

Contributi scientifici della ricerca sulla ricostituzione dei suoli

Chiara Cassinari¹, Paolo Manfredi², Marco Trevisan¹,

¹Istituto di Chimica Agraria ed Ambientale, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza

²m.c.m. Ecosistemi s.r.l., Gariga di Podenzano, Piacenza

Progetto New Life

www.lifeplusecosistemi.eu

LIFE10 ENV/IT/000400 NEW LIFE

total budget 4.025.473.00 €

EU contribution 1.929.837.00 €



NEW LIFE

Tra gli obiettivi del progetto New Life uno dei principali è **dimostrare l'efficacia della ricostituzione** nel produrre un suolo con ottime proprietà agronomiche.

A tale scopo sono stati condotti **studi, ricerche e prove agronomiche**, basati sul confronto degli esiti di analisi chimico-fisiche e rese produttive su suoli naturali degradati e su suoli ricostituiti prodotti da questi.

Gli esiti di queste ricerche sono state presentate a Convegni, Congressi e Conferenze Nazionali e Internazionali e da alcune di queste sono scaturiti articoli pubblicati su prestigiose Riviste Scientifiche.

Gli studi presentati sono gli esiti di **confronti di analisi chimico-fisiche** eseguite su suoli naturali degradati e ricostituiti con cui sono state allestite parcelle sperimentali.

Ulteriori ricerche sono state eseguite su un appezzamento di terreno naturale e su uno ricostituito, prodotto nel 2008, presenti in un'azienda agricola sita alle porte di Piacenza.

Questo appezzamento è il primo suolo ricostituito generato e su di esso e con esso sono state eseguite alcune prove agronomiche.



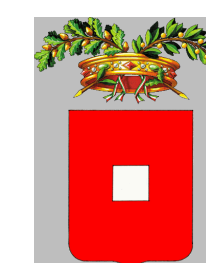
NEW LIFE

STUDI SULLE PARCELLE analisi chimico-fisiche



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

I° Convegno: Miglioramento del suolo. 19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia



Sono state allestite **24 parcelle sperimentali** (3 m x 5 m) di confronto tra suolo naturale e suolo ricostituito.

I suoli naturali sono tra loro differenti per tipologia, mentre i suoli ricostituiti sono divisi in base suolo naturale di origine e / o al tipo di fango utilizzato nella ricostituzione.

Le parcelle sono divise in tre gruppi, ciascuno chiamato con numeri e lettere: lo stesso numero rappresenta lo stesso suolo di origine; N suolo naturale e R suolo ricostituito.

Le parcelle - 1-2-3-4N / 1-2-3-4R - sono tra loro differenti sulla base della diversa tessitura del suolo (suolo sabbioso, limo argilloso e due suoli argillosi) e sono state ricostituite con gli stessi fanghi - A e B.

Le parcelle - 5-6-7-8-9N / 5-6-7-8-9R - confrontano cinque suoli degradati (provenienti dalla ex-discarica del progetto New Life) con quelli ricostituiti e sono state ricostituite con gli stessi fanghi - A e B.

Le parcelle - 10N / 10R B - 10R C - 10R D - 10R E - 10R F - confrontano un suolo agricolo a bassa fertilità con la stesso ricostituito con 5 fanghi diversi - B - C - D - E - F.

Lo scopo delle analisi chimico-fisiche, delle elaborazioni statistiche su di essi, del monitoraggio della vegetazione spontanea cresciuta e della % di copertura è stato quello di **determinare i miglioramenti apportati dalla ricostituzione ai suoli degradati e di individuare quali fossero le matrici migliori da utilizzare calibrandole sulla base dei caratteri del suolo da ricostituire.**

Per le parcelle 1-2-3-4-5-6-7-8-9R si è valutato l'effetto della ricostituzione eseguita alle stesse condizioni su diversi tipi di suolo di origine.

Per le parcelle 10R si è valutato della ricostituzione eseguita con diverse tipologie di fanghi sullo stesso suolo di origine.

Tessitura delle parcelle; a numero uguale corrisponde suolo di origine uguale.
N: suolo naturale, R: suolo ricostituito; A, B fanghi utilizzati.

	1N	1R A-B	2N	2R A-B	3N	3R A-B	4N	4R A-B
sabbia %	86.8	86.3	42.5	61.6	6.8	32.3	4.6	26.6
limo %	13.2	8.5	49.9	33.8	38.5	28.3	36.5	29.1
argilla %	0	5.2	7.6	4.6	54.7	39.4	58.9	44.3
	sabbioso franco	sabbioso franco	franco	franco sabbioso	argilloso	franco argilloso	argilloso	argilloso

Tessitura delle parcelle; a numero uguale corrisponde suolo di origine uguale.
N: suolo naturale, R: suolo ricostituito; A, B fanghi utilizzati.

	5N	5R A-B	6N	6R A-B	7N	7R A-B	8N	8R A-B	9N	9R A-B
sabbia %	19.3	16.6	22.3	22.5	22.3	15.2	27.8	23.1	23.4	17.7
limo %	66.3	73.4	58.5	65	62.9	70.7	56.2	65.1	55.3	72.6
argilla %	14.4	10	19.2	12.5	14.8	14.1	16	11.8	21.3	9.7
	franco limoso	franco limoso	franco	franco limoso	franco limoso	franco limoso	franco limoso	franco limoso	franco limoso	franco limoso

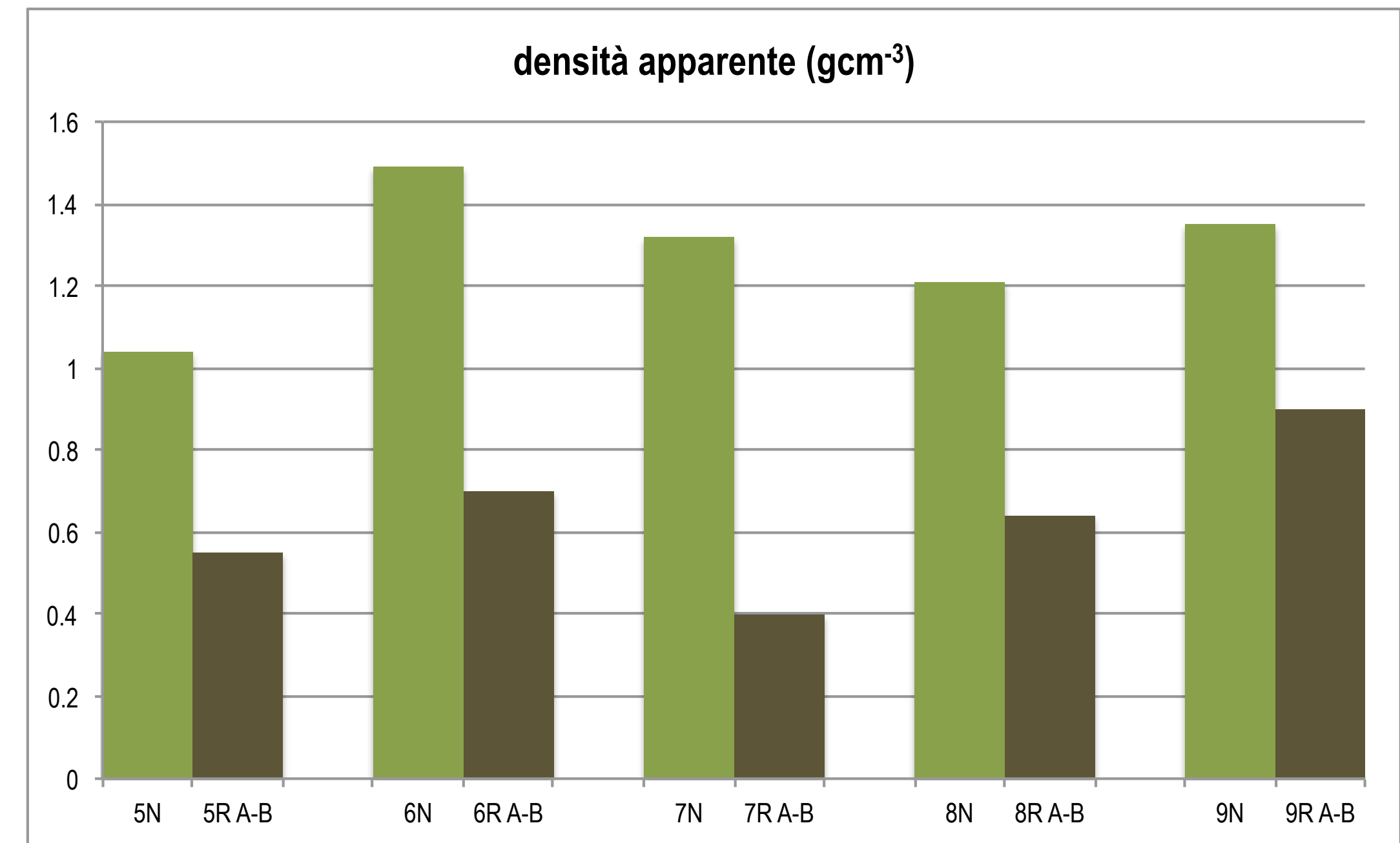
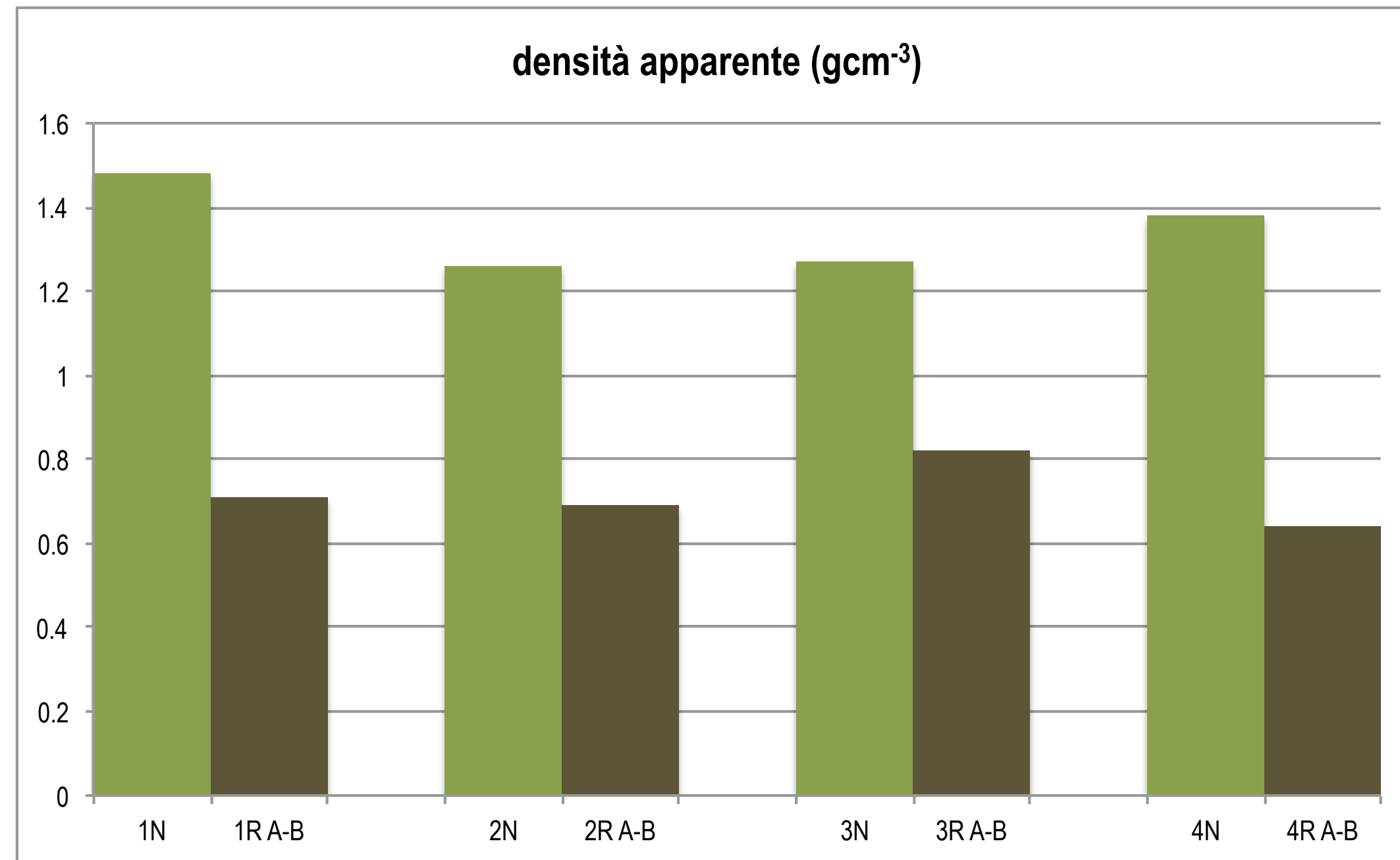
Tessitura delle parcelle; a numero uguale corrisponde suolo di origine uguale.

N: suolo naturale, R: suolo ricostituito; B, C, D, E , F fanghi utilizzati.

	10N	10R D	10R C	10R E	10R F	10R B
sabbia %	46.8	35.7	30.2	19.9	54.2	36.1
limo %	34.4	38.2	48.2	56.4	32.5	37.7
argilla %	18.8	26.1	21.6	23.7	13.3	26.2
	franco	franco	franco	franco limoso	franco sabbioso	franco

Analisi fisiche sulle parcelle; a numero uguale corrisponde suolo di origine uguale. N: suolo naturale, R: suolo ricostituito; A, B fanghi utilizzati.

Per testare l'effetto della ricostituzione su diversi tipi di suoli è stato eseguito il t-test (Student) per campioni appaiati; il t-test conferma che la ricostituzione ha effetto su densità apparente $p \leq 0.01$.

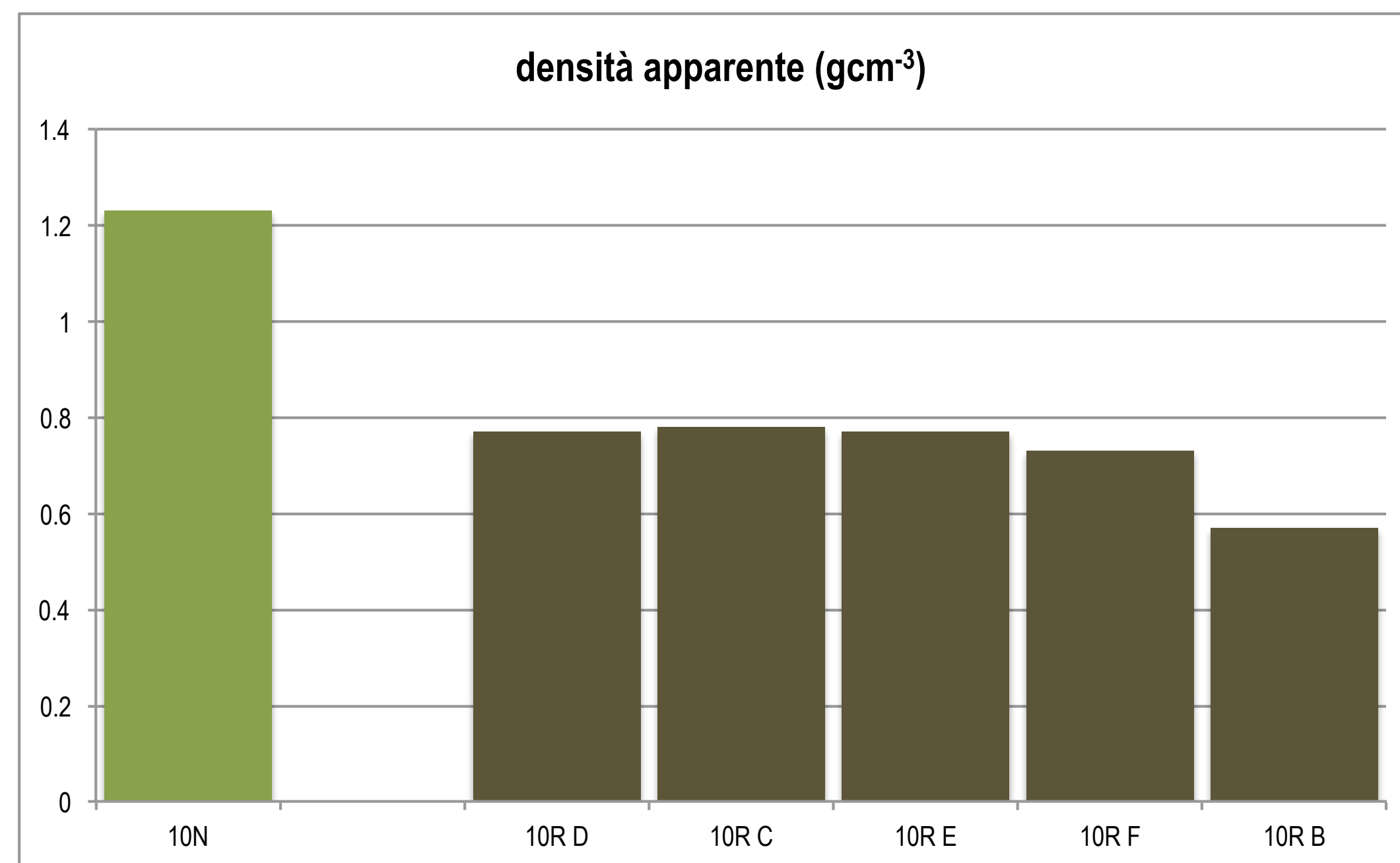


La densità apparente media dei suoli ricostituiti è circa del 48 % inferiore rispetto ai suoli di origine.

Analisi fisiche sulle parcelle; a numero uguale corrisponde suolo di origine uguale. N: suolo naturale, R: suolo ricostituito; B, C, D, E, F fanghi utilizzati.



NEW LIFE

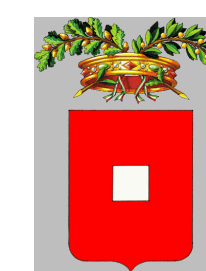


La densità apparente media dei suoli ricostituiti è circa del 41 % inferiore rispetto al suolo di origine.



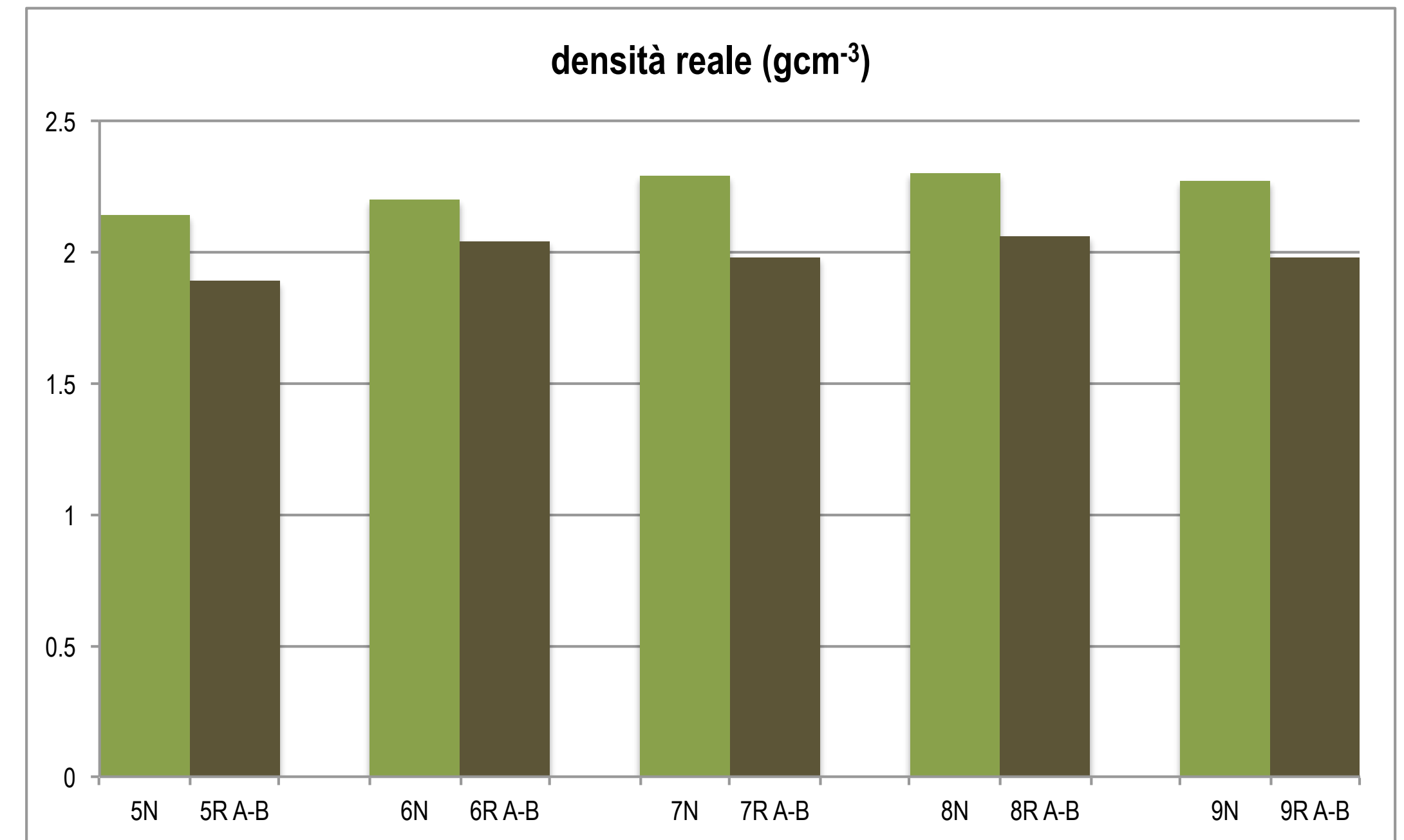
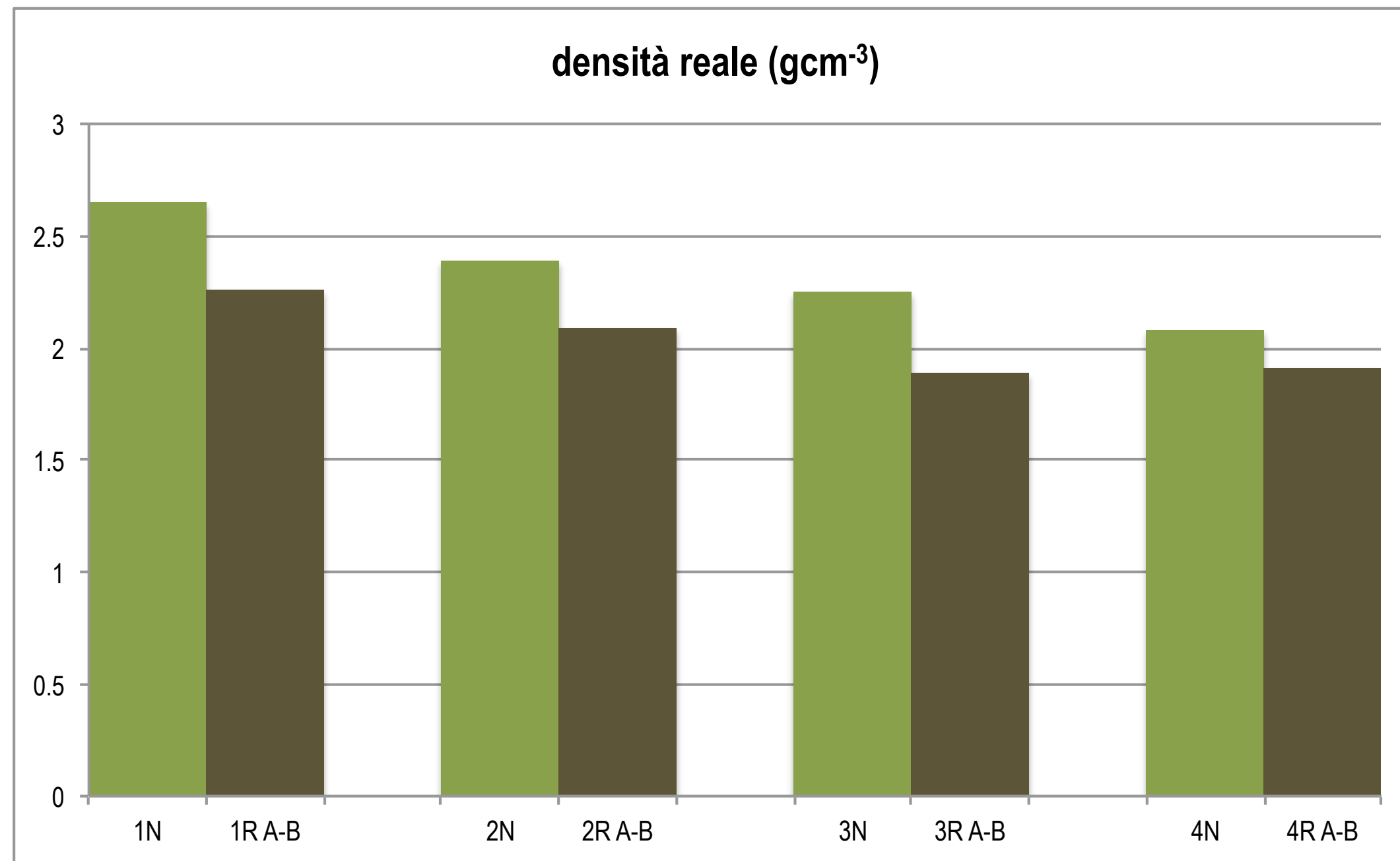
UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

I° Convegno: Miglioramento del suolo. 19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia



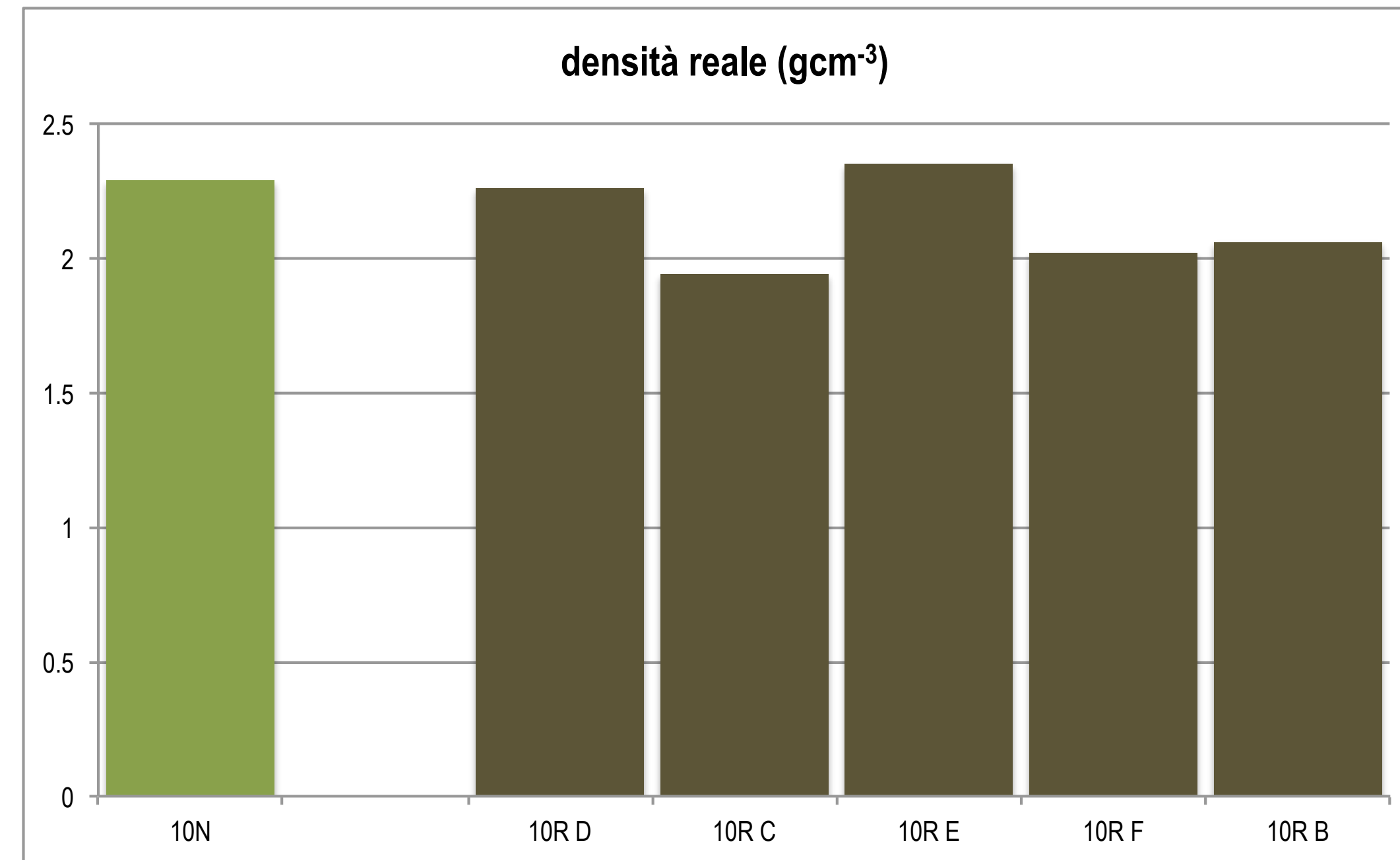
Analisi fisiche sulle parcelle; a numero uguale corrisponde suolo di origine uguale. N: suolo naturale, R: suolo ricostituito; A, B fanghi utilizzati.

Per testare l'effetto della ricostituzione su diversi tipi di suoli è stato eseguito il t-test (Student) per campioni appaiati, il t-test conferma che la ricostituzione ha effetto su densità reale $p \leq 0.01$.



La densità reale media dei suoli ricostituiti è circa del 13 % inferiore rispetto ai suoli di origine.

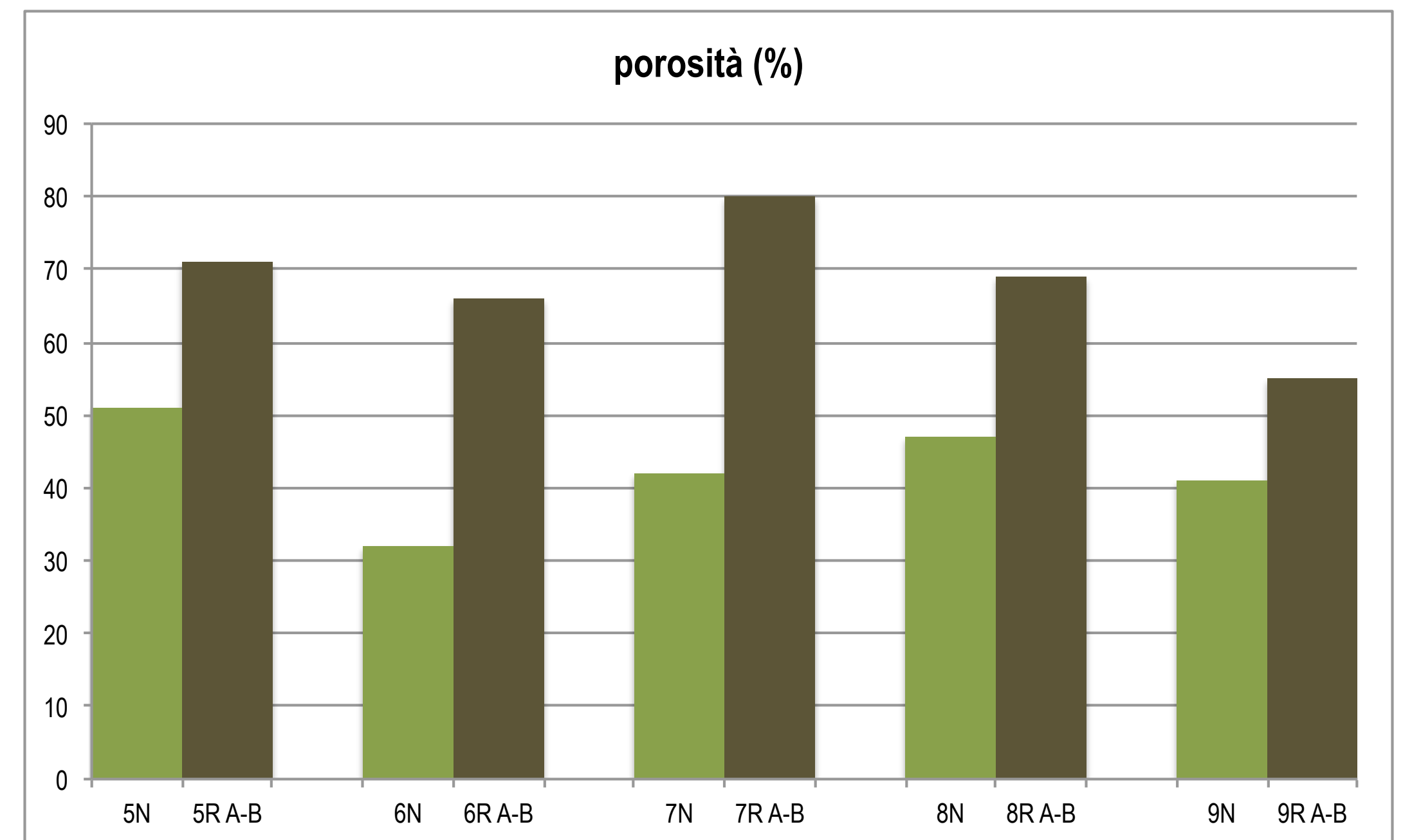
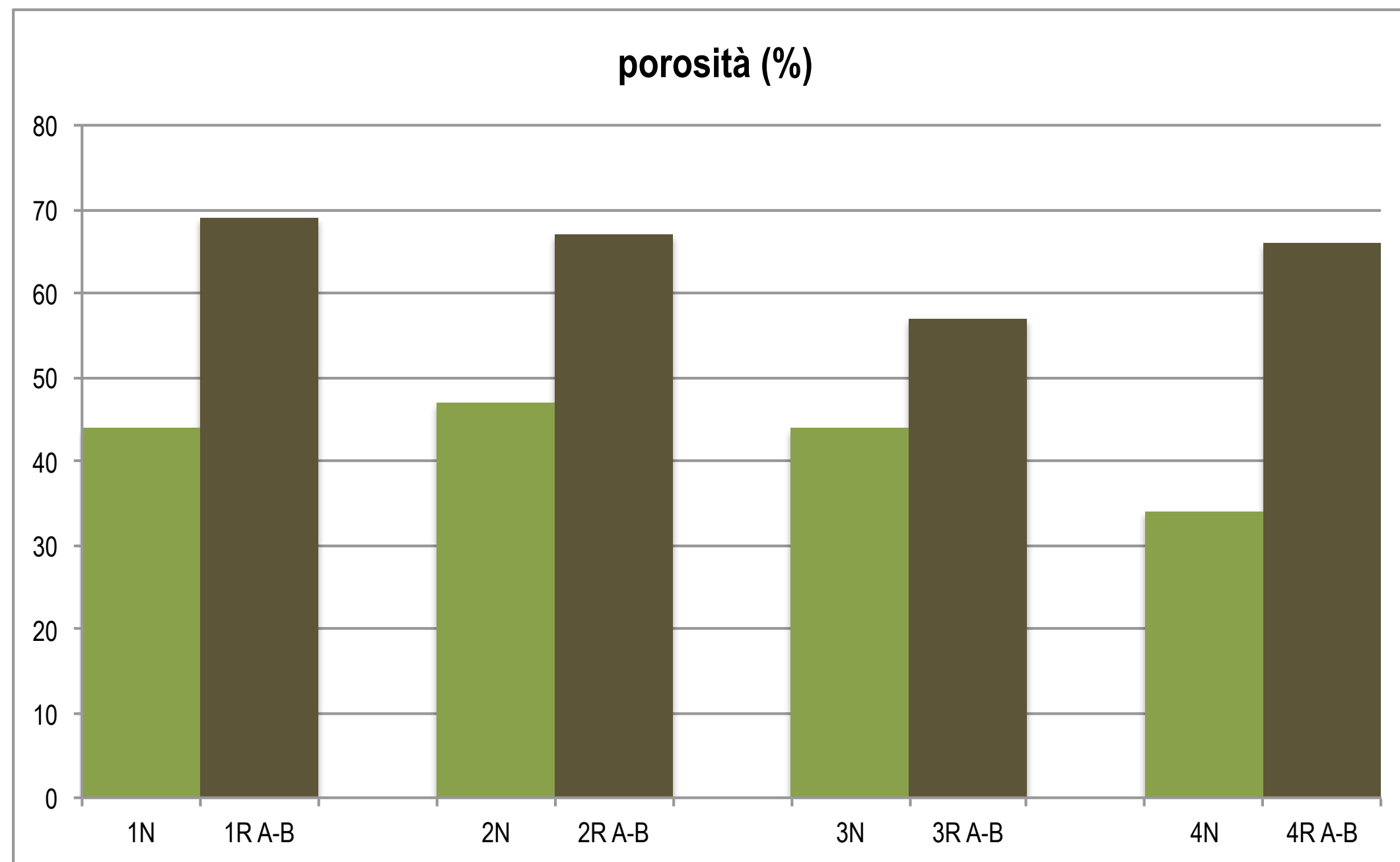
Analisi fisiche sulle parcelle; a numero uguale corrisponde suolo di origine uguale. N: suolo naturale, R: suolo ricostituito; B, C, D, E, F fanghi utilizzati.



La densità reale media dei suoli ricostituiti è circa del 7 % inferiore rispetto al suolo di origine.

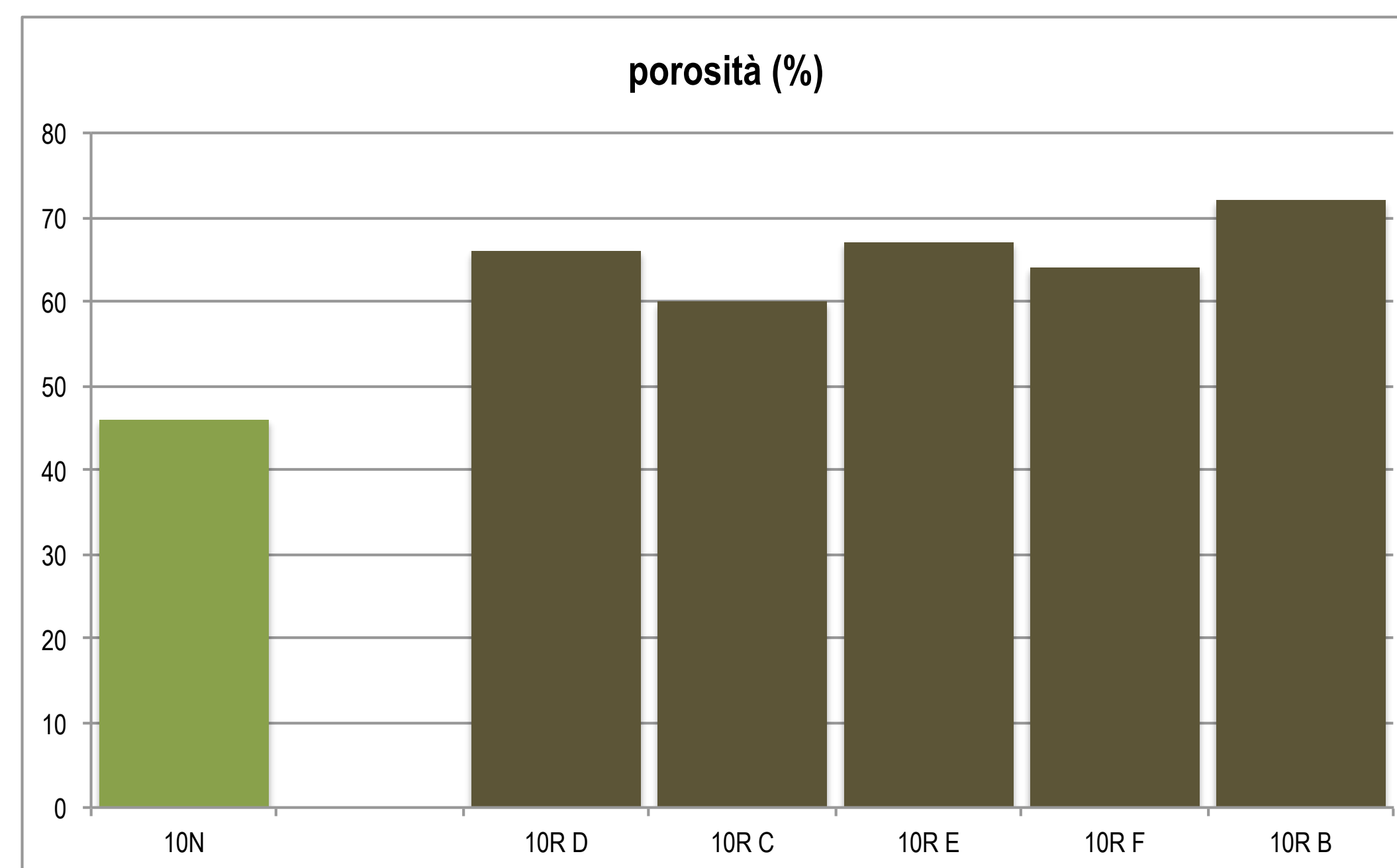
Analisi fisiche sulle parcelle; a numero uguale corrisponde suolo di origine uguale. N: suolo naturale, R: suolo ricostituito; A, B fanghi utilizzati.

