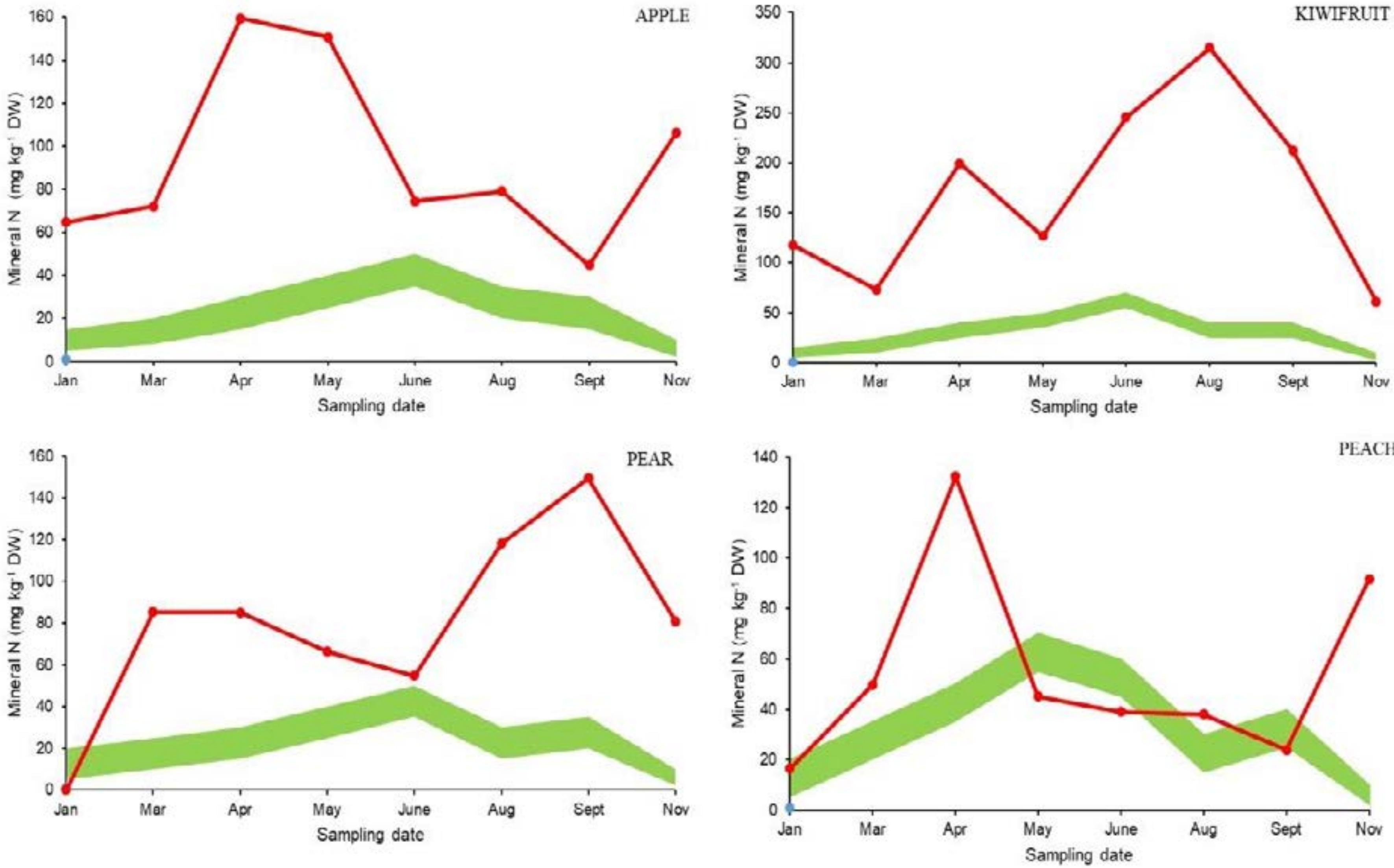
ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CENTRO INTERDIPARTIMENTALE
DI RICERCA INDUSTRIALE AGROALIMENTARE

CIRI AGROALIMENTARE

Scenari attuali

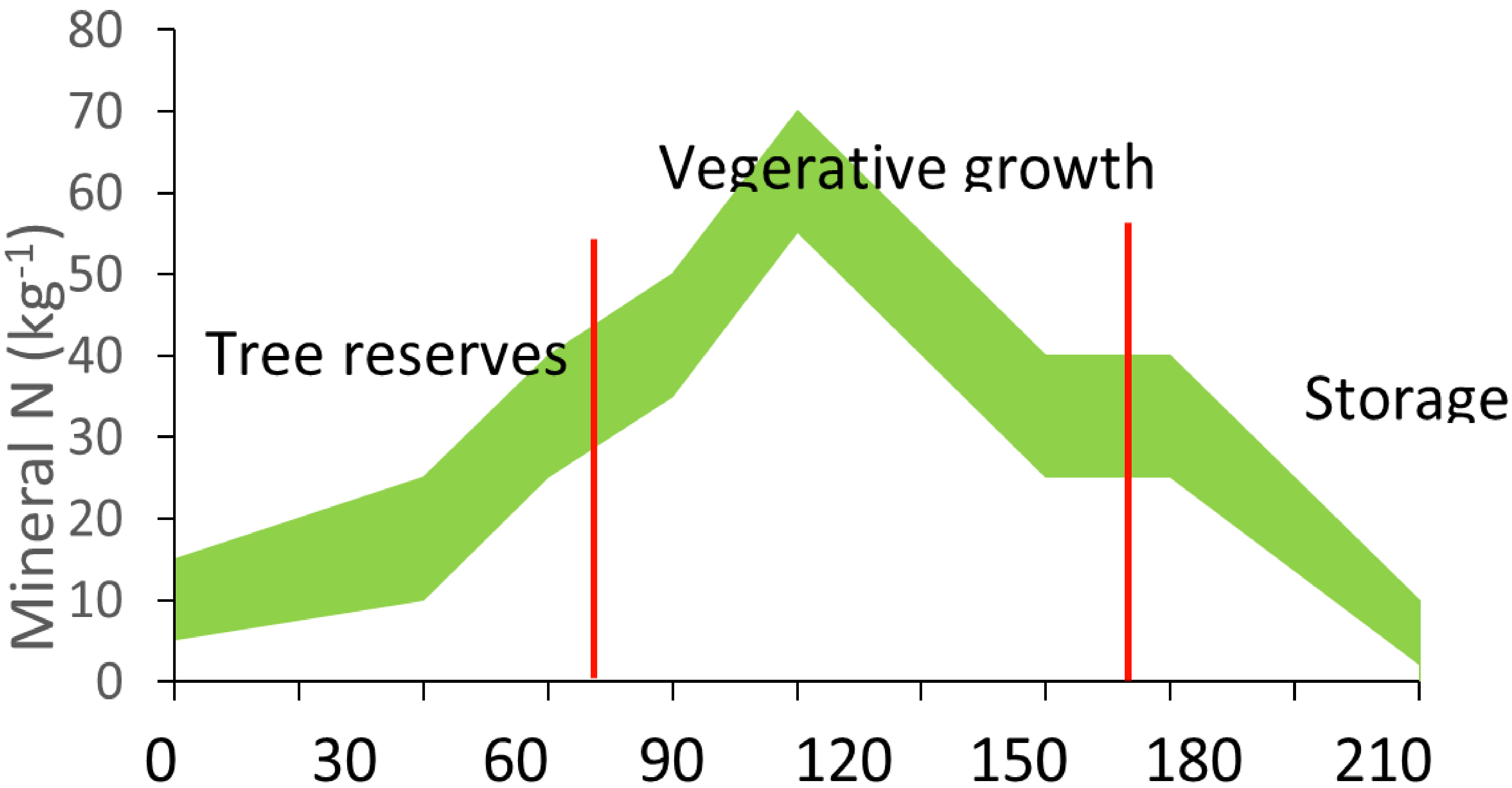
- Gestione della fertilizzazione non sempre precisa

- Costante disponibilità di sostanza organica di scarto dal Settore agro-alimentare



APPLE
KIWIFRUIT
PEAR
PEACH
Mineral N (mg kg⁻¹ DW)
Sampling date
Jan
Mar
Apr
May
June
Aug
Sept
Nov

Cinetica di assorbimento dei nutrient mobili



Giorni dopo la fioritura

VARIETA'	TRT	$N\text{-}NO_3^-$ (ppm)	$N\text{-}NH_4^+$ (ppm)	Cu (ppm)	K (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)
Faralia	letame	8,30	2,25	8,92	140	2,29	206
Faralia	minerale	16,7	2,26	21,7	111	2,60	182
S. Yummy	letame	4,53	2,17	103	172	1,28	271
S. Yummy	minerale	5,75	2,10	60,7	173	2,05	207
Dori	minerale	30,0	2,28	118	236	1,84	201
Dori	compost	9,74	2,05	45,3	248	1,94	245
Dori	minerale	22,0	2,47	22,4	161	2,36	224
Faralia	compost	16,4	9,16	111	26,9	1,67	454
Faralia	minerale	1,55	3,51	59,7	22,7	1,63	387
Hayward	compost	24,8	3,61	65,0	354	2,16	602
Hayward	minerale	28,8	2,81	45,4	111	1,99	431
Abate	compost	2,09	1,95	66,2	419	1,52	211
Abate	minerale	0,60	1,99	116	315	1,74	183
Romagna Red	compost	5,28	2,06	87,4	331	1,38	162
Romagna Red	minerale	0,89	3,07	74,2	77,7	1,32	150

VARIETA'	TRT	$N\text{-}NO_3^-$ (ppm)	$N\text{-}NH_4^+$ (ppm)	Cu (ppm)	K (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)
Rosy Glow	compost	8,65	2,97	167	255	1,75	173
Rosy Glow	minerale	8,53	2,19	20,4	313	0,85	162
Hayward	minerale	15,5	2,79	80,4	210	2,70	197
Soreli	minerale	10,2	2,94	15,3	135	2,52	186
Abate	minerale	13,8	1,94	166	191	1,36	513
Rosy Glow	minerale	2,36	2,47	32,7	98,4	1,26	304
S. Yummy	minerale	4,80	2,12	58,2	256	0,92	404
Dori	compost	22,7	1,78	54,1	320	1,22	169
Dori	minerale	12,9	1,94	79,0	184	1,64	178
Hayward	compost	2,86	3,24	60,7	446	1,48	158
Hayward	minerale	4,48	2,24	44,2	228	1,15	241
Abate	compost	20,0	1,95	238	366	1,82	206
Abate	minerale	9,15	2,31	152	407	1,98	255
Romagna Red	compost	17,6	2,10	203	211	1,22	166
Romagna Red	minerale	11,8	1,62	62,0	217	1,09	157
Rosy Glow	compost	36,5	1,95	43,6	199	1,55	191
Rosy Glow	minerale	61,3	3,24	39,7	258	1,62	234
S. Yummy	compost	14,8	2,35	77,0	256	2,09	254
S. Yummy	minerale	9,42	1,84	29,2	97,8	1,40	131