Per testare l'effetto della ricostituzione su diversi tipi di suoli è stato eseguito il t-test (Student) per campioni appaiati, il t-test conferma che la ricostituzione ha effetto su porosità $p \leq 0.01$.



La porosità media dei suoli ricostituiti è circa del 35 % superiore rispetto ai suoli di origine.

Analisi fisiche sulle parcelle; a numero uguale corrisponde suolo di origine uguale. N: suolo naturale, R: suolo ricostituito; B, C, D, E, F fanghi utilizzati.



La porosità media dei suoli ricostituiti è circa del 32 % superiore rispetto al suolo di origine.

É stato calcolato secondo Pieri (1992) l'**indice SI (%)** indice di stabilità strutturale del suolo:

$$SI = \frac{1.72 \times CO}{(\text{argilla} + \text{limo})} \times 100$$

CO carbonio organico (%)
argilla + limo (%)

SI ≤ 5 suolo strutturalmente degradato a causa di elevata perdita di carbonio organico
5 < SI ≤ 7 alto rischio di degrado strutturale a causa di carbonio organico insufficiente
7 < SI ≤ 9 basso rischio di degrado della struttura del suolo
SI > 9 suolo con sufficiente carbonio organico per mantenere la stabilità strutturale

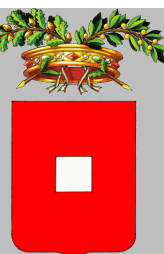
Poiché l'indice SI si riferisce al contenuto di carbonio organico e tessitura, non fa riferimento direttamente alla struttura del suolo, misura la resilienza della struttura (Reynolds et al., 2009).



NEW LIFE



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore



	1N	1R A-B	2N	2R A-B	3N	3R A-B	4N	4R A-B
SI %	1.2	78.8	0.4	36.6	0.6	18.8	0.4	18.5

SI ≤ 5 %: suolo strutturalmente degradato a causa di elevata perdita di carbonio organico: **1-2-3-4 N**.

SI > 9 %: suolo con sufficiente carbonio organico per mantenere la stabilità strutturale: tutti i **suoli ricostituiti**.

	5N	5R A-B	6N	6R A-B	7N	7R A-B	8N	8R A-B	9N	9R A-B
SI %	6.5	15.5	4.1	20.8	4.2	17.3	6.6	11.3	6.4	13.6

SI ≤ 5 %: suolo strutturalmente degradato a causa di elevata perdita di carbonio organico: **6-7 N**.

5 % < SI ≤ 7 %: suolo con alto rischio di degrado strutturale a causa di carbonio organico insufficiente: **5-8 N**.

SI > 9 %: suolo con sufficiente carbonio organico per mantenere la stabilità strutturale: tutti i **suoli ricostituiti**.

	10N	10R D	10R C	10R E	10R F	10R B
SI %	2.9	10.9	16.1	10.5	40.5	33.2

SI ≤ 5 %: suolo strutturalmente degradato a causa di elevata perdita di carbonio organico: **10N**.

SI > 9 %: suolo con sufficiente carbonio organico per mantenere la stabilità strutturale: tutti i **suoli ricostituiti**.

Generalmente:

- densità apparente $< 0.9 \text{ gcm}^{-3}$ può indicare problemi alle piante per scarso ancoraggio, ridotta riserva idrica e riduzione di circolazione delle sostanze nutritive disciolte (Reynolds et al., 2008; Reynolds et al, 2009; Mueller et al., 2008);
- porosità $> 65-66 \%$ può indicare scarsa ritenzione idrica.

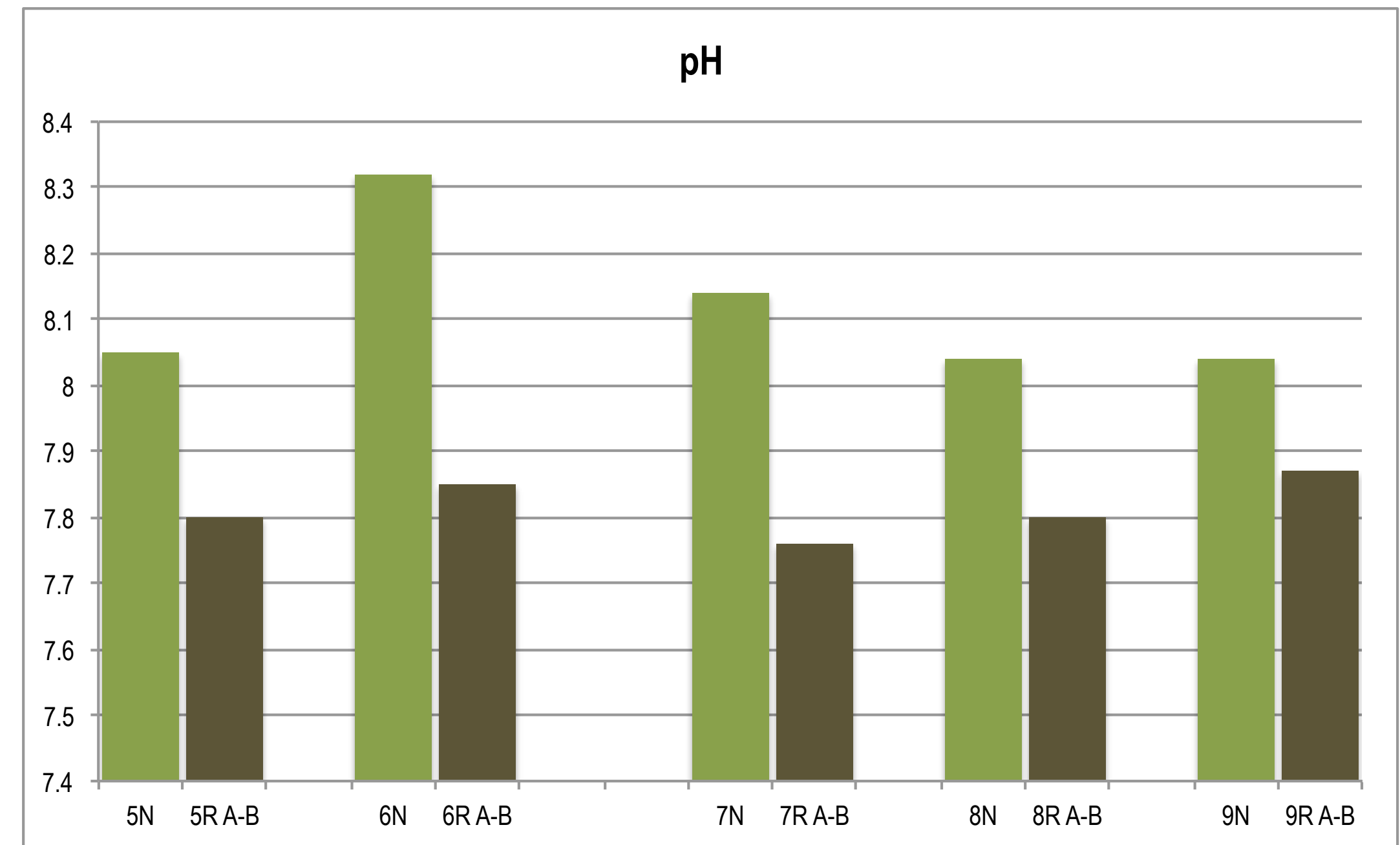
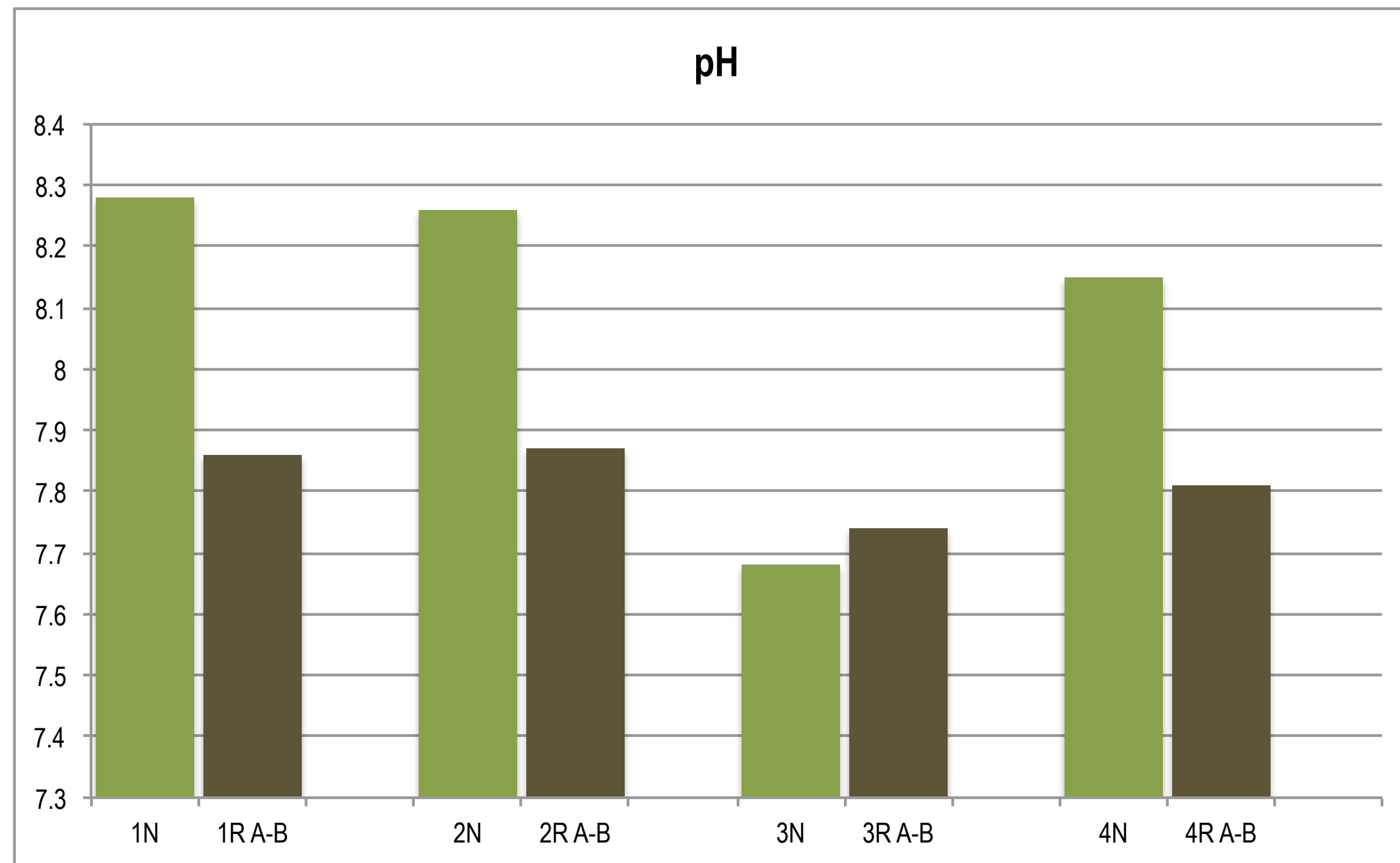
Ma:

- la sostanza organica agisce come legante nella formazione della struttura del terreno (Oades, 1984), forma complessi con particelle minerali primarie e unità strutturali secondarie; si formano pori tra gli aggregati e il risultato è una generale riduzione della densità apparente (Bronick e Lal, 2005; Munkholm, 2011). La porosità del suolo è largamente influenzata dalla presenza di sostanza organica che rende stabili gli aggregati, che si comportano come vere particelle. Per questo motivo la vera porosità del suolo può essere molto diversa da quella dedotta attraverso misure di laboratorio in cui l'aggregazione delle particelle può essere parzialmente distrutta (Raimo e Napolitano, 2002);
- la componente argillosa del suolo è importante nel governarne le proprietà fisiche: a bassi contenuti di sostanza organica corrisponde alta dispersione dell'argilla (Czyz et al., 2002); mentre quando la frazione argillosa è stabile in acqua anche il suolo è stabile in acqua (Dexter, 2004). La minore dispersione della componente fine dei suoli ricostituiti è stata dimostrata da alcune prove in laboratorio;
- la buona struttura dei suoli ricostituiti è dimostrata anche dall'indice SI che mostra che tutti i suoli ricostituiti hanno sufficiente carbonio organico per avere stabilità strutturale, sono suoli resilienti.

Analisi chimiche sulle parcelle; a numero uguale corrisponde suolo di origine uguale. N: suolo naturale, R: suolo ricostituito; A, B fanghi utilizzati.

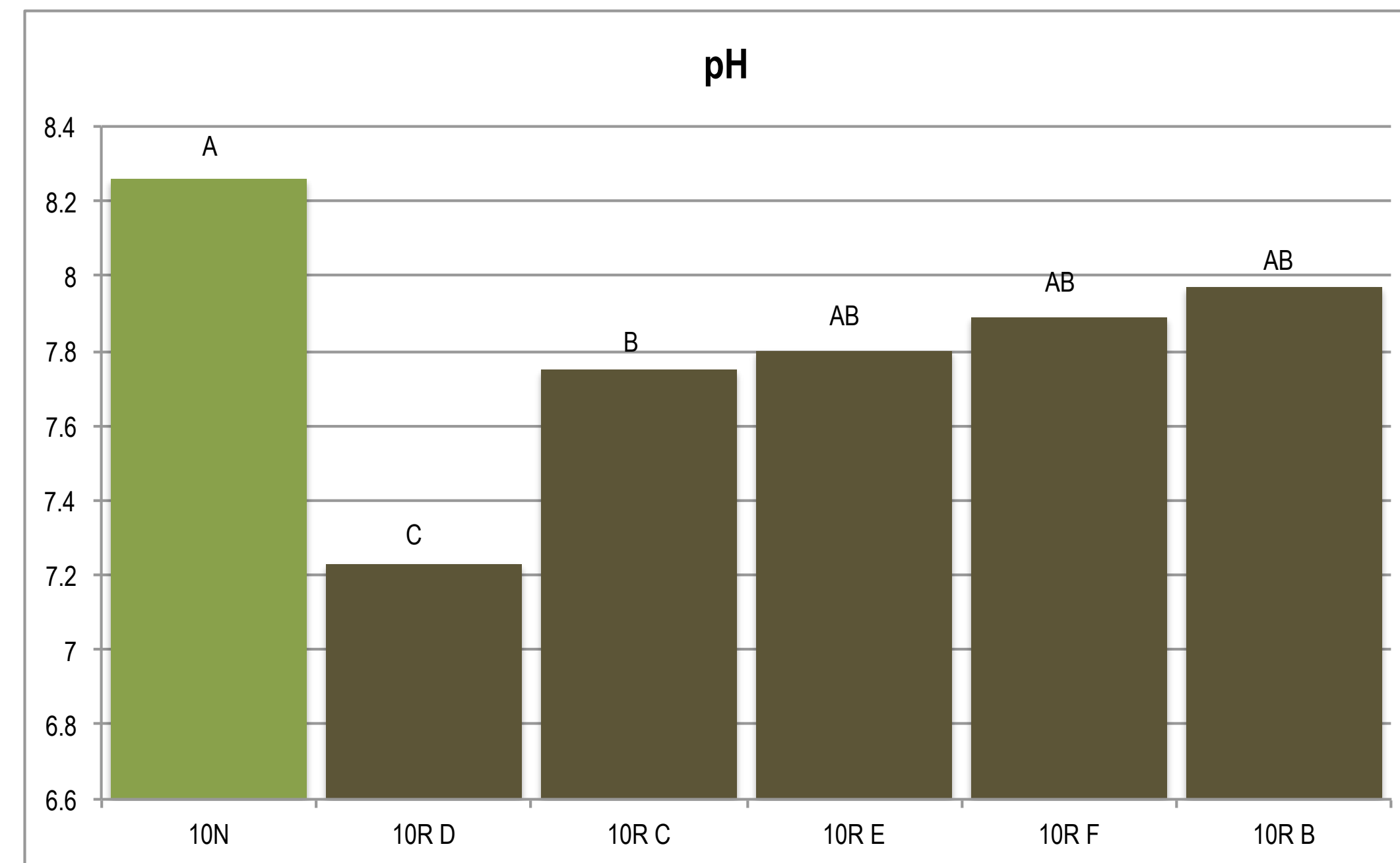
* indica differenza statistica: t-test (Student) ** $p \leq 0.01$.

Per testare l'effetto della ricostituzione su diversi tipi di suoli è stato eseguito il t-test (Student) per campioni appaiati, il t-test conferma che la ricostituzione ha effetto su pH $p \leq 0.01$.



Il pH medio dei suoli ricostituiti è circa il 4 % inferiore rispetto ai suoli di origine.

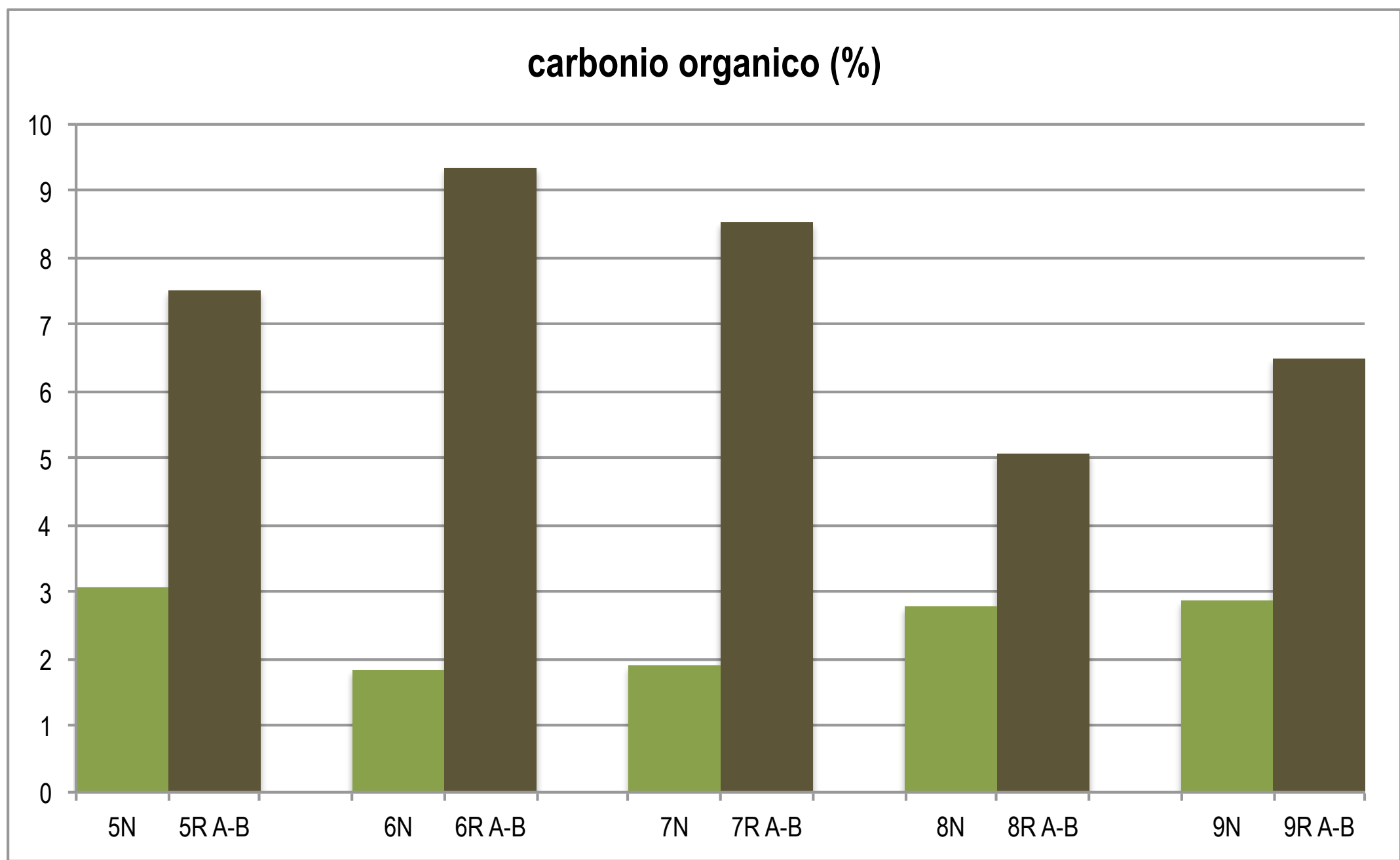
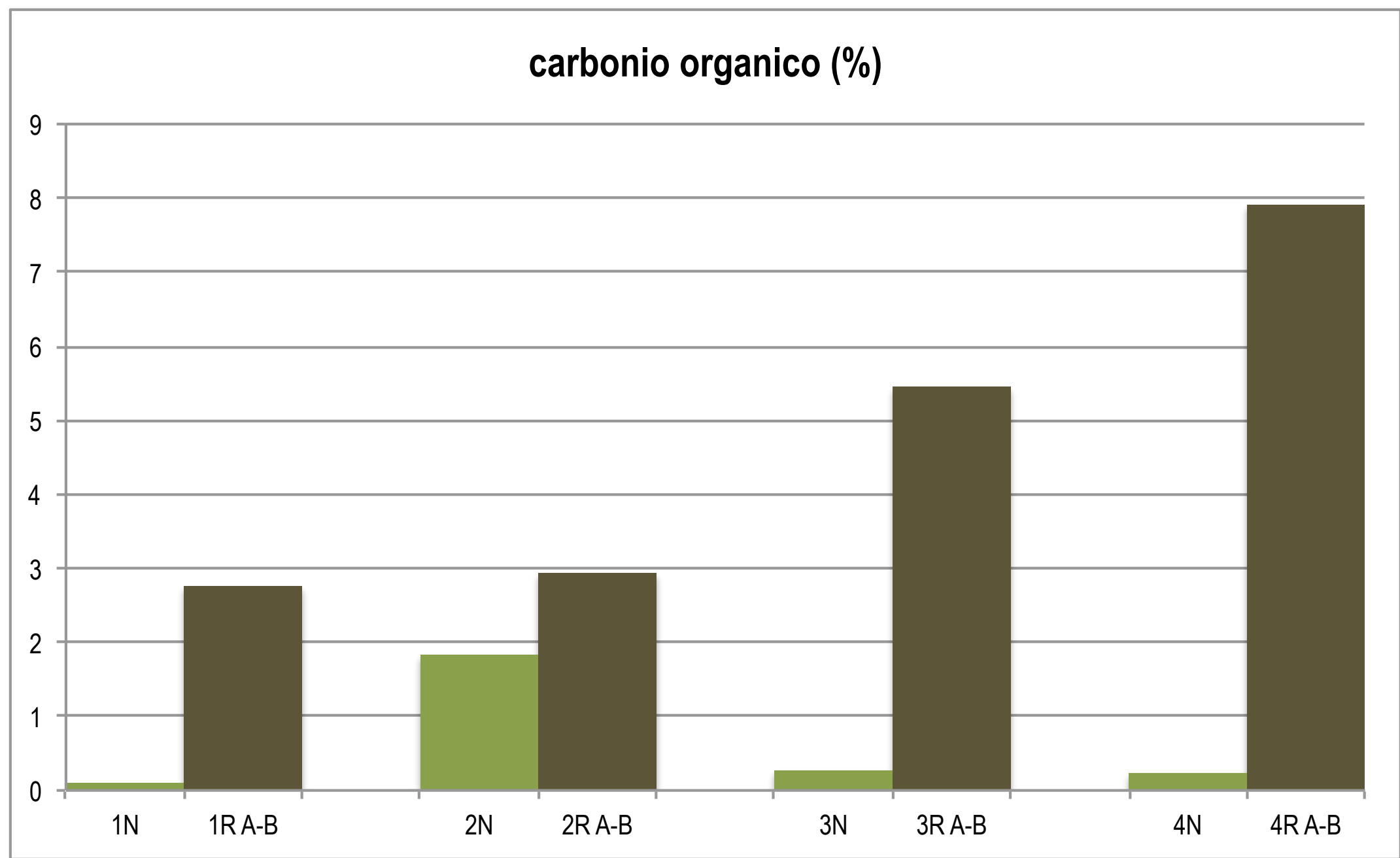
Analisi chimiche sulle parcelle; a numero uguale corrisponde suolo di origine uguale. N: suolo naturale, R: suolo ricostituito; B, C, D, E, F fanghi utilizzati.
A,B,C,D lettere diverse indicano differenza statistica (test LSD, $p \leq 0.01$).



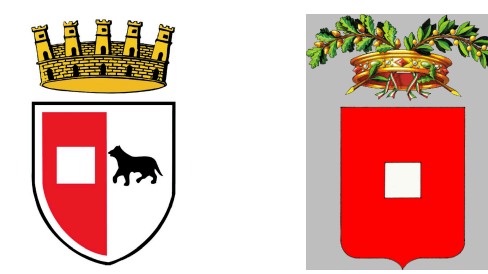
Il pH medio dei suoli ricostituiti è circa il 6 % inferiore rispetto al suolo di origine.

Analisi chimiche sulle parcelle; a numero uguale corrisponde suolo di origine uguale. N: suolo naturale, R: suolo ricostituito; A, B fanghi utilizzati.

Per testare l'effetto della ricostituzione su diversi tipi di suoli è stato eseguito il t-test (Student) per campioni appaiati, il t-test conferma che la ricostituzione ha effetto su carbonio organico $p \leq 0.01$.

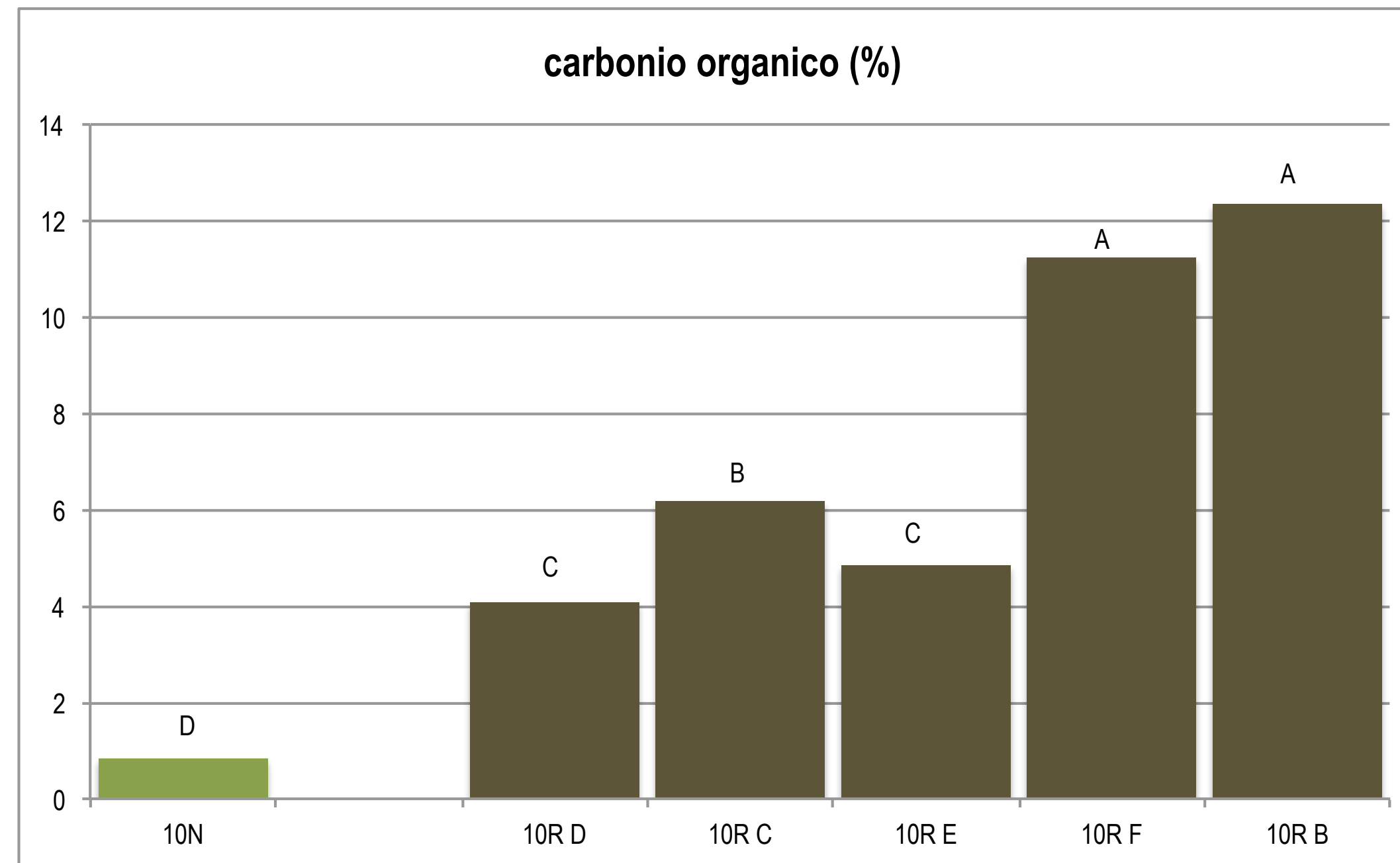


Il contenuto medio di **carbonio organico** dei **suoli ricostituiti** è circa il **79 % superiore** rispetto ai **suoli di origine**.



Analisi chimiche sulle parcelle; a numero uguale corrisponde suolo di origine uguale. N: suolo naturale, R: suolo ricostituito; B, C, D, E, F fanghi utilizzati.

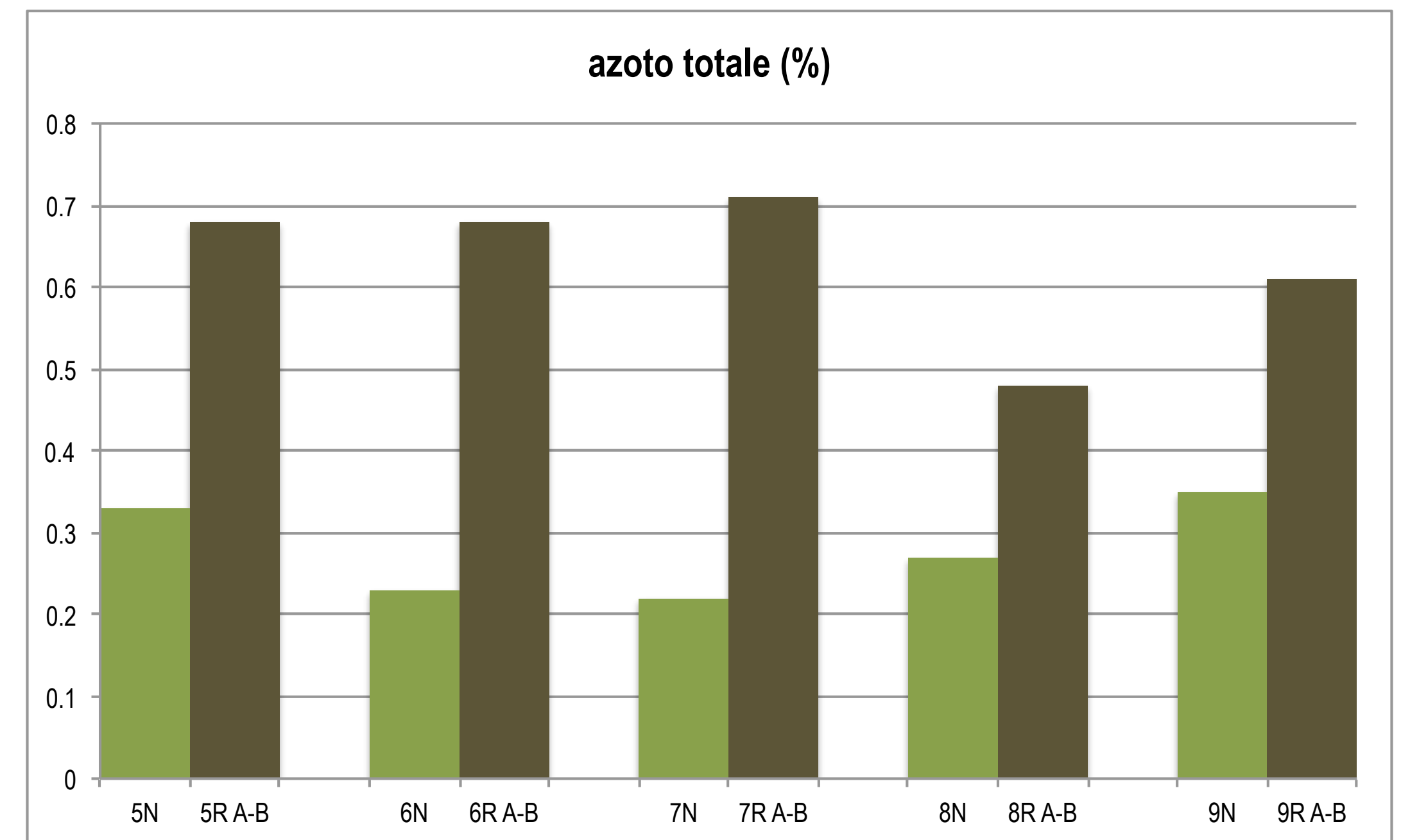
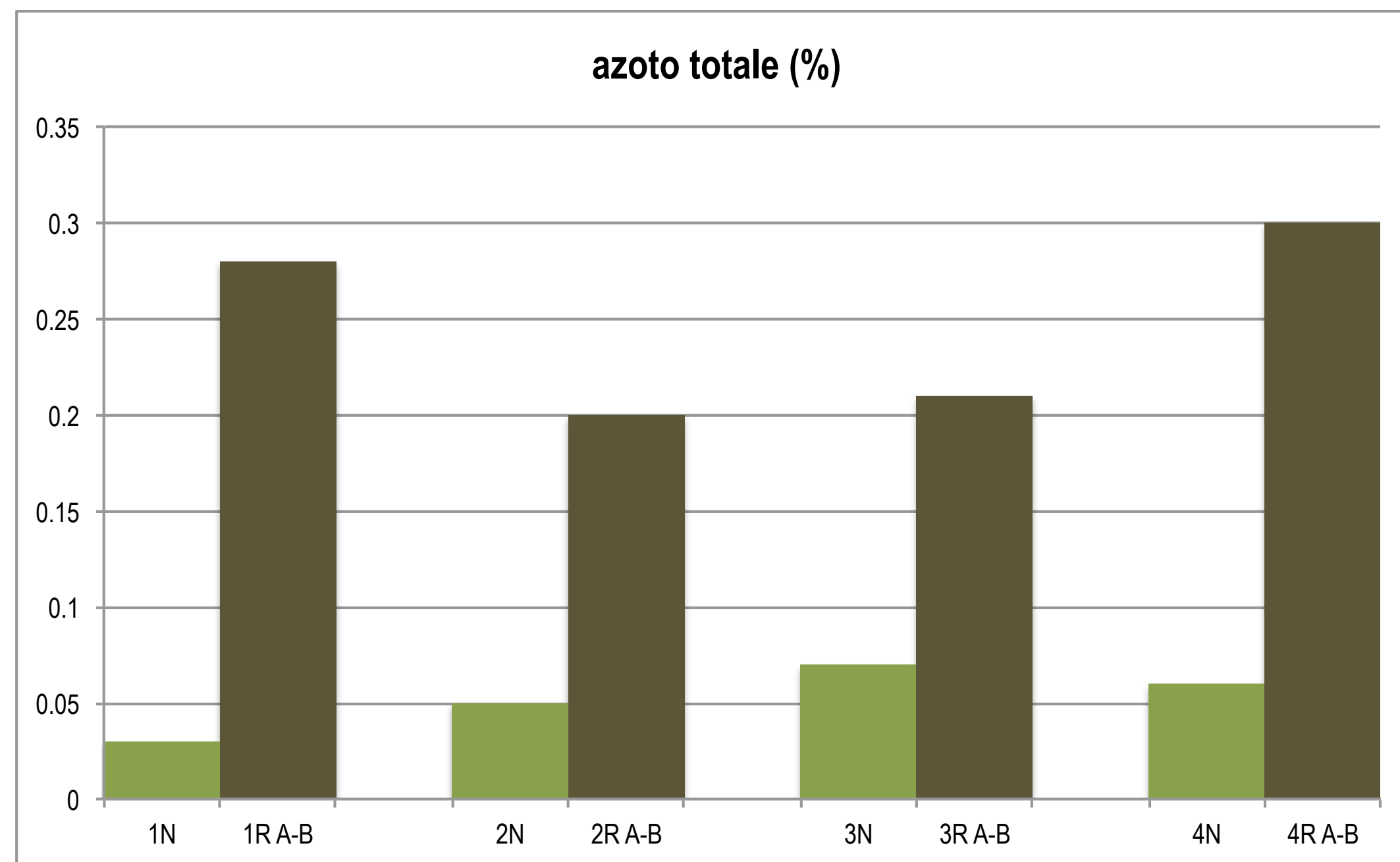
A,B,C,D lettere diverse indicano differenza statistica (test LSD, $p \leq 0.01$).



Il contenuto medio di **carbonio organico** dei **suoli ricostituiti** è circa il **86 % superiore** rispetto al **suolo di origine**.

Analisi chimiche sulle parcelle; a numero uguale corrisponde suolo di origine uguale. N: suolo naturale, R: suolo ricostituito; A, B fanghi utilizzati.