Movimento dei nutrienti nel suolo

Suolo franco, sub-alcalino

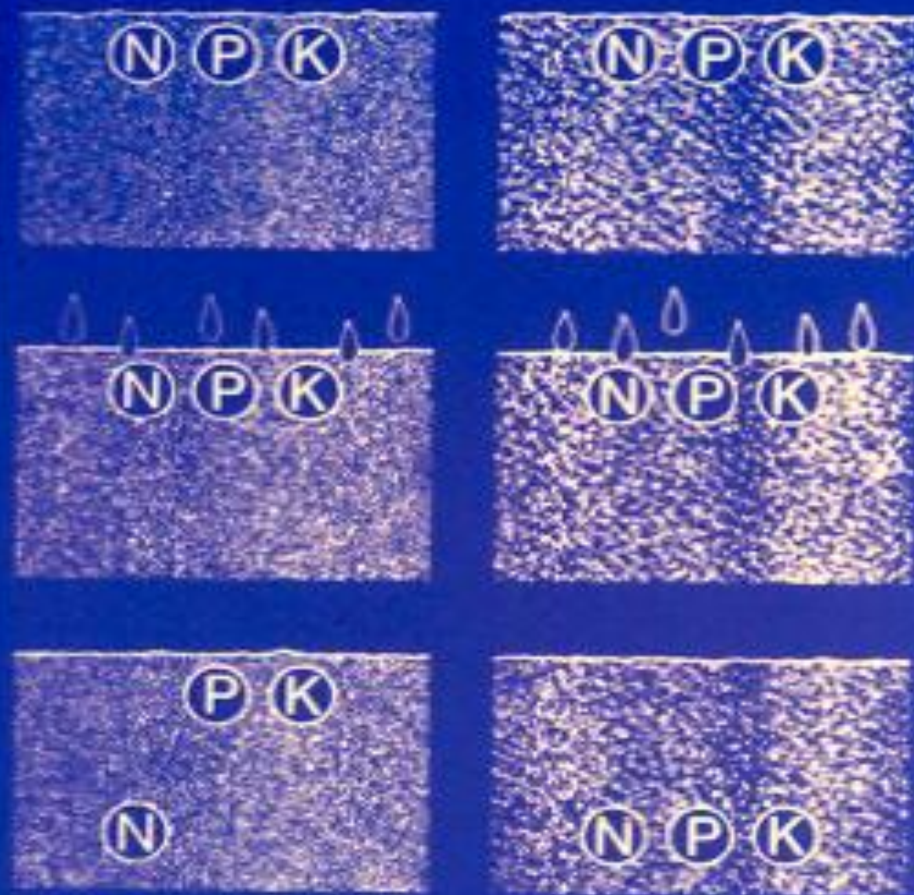
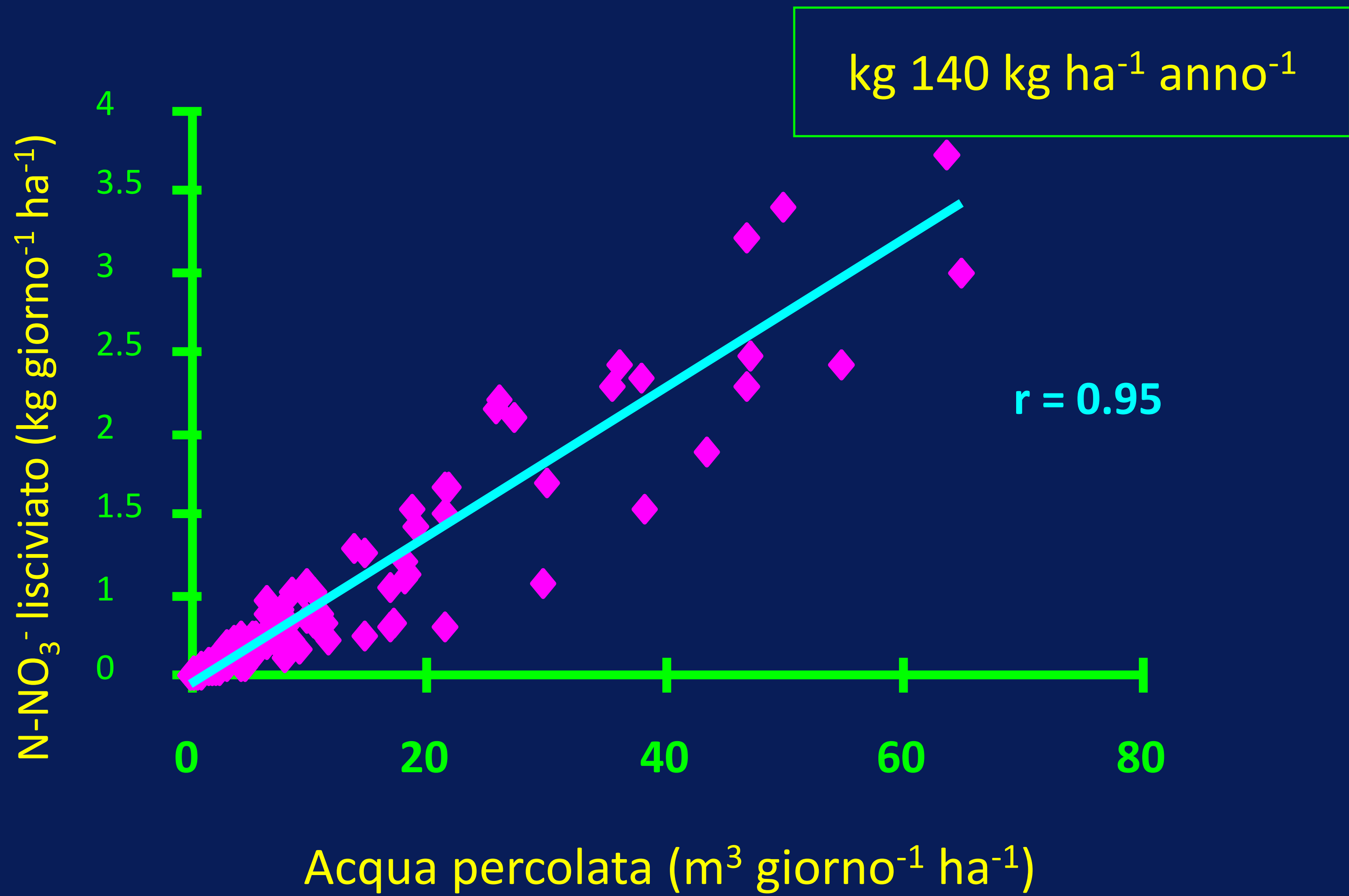


Fig. 2.10 - Comportamento dell'azoto, del fosforo e del potassio in rapporto alla percolazione dell'acqua in un terreno argilloso (*a sinistra*) e in un terreno sabbioso (*a destra*).

Baldini, 1992

Suolo sabbioso, sub-acido

Relazione tra perdite di N nitrico e acqua di percolazione

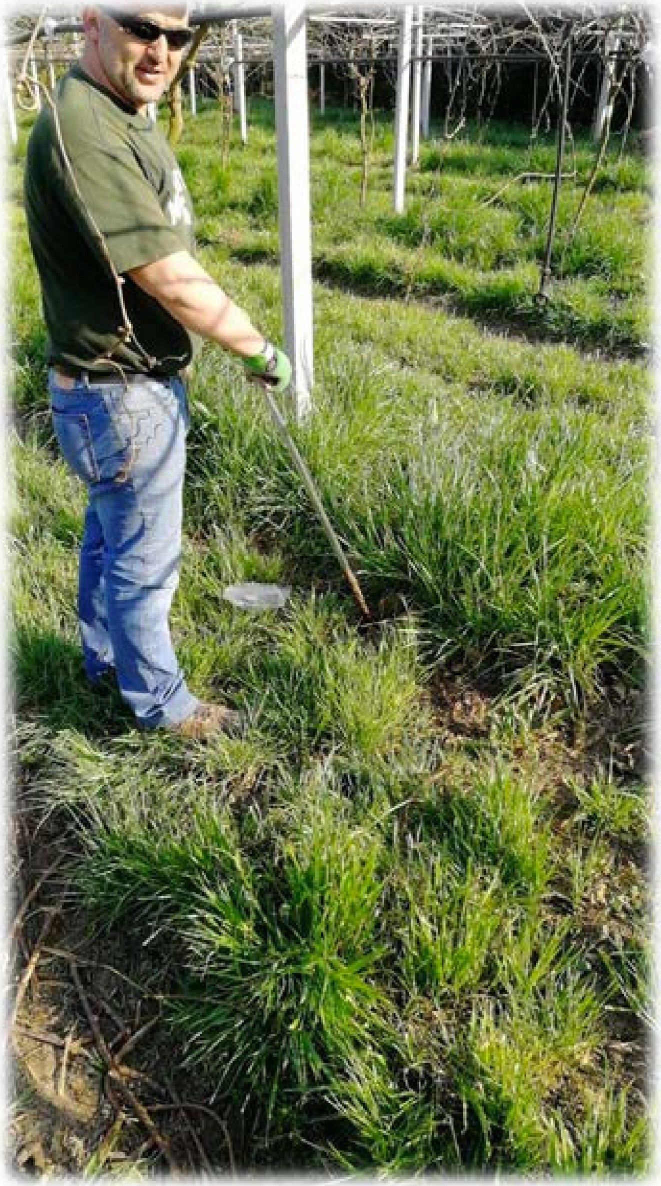



Frazione Organica Rifiuti Solidi Urbani
Solmec

Digestato


Pollina

Monitoraggio N disponibile
(20-40 cm)