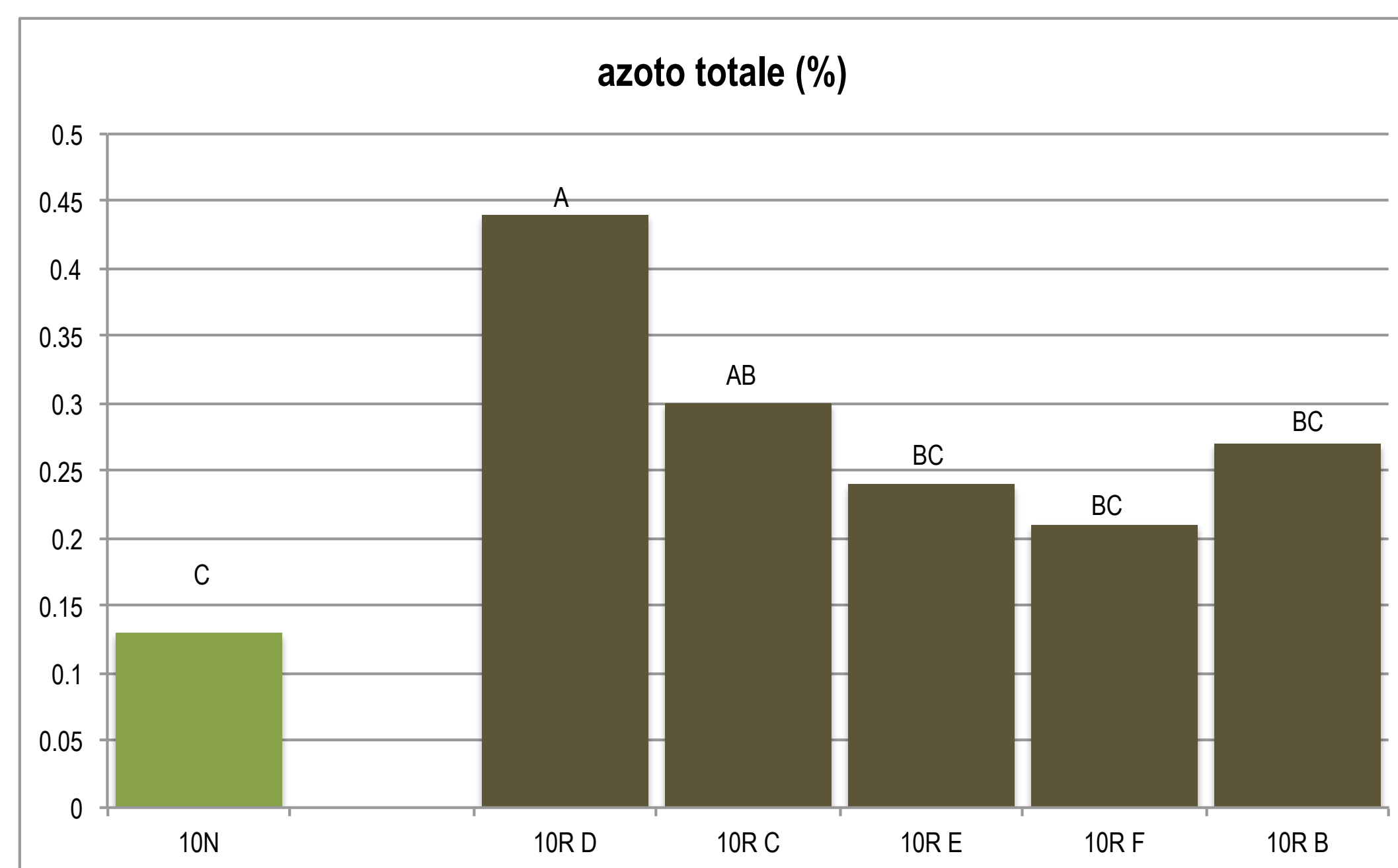
Per testare l'effetto della ricostituzione su diversi tipi di suoli è stato eseguito il t-test (Student) per campioni appaiati, il t-test conferma che la ricostituzione ha effetto su contenuto totale di azoto $p \leq 0.01$.



Il contenuto medio di azoto dei suoli ricostituiti è circa il 65 % superiore rispetto ai suoli di origine.

Analisi chimiche sulle parcelle; a numero uguale corrisponde suolo di origine uguale. N: suolo naturale, R: suolo ricostituito; B, C, D, E, F fanghi utilizzati.

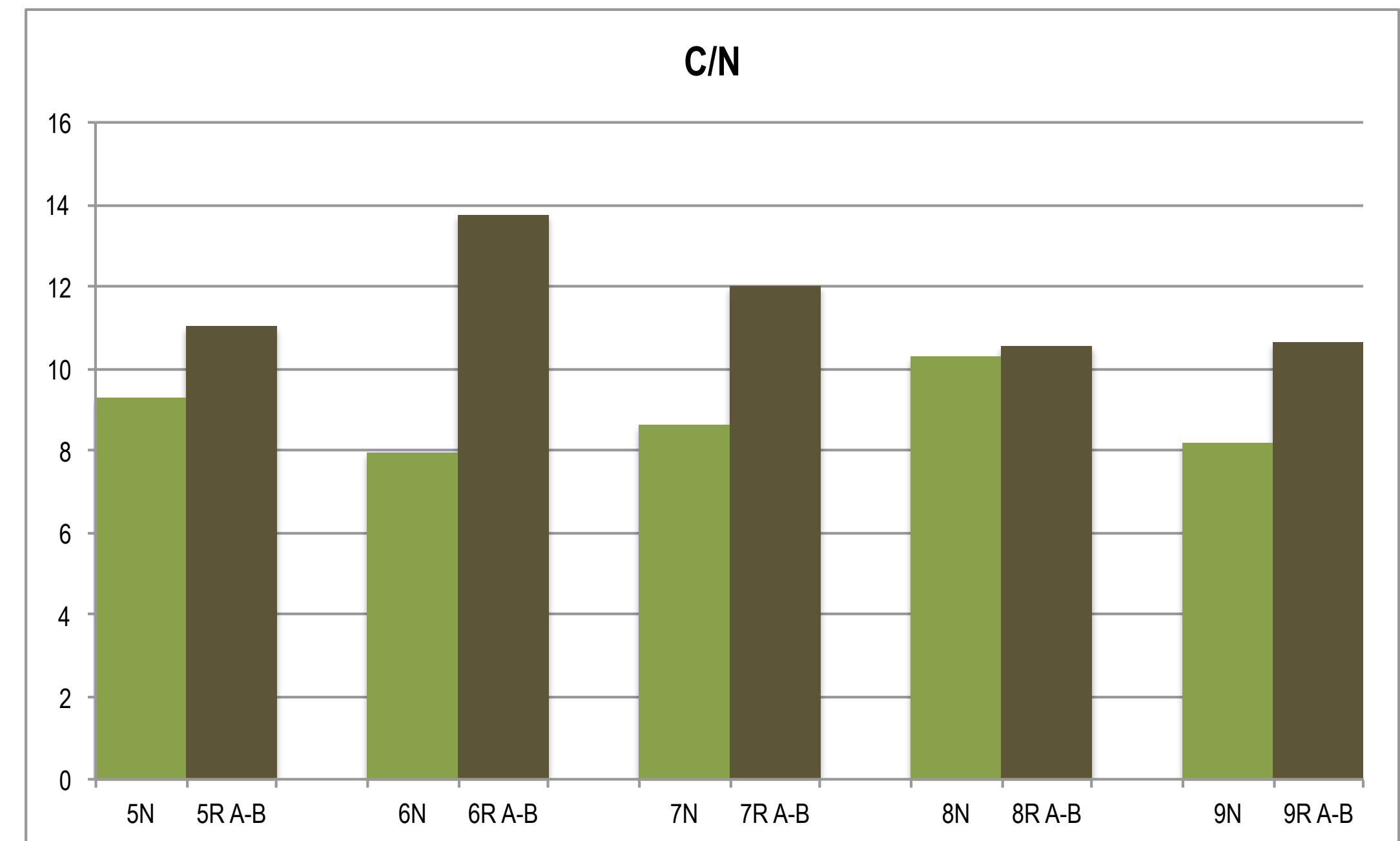
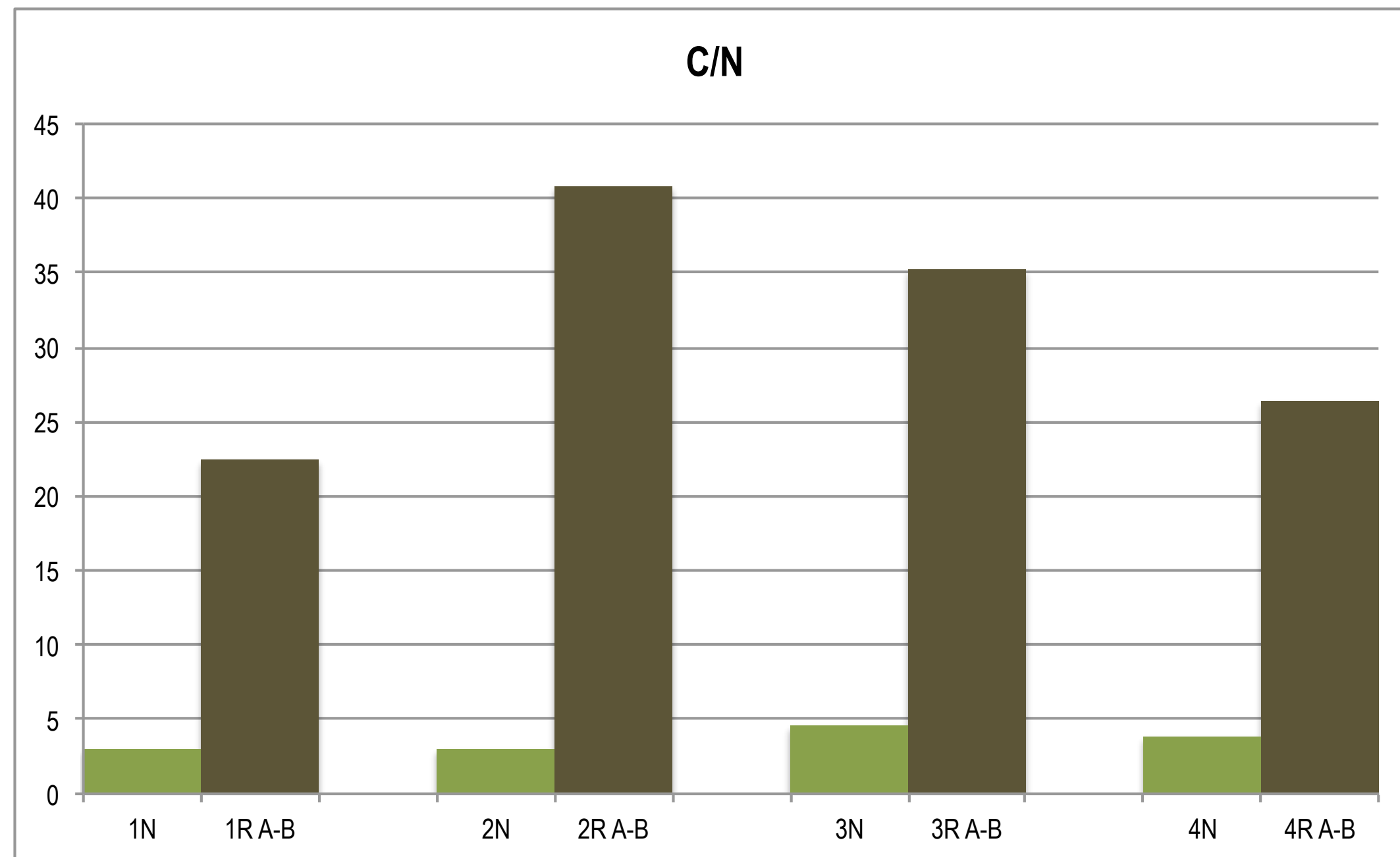
A,B,C,D lettere diverse indicano differenza statistica (test LSD, $p \leq 0.01$).



Il contenuto medio di **azoto** dei **suoli ricostituiti** è circa il **53 % superiore** rispetto al **suolo di origine**.

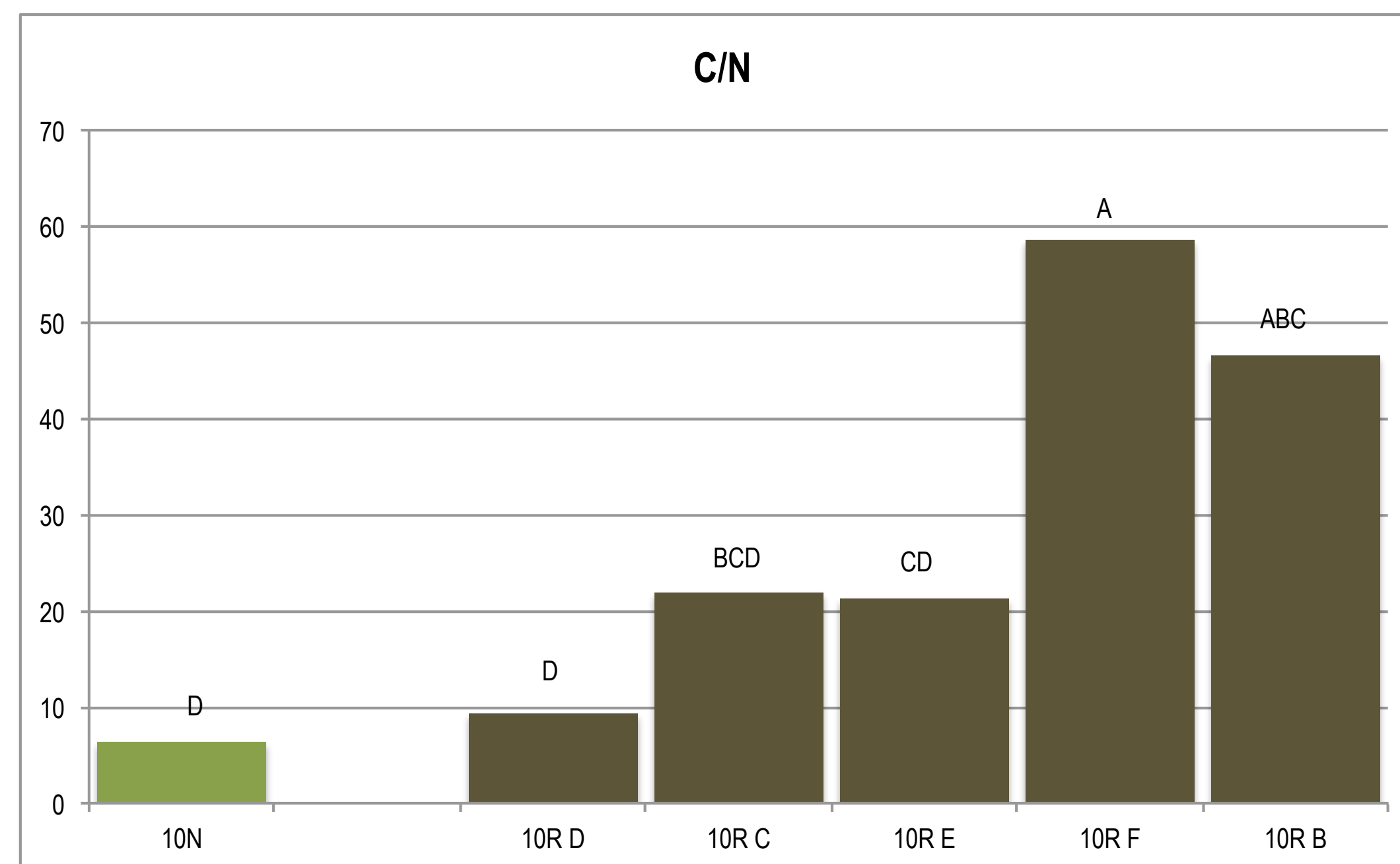
Analisi chimiche sulle parcelle; a numero uguale corrisponde suolo di origine uguale. N: suolo naturale, R: suolo ricostituito; A, B fanghi utilizzati.

Per testare l'effetto della ricostituzione su diversi tipi di suoli è stato eseguito il t-test (Student) per campioni appaiati, il t-test conferma che la ricostituzione ha effetto su rapporto C / N $p \leq 0.05$.



Il rapporto C/N dei suoli ricostituiti è circa il 51 % superiore rispetto ai suoli di origine.

Analisi chimiche sulle parcelle; a numero uguale corrisponde suolo di origine uguale. N: suolo naturale, R: suolo ricostituito; B, C, D, E, F fanghi utilizzati.
A,B,C,D lettere diverse indicano differenza statistica (test LSD, $p \leq 0.01$).



Il rapporto medio C/N dei suoli ricostituiti è circa il 70 % superiore rispetto al suolo di origine.



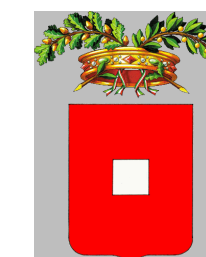
NEW LIFE

STUDI SULLE PARCELLE rilievi fitosociologici



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

I° Convegno: Miglioramento del suolo. 19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia



Per monitorare la vegetazione, sono stati eseguiti **rilievi fitosociologici**, secondo il metodo Zurigo-Montpellier, ogni mese da giugno a ottobre 2013, per un totale di 140 rilievi. I dati raccolti riguardano le diverse specie presenti, la copertura % delle parcelle da parte dello strato erbaceo e la copertura di ciascuna specie osservata sulla superficie della parcella.

Sono state individuate **71 specie**, 67 dei quali appartenenti alla **flora vascolare**, 1 appartenente ai **muschi**, 2 sono **Mixomiceti** (*Lycogala terrestre*, *Stemonitis axifera*) e 1 appartenenti ai **funghi** (*Volvariella hypophytis*).



Lycogala terrestre



Stemonitis axifera



Volvariella hypophytis

La famiglia più importante è quella di **Poaceae** e la forma biologica più comune è quella di Terofite (ad esempio, *Chenopodium album*). Le **Geofite** presentano valori elevati di copertura e, talvolta, sono la forma di vita dominante (ad esempio *Cynodon dactylon* e *Sorghum halepense*), anche se presentano basso numero di specie.



Chenopodium album



Cynodon dactylon



Sorghum halepense

Secondo l'**indice di Landolt**, molte specie sono tipiche degli habitat luminosi (ad esempio *Convolvulus arvensis*) e di suoli ricchi di azoto (ad esempio *Abutilon theophrasti* e *Amaranthus retroflexus*).



Convolvulus arvensis



Abutilon theophrasti

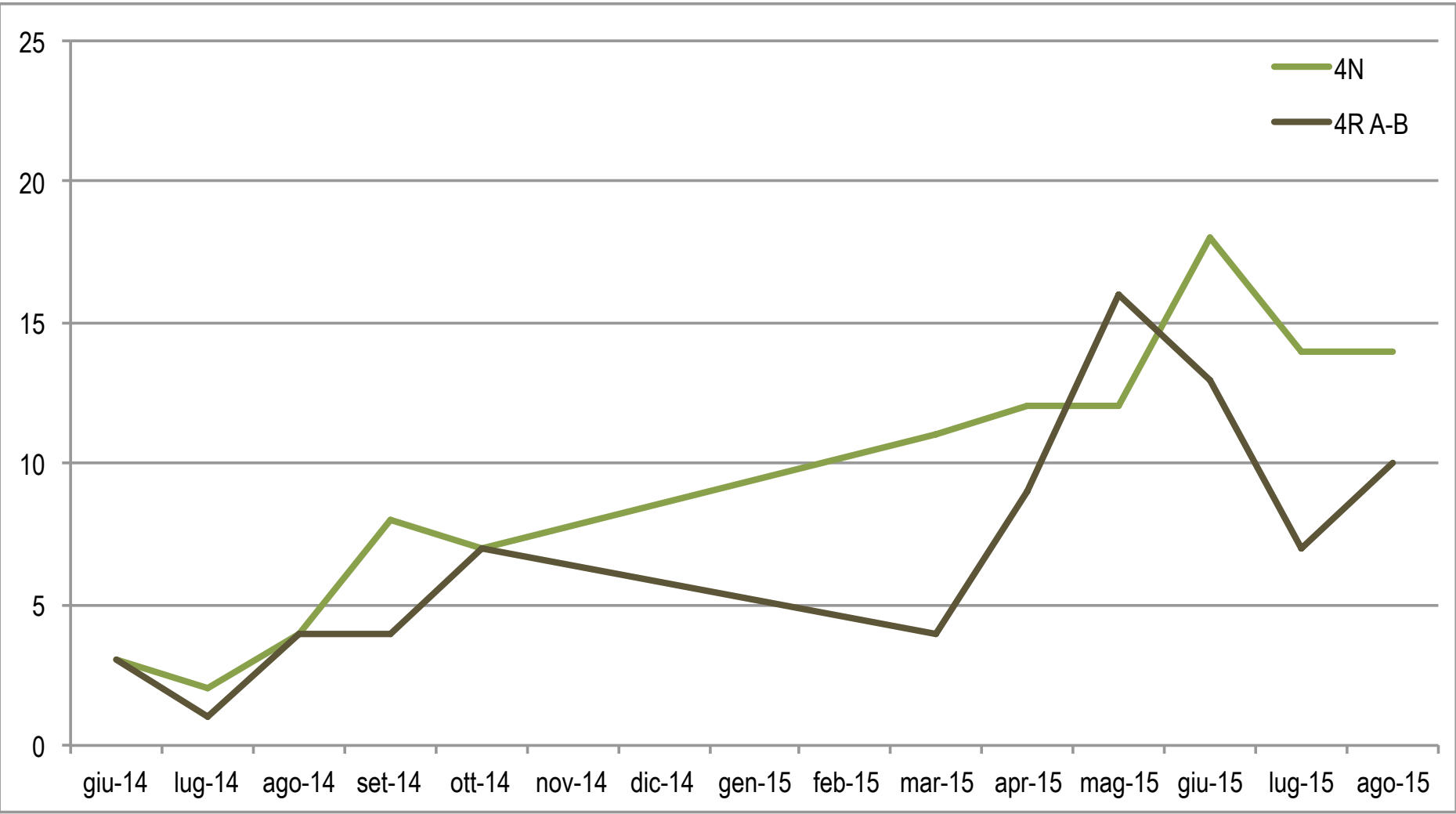
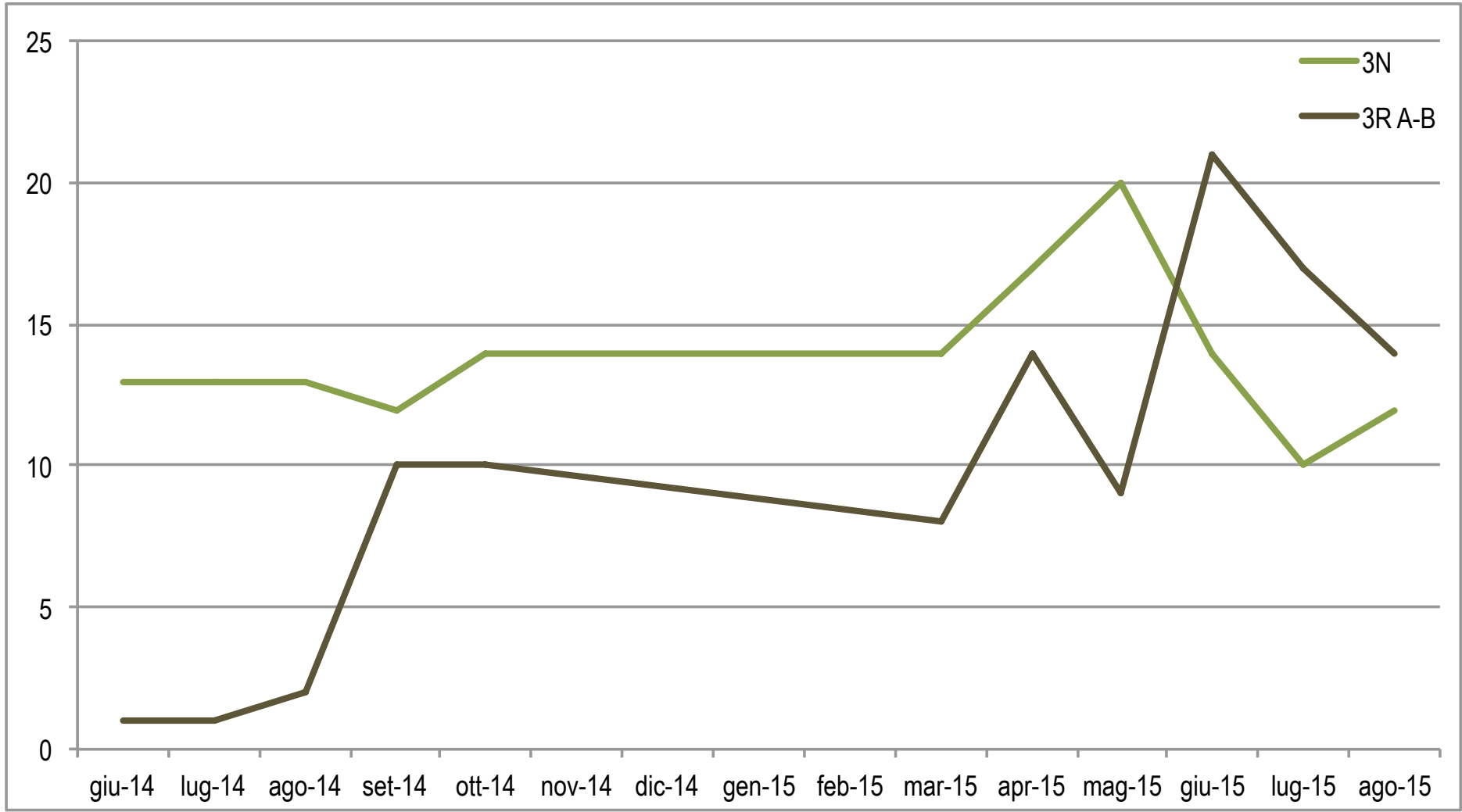
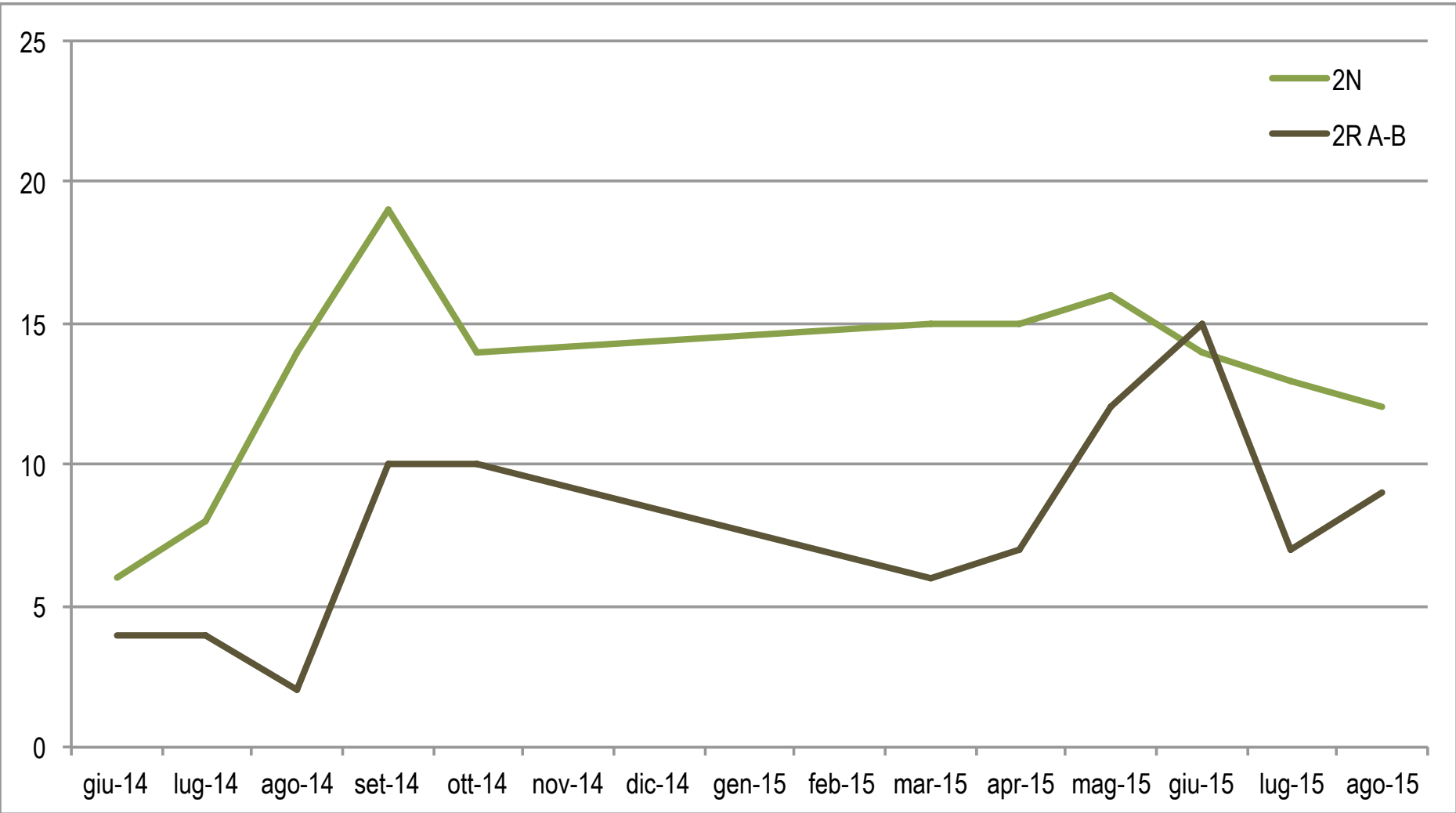
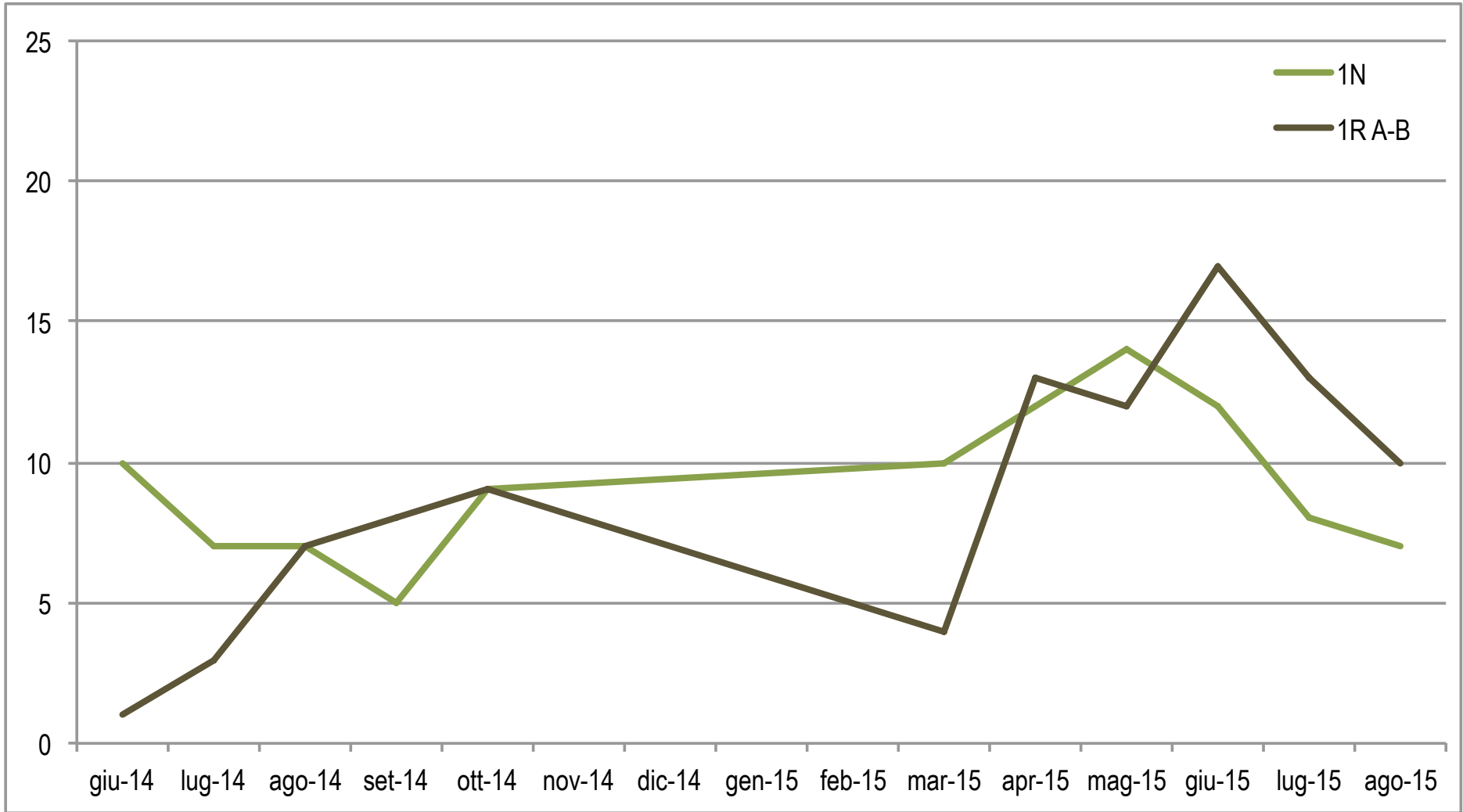


Amaranthus retroflexus

Numero di specie sulle parcelle

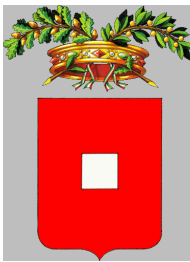


NEW LIFE



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

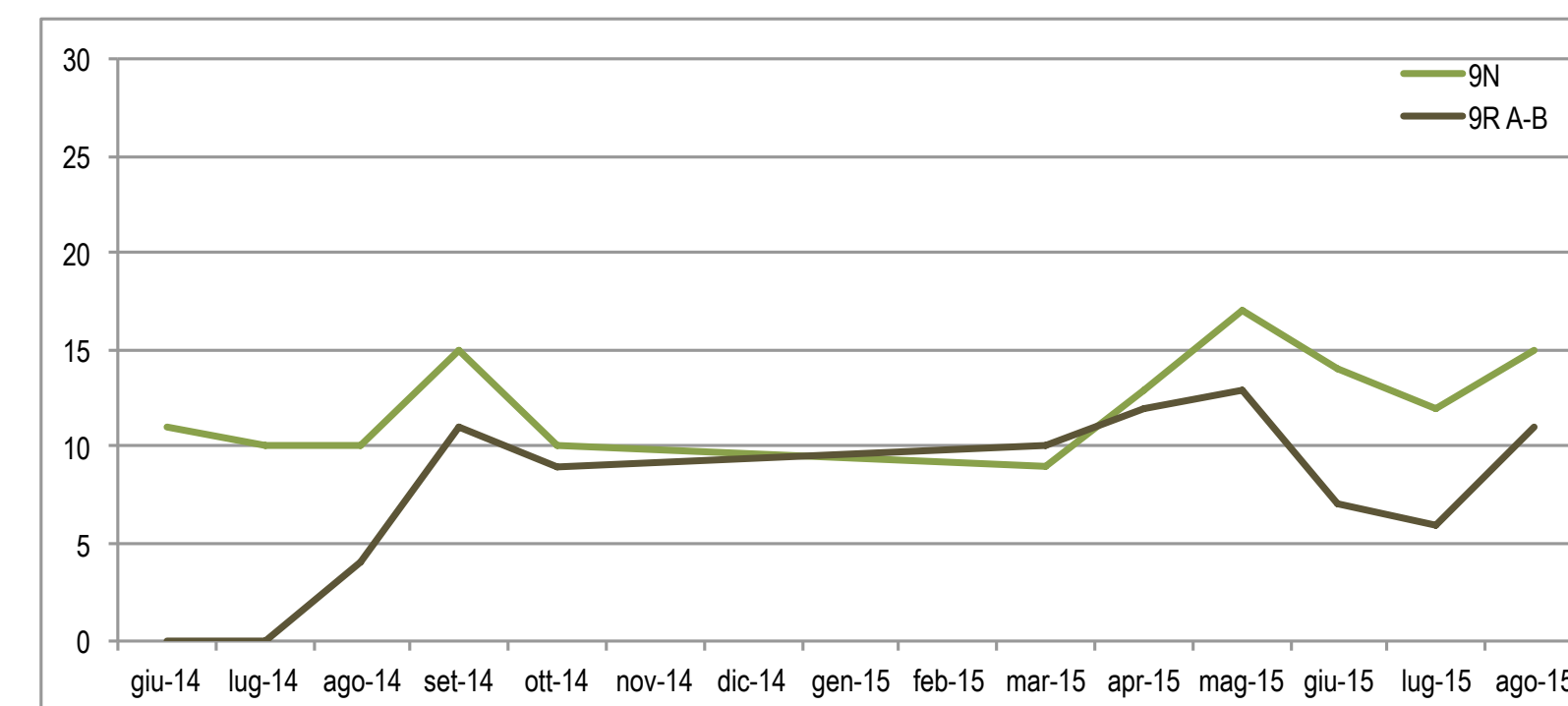
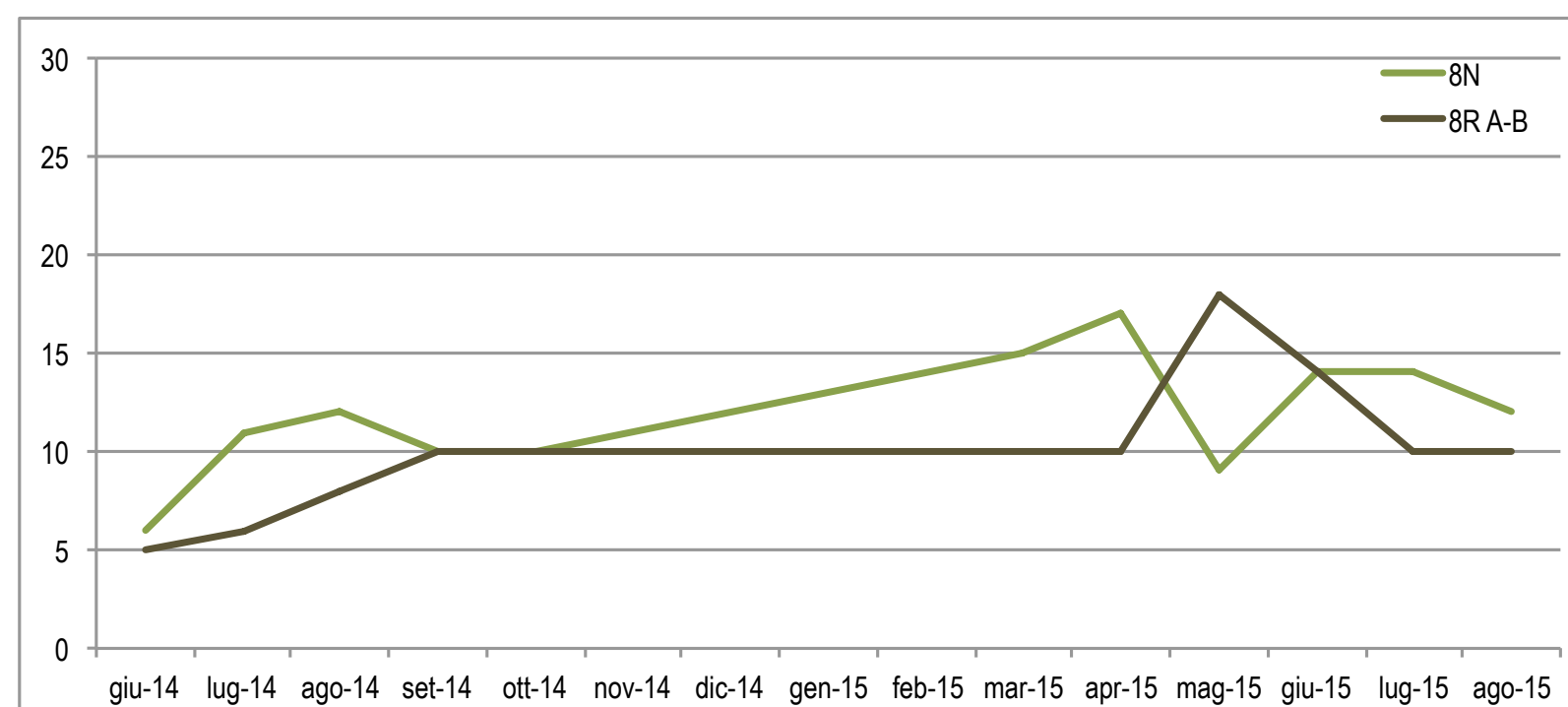
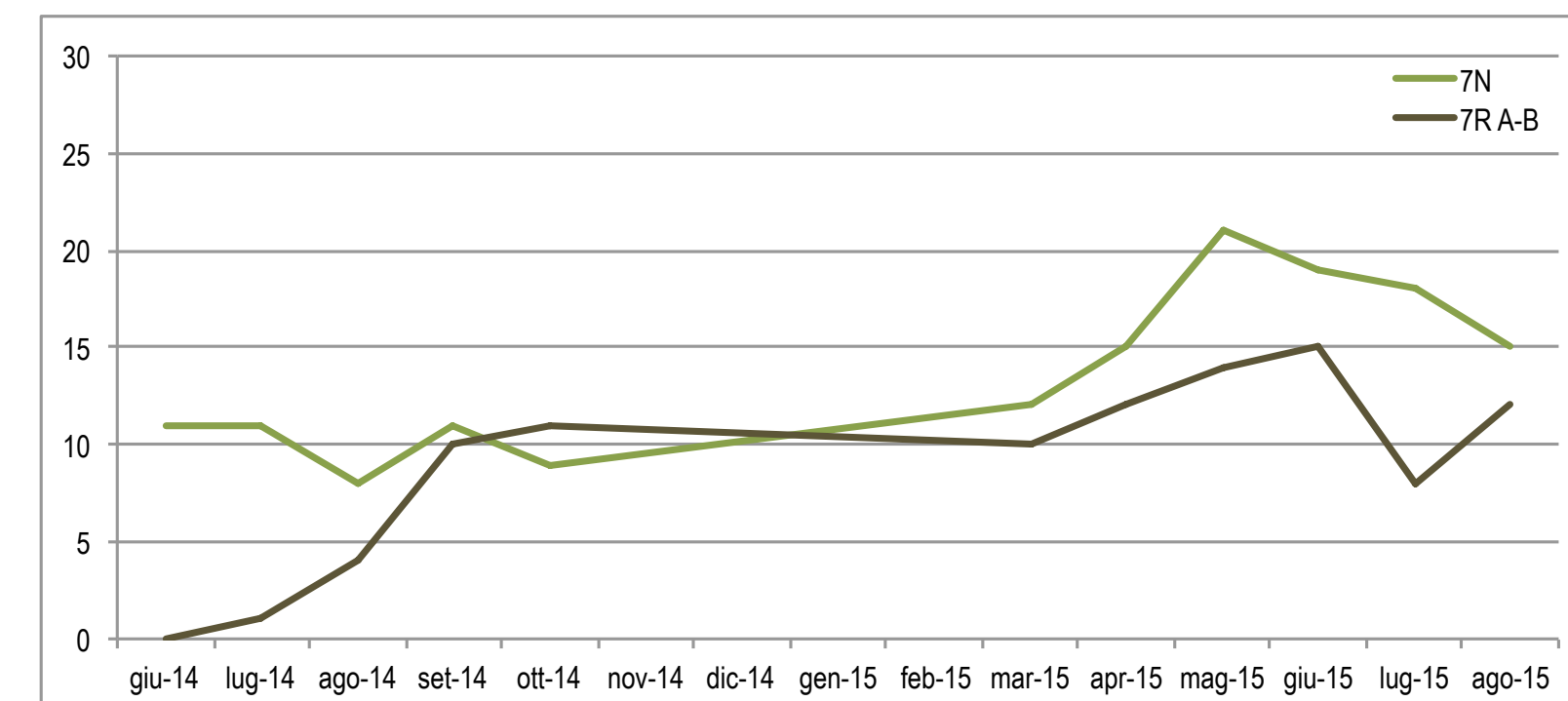
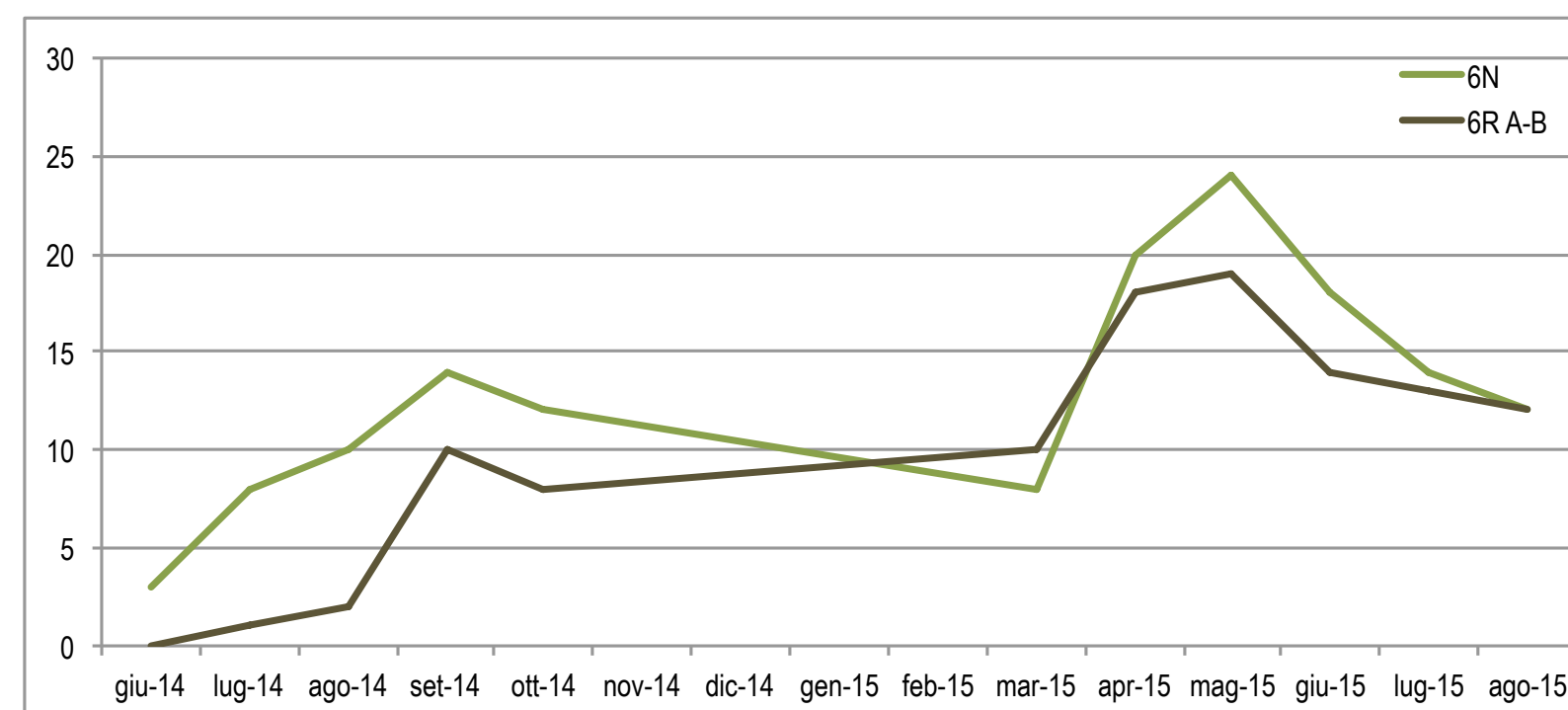
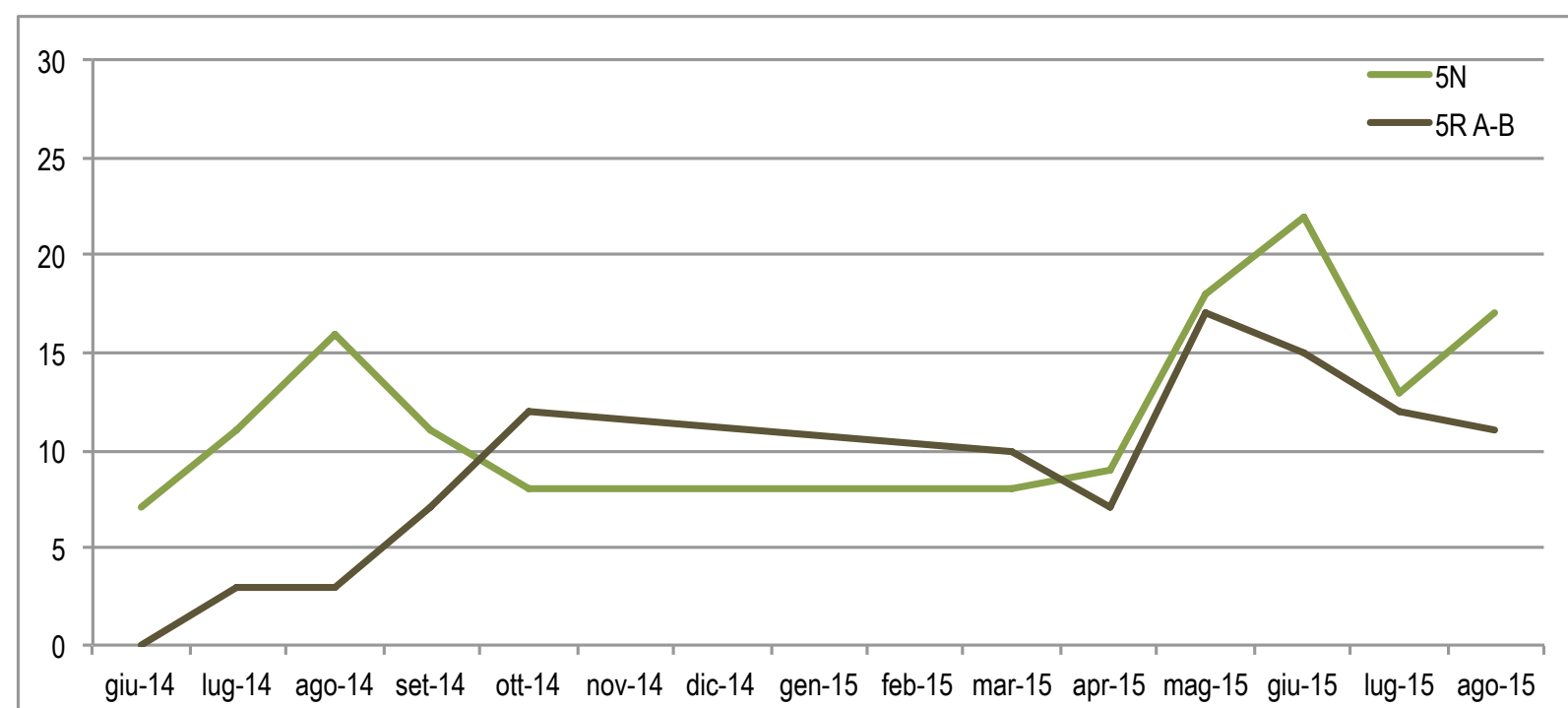
I° Convegno: Miglioramento del suolo.19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia



Numero di specie sulle parcelle

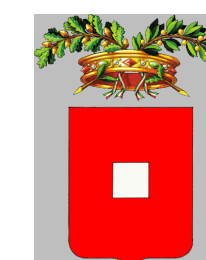


NEW LIFE



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

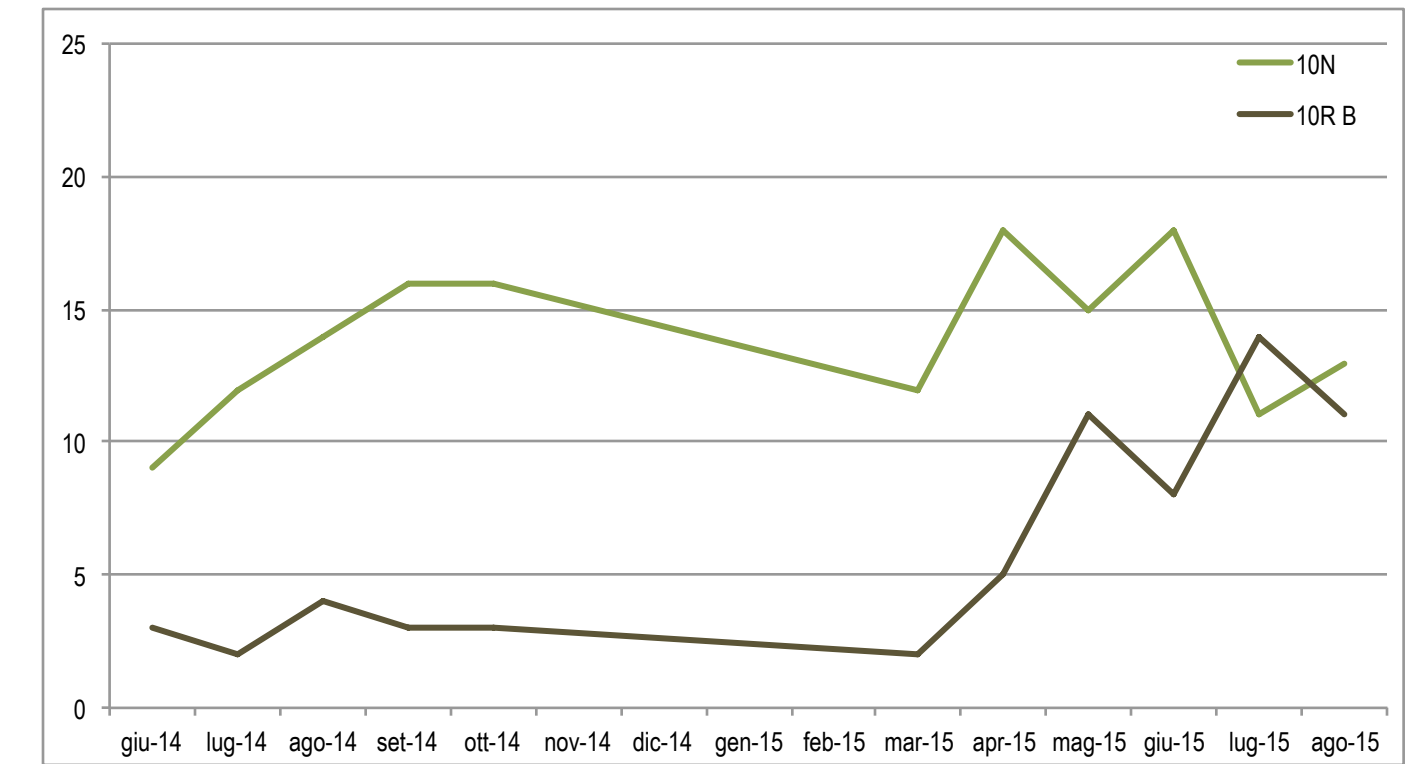
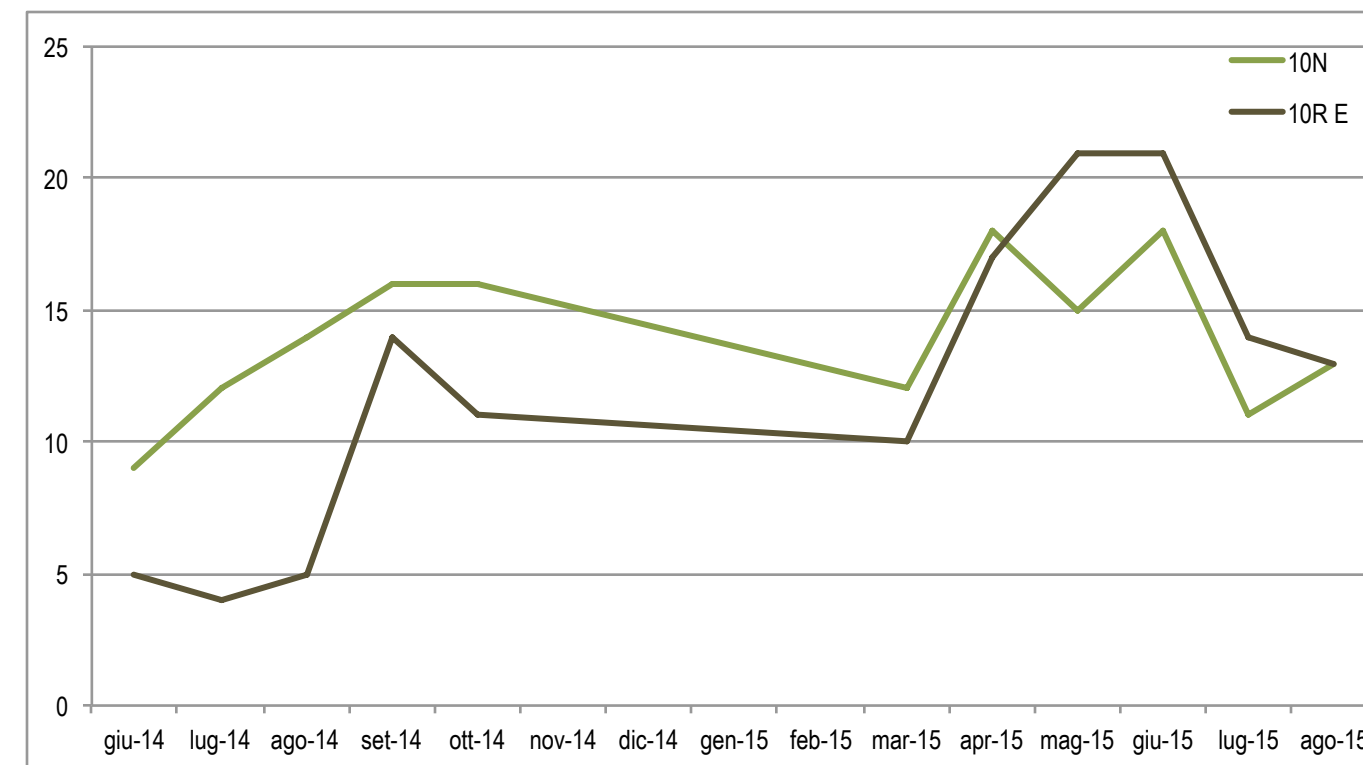
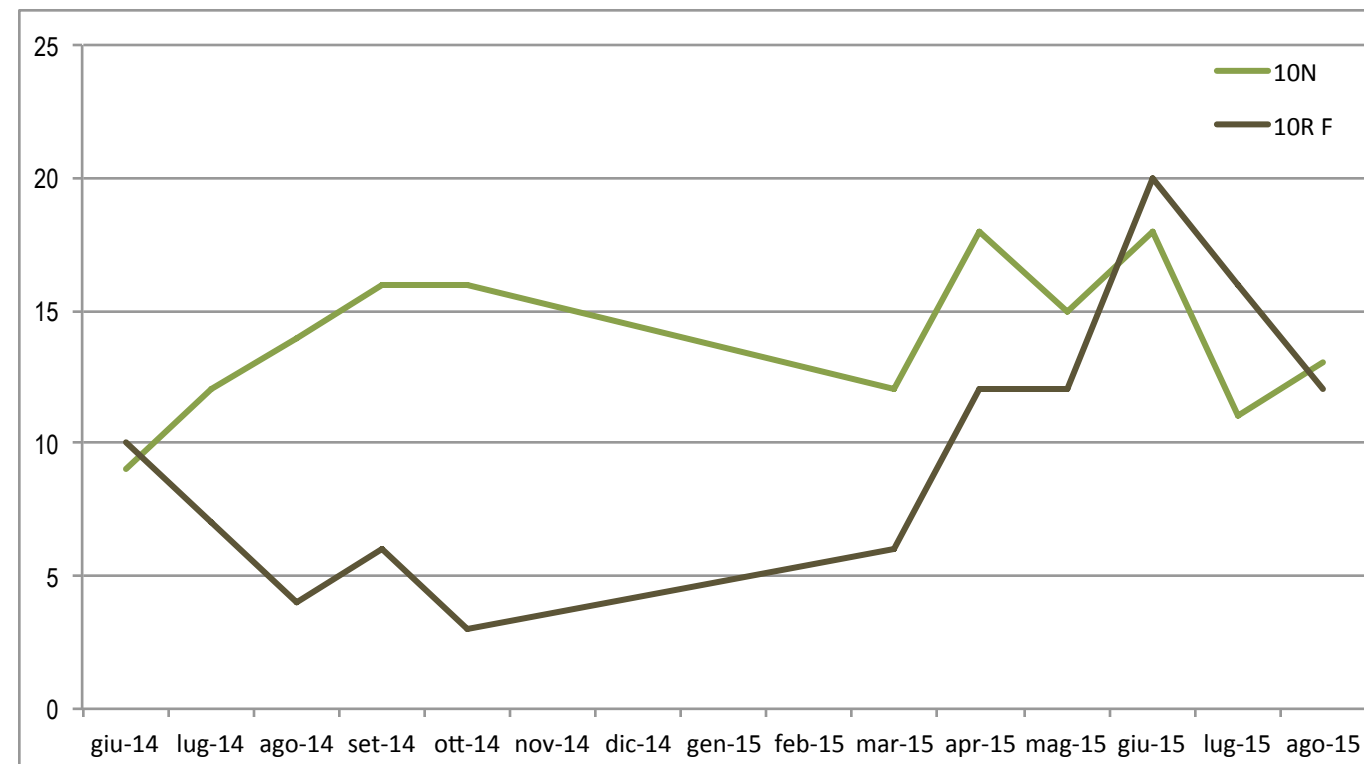
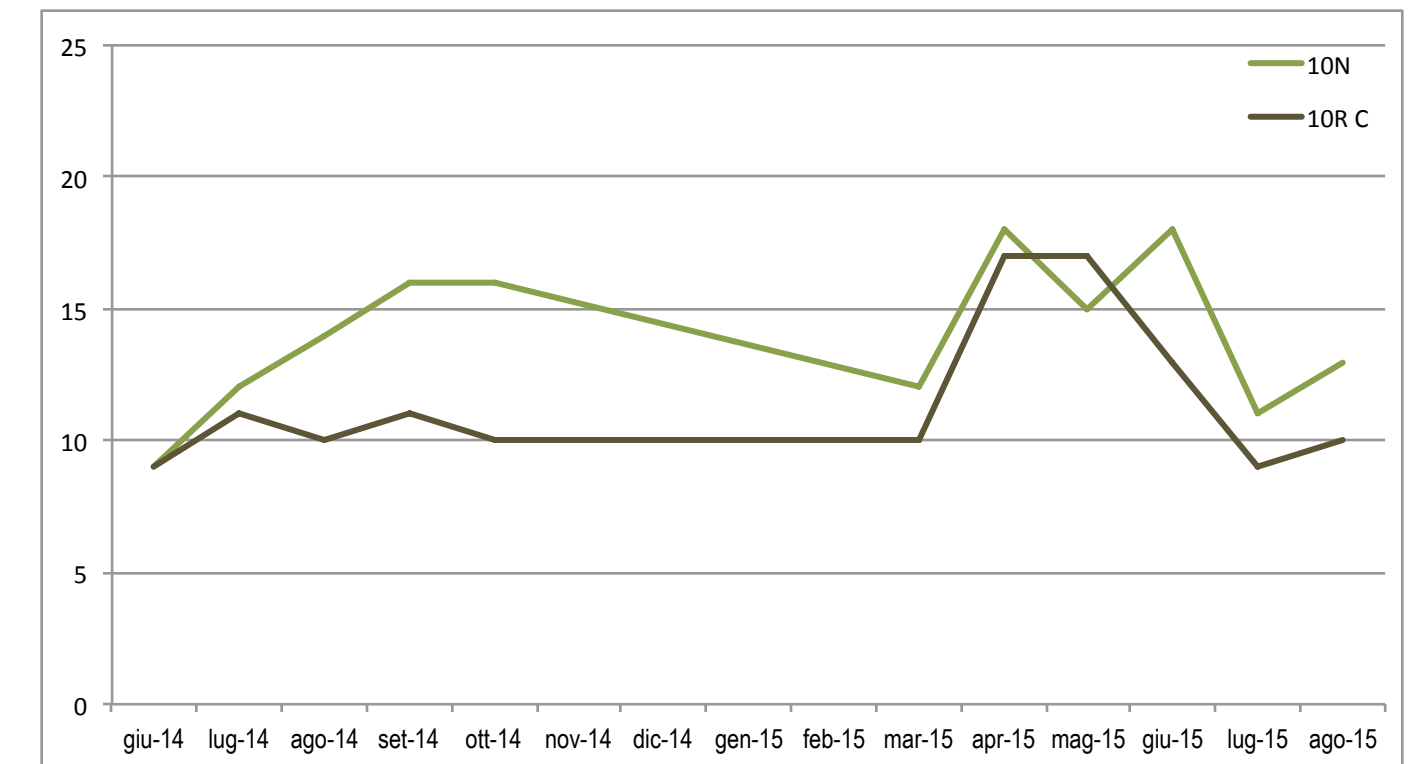
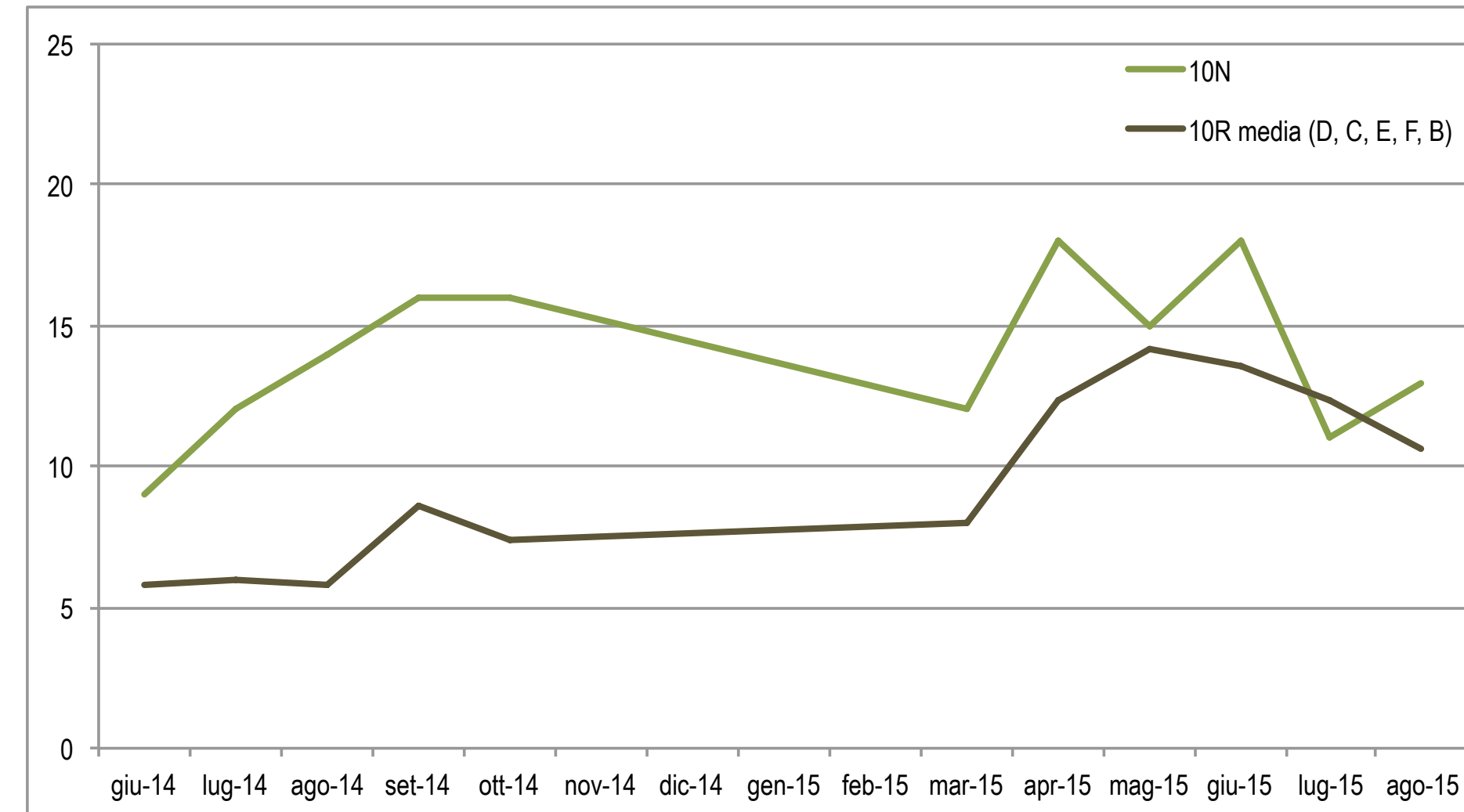
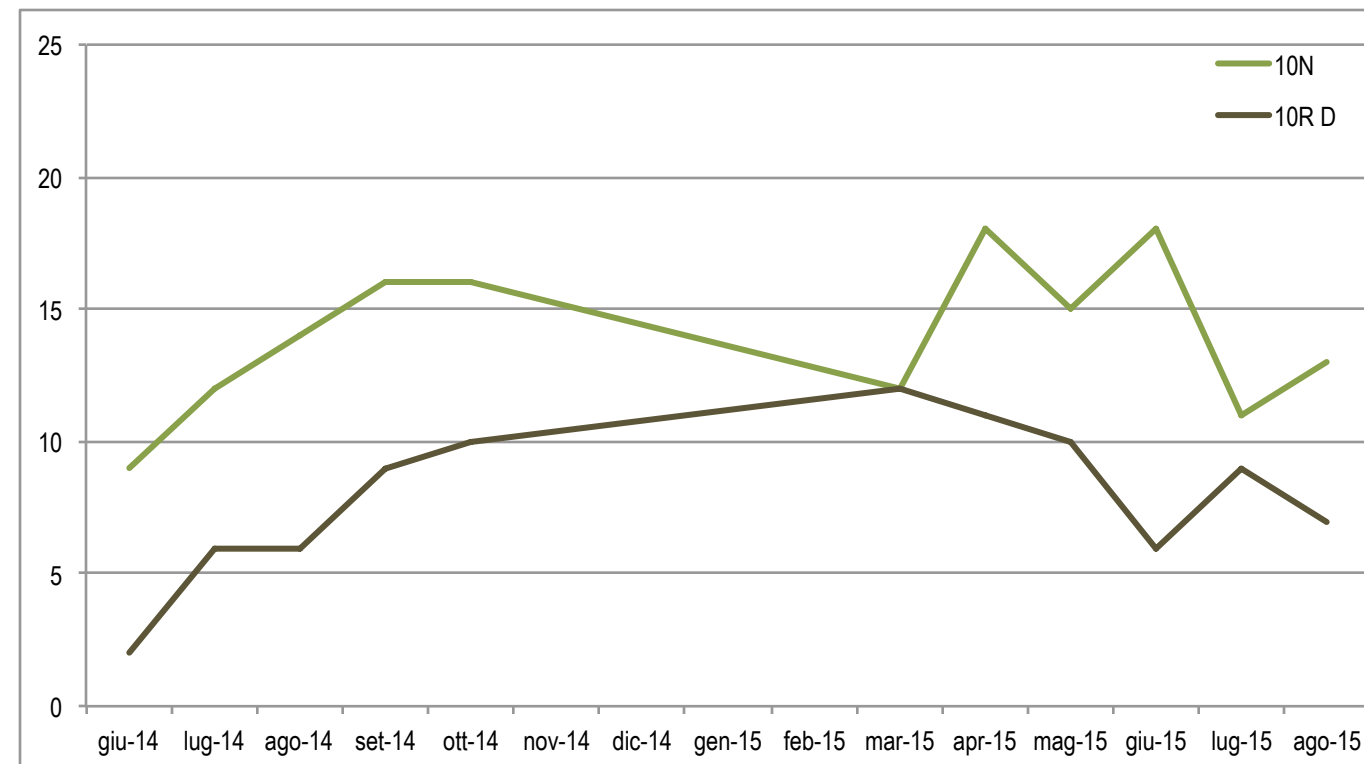
I° Convegno: Miglioramento del suolo.19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia