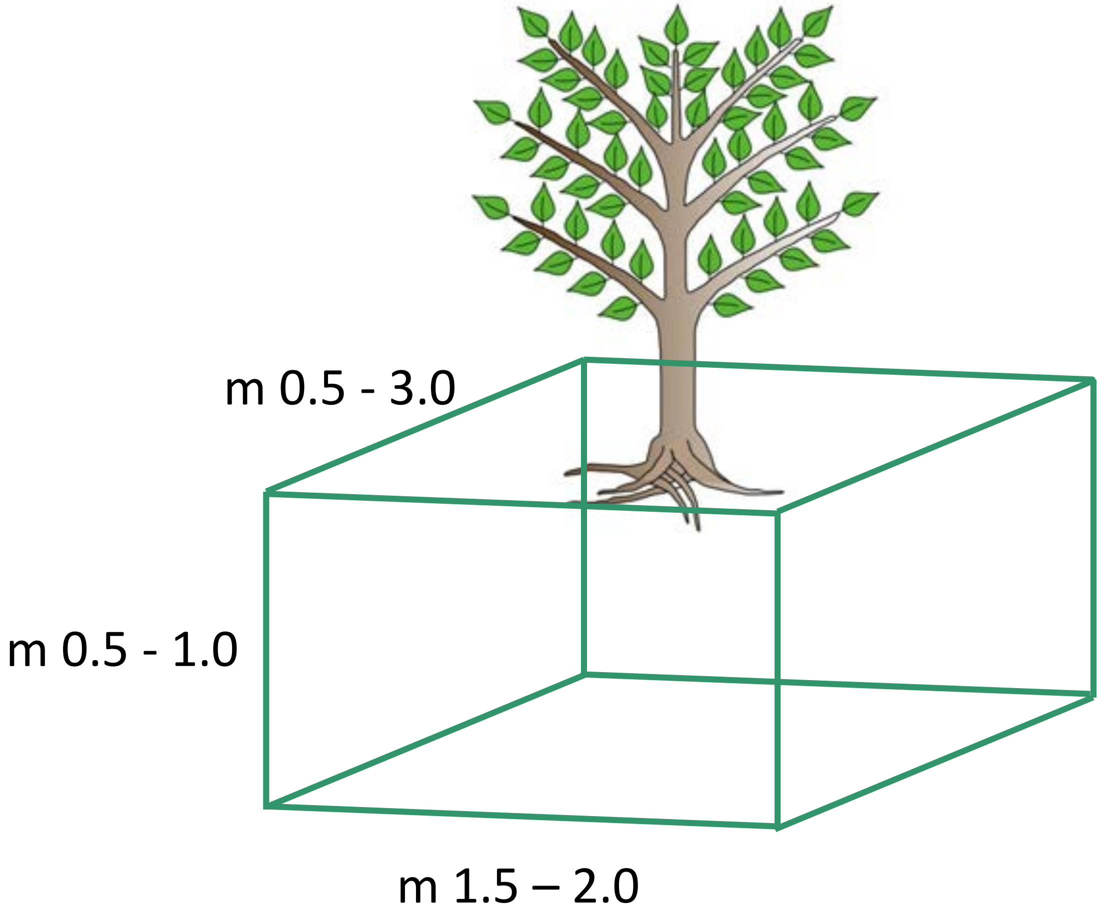


ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CENTRO INTERDIPARTIMENTALE
DI RICERCA INDUSTRIALE AGROALIMENTARE

CIRI AGROALIMENTARE

GF677: ibrido pesco x mandorlo

UNITÀ di SUOLO



Densità suolo 1.2 -1.5 kg dm^{-3}

Esempio di quantità di $N\text{-}NO_3^-$

1 mg kg^{-1} = 6 kg N/ha

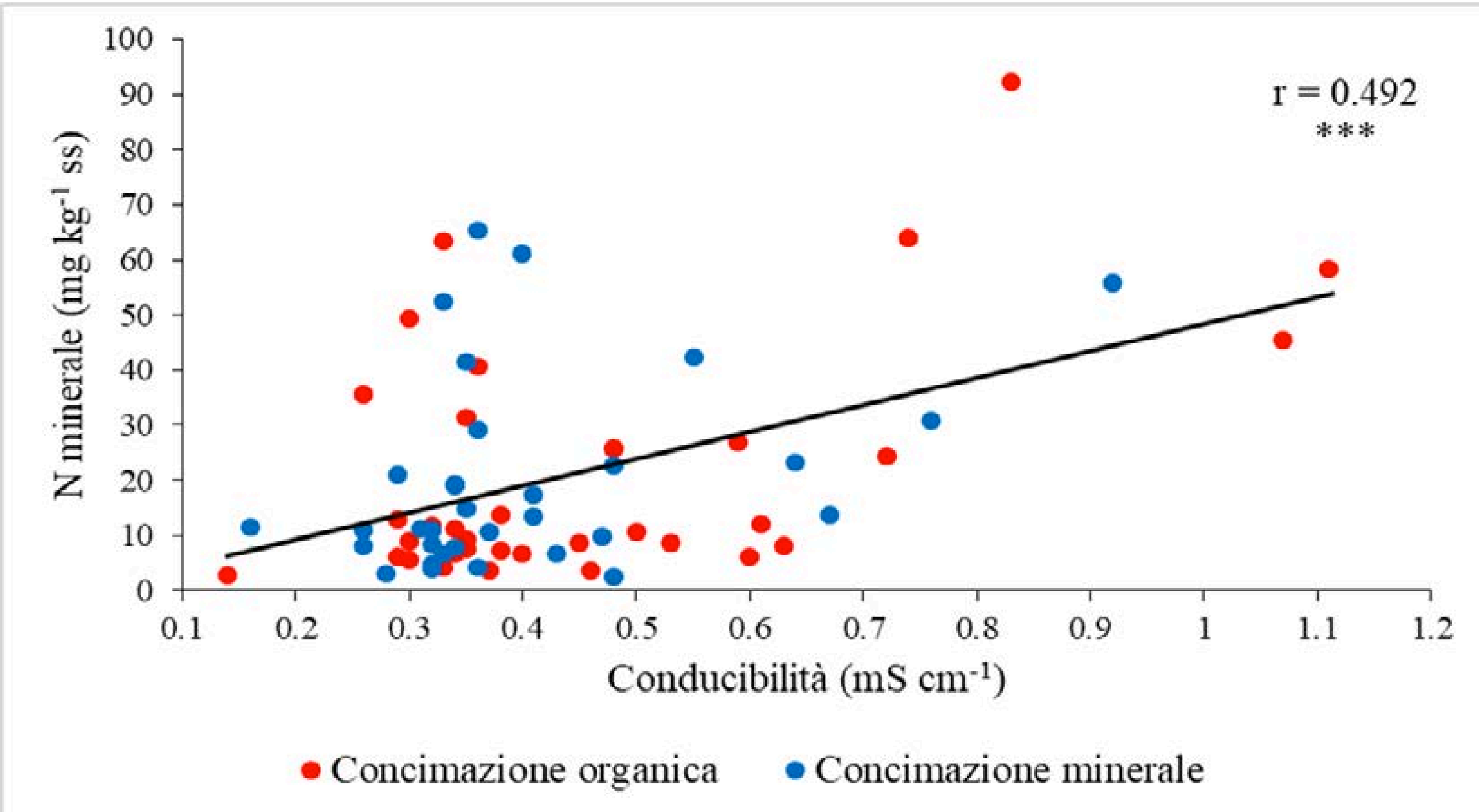
10 mg kg^{-1} = 60 kg N/ha

20 mg kg^{-1} = 120 kg N/ha

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CENTRO INTERDIPARTIMENTALE DI RICERCA INDUSTRIALE AGROALIMENTARE

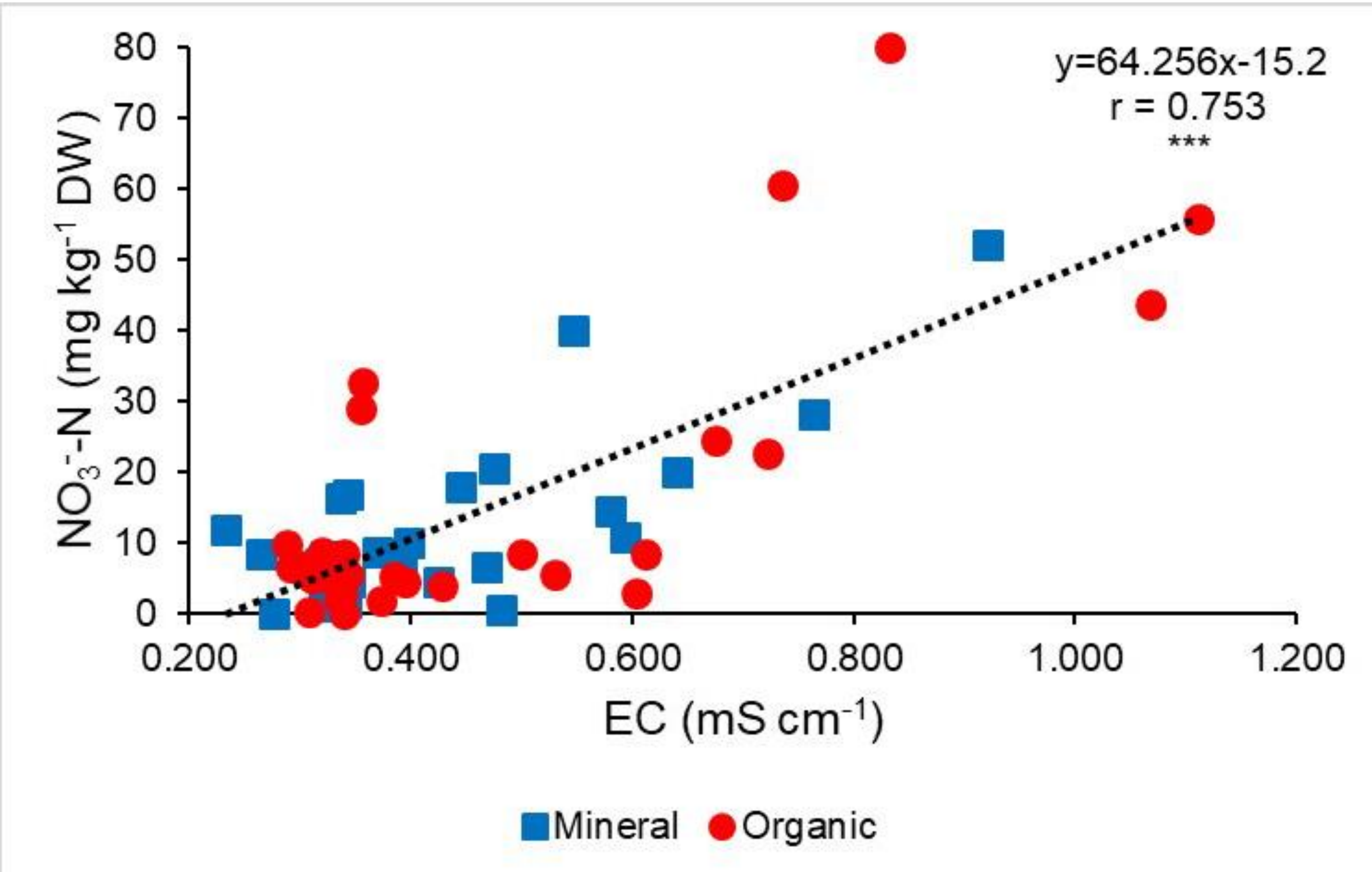
CIRI AGROALIMENTARE

Correlazione tra conducibilità elettrica rilevata dalla sonda **e N minerale** presente nel suolo (dati relativi a 5 date di campionamento):



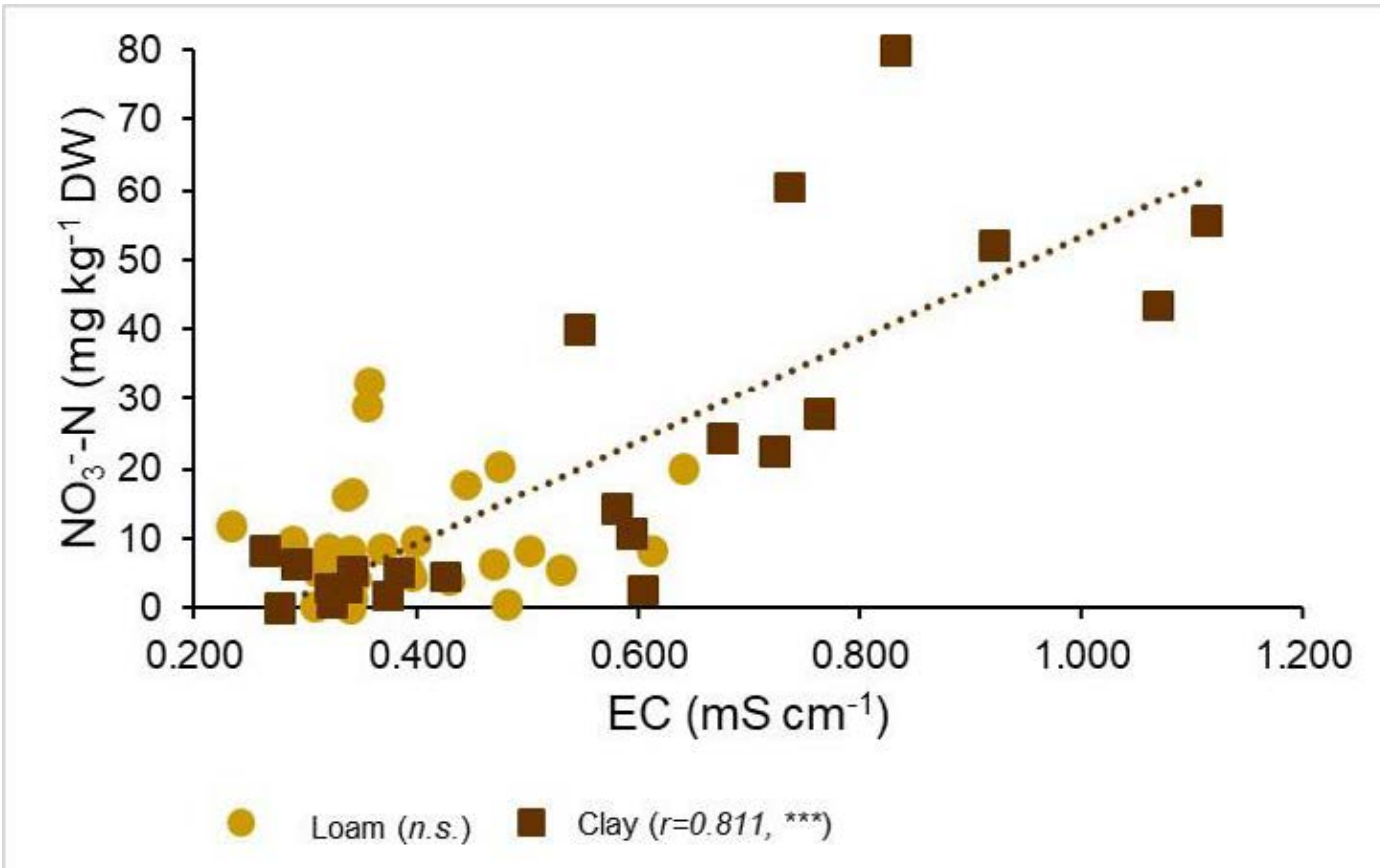
ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CENTRO INTERDIPARTIMENTALE
DI RICERCA INDUSTRIALE AGROALIMENTARE