Numero di specie sulle parcelle

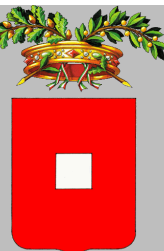


NEW LIFE



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

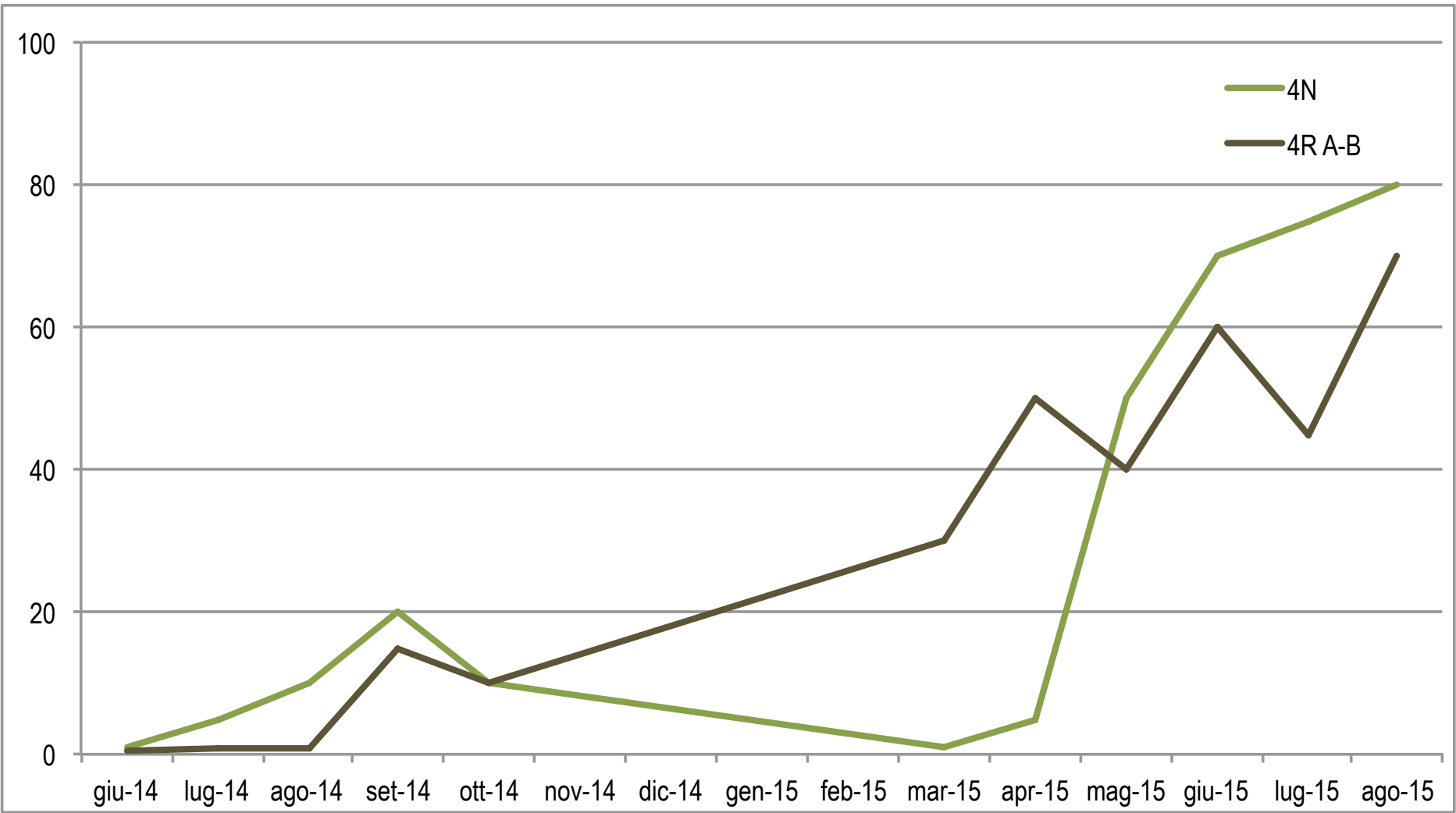
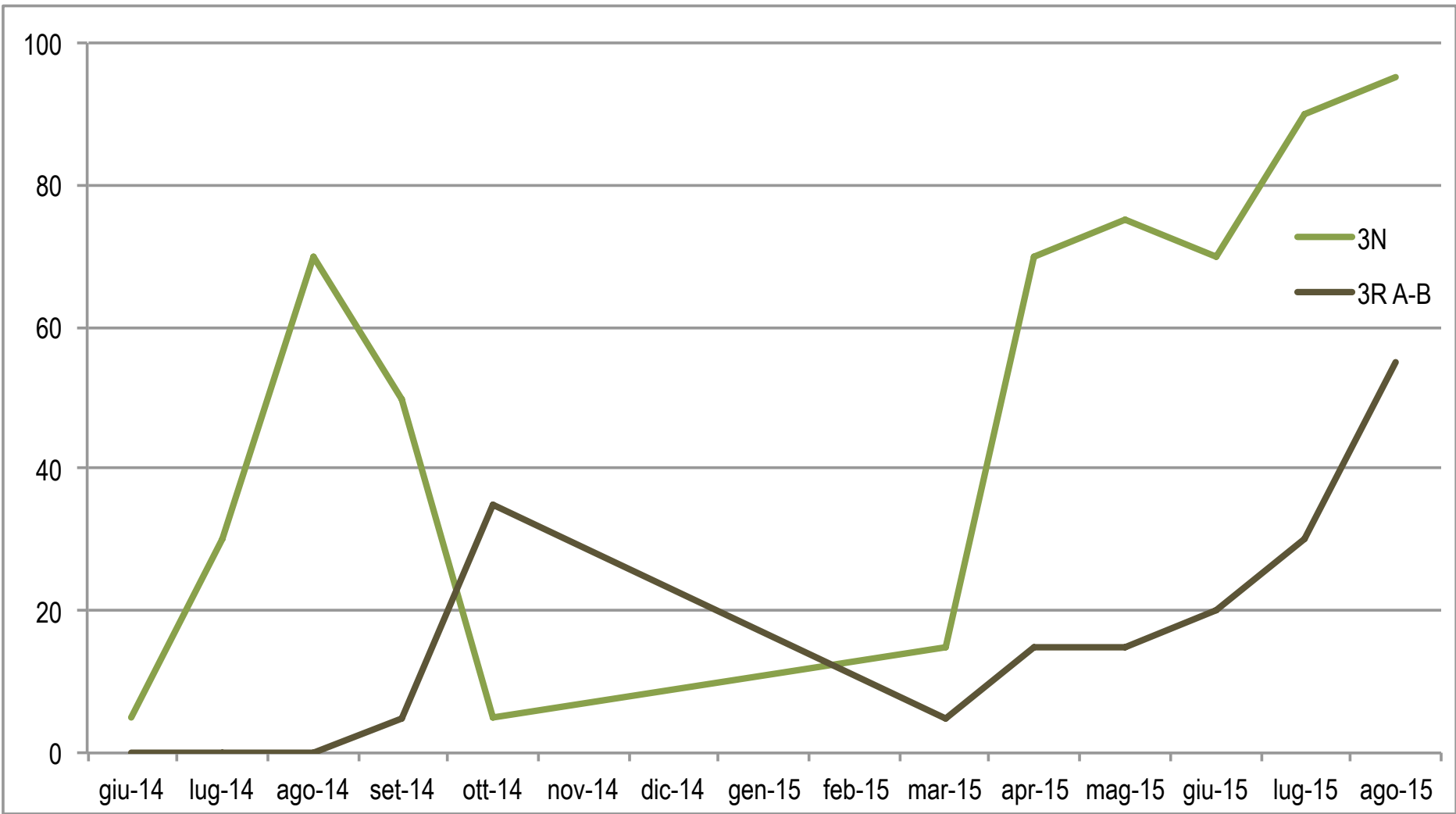
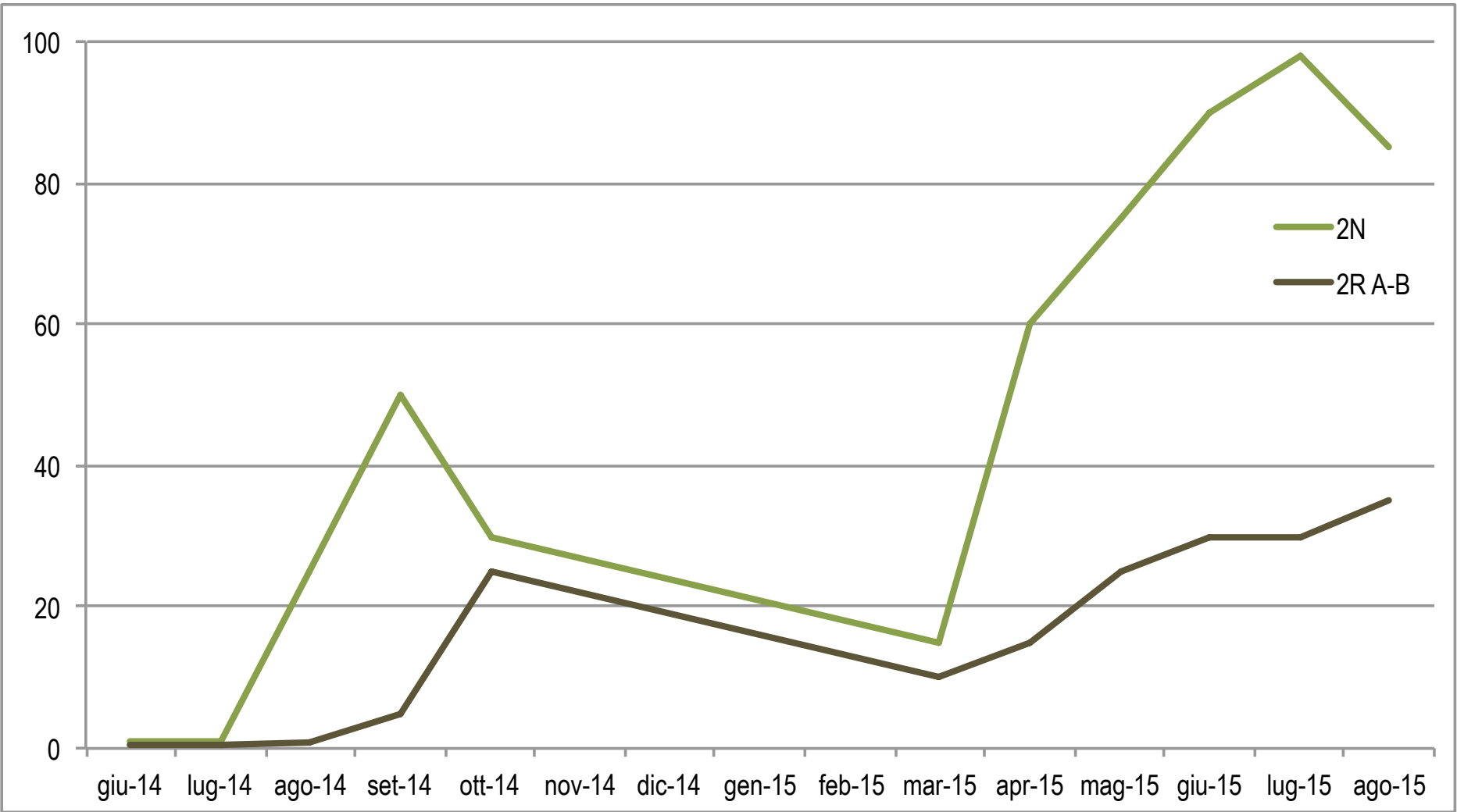
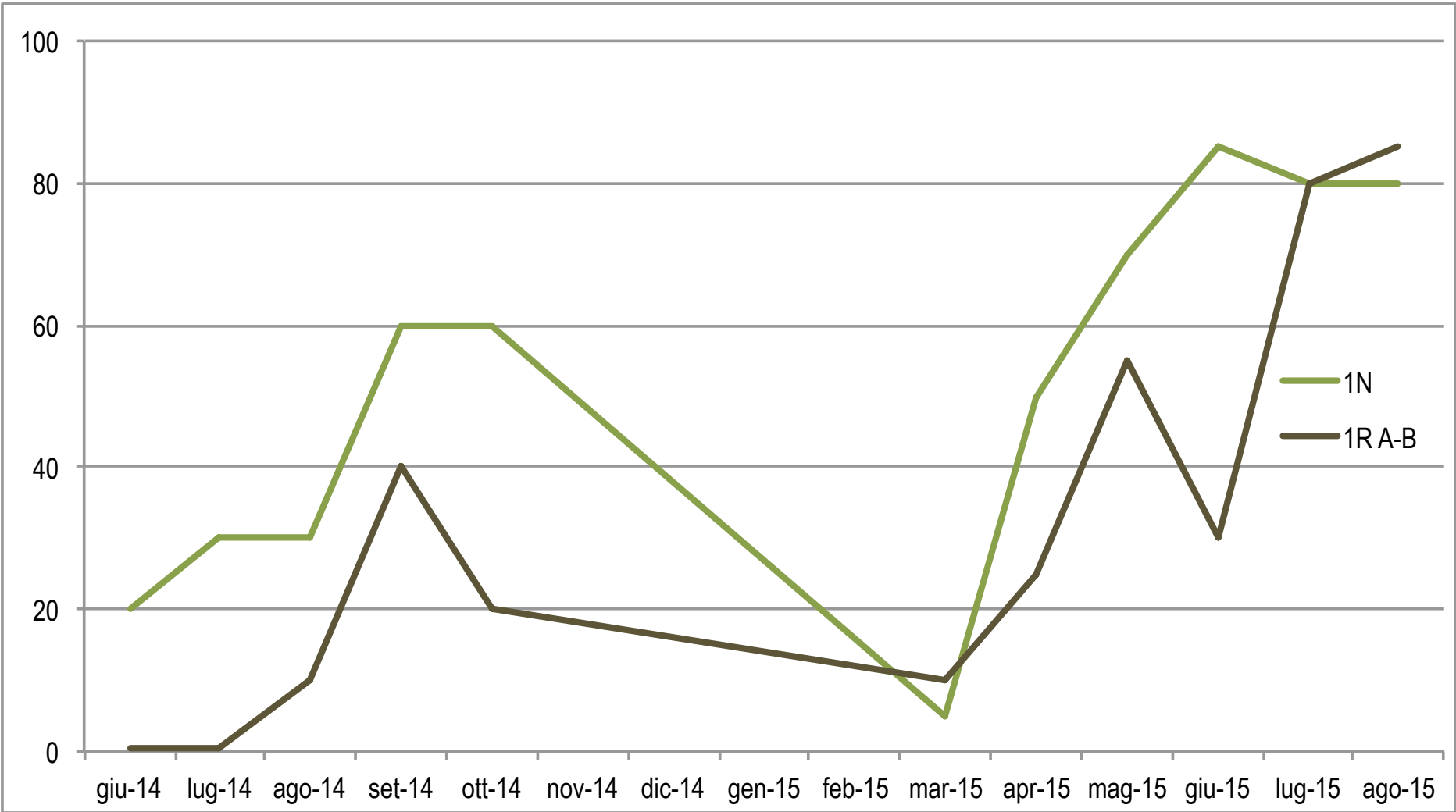
I° Convegno: Miglioramento del suolo.19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia



% di copertura sulle parcelle



NEW LIFE

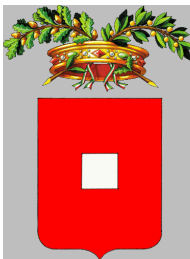


Classi % di copertura

- 1: < 1 %
- 2: 1 % - 20 %
- 3: 21 % - 40 %
- 4: 41 % - 60 %
- 5: 61 % - 80 %
- 6: 81 % - 100 %



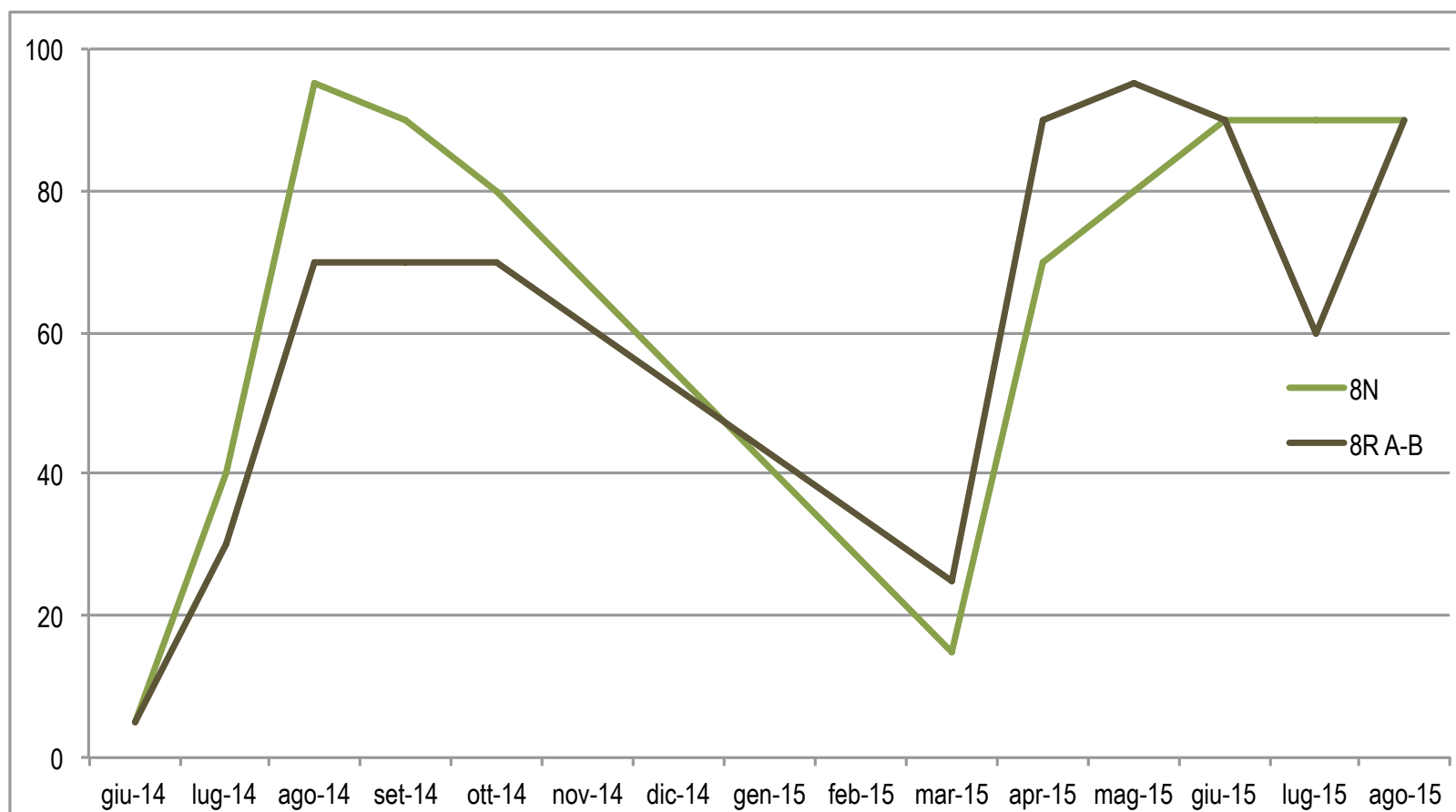
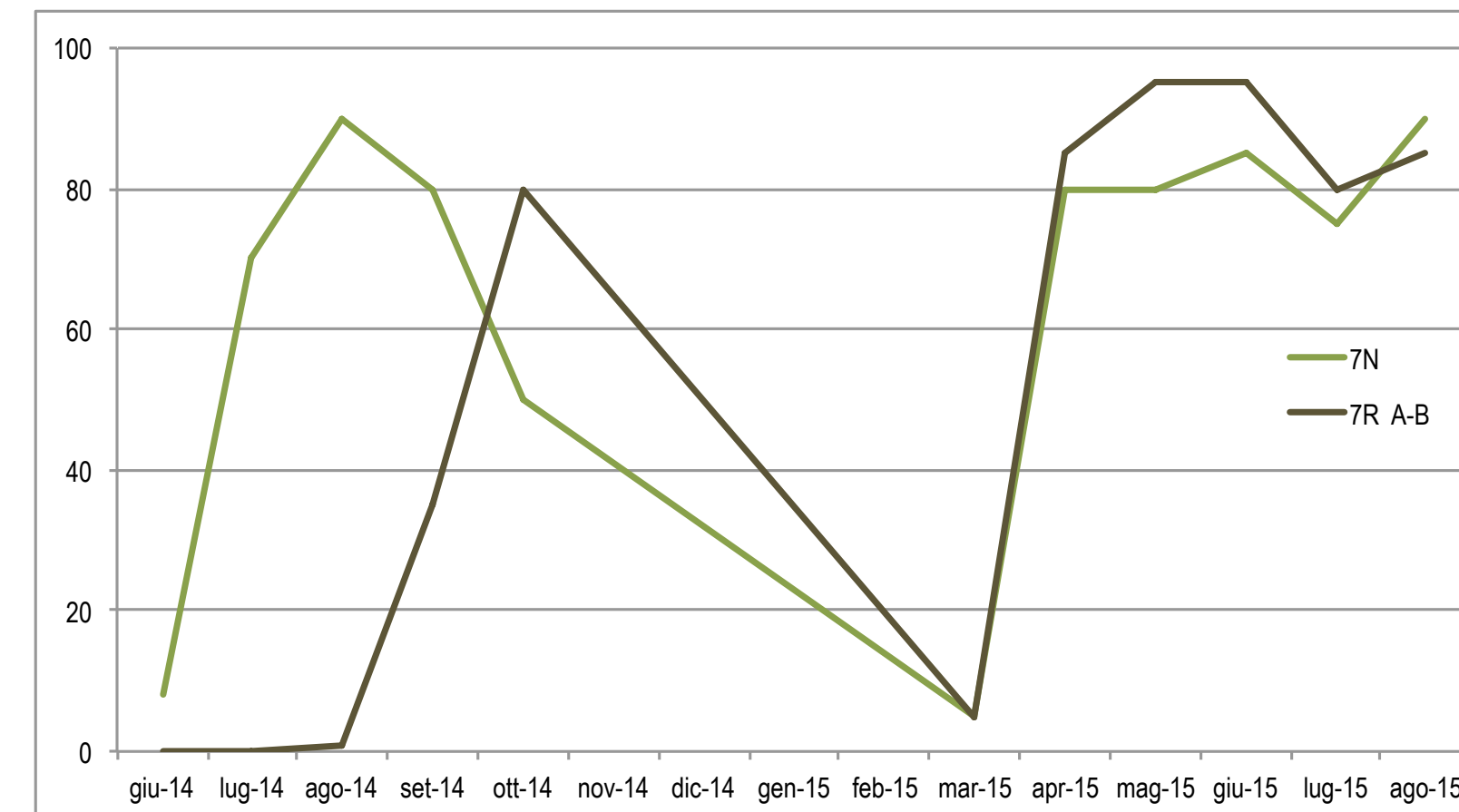
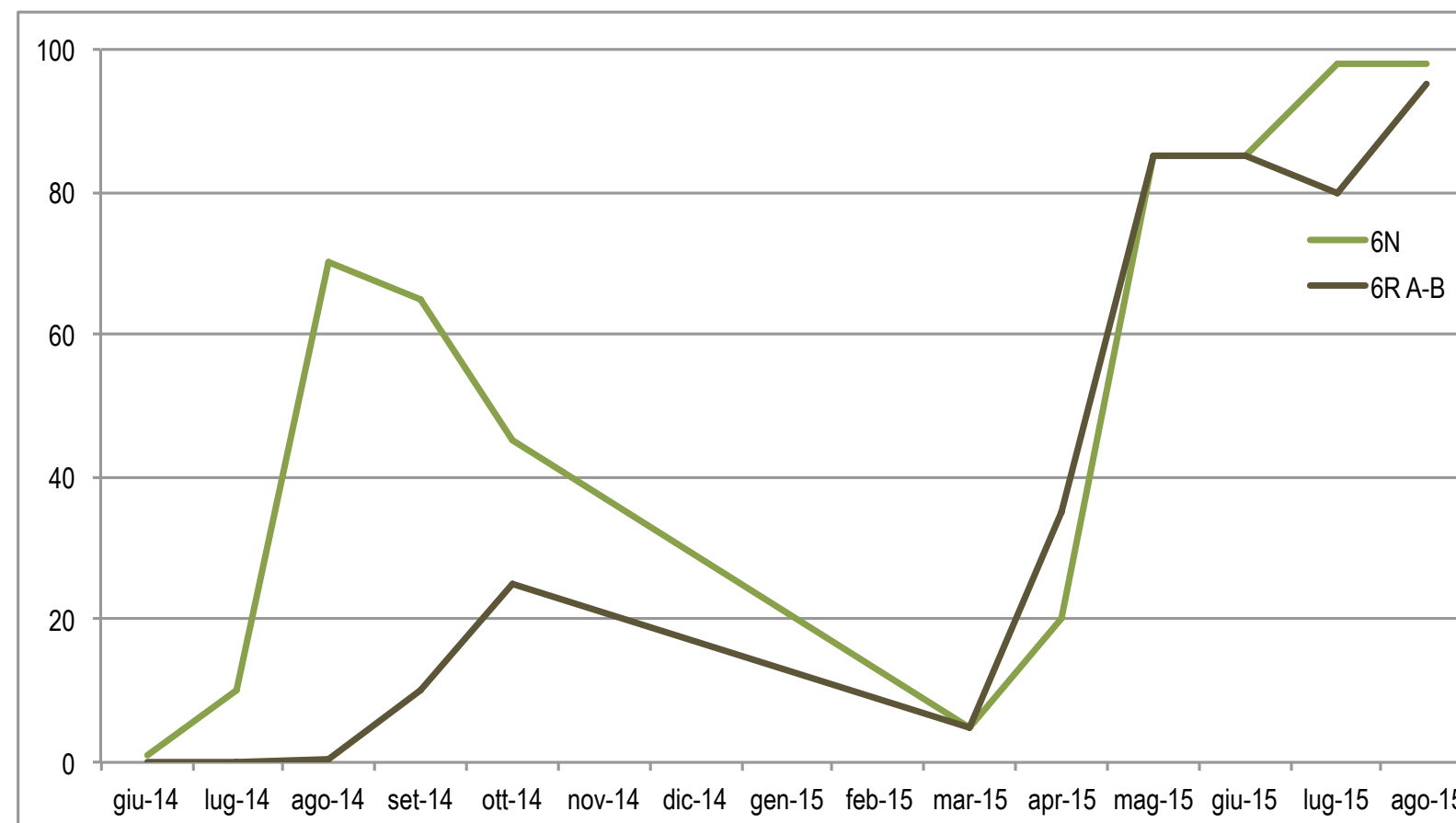
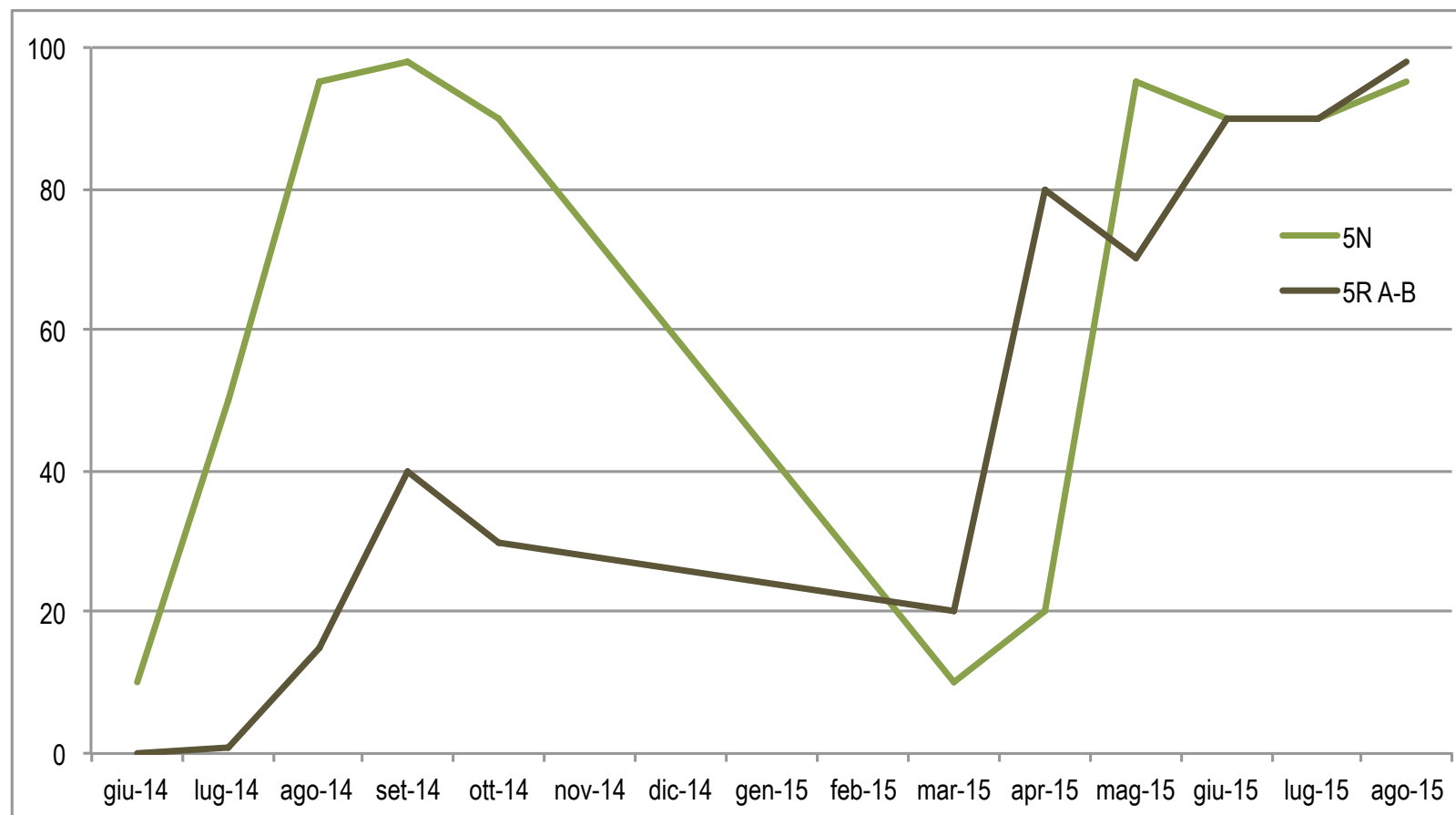
I° Convegno: Miglioramento del suolo.19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia



% di copertura sulle parcelle



NEW LIFE



Classi % di copertura

1: < 1 %

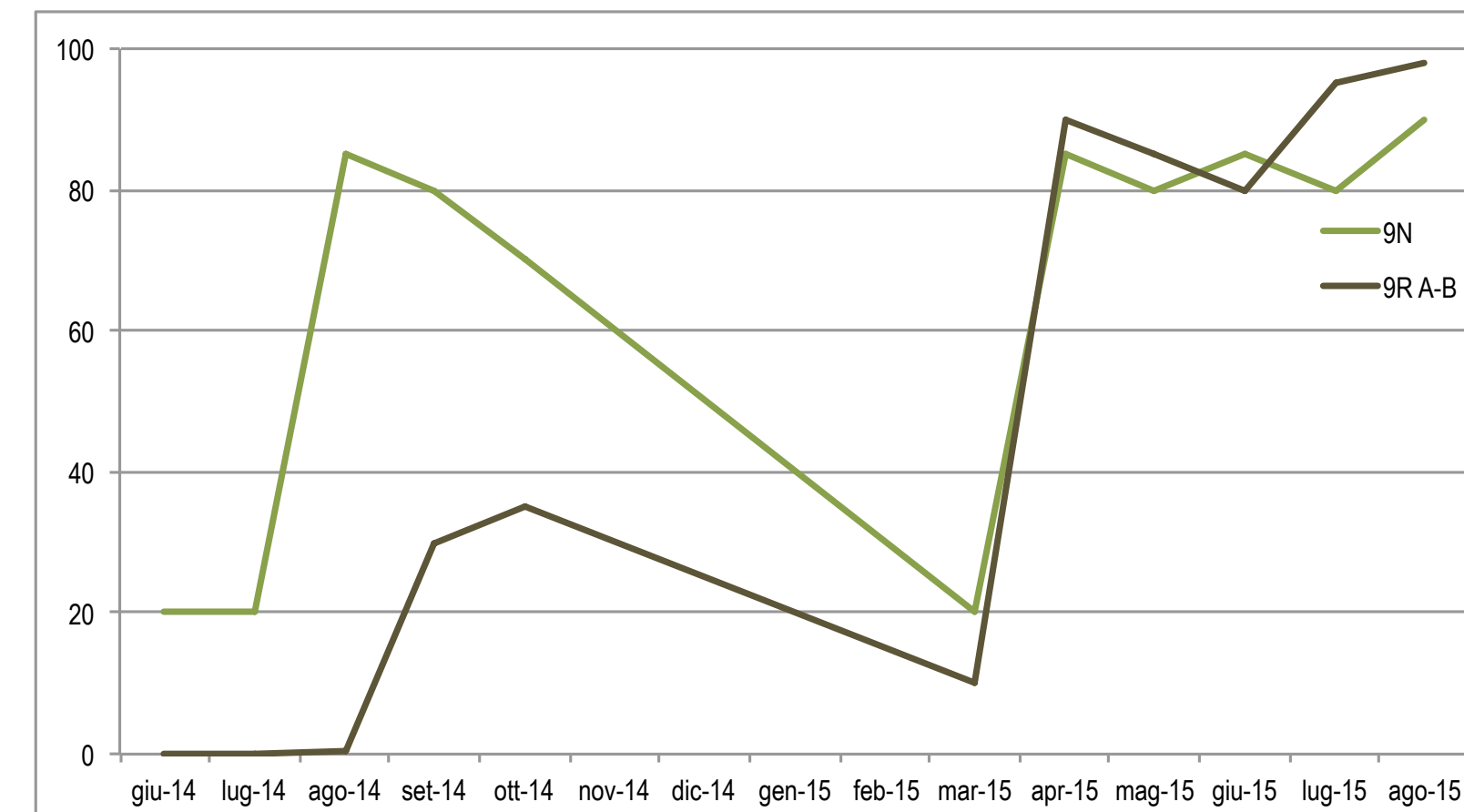
2: 1 % - 20 %

3: 21 % - 40 %

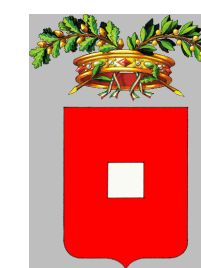
4: 41 % - 60 %

5: 61 % - 80 %

6: 81 % - 100 %



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore



I° Convegno: Miglioramento del suolo.19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia

Classi % di copertura

1: < 1 %

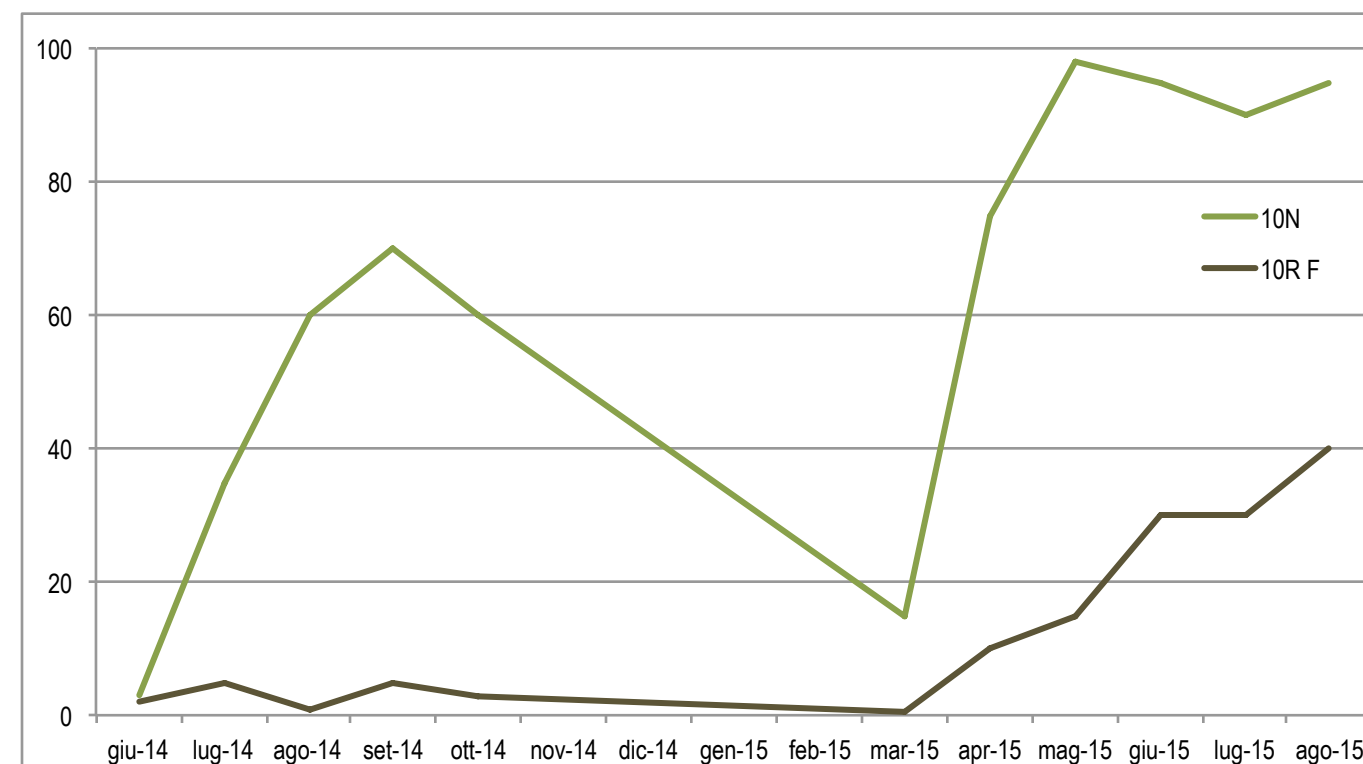
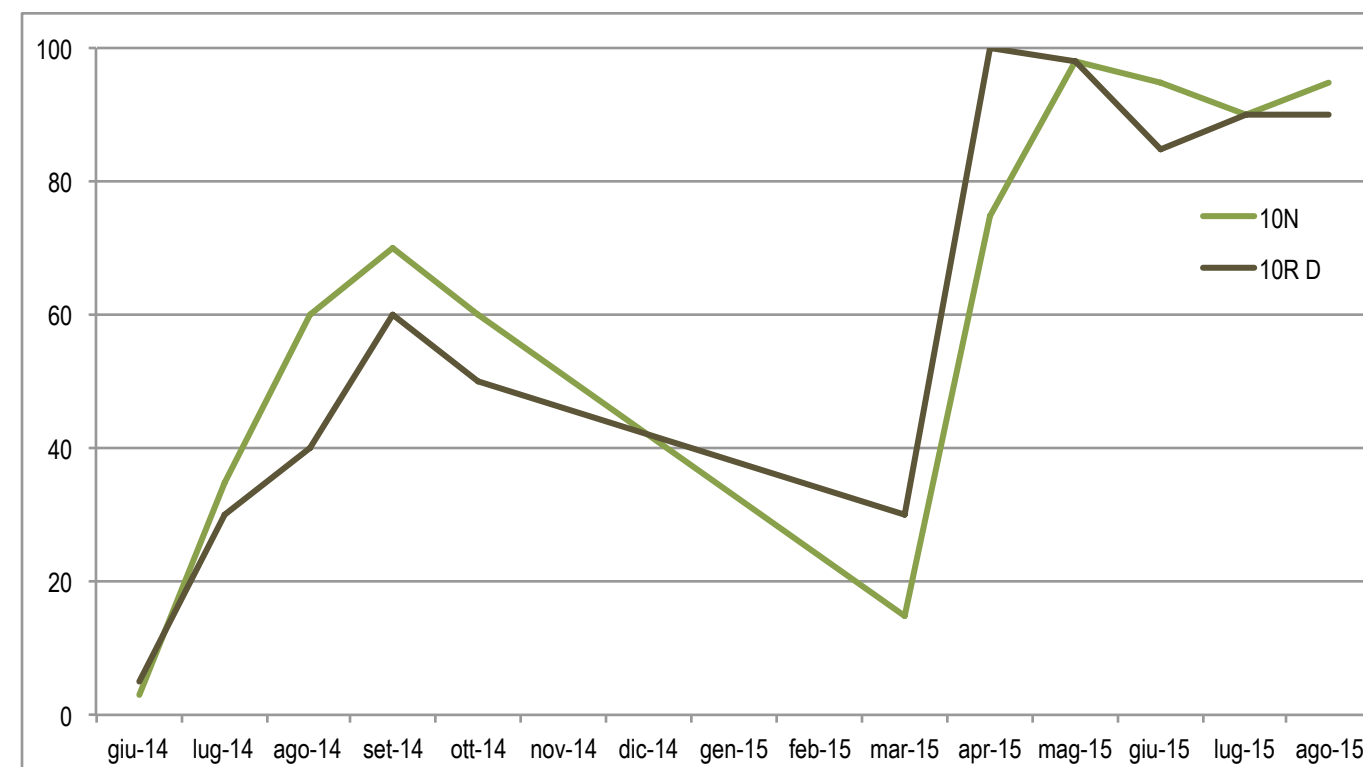
2: 1 % - 20 %

3: 21 % - 40 %

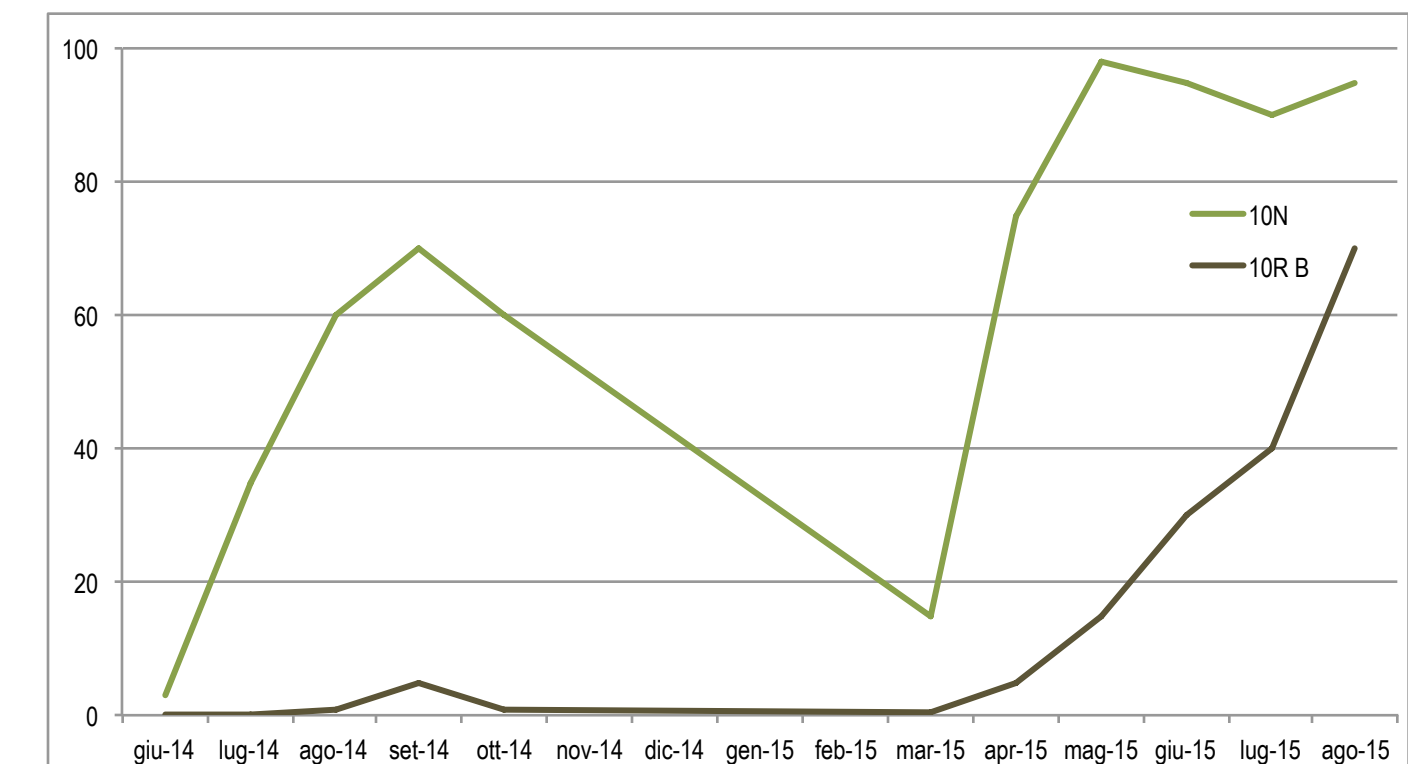
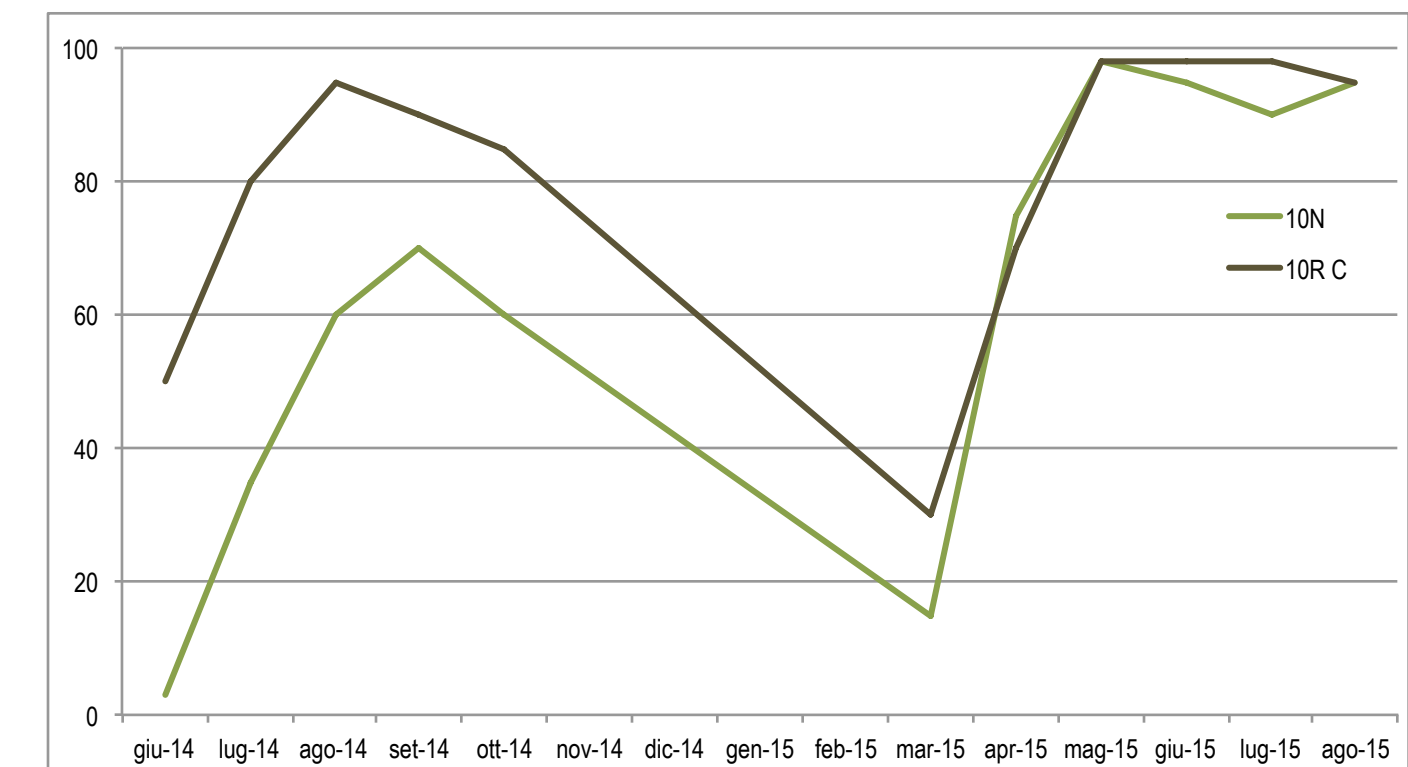
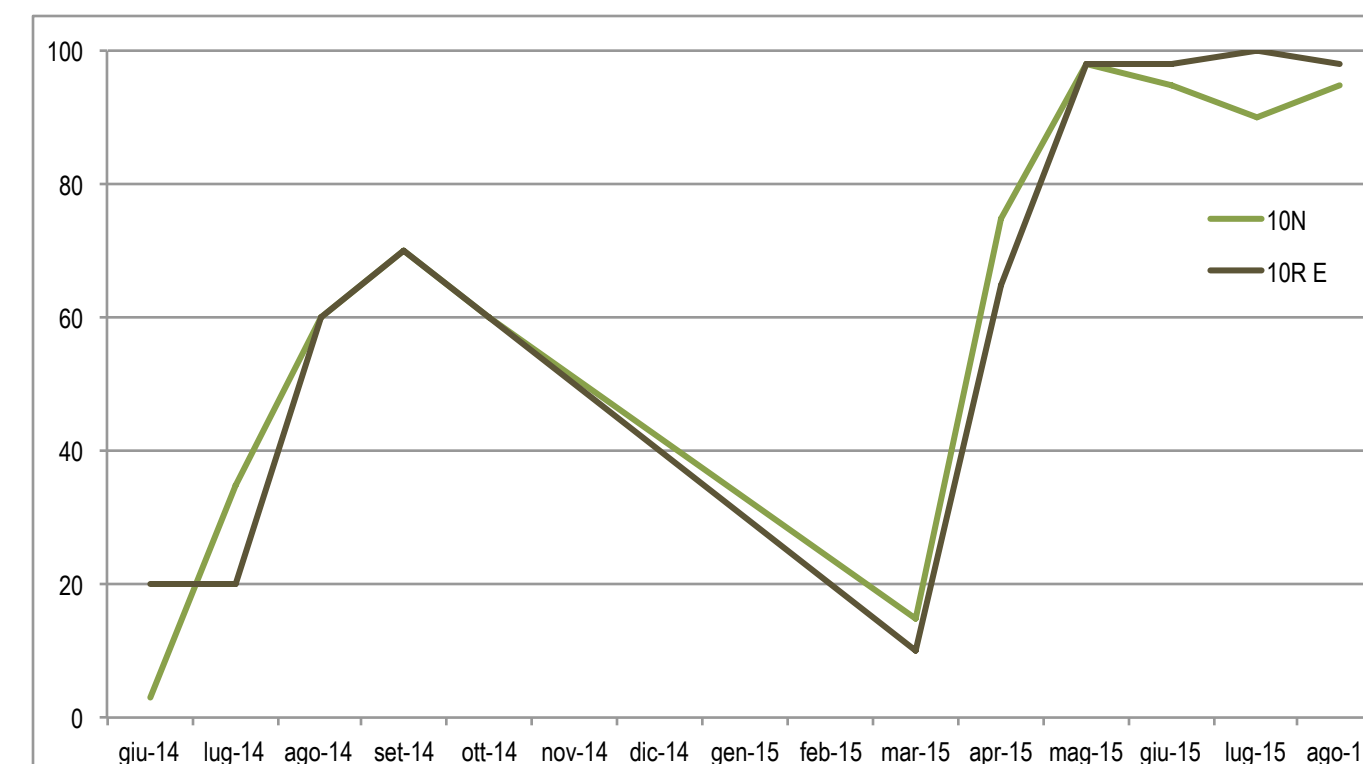
4: 41 % - 60 %

5: 61 % - 80 %

6: 81 % - 100 %



% di copertura sulle parcelle

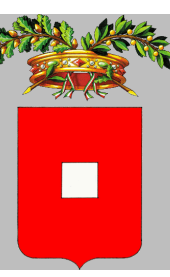
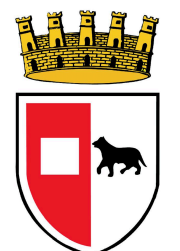


NEW LIFE



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

I° Convegno: Miglioramento del suolo.19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia



Si osserva, in generale, un iniziale ritardo della colonizzazione delle parcelle di suoli ricostituiti rispetto a quelle di suoli naturali; sia per quanto concerne la ricchezza specifica (numero medio mensile di specie) sia per quanto concerne i valori di copertura. Si è ipotizzato che il motivo di questa differenza sia legato alla **banca dei semi** e alla colonizzazione da parte della vegetazione confinante con le parcelle; due condizioni, queste, molto importanti nel guidare la fase pioniera delle colonizzazioni. La banca dei semi nei suoli ricostituiti ha probabilmente subito una riduzione/diluizione a causa del trattamento di ricostituzione sui suoli.

In ciascun gruppo è stato possibile individuare il suolo ricostituito che ha ottenuto i risultati migliori in termini di copertura e di ricchezza floristica.



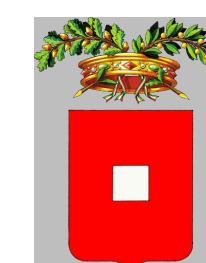
NEW LIFE

STUDI SULLE PARCELLE analisi dei caratteri idrologici

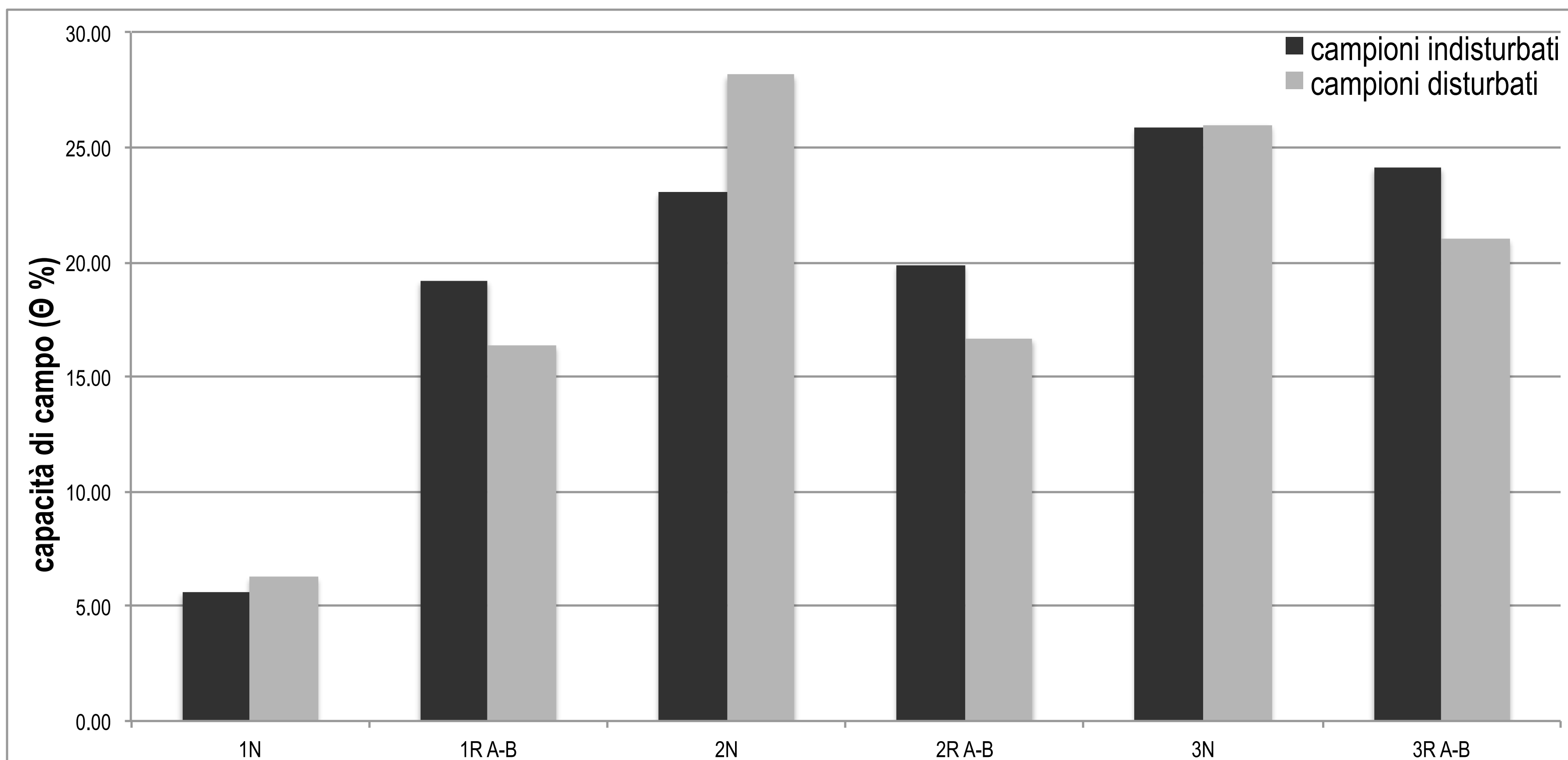


UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

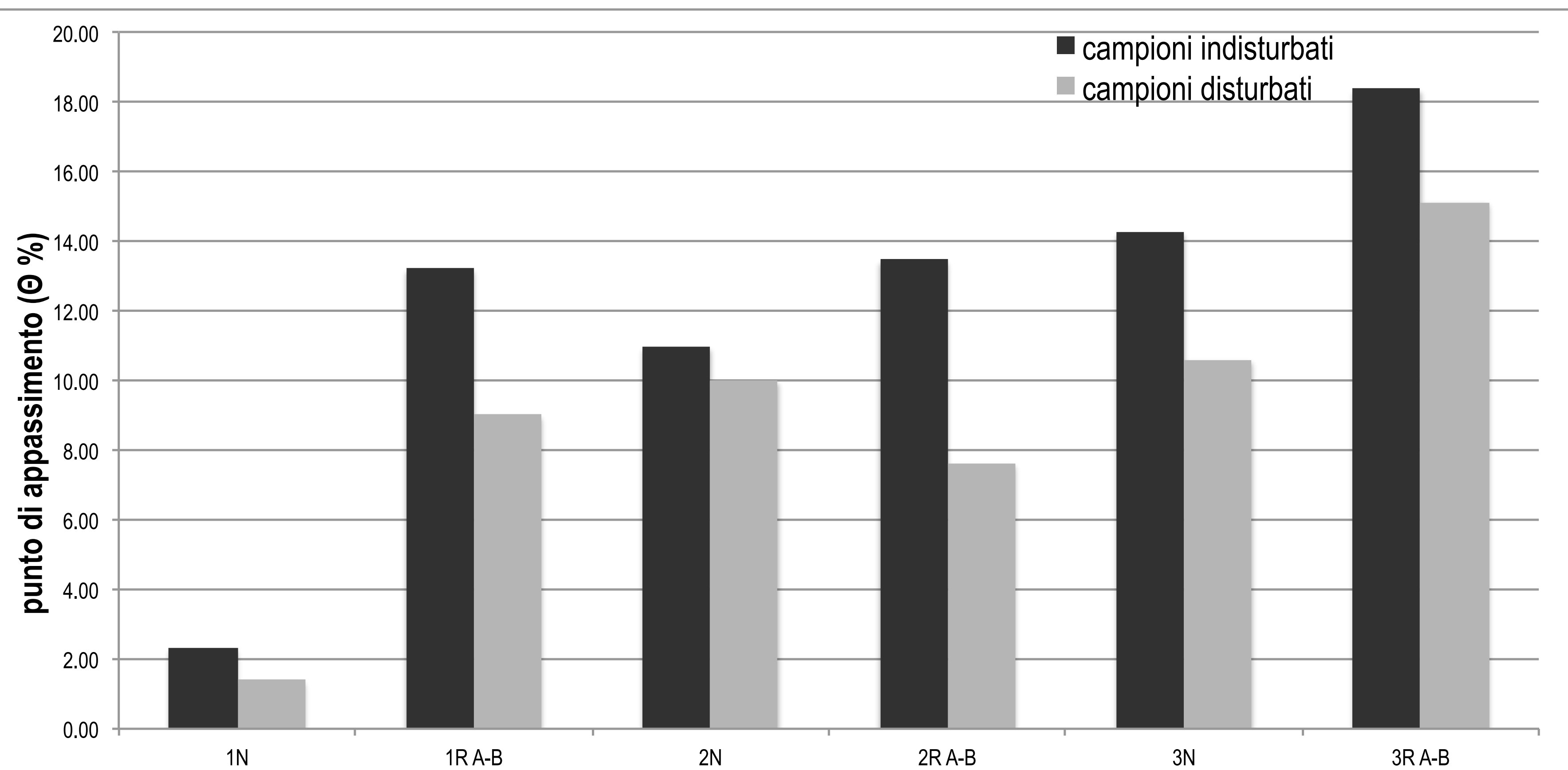
I° Convegno: Miglioramento del suolo. 19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia



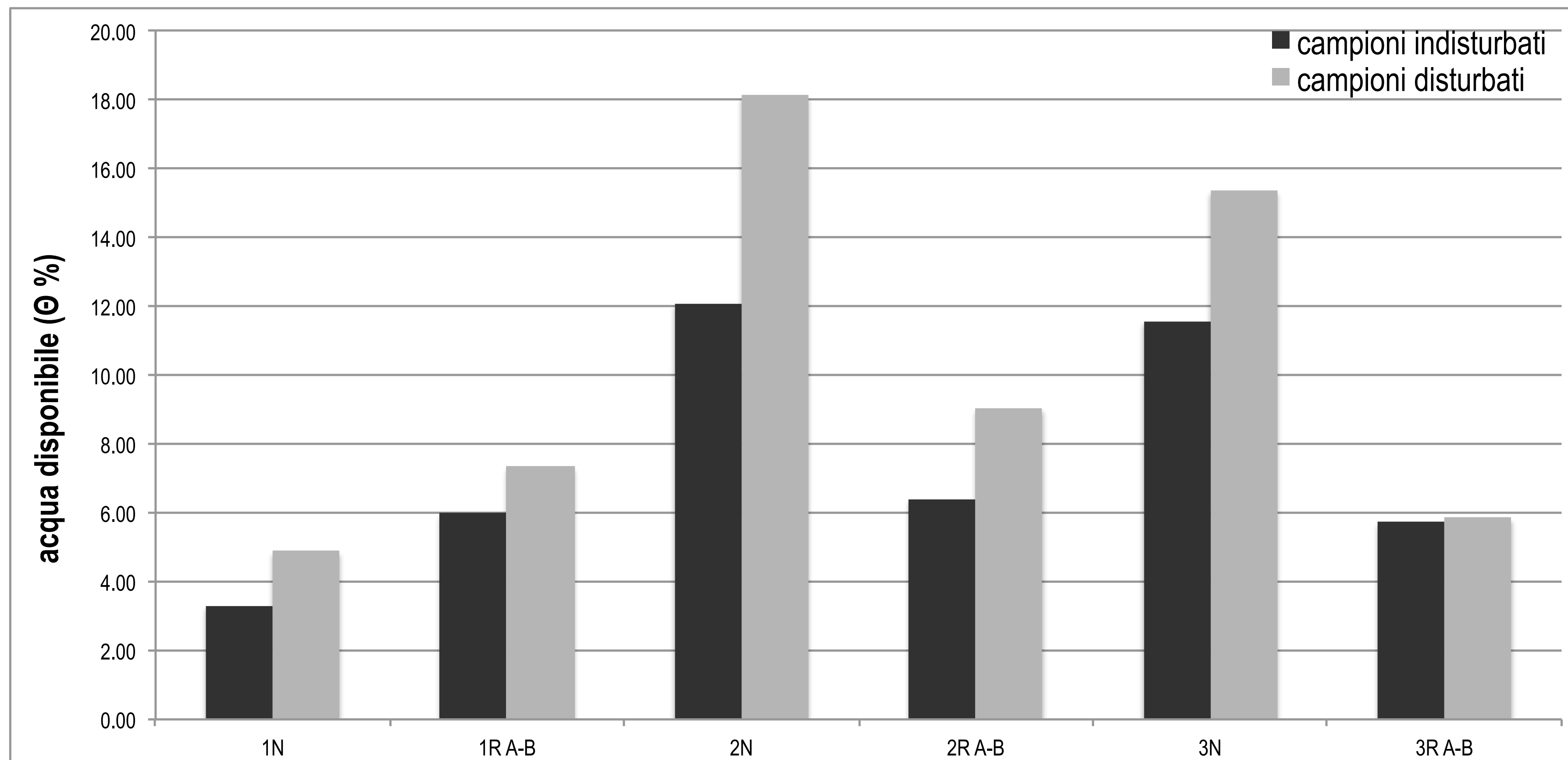
Le proprietà idrologiche di alcuni suoli suoli delle parcelle sperimentali sono state determinate con le **piastre di Richards su campioni sia disturbati che indisturbati**; l'umidità al punto di appassimento è stata valutata anche attraverso una prova in vaso con piantine di **girasole**.
I dati ottenuti in laboratorio sono stati confrontati con gli esiti di **pedofunzioni** - modelli van Genuchten e Brooks and Corey.



	contenuti volumetrici di acqua alla capacità di campo	
	campioni indisturbati	campioni disturbati
1N	5.64	6.29
1R A-B	19.21	16.37
2N	23.07	28.16
2R A-B	19.89	16.69
3N	25.86	25.99
3R A-B	24.14	21.01



	contenuti volumetrici di acqua al punto di appassimento	
	campioni indisturbati	campioni disturbati
1N	2.33	1.40
1R A-B	13.22	9.02
2N	10.98	10.02
2R A-B	13.47	7.63
3N	14.28	10.61
3R A-B	18.39	15.14



	acqua disponibile	
	campioni indisturbati	campioni disturbati
1N	3.32	4.90
1R A-B	5.99	7.35
2N	12.08	18.14
2R A-B	6.42	9.05
3N	11.58	15.38
3R A-B	5.75	5.87

Le pedofunzioni - PTFs - si basano su modelli di ritenzione idrica grazie ai quali è possibile prevedere l'andamento della curva di ritenzione idrica.

Le PTFs sono elaborate a partire da dati che fanno parte di diversi database di suoli.

Le PTFs più idonee ai nostri suoli sono quelle create a partire da un database di suoli europei: HYPRES.

Nel **database HYPRES** (Hydraulic Properties of European Soils, Wösten et. L., 1999) sono presenti un insieme di informazioni di dati idrologici di suoli europei da cui nascono due tipologie di PTFs, secondo il modello van-Genuchten: le **class PTFs** e le **continuous PTFs**.

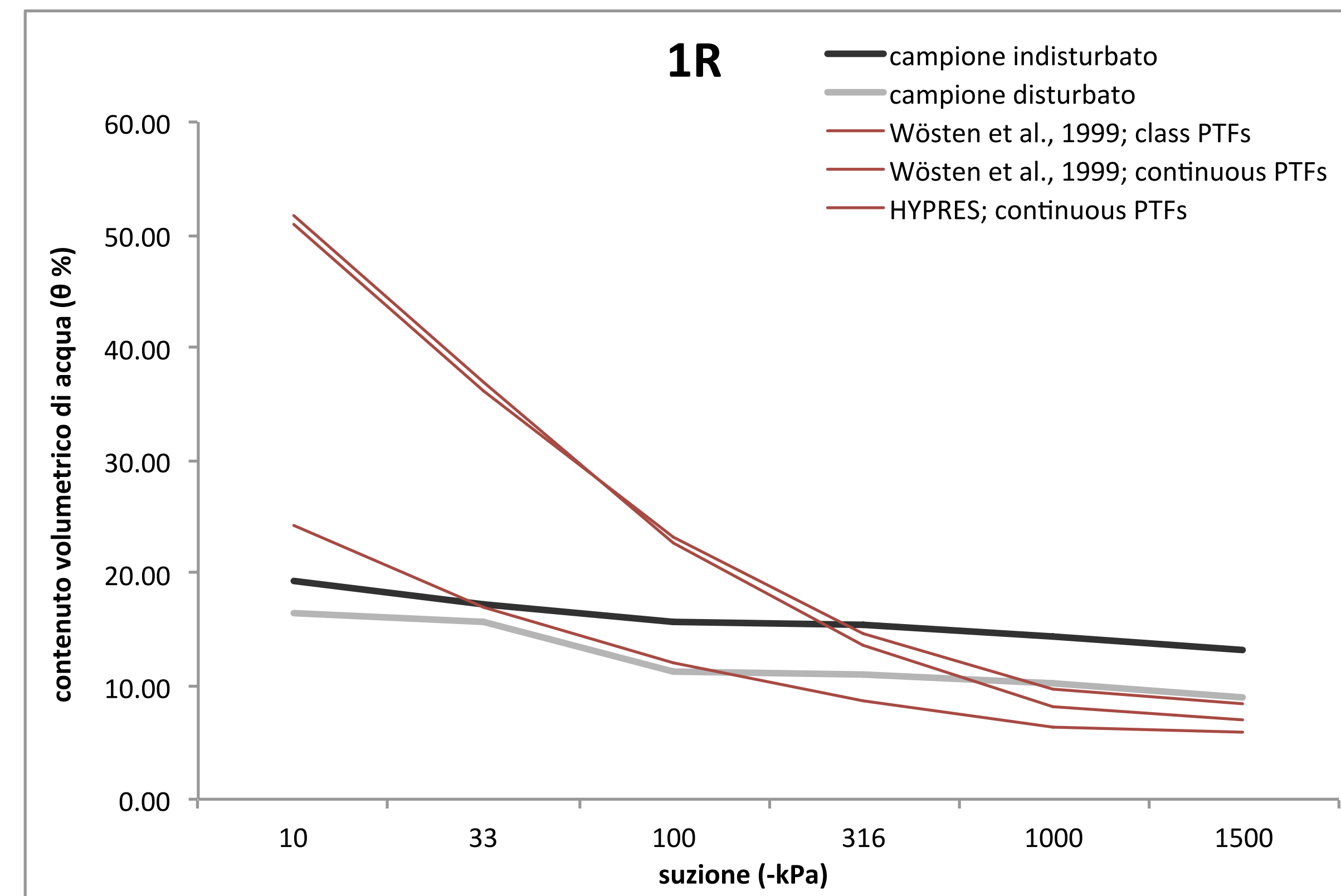
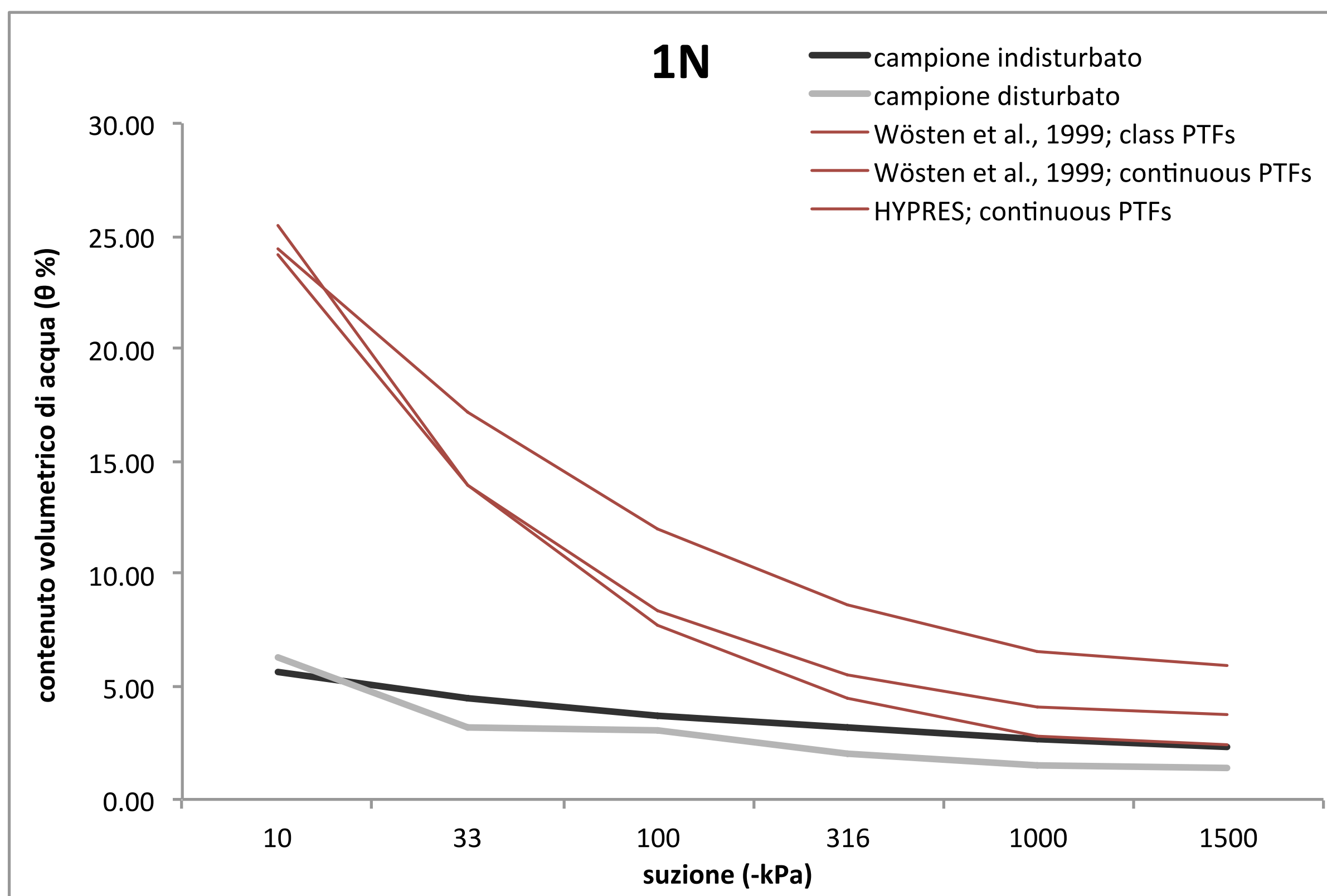
Le class PTFs sono elaborate considerando solo le classi tessiturali e pedologiche dei suoli, mentre le continuous PTFs considerano oltre alla tessitura anche il contenuto in carbonio organico, la densità e la profondità del suolo.

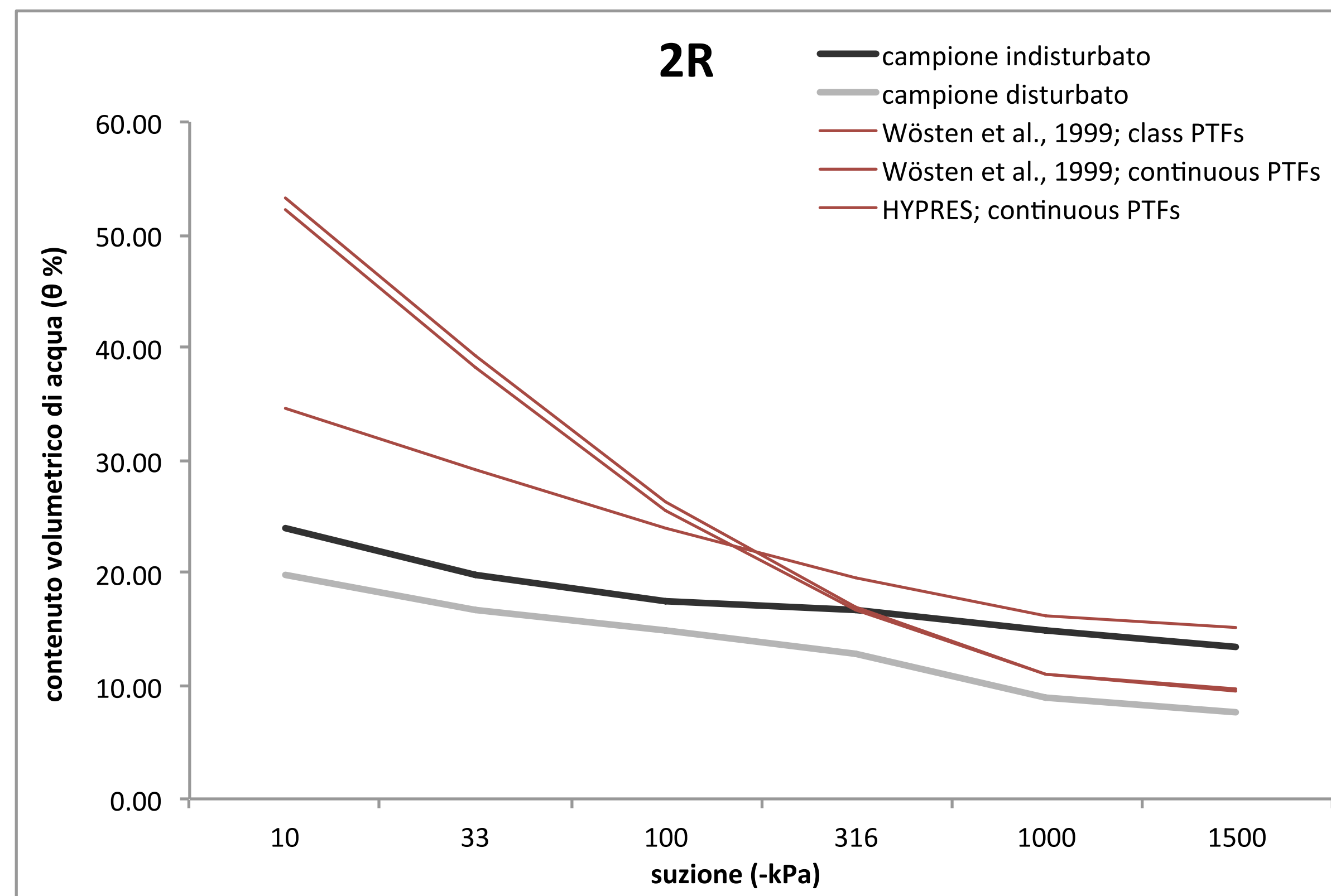
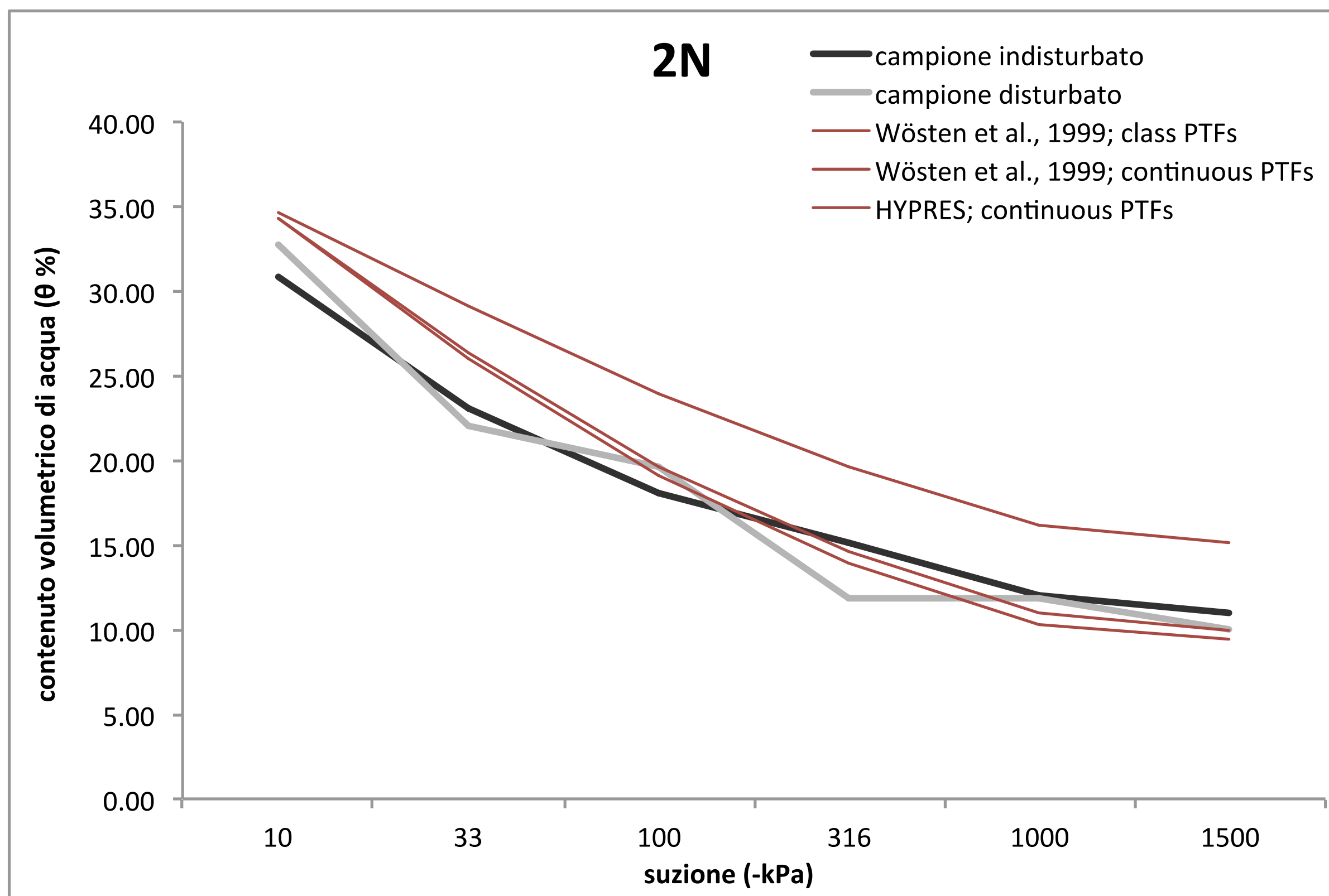
Per la natura dei dati da cui originano le class PTFs risultano uguali per il suolo ricostituito e il suolo naturale da cui origina.