CIRI AGROALIMENTARE

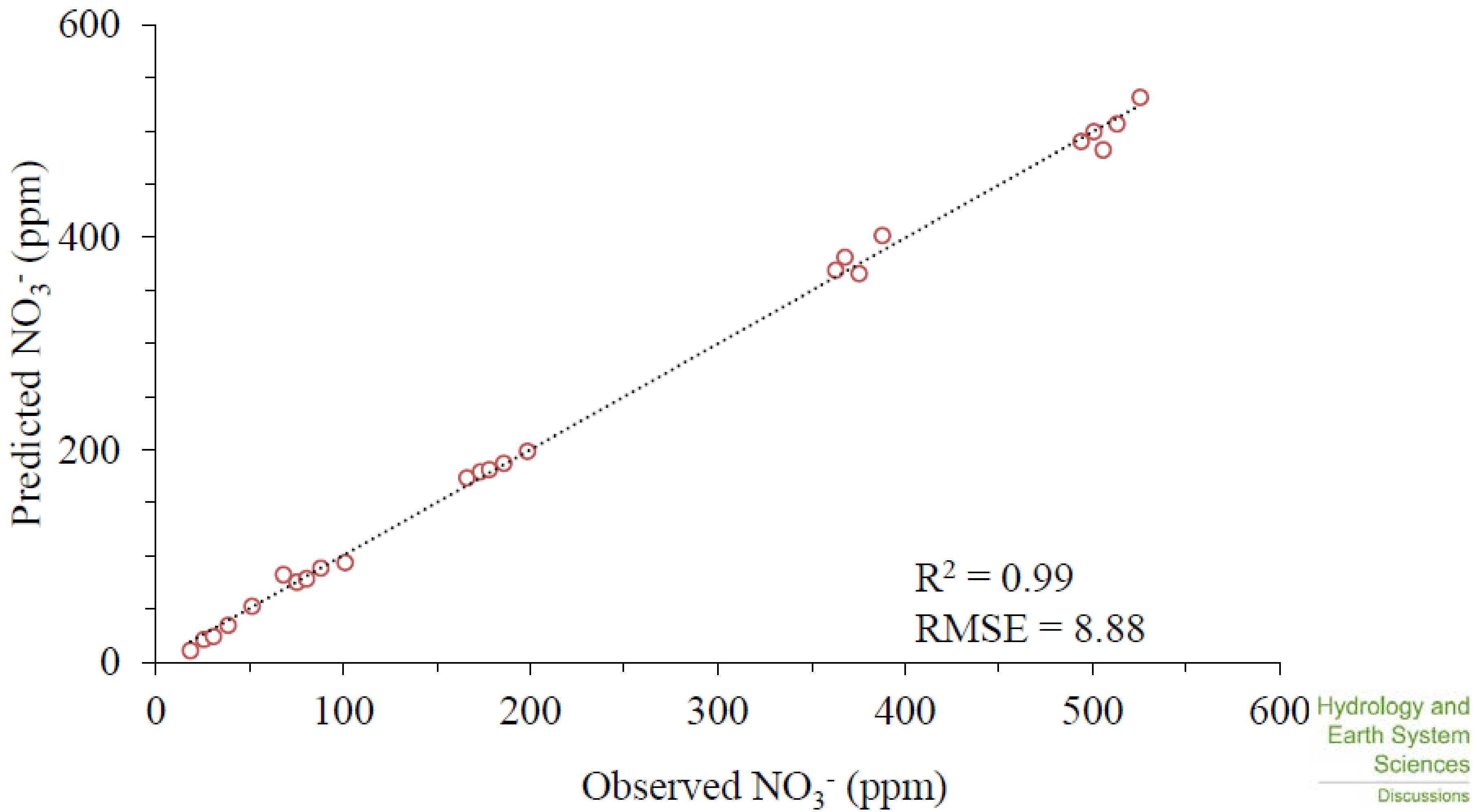


ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CENTRO INTERDIPARTIMENTALE
DI RICERCA INDUSTRIALE AGROALIMENTARE

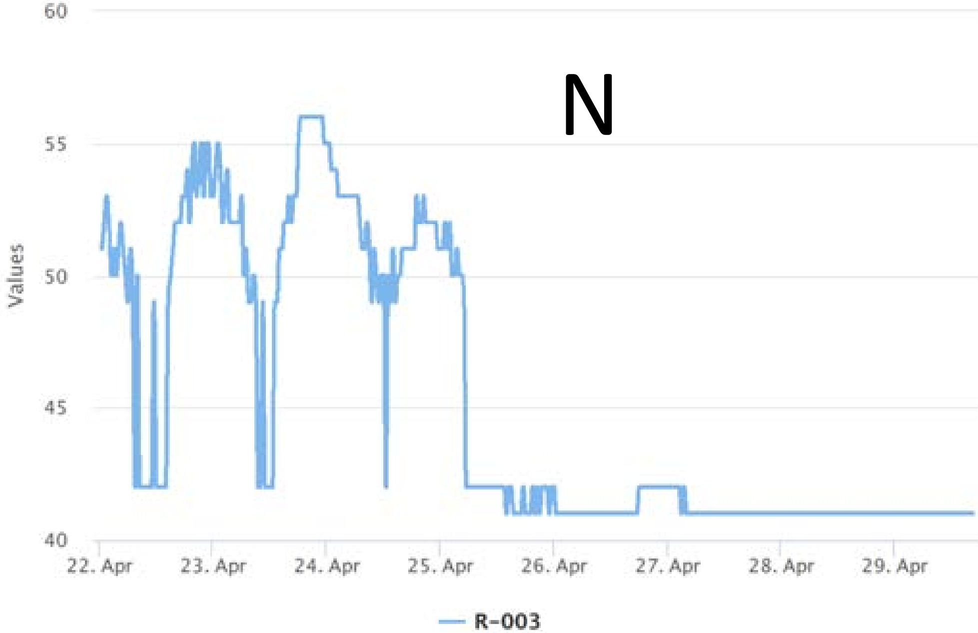
CIRI AGROALIMENTARE

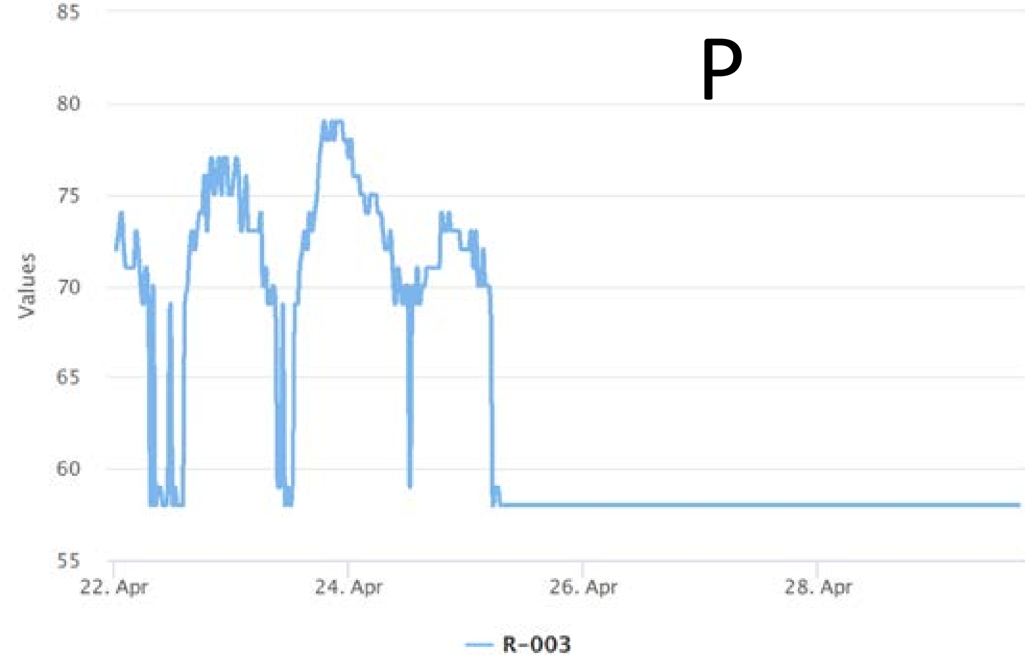


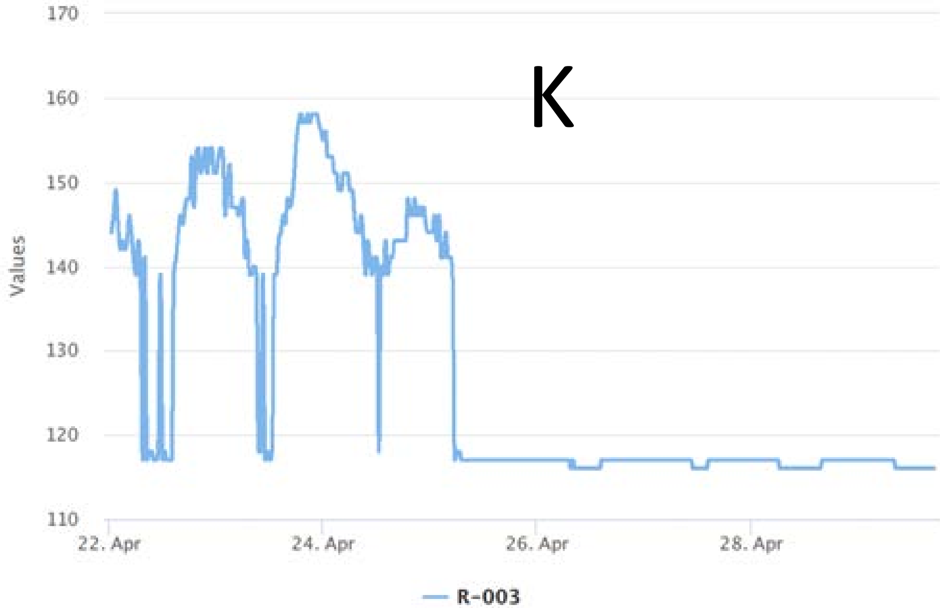
Real-time letture spettrofotometriche per monitorare i nitrati nel suolo



Yeshno et al. 2020

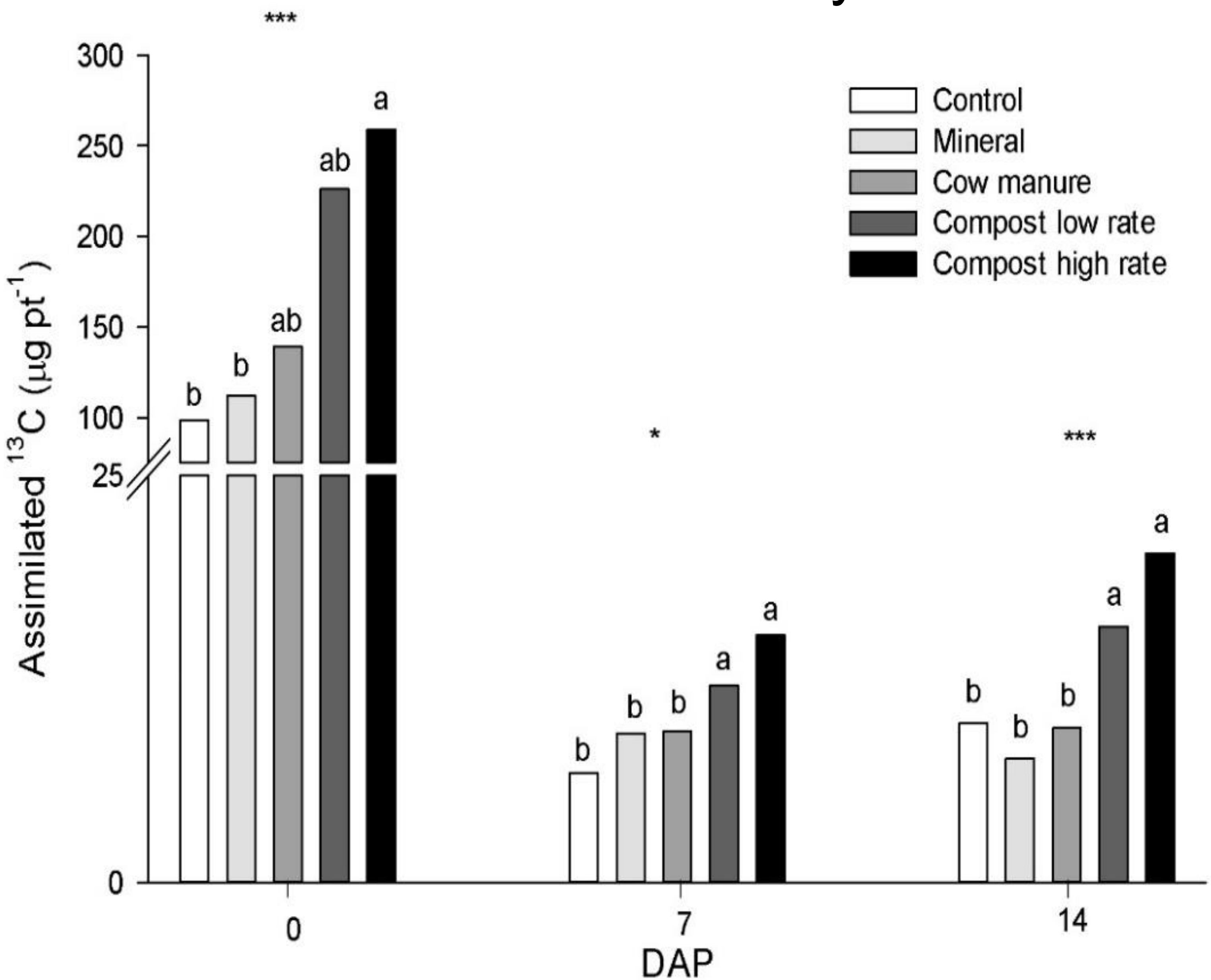

N
Values
60
55
50
45
40
22. Apr
23. Apr
24. Apr
25. Apr
26. Apr
27. Apr
28. Apr
29. Apr
R-003


P
Values
85
80
75
70
65
60
55
22. Apr
24. Apr
26. Apr
28. Apr
R-003


K
Values
170
160
150
140
130
120
110
22. Apr
24. Apr
26. Apr
28. Apr
R-003


compost
60 g/kg
compost
20 g/kg
mineral

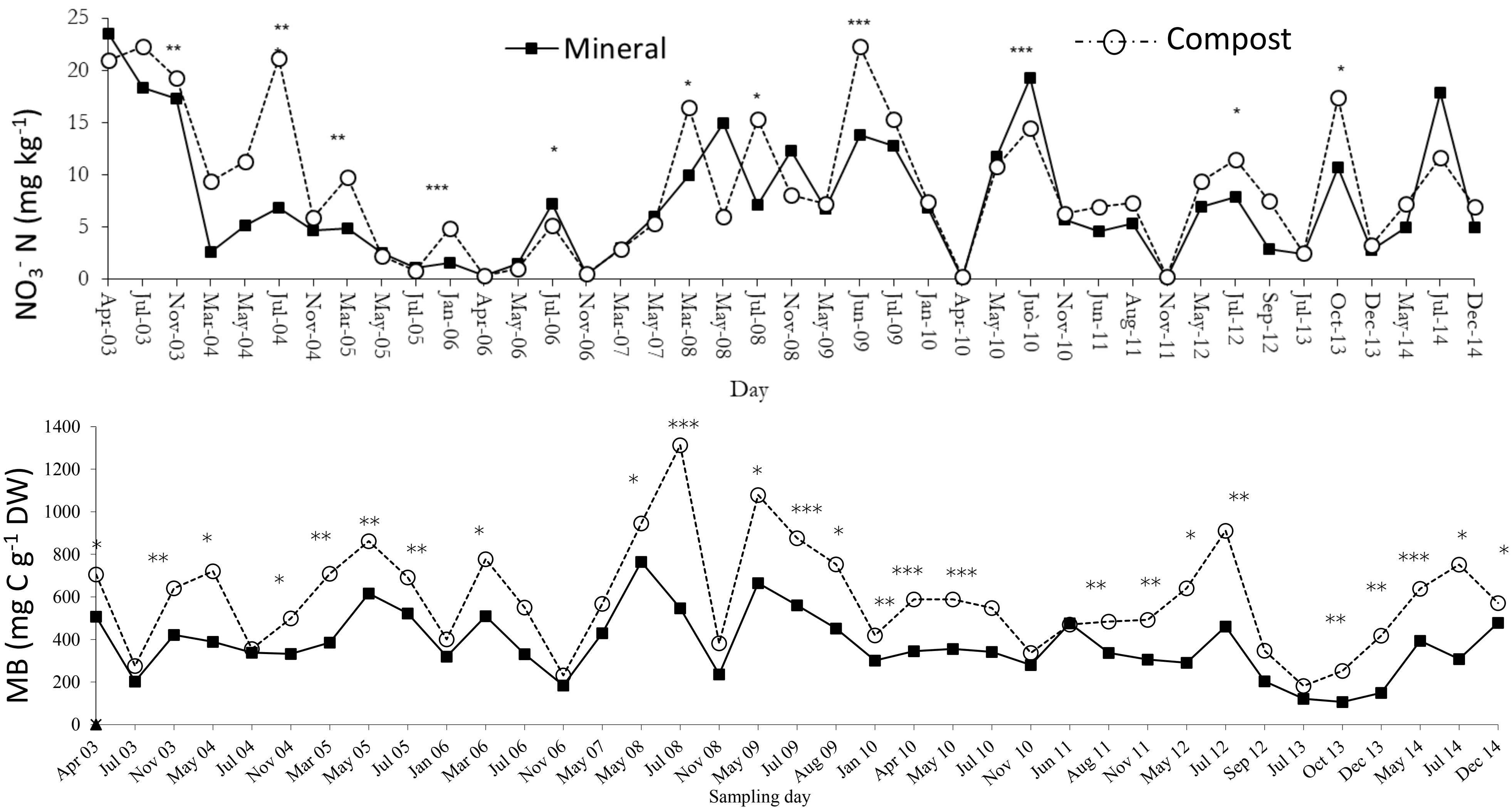
Potted strawberry




2.0-m application strip
0.20-m depth
40% of a hectare

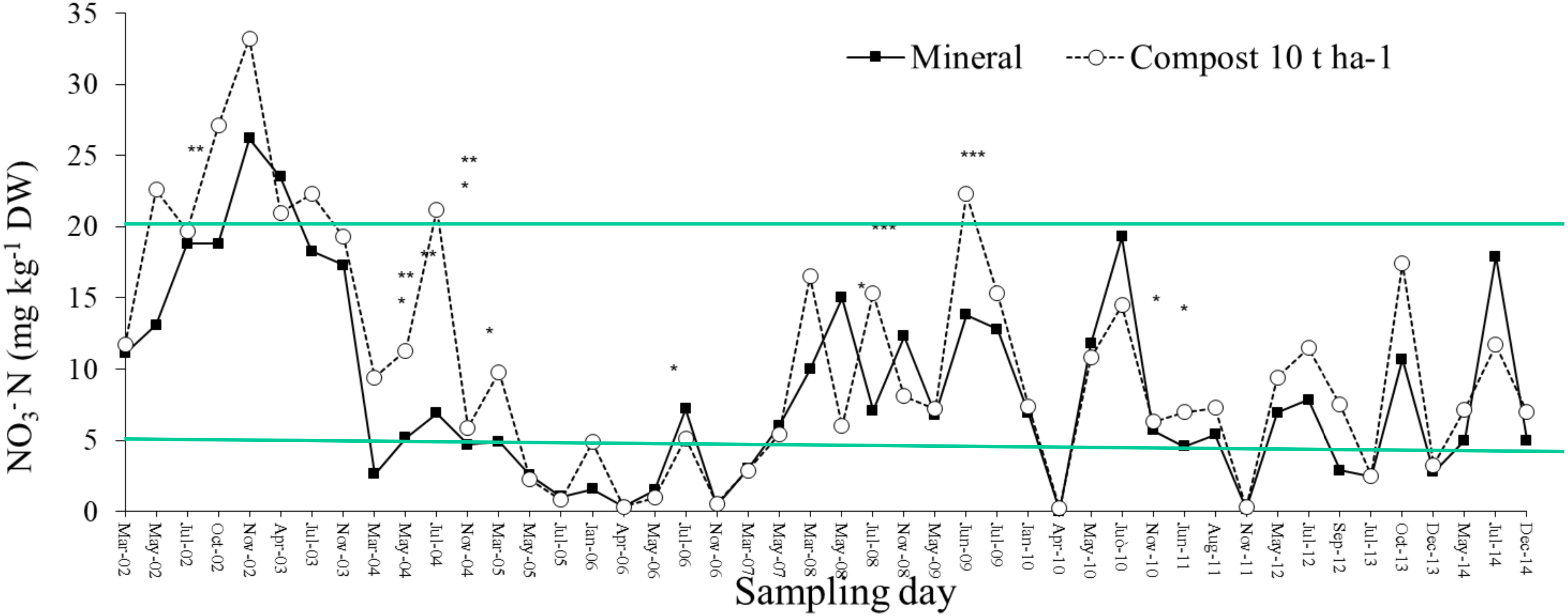
Rate of total N application (kg ha^{-1} year^{-1}) split in May (60%) and September (40%)