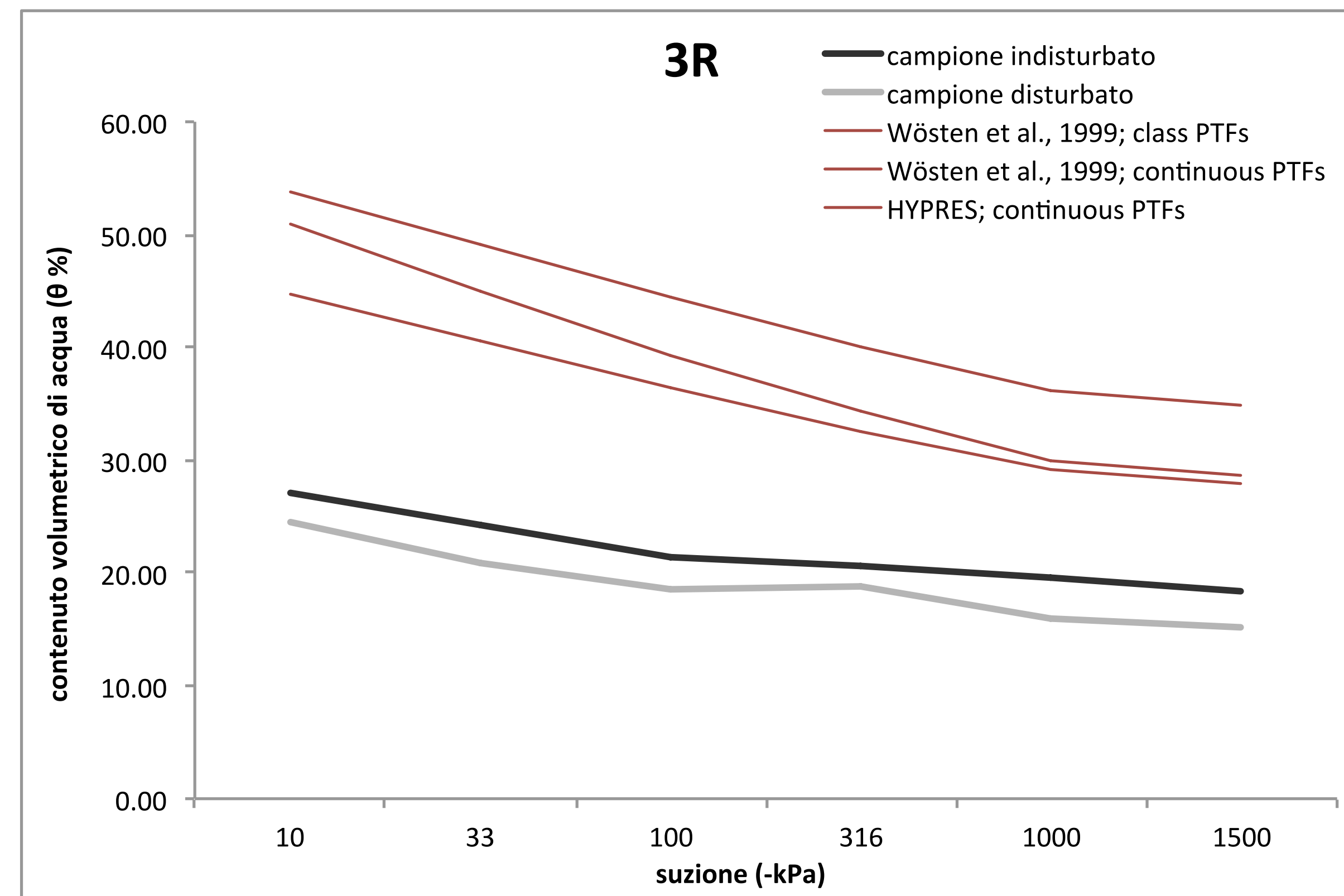
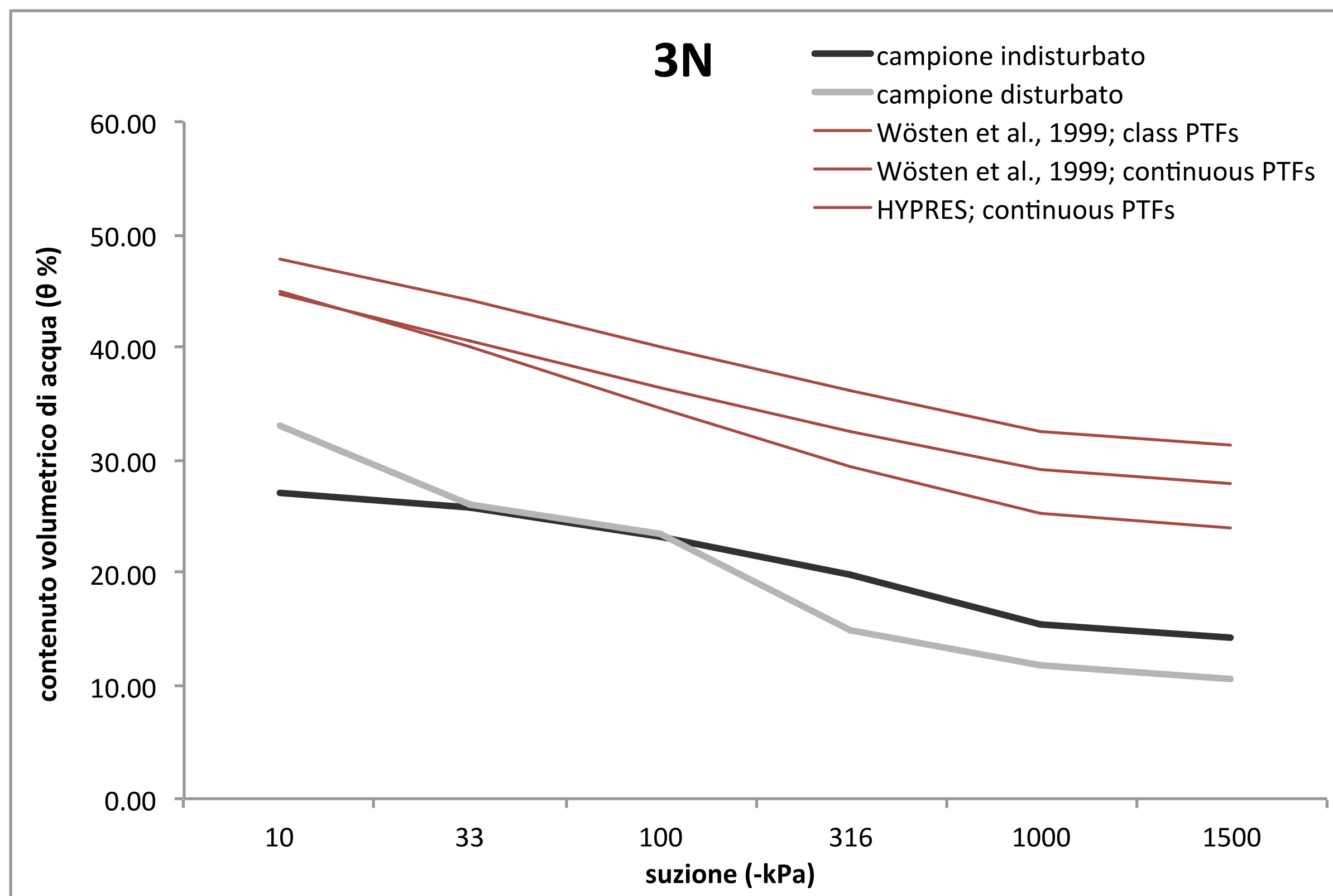
Dati analitici delle parcelle

	densità reale gcm ⁻³	densità apparente gcm ⁻³	sabbia %	limo %	argilla %	carbonio organico %
1N	2.65	1.48	86.2	13.8	0.0	0.10
1R A-B	2.26	0.71	86.2	8.5	5.2	2.76
2N	2.39	1.26	42.5	49.9	7.5	1.83
2R A-B	2.09	0.69	61.6	33.5	4.6	2.94
3N	2.25	1.27	6.80	38.5	54.6	0.27
3R A-B	1.89	0.82	32.3	28.3	39.4	5.45

N = naturale; R = ricostituito; A, B, C, D, E, F = tipologia fango. A numero uguale corrisponde suolo di origine uguale.



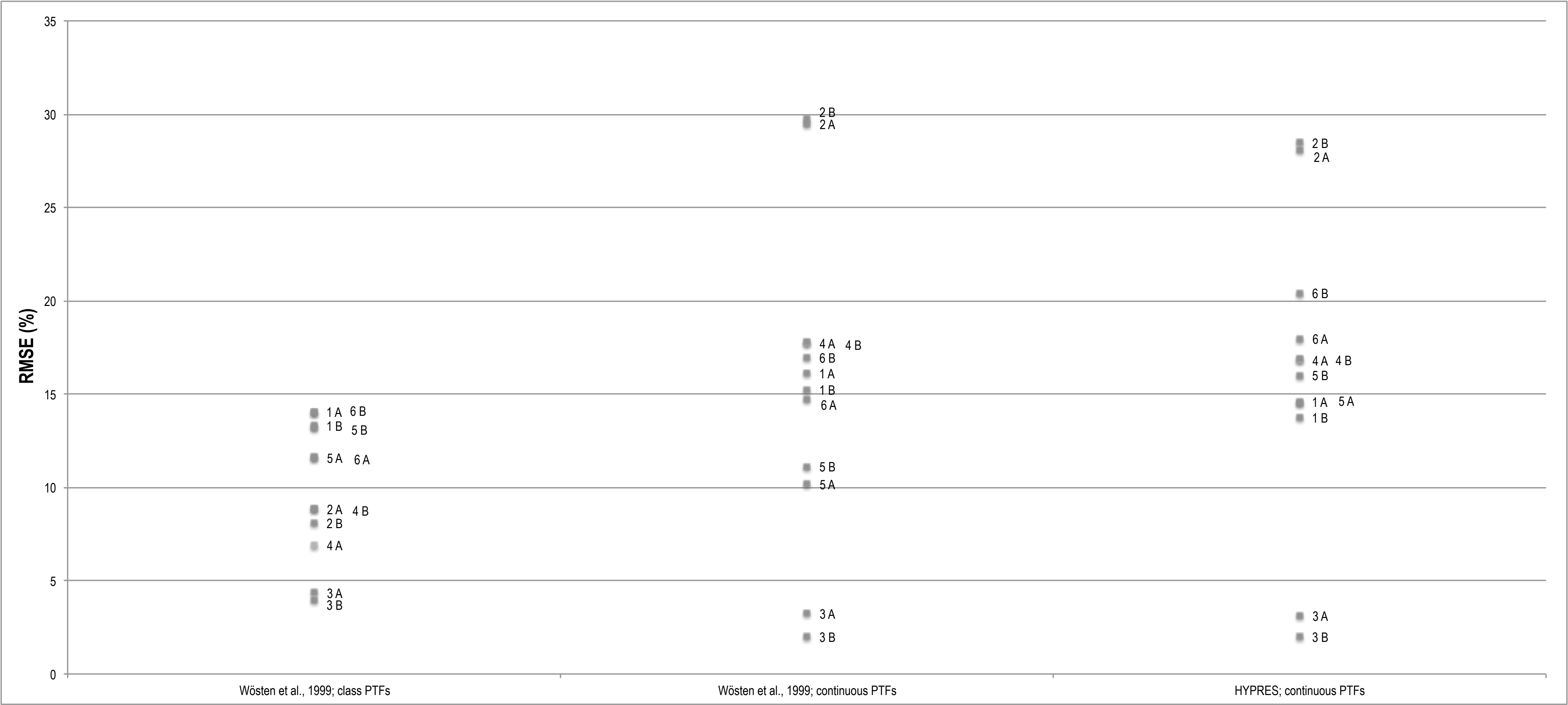




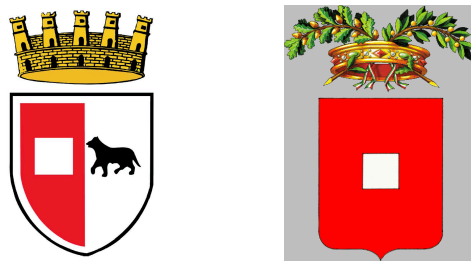
	contenuti volumetrici di acqua alla capacità di campo				
	piastre di Richards		pedofunzioni		
			Wösten et al., 1999		
	campioni indisturbati	campioni disturbati	class PTFs	continuous PTFs	HYPRES
1N	5.64	6.29	24.38	25.44	24.19
1R A-B	19.21	16.37	24.38	51.82	50.94
2N	23.07	28.16	29.08	25.96	26.28
2R A-B	19.89	16.69	29.08	39.37	38.32
3N	25.86	25.99	40.56	39.94	44.27
3R A-B	24.14	21.01	40.56	44.95	49.13

	contenuti volumetrici di acqua al punto di appassimento				
	piastre di Richards		pedofunzioni		
			Wösten et al., 1999		
	campioni indisturbati	campioni disturbati	class PTFs	continuous PTFs	HYPRES
1N	2.33	1.40	5.94	2.43	3.76
1R A-B	13.22	9.02	5.94	7.03	8.41
2N	10.98	10.02	15.14	9.35	9.95
2R A-B	13.47	7.63	15.14	9.55	9.65
3N	14.28	10.61	27.93	23.89	31.34
3R A-B	18.39	15.14	27.93	28.55	34.88

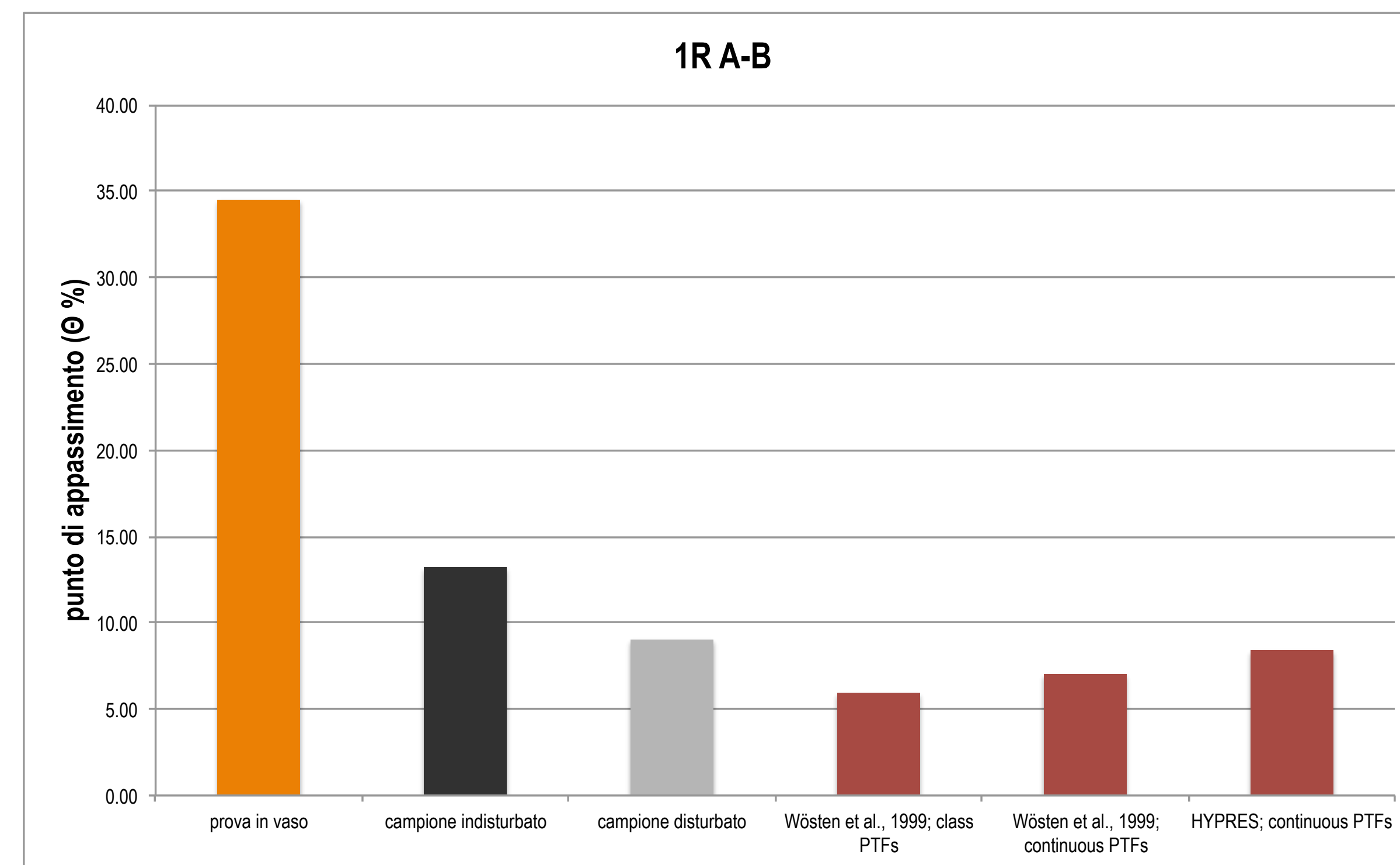
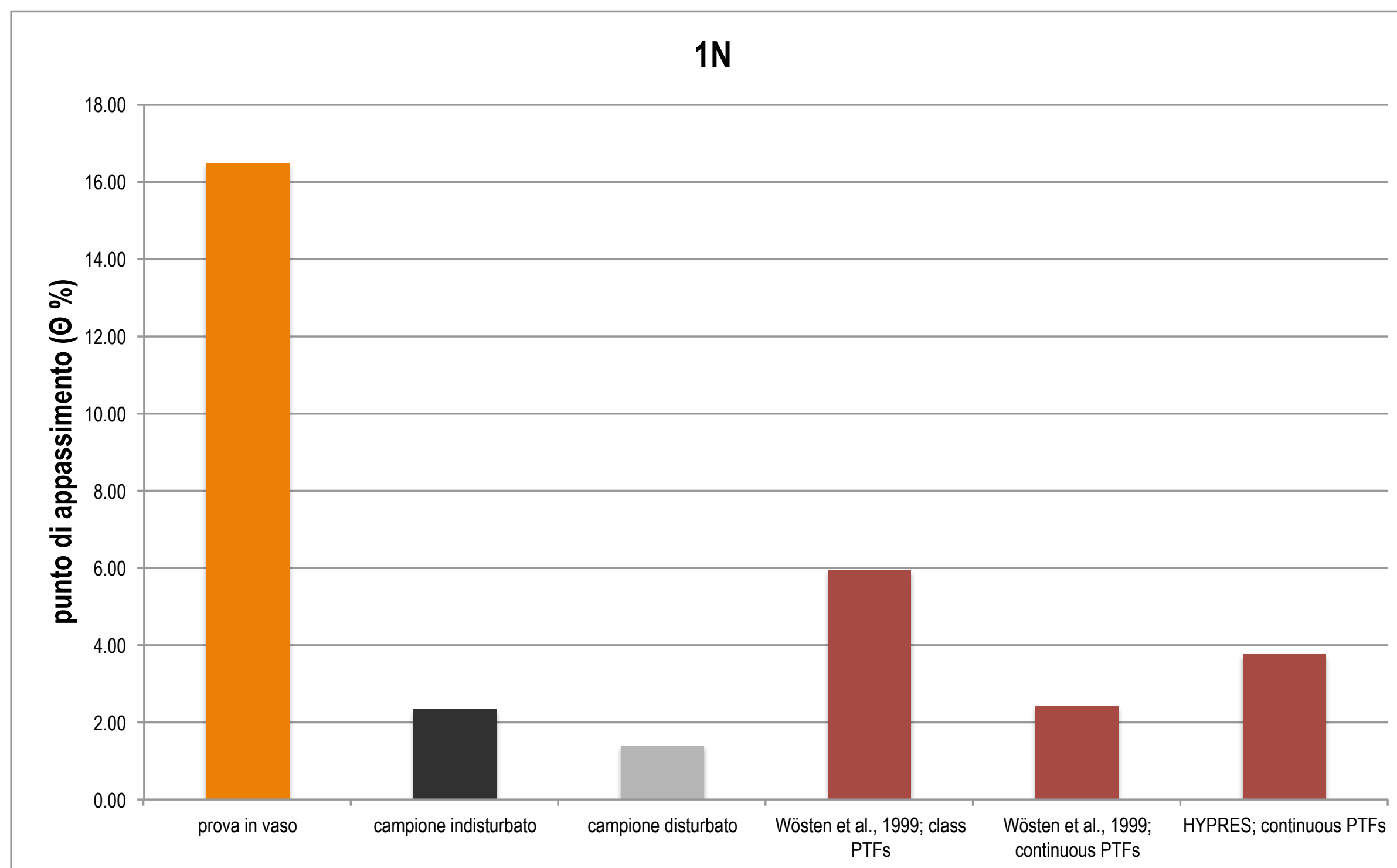
	acqua disponibile				
	piastre di Richards		pedofunzioni		
			Wösten et al., 1999		
	campioni indisturbati	campioni disturbati	class PTFs	continuous PTFs	HYPRES
1N	3.32	4.90	18.44	23.02	20.43
1R A-B	5.99	7.35	18.44	44.78	42.52
2N	12.08	18.14	13.94	16.61	16.33
2R A-B	6.42	9.05	13.94	29.82	28.66
3N	11.58	15.38	12.62	16.05	12.92
3R A-B	5.75	5.87	12.62	16.40	14.25

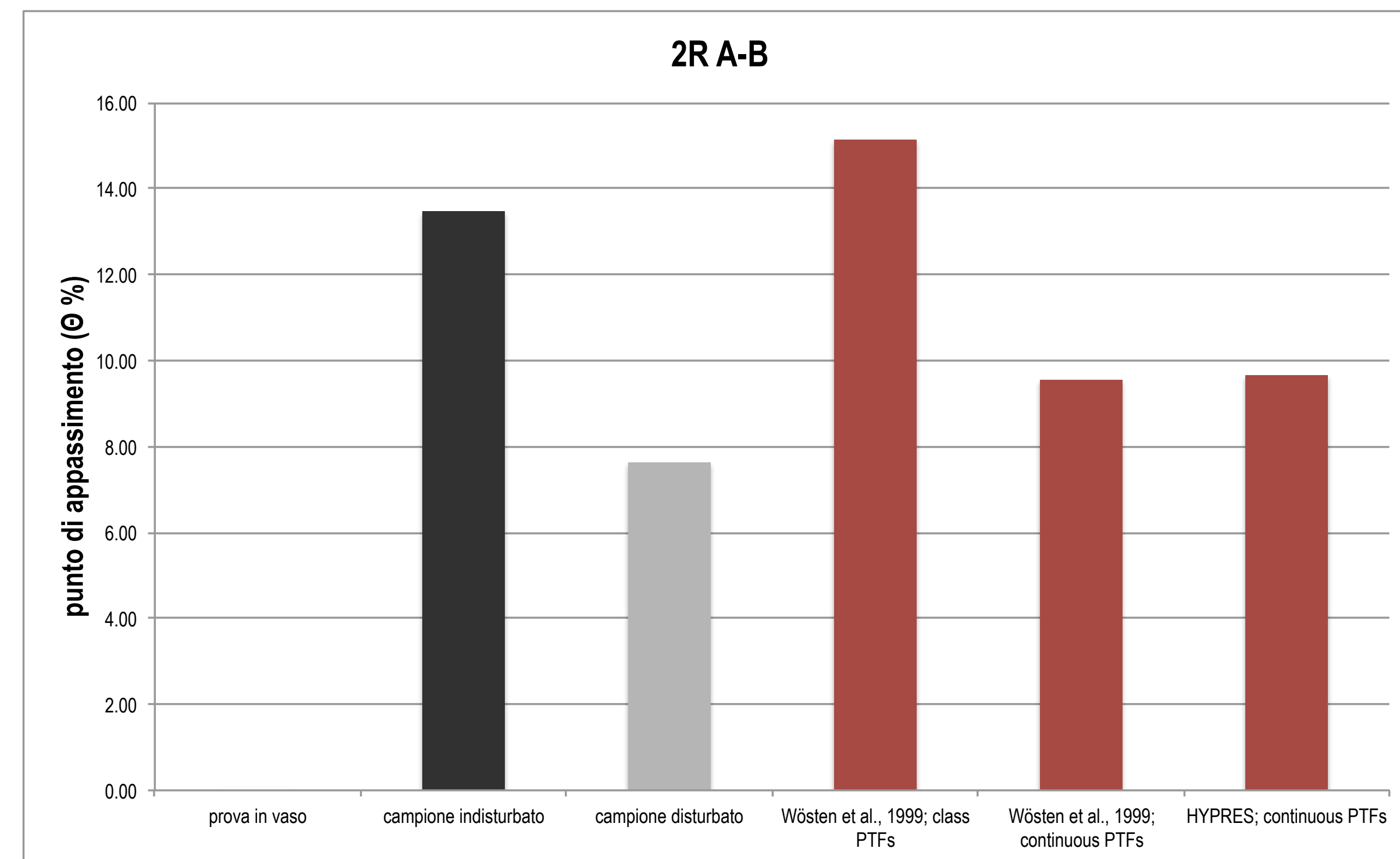
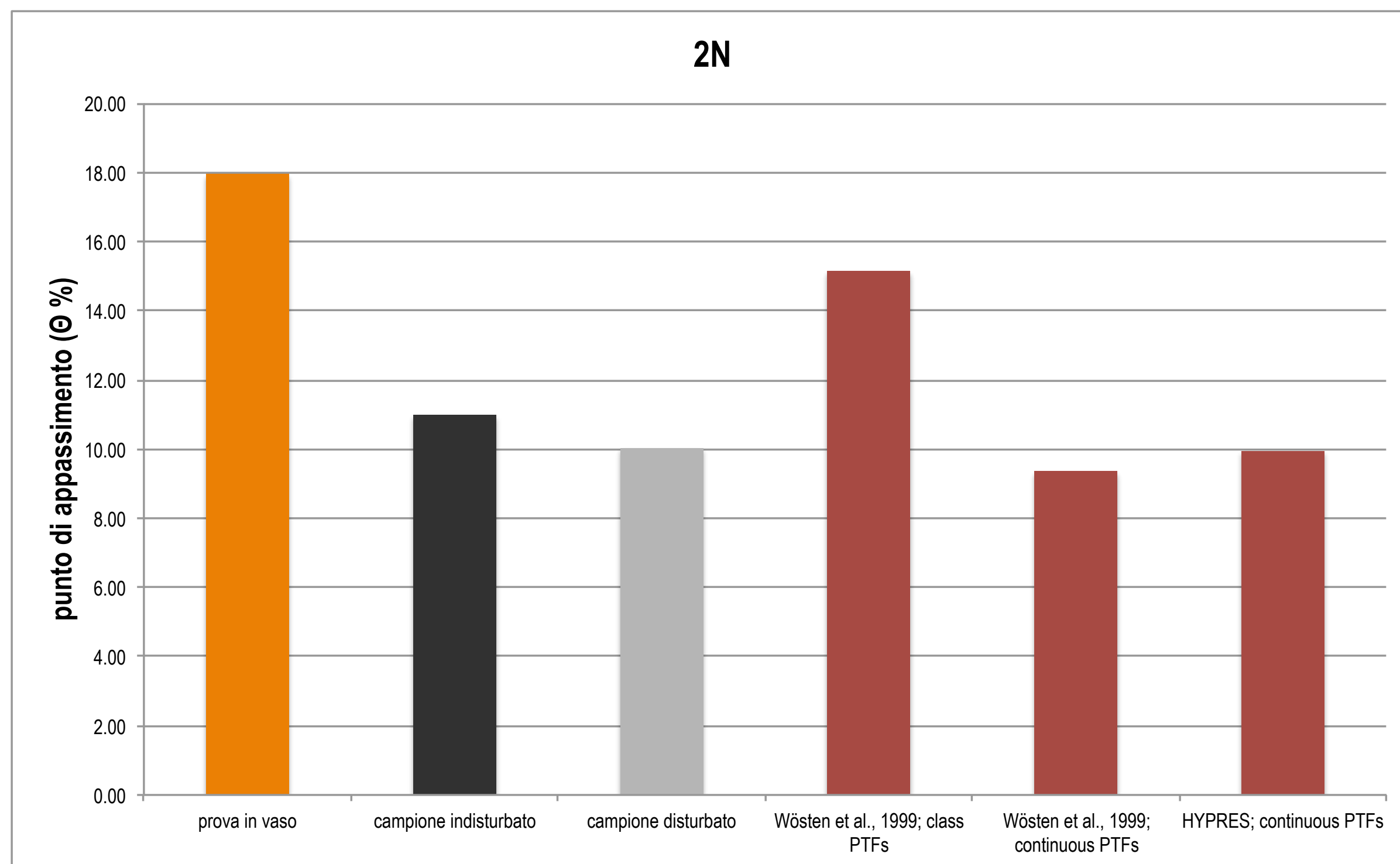


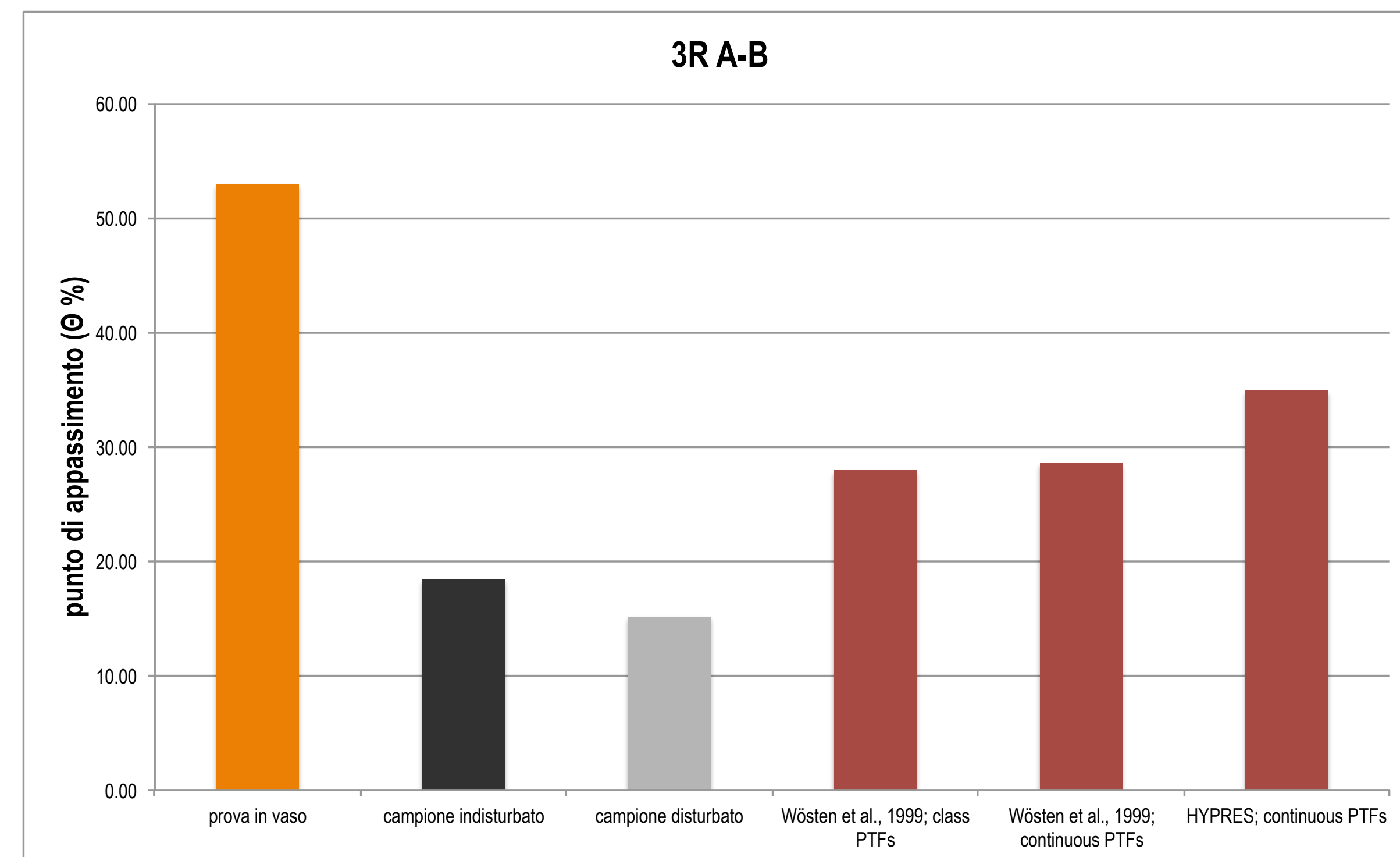
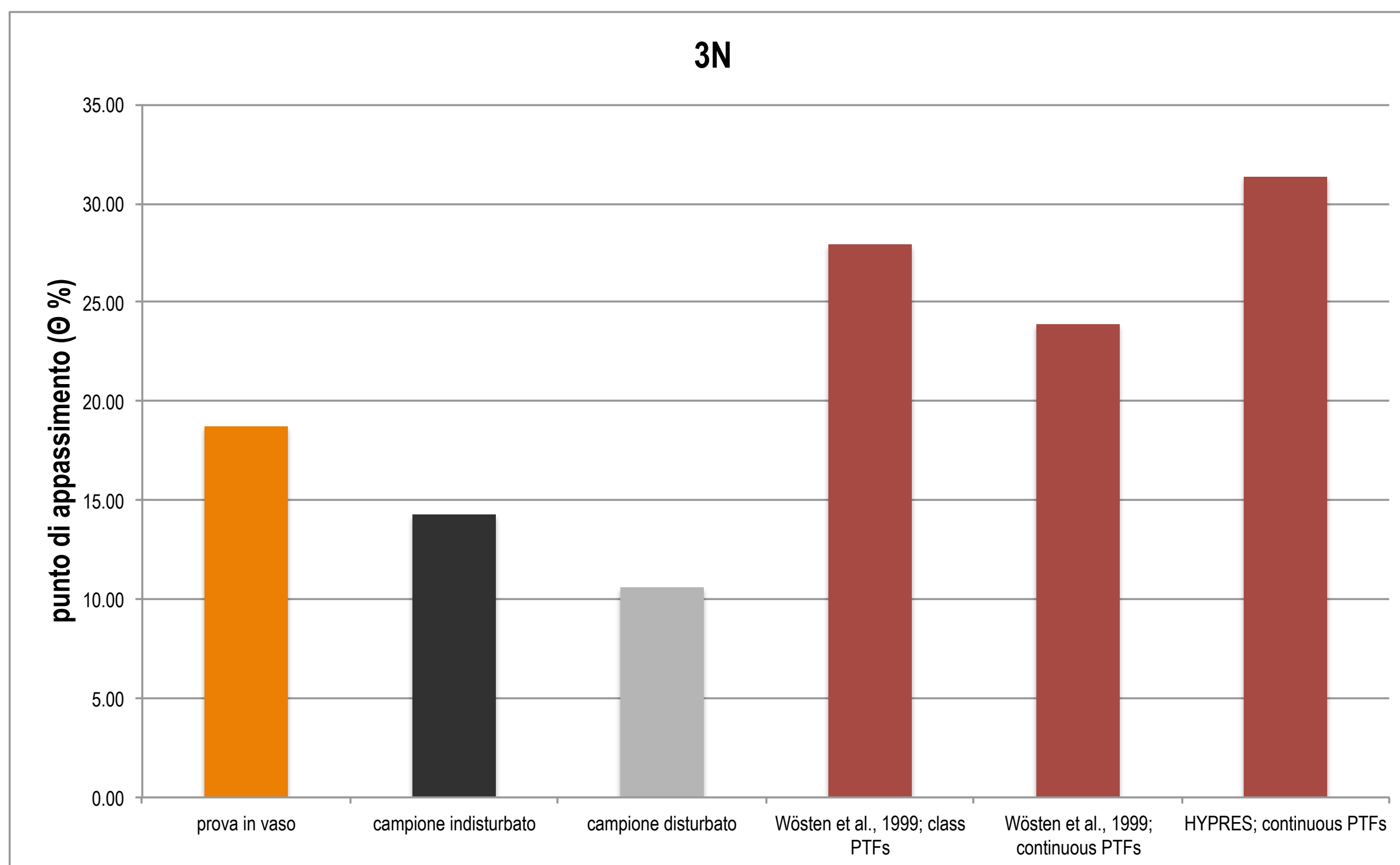
	RMSE (%) relativo a capacità di campo, punto di appassimento e acqua disponibile											
	1 A = 1N indist.	1 B = 1N dist.	2 A = 1R A-B indist.	2 B = 1R A-B dist.	3 A = 2N indist.	3 B = 2N dist.	4 A = 2R A-B indist.	4 B = 2R A-B dist.	5 A = 3N indist.	5 B = 3N dist.	6 A = 3R A-B indist.	6 B = 3R A-B dist.
Wösten et al., 1999; class PTFs	14	13	9	8	4	4	7	9	12	13	12	14
Wösten et al., 1999; continuous PTFs	16	15	29	30	3	2	18	18	10	11	15	17
HYPRES; continuous PTFs	15	14	28	28	3	2	17	17	15	16	18	20



Determinazione del **punto di appassimento in vaso** utilizzando piantine di girasole
Sono stati preparati 5 vasi per ogni tesi con un seme ciascuno.
Le piante sono state allevate fino al raggiungimento dei 20 cm di altezza, annaffiando regolarmente.
Al raggiungimento dei 20 cm il vaso è stato chiuso e si è interrotta la somministrazione di acqua. Alla cessazione delle funzioni vitali della pianta è stato determinato il peso secco del suolo per calcolare l'umidità al punto di appassimento.