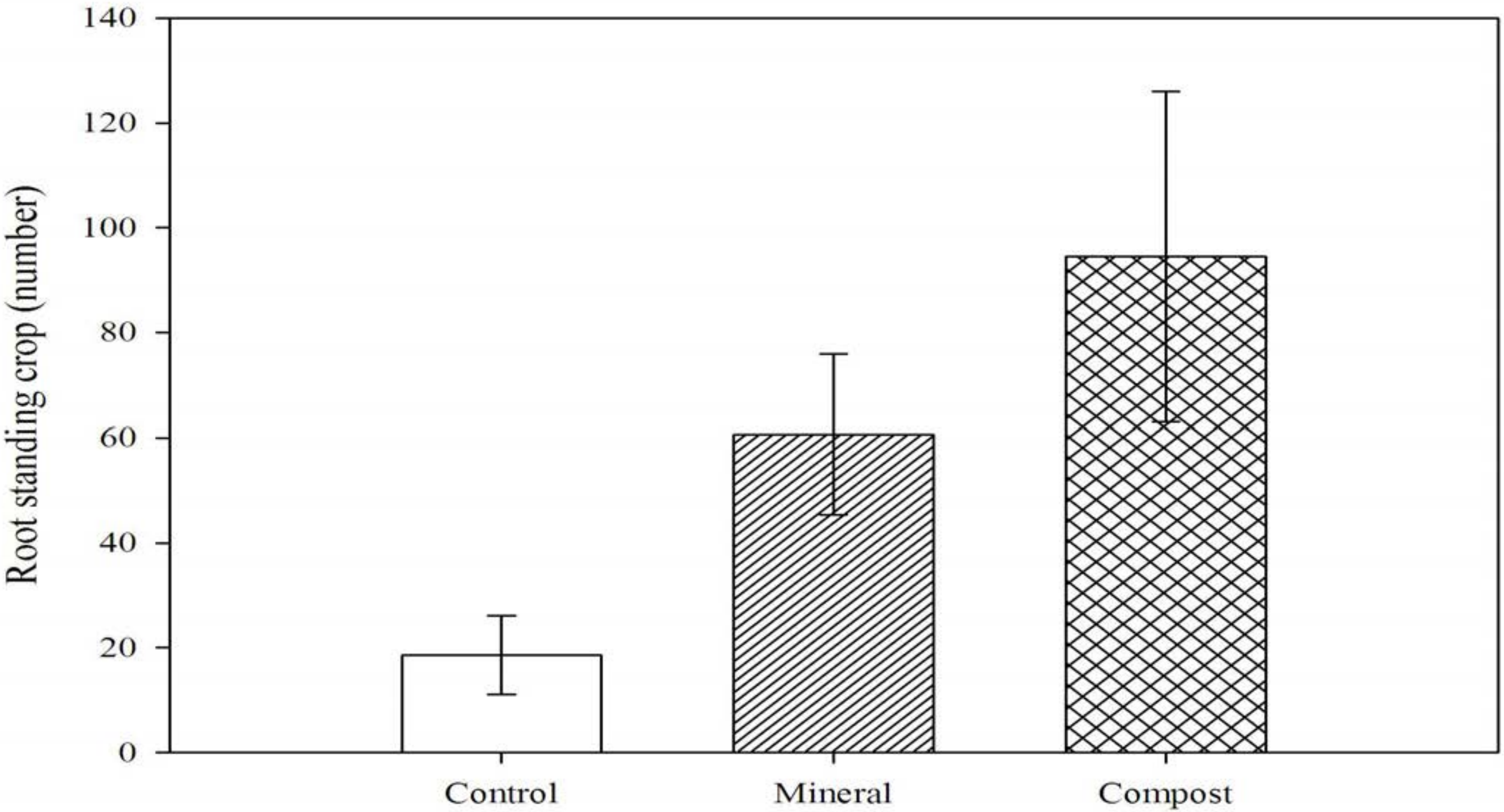
	2001-03	‘04-’05	‘06-’14
Control	0	0	0
Mineral	70	120	130
Compost (5 t/ha)	120	120	120
Compost (10 t/ha)	240	240	240



Mineral
Compost
NO3- N (mg kg-1)
25
20
15
10
5
0
Apr-03
Jul-03
Nov-03
Mar-04
May-04
Jul-04
Nov-04
Mar-05
May-05
Jul-05
Jan-06
Apr-06
May-06
Jul-06
Nov-06
Mar-07
May-07
Mar-08
May-08
Jul-08
Nov-08
May-09
Jun-09
Jul-09
Jan-10
Apr-10
May-10
Juò-10
Nov-10
Jun-11
Aug-11
Nov-11
May-12
Jul-12
Sep-12
Jul-13
Oct-13
Dec-13
May-14
Jul-14
Dec-14
Day
MB (mg C g-1 DW)
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
Apr 03
Jul 03
Nov 03
May 04
Jul 04
Nov 04
Mar 05
May 05
Jul 05
Jan 06
Mar 06
Jul 06
Nov 06
May 07
May 08
Jul 08
Nov 08
May 09
Jul 09
Aug 09
Jan 10
Apr 10
May 10
Jul 10
Nov 10
Jun 11
Aug 11
Nov 11
May 12
Jul 12
Sep 12
Jul 13
Oct 13
Dec 13
May 14
Jul 14
Dec 14
Sampling day

Soil mineral N




Root standing crop (number)
140
120
100
80
60
40
20
0
Control
Mineral
Compost


December 2014


December 2014

Tree DW

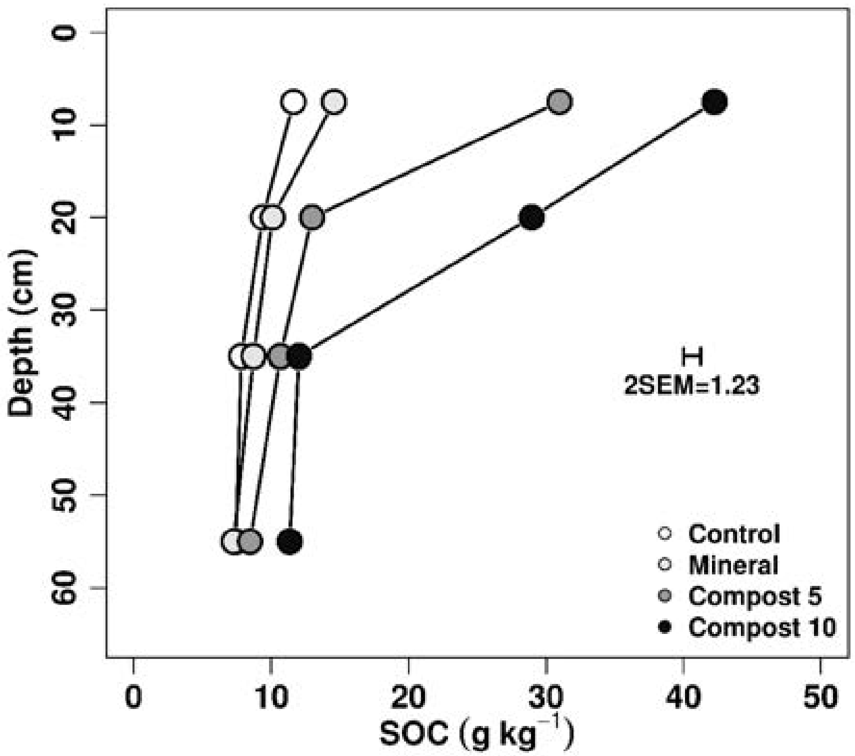
Fertilizer	Root (kg tree^{-1} dw)	Skeleton (kg tree^{-1} dw)	Leaf (kg tree^{-1} dw)	Total (kg tree^{-1} dw)
Control	22.2	40.3 b	2.48 b	65.0 b
Mineral	26.2	55.3 a	4.19 a	85.7 a
Compost 5 t/ha	23.8	42.5 b	2.62 b	68.9 ab
Compost 10 t/ha	25.9	54.3 a	3.86 a	84.0 a
Significance	*n.s.*	*	*	*

Fertilization	Annual yield (kg tree^{-1})	Cumulative yield (14 years) (kg tree^{-1})
Control	45.3 b	**479 b**
Mineral	54.3 a	506 ab
Compost 5 t ha^{-1}	56.7 a	502 ab
Compost 10 t ha^{-1}	58.5 a	553 a
Significance	**	**

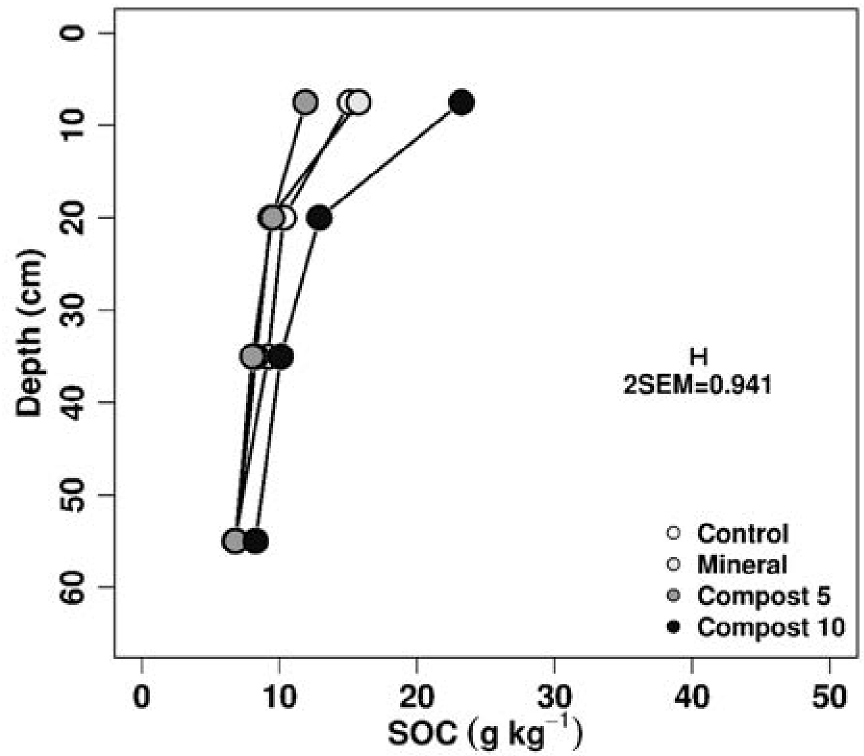
TREATMENT	Precocity index (gg)	Skin color (%)	firmness (kg)
Control	3.88 c	87.0 a	2.18 b
Mineral	6.86 a	59.3 c	3.16 a
Compost 5 t/ha	5.16 b	76.3 b	2.33 b
Compost 10 t/ha	6.77 a	66.2 bc	3.34 a
Significance	***	***	***

Soil organic C

row



inter-row

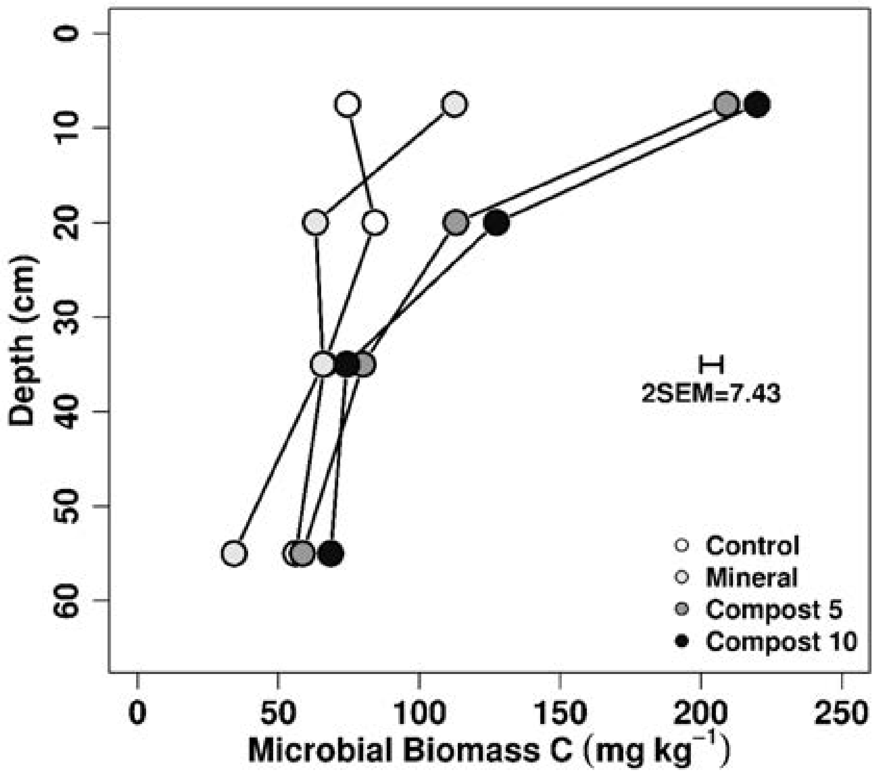


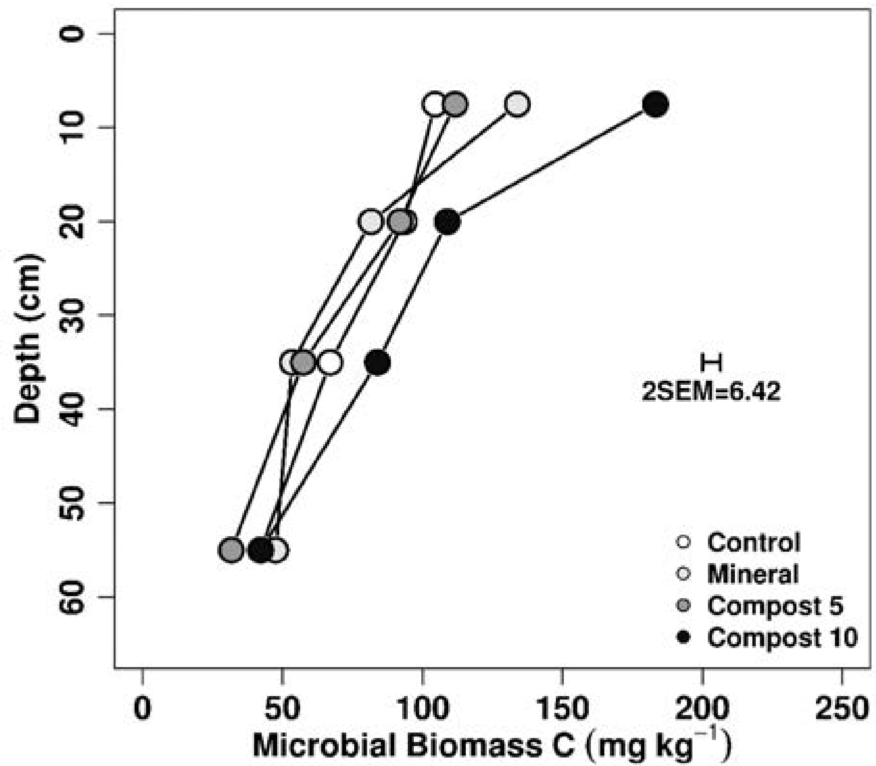
E. Baldi et al. / Science of the Total Environment 637–638 (2018) 918–925

Microbial C (mg kg^{-1})

row

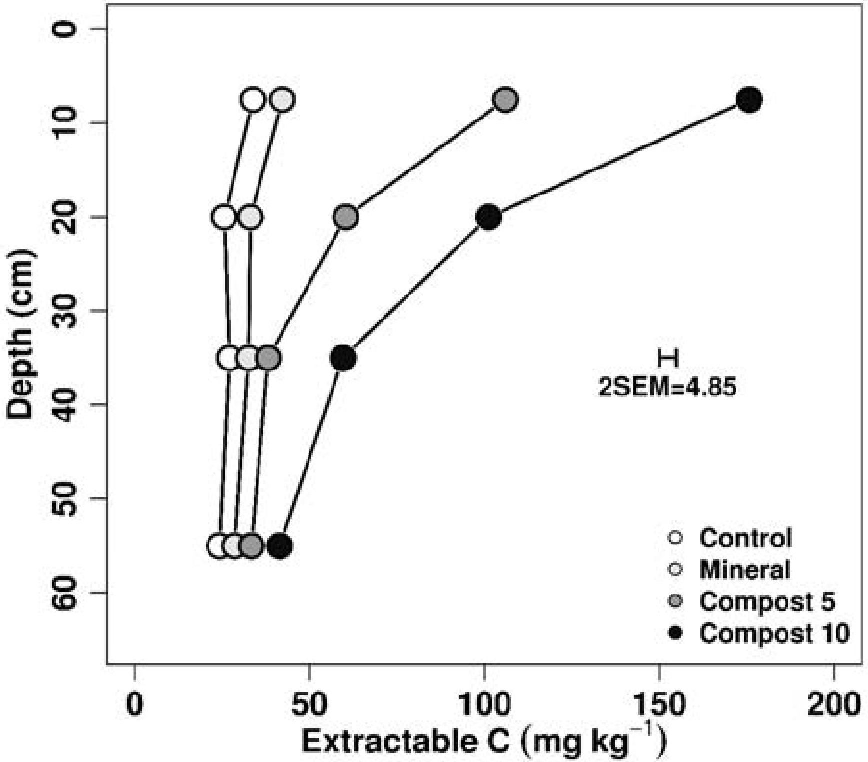
inter-row



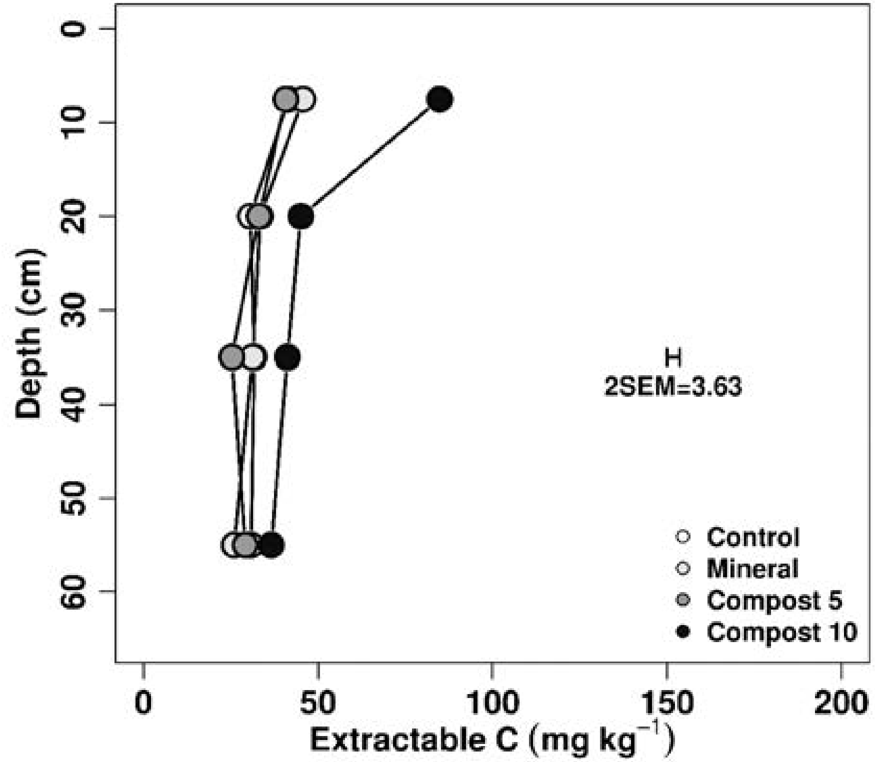


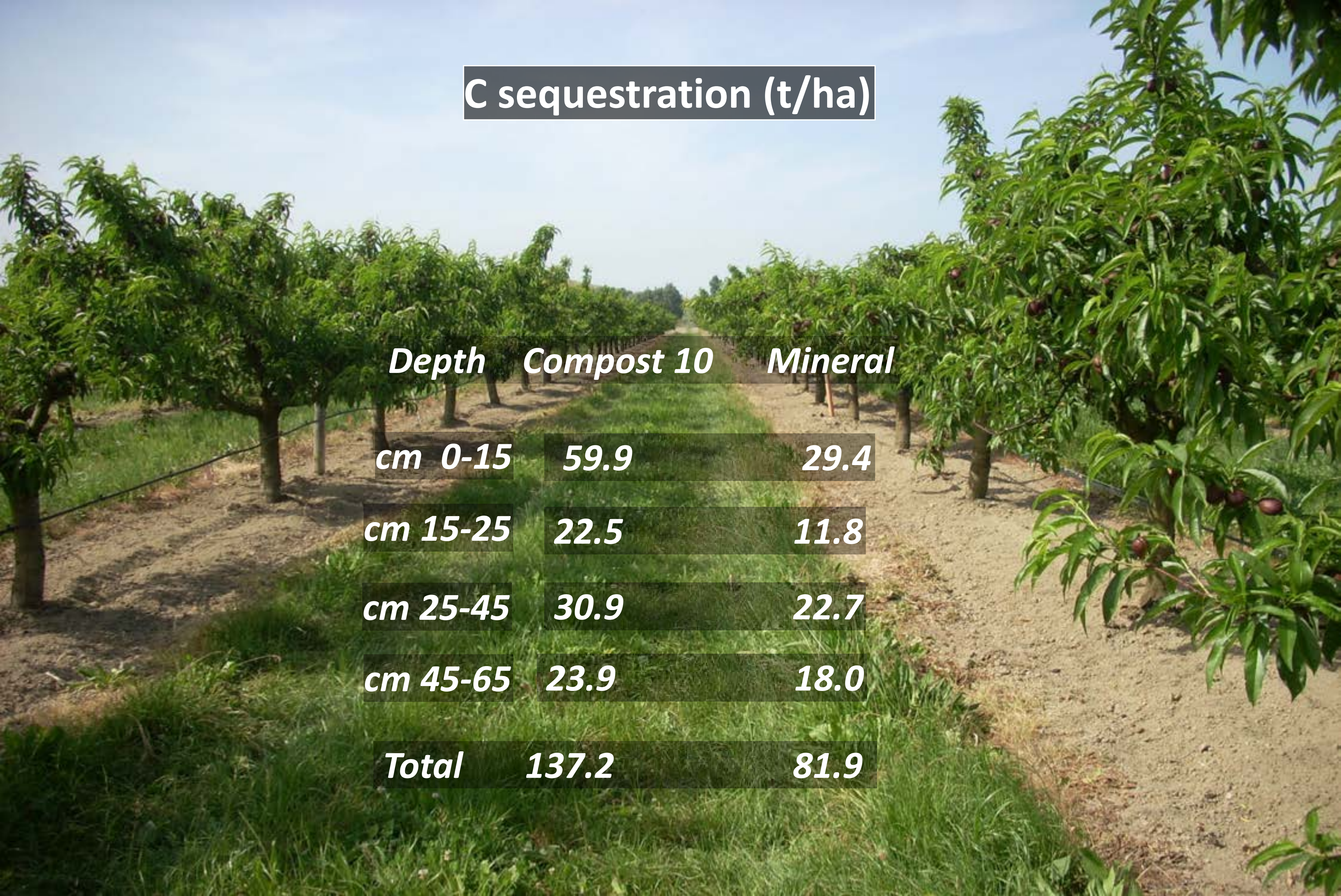
Extractable C (mg kg^{-1})

row



inter-row





C sequestration (t/ha)

Depth	Compost 10	Mineral
cm 0-15	59.9	29.4
cm 15-25	22.5	11.8
cm 25-45	30.9	22.7
cm 45-65	23.9	18.0
Total	137.2	81.9

C balance

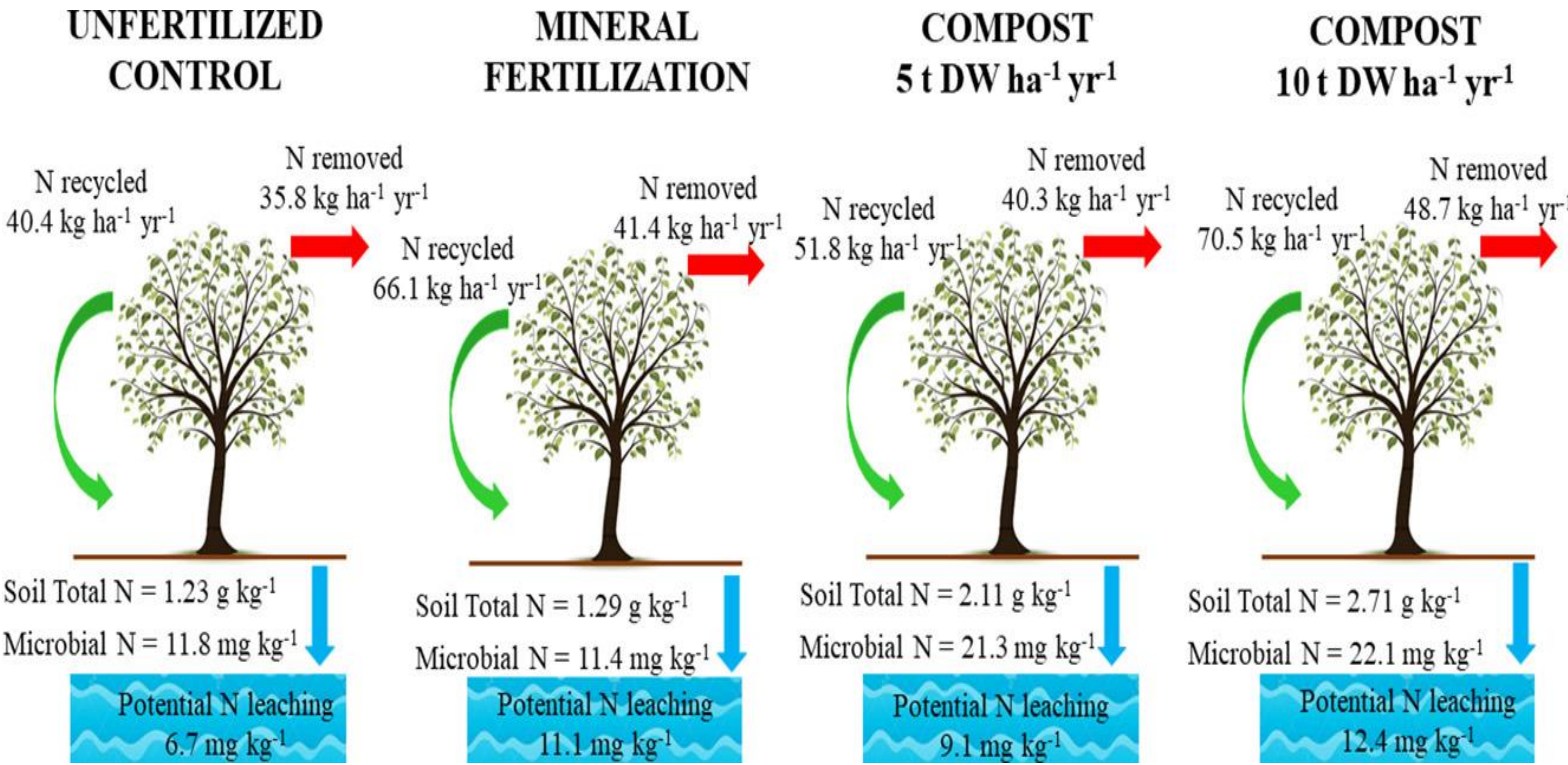
TREATMENT	$C_{t14\ tree}$ (t ha^{-1})	$\Delta C_{t14\ soil}$ (t ha^{-1})	$\Delta C_{t14\ ecosystem}$ (t ha^{-1})
Control	10.6 b	-2.50 b (0)[1]	8.09 b
Mineral	13.5 a	1.75 b (0)	15.3 b
Compost 5	10.8 b	16.3 b (21)	27.1 b
Compost 10	13.3 a	54.8 a (42)	68.0 a
Significance	*	***	***

[1]t of C added in 14 years

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA CENTRO INTERDIPARTIMENTALE DI RICERCA INDUSTRIALE AGROALIMENTARE

CIRI AGROALIMENTARE

TREATMENT	Yield 2004-14 (kg tree^{-1})	$DC_{t14\ ecosystem}$ (Mg ha^{-1})	CO_2 (g kg^{-1})
Control	479 b	8.09 b	62
Mineral	506 ab	15.3 b	111
Compost 5 t ha^{-1}	502 ab	27.1 a	198
Compost 10 t ha^{-1}	553 a	68.0 a	451
Significance	**	**	-



Science of the Total Environment 671 (2019) 10–18

Compost e vite

Nitrati-N (mg kg^{-1} ss)

TRATTAMENTO	Epoca di campionamento 2022							
	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Ottobre
Controllo	0,69 b	0,65 b	0,01 b	8,62	7,3 b	17,6 c	10,5	0,13 b
Minerale	0,44 b	0,875 b	0,01 b	8,51	62,4 b	37,4 bc	5,27	26,9 b
ACM 120	1,31 b	2,01 b	0,09 b	14,9	48,2 b	18,7 c	37,1	1,09 b
ACM 240	5,03 a	2,18 b	2,07 ab	9,49	141 b	143 ab	67,3	18,2 b
ACF 120	3,8 b	2,21 b	0,81 b	9,89	26,6 b	40,3 bc	39,1	6,11 b
ACF 240	5,03 a	12 a	5,88 a	9,95	187 b	68,6 abc	52,5	108 a
GDD 120	4,91 b	2,51 b	0,09 b	10,6	61,6 b	133 abc	48,0	51,7 ab
GDD 240	4,4 b	4,77 b	3,86 ab	11,7	436 a	167 a	56,8	115 a
significatività	**	***	*	n.s.	*	*	n.s.	***

Produzione del 2022

TRATTAMENTO	Produzione (kg/pianta)	Grappoli (n°/pianta)	Peso grappolo (g)	Peso acino (g)	Acini/grappolo (n°)
Controllo	5,18 c	30,2 b	150 d	2,31	68,7 c
Minerale	7,03 bc	35,0 a	199 c	2,38	83,7 b
ACM 120	8,02 ab	36,3 ab	221 bc	2,54	87,1 b
ACM 240	11,0 a	39,8 a	290 a	2,89	95,5 ab
ACF 120	9,30 ab	38,7 a	244 abc	2,63	92,3 b
ACF 240	10,8 a	41,9 a	259 ab	2,98	82,0 b
GDD 120	10,4 a	34,4 ab	267 ab	2,60	108 a
GDD 240	10,2 a	36,2 a	269 ab	2,55	109 a
significatività	***	*	***	n.s.	**

Qualità degli acini nel 2022

TRATTAMENTO	Solidi solubili (°Brix)	pH	Acidità titolabile (g/L)	Antociani (mg/kg)	Flavonoidi (mg/kg)
Controllo	24,4 a	3,55	6,31	278 b	2419
Minerale	22,0 ab	3,43	5,96	284 b	2755
ACM 120	22,4 ab	3,51	5,88	364 a	2720
ACM 240	21,0 b	3,51	6,78	305 b	2662
ACF 120	21,3 b	3,44	6,31	282 b	2573
ACF 240	20,6 b	3,50	6,34	251 b	2375
GDD 120	20,6 b	3,47	6,48	268 b	2436
GDD 240	19,8 b	3,44	6,48	257 b	2466
significatività	*	n.s.	n.s.	*	n.s.


Favino: *Vicia faba minor*
Veccia: *Vicia sativa*


Lupino (*Lupinus albus);* cece *(Cicer arietinum)* solubilizzano e rendono mobile il P

avena: *Avena sativa*


colza: *Brassica napus*


Inerbimento permanente

DIGESTATE IN PEAR CULTIVATION (2014)

Liquid digestate - farm Lodi

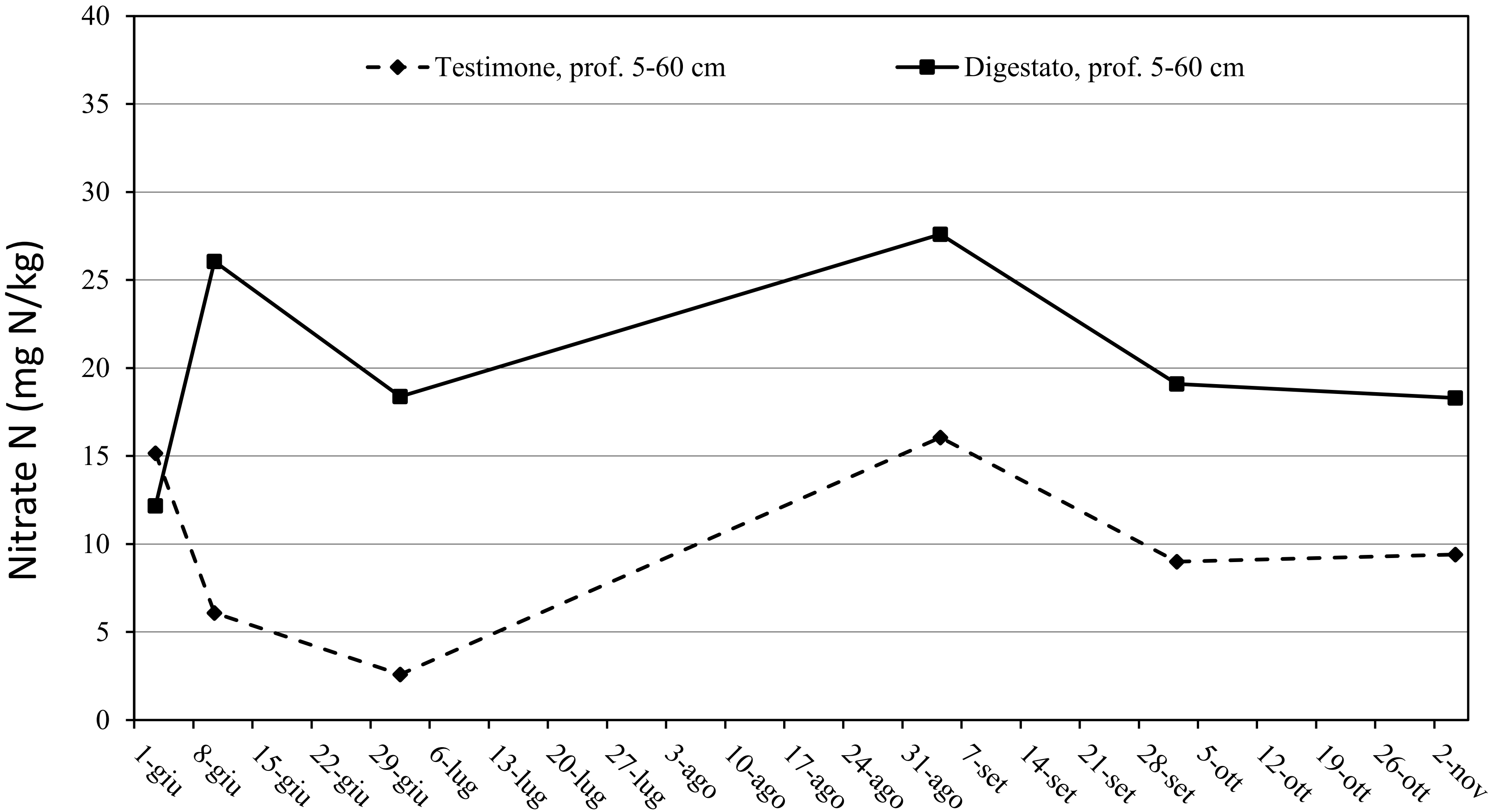
Solid digestate - farm Zerbi

DIGESTATE IN PEAR FERTILIZATION

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CENTRO INTERDIPARTIMENTALE
DI RICERCA INDUSTRIALE AGROALIMENTARE

CIRI AGROALIMENTARE

Nitrate-N (mg/kg DW)



Days after digestate application (June 2, 14)

Conclusioni

- Gestione della fertilizzazione **precisa** e **mirata** alle esigenze dell'albero si può fare
- Fondamentale è il continuo **monitoraggio** della fertilità del suolo, in fase di studio
- L'utilizzo di **fertilizzanti organici** e l'attenta gestione del ciclo dei nutrienti migliora l'efficienza dell'assorbimento e permette una riduzione degli input

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CENTRO INTERDIPARTIMENTALE
DI RICERCA INDUSTRIALE AGROALIMENTARE

CIRI AGROALIMENTARE

Ringraziamenti

Regione Emilia-Romagna: POR FESR, PSR, L. 28/98

Regione Veneto PSR

Herambiente SpA

Enomondo Srl, Aimag SpA

Sogliano Ambiente SpA

Salerno Pietro Srl

PNRR

Gianni Sorrenti