NEW LIFE

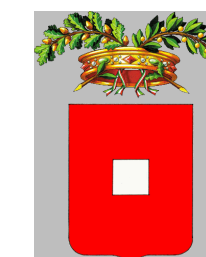
STUDI SUI SUOLI IN PIENO CAMPO

analisi chimico fisiche



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

I° Convegno: Miglioramento del suolo. 19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia





Esiti delle analisi fisiche



NEW LIFE

	sabbia	limo	argilla	densità apparente	densità reale	porosità
	%	%	%	gcm ⁻³	gcm ⁻³	%
suolo naturale	40.3	44.7	15.0	1.86	2.29	19
	31.7	52.3	16.0	1.53	2.41	37
	34.4	52.6	13.0	1.54	2.56	40
media	35.5	49.8	14.7	1.64	2.42	32
deviazione standard	4.4	4.4	1.5	0.2	0.1	11
suolo ricostituito	20.3	62.2	17.5	1.15	2.08	45
	39.5	57.8	2.7	1.11	2.10	47
	37.4	43.2	19.5	0.99	2.26	56
	34.8	61.9	3.3	1.08	2.12	49
media	33.0	56.3	10.7	1.08	2.14	49
deviazione standard	8.6	8.9	8.9	0.1	0.1	4



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

I° Convegno: Miglioramento del suolo.19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia



Esiti delle analisi chimiche

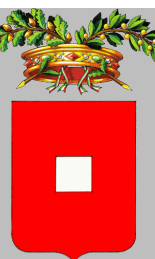


NEW LIFE

	pH	CaCO ₃ gkg ⁻¹	carbonio totale gkg ⁻¹	carbonio organico gkg ⁻¹	sostanza organica gkg ⁻¹	azoto totale gkg ⁻¹	C/N	salinità dSm ⁻¹
suolo naturale	8.1	213.57	38.00	12.89	22.22	2.30	5.6	0.32
	8.2	174.52	33.70	11.80	20.34	1.60	7.4	0.21
	8.0	218.15	34.80	11.73	20.22	1.70	6.9	0.24
media	8.10	202.08	35.50	12.14	20.93	1.87	6.6	0.26
deviazione standard	0.08	23.98	2.23	0.65	1.12	0.38	0.9	0.1
suolo ricostituito	7.7	114.99	58.00	44.75	77.15	4.50	9.9	0.36
	8.0	221.17	78.40	44.37	76.49	3.50	12.7	0.71
	7.9	211.36	73.20	48.34	83.34	3.90	12.4	0.91
	8.0	173.13	58.70	38.16	65.79	3.80	10.0	1.23
media	7.91	180.16	67.08	43.90	75.69	3.93	11.2	0.80
deviazione standard	0.13	48.14	10.30	4.23	7.29	0.42	1.5	0.4



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore



Contenuto volumetrico di acqua (θ %) ai diversi valori di suzione e acqua disponibile



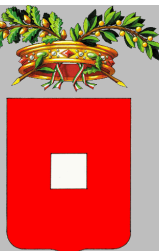
NEW LIFE

campione	suzione (-kPa)			acqua disponibile
	0.1	31	1500	
suolo naturale	44.60	36.09	31.29	4.79
	48.31	35.94	30.19	5.75
	49.99	34.06	29.24	4.83
media	47.64	35.36	30.24	5.12
deviazione standard	2.8	1.1	1.0	0.5
suolo ricostituito	60.72	46.78	40.45	6.33
	71.42	33.87	26.00	7.87
	74.69	39.51	32.79	6.72
	71.51	40.07	33.17	6.90
media	69.58	40.06	33.10	6.96
deviazione standard	6.1	5.3	5.9	0.7



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

I° Convegno: Miglioramento del suolo. 19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia





NEW LIFE

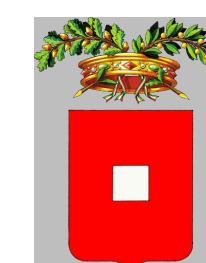
STUDI SUI SUOLI IN PIENO CAMPO

prove agronomiche su mais



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

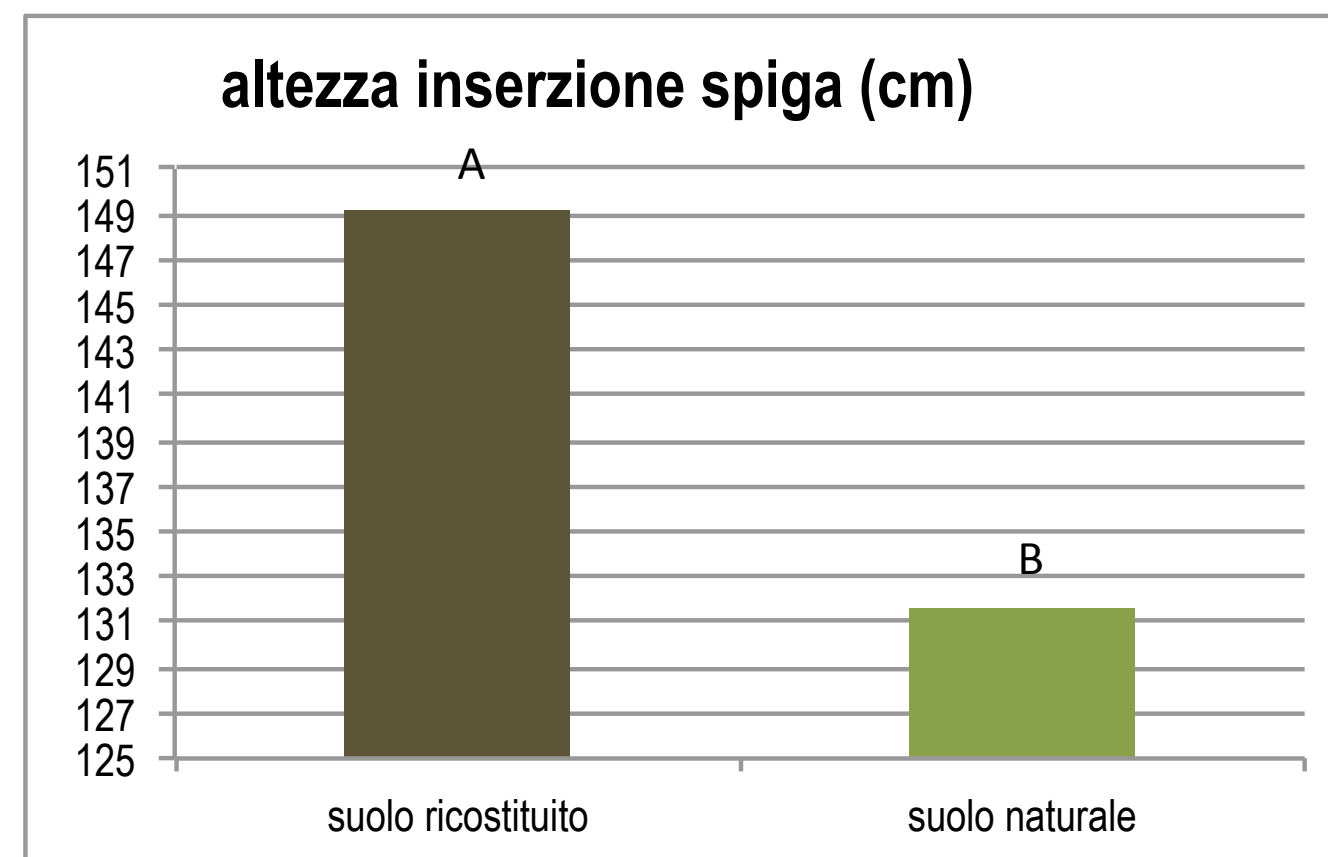
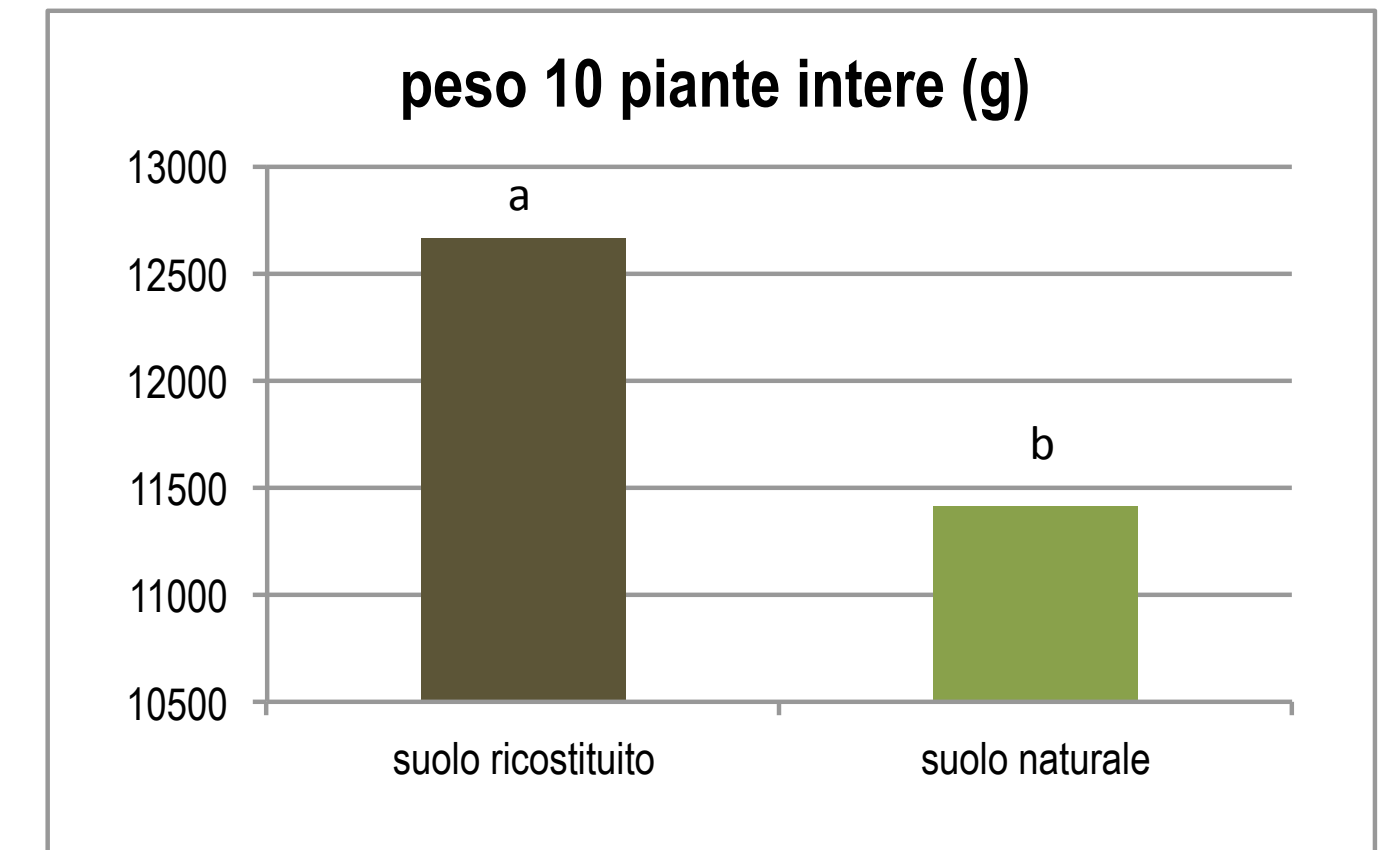
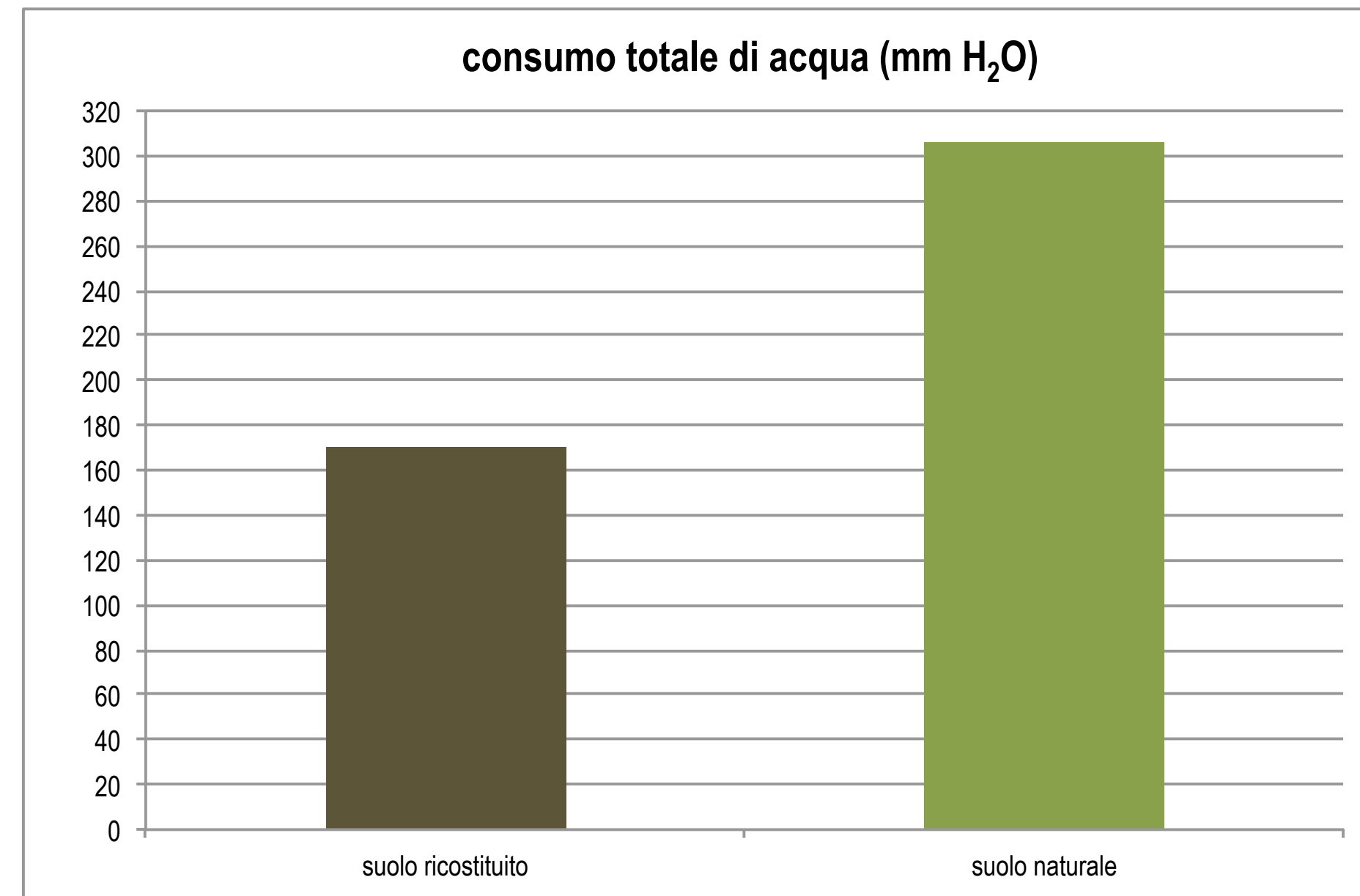
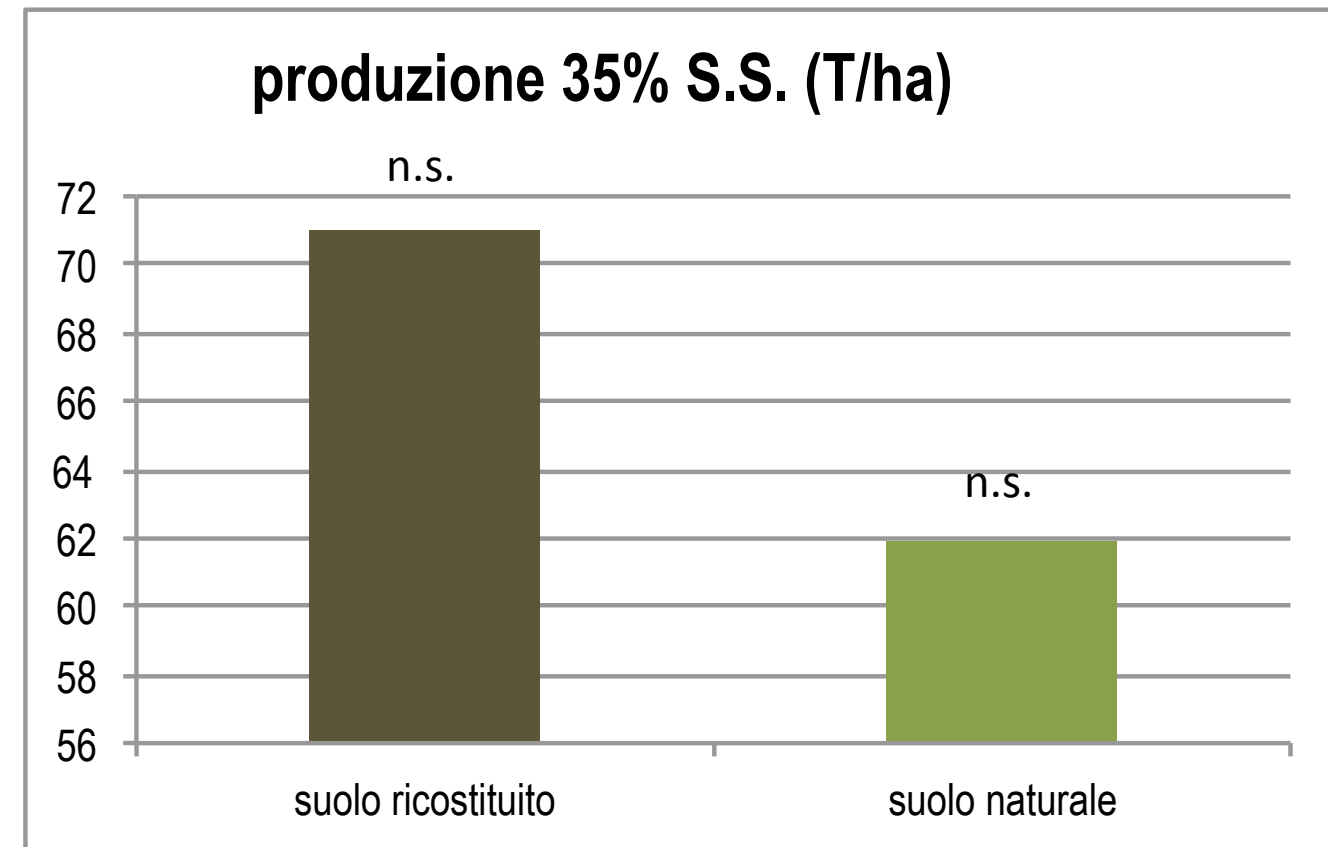
I° Convegno: Miglioramento del suolo. 19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia



prova risparmio idrico

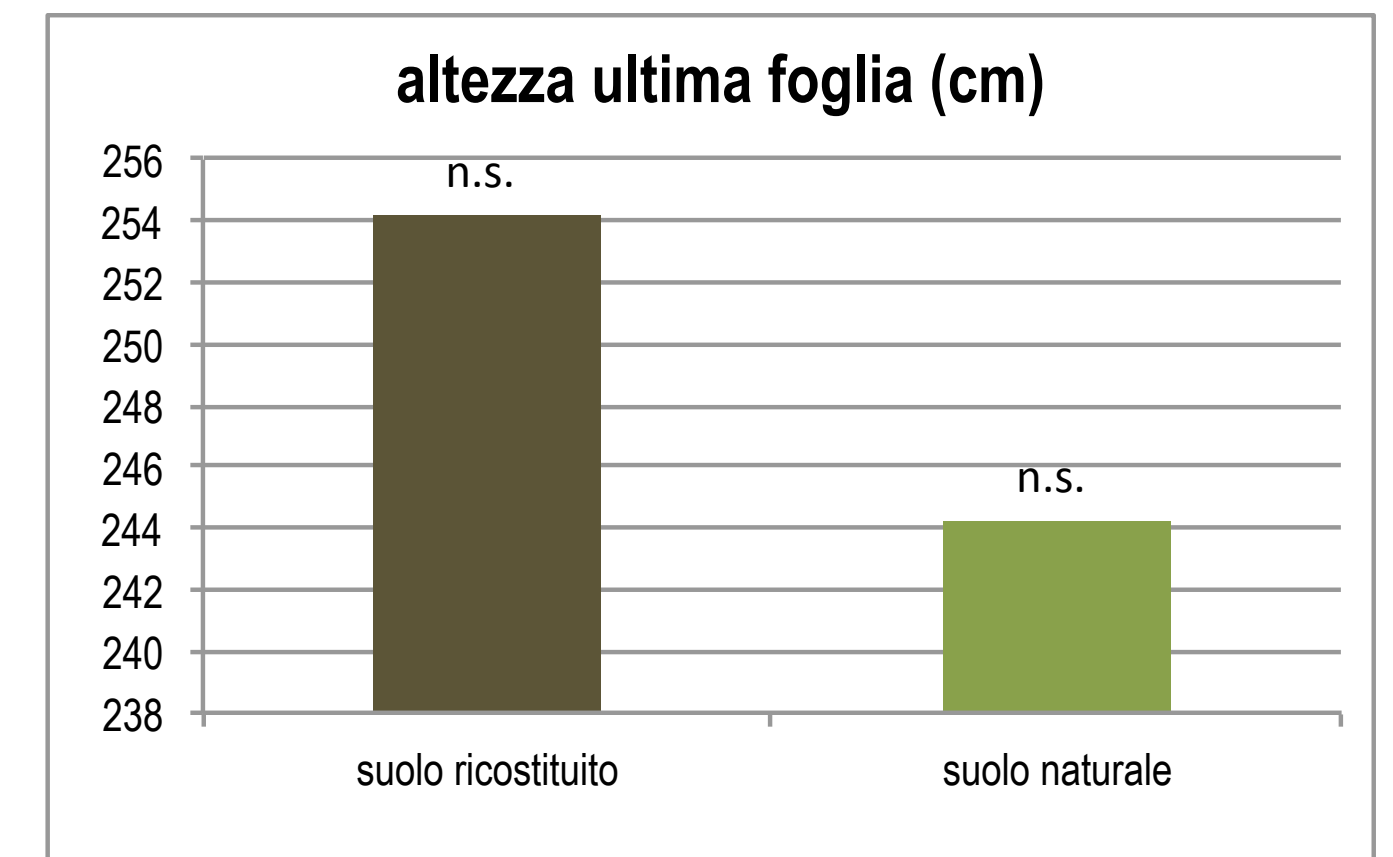


NEW LIFE



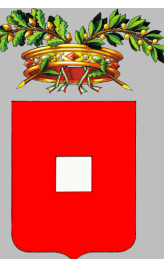
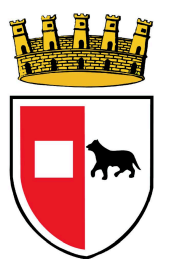
45 % di acqua in meno nel suolo ricostituito

Esiti statistici: lettere diverse indicano differenza statistica a. b indicano differenza statistica test LSD: $p \leq 0.05$; A, B $p \leq 0.01$; n.s. non significativo.



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

I° Convegno: Miglioramento del suolo.19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia

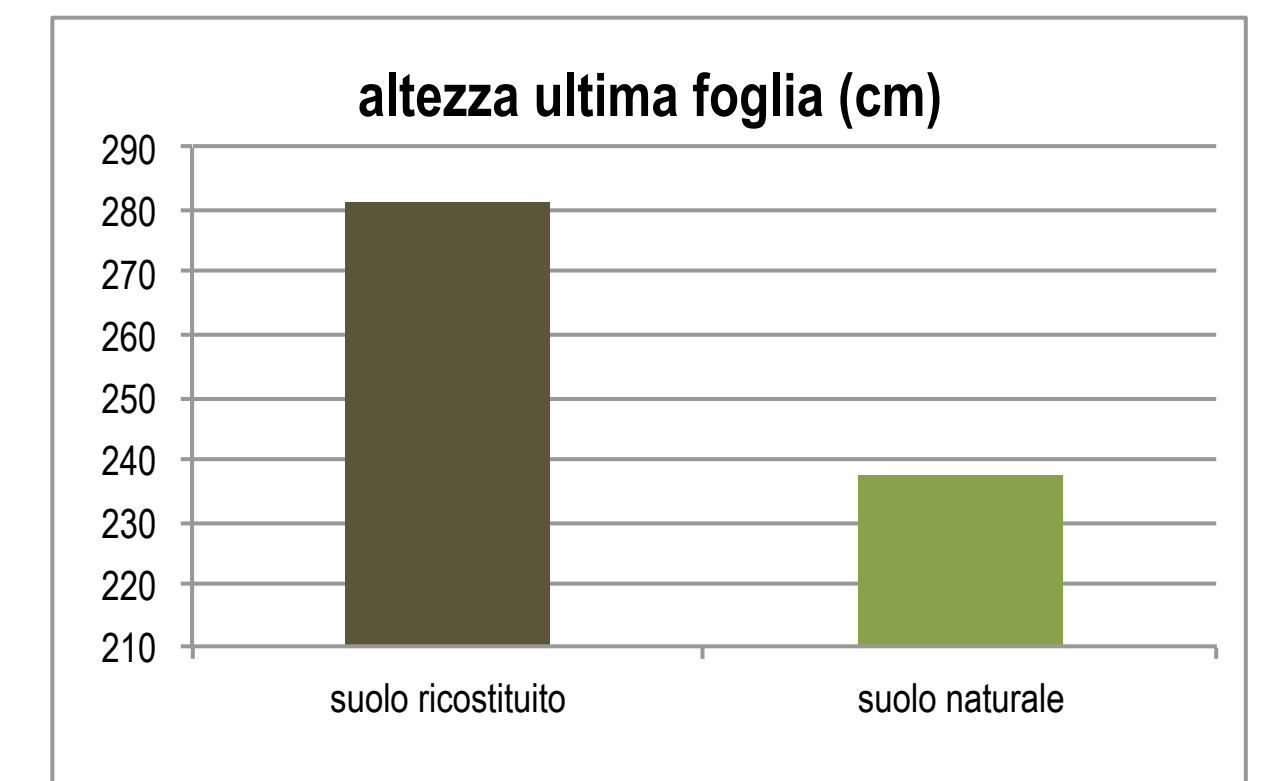
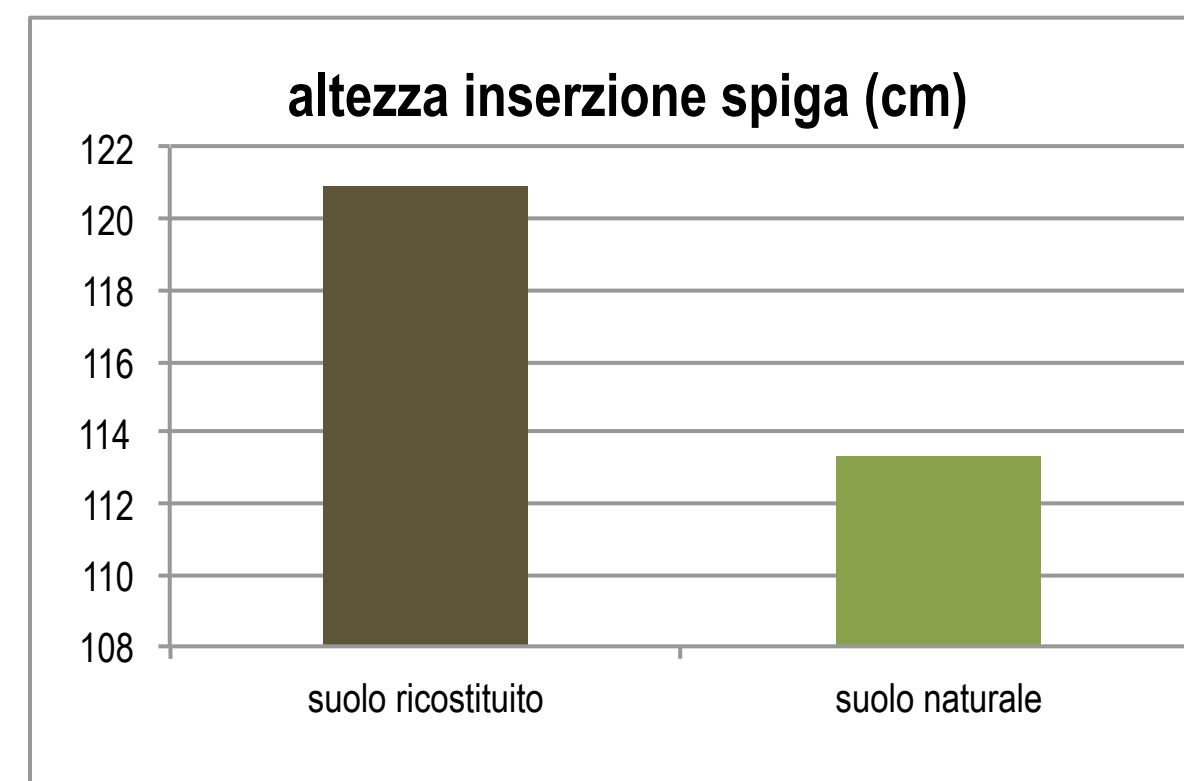
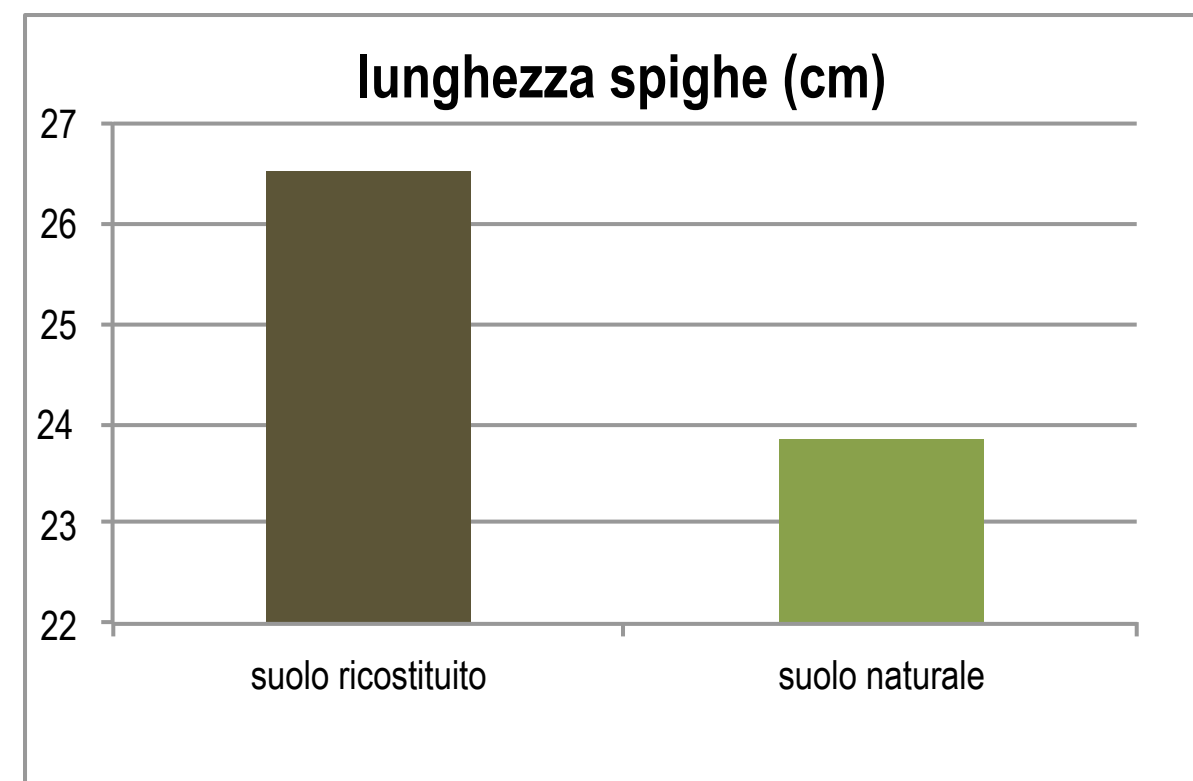
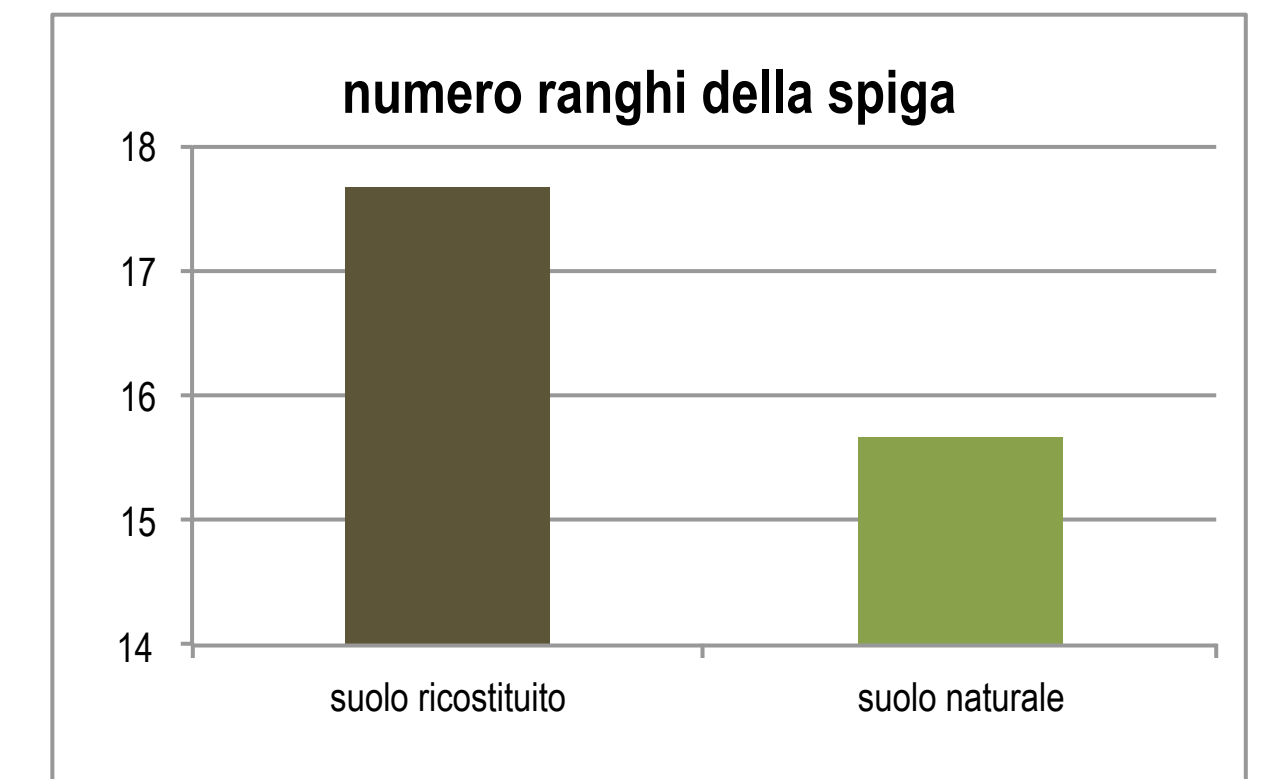
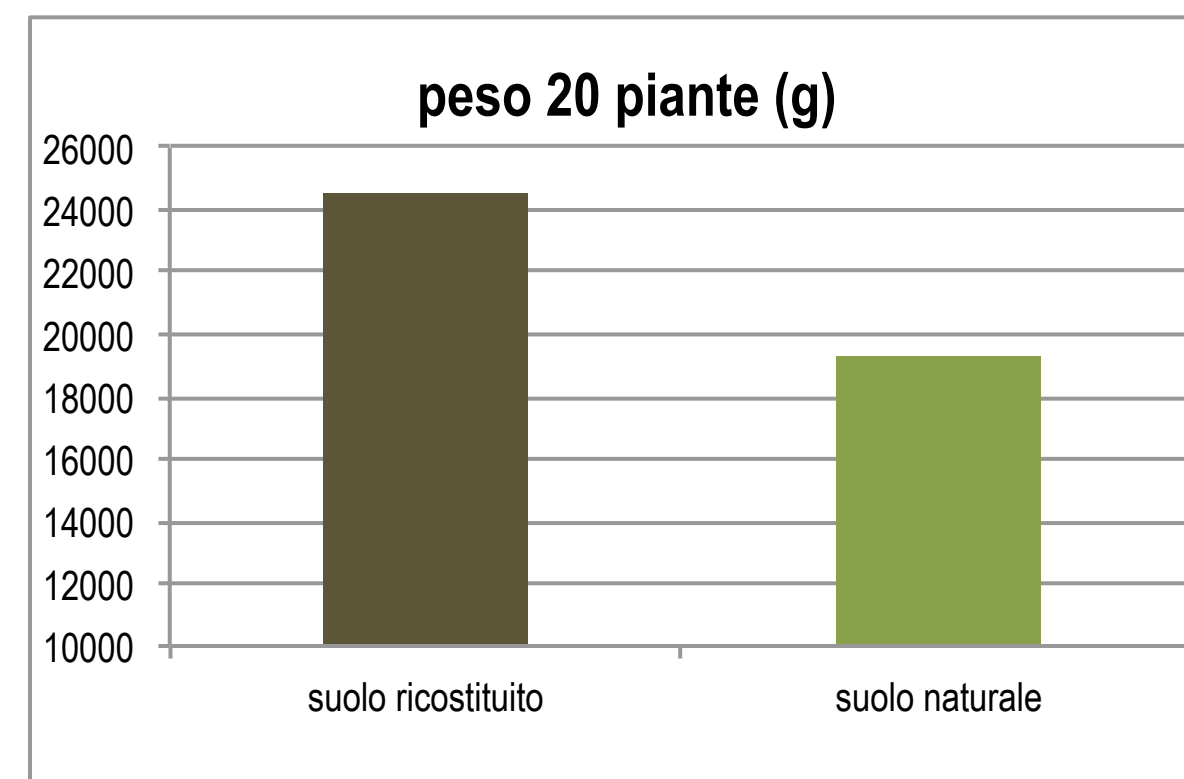
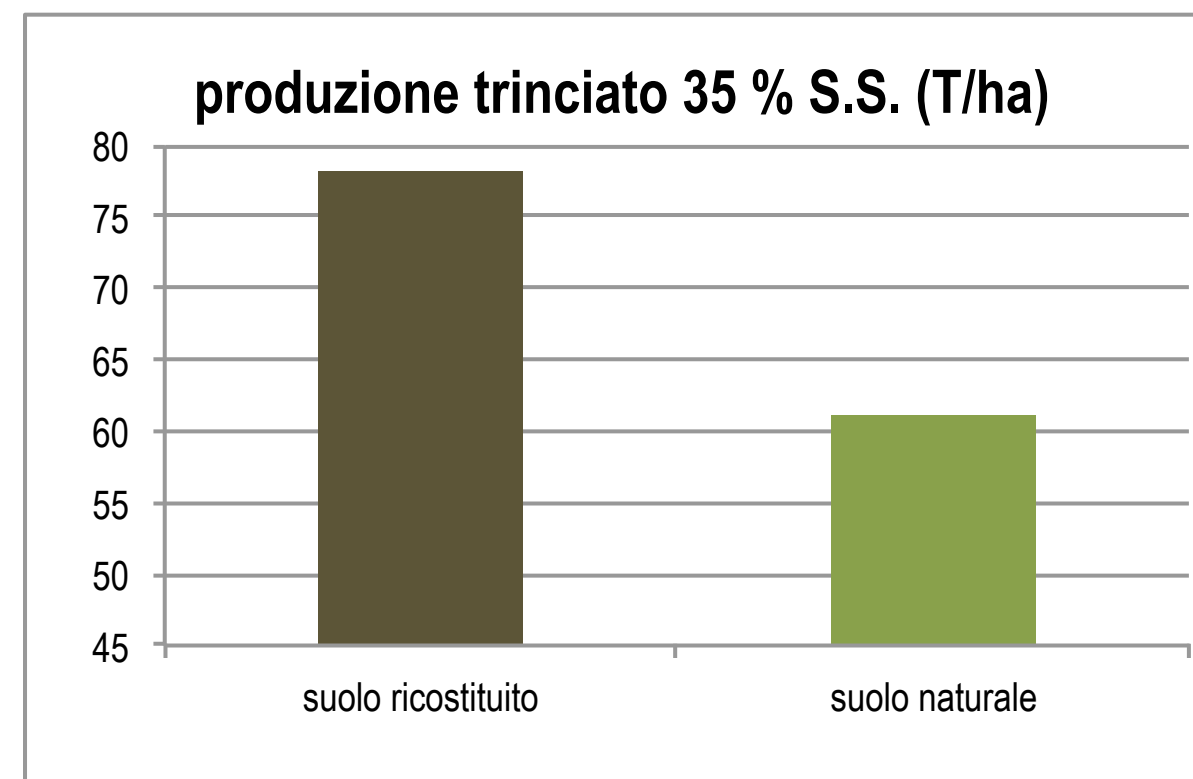
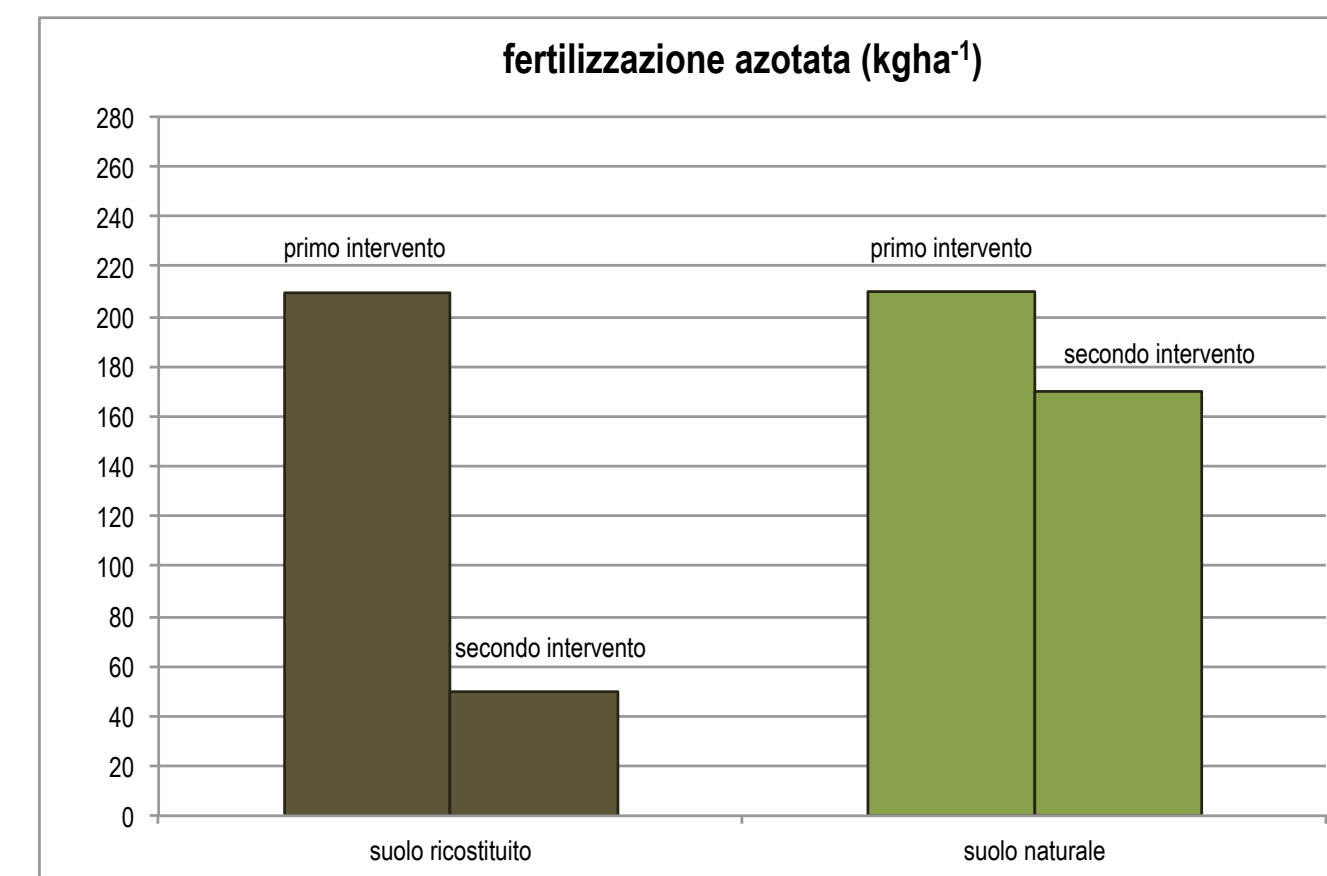


prova risparmio fertilizzazione azotata

- primo intervento stessa concimazione azotata;
- secondo riduzione di circa 1/3 nel suolo ricostituito.



NEW LIFE



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

I° Convegno: Miglioramento del suolo. 19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia



spiga suolo
ricostituito

spiga suolo
naturale



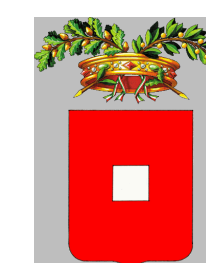
NEW LIFE

STUDI SUI SUOLI IN PIENO CAMPO andamenti termici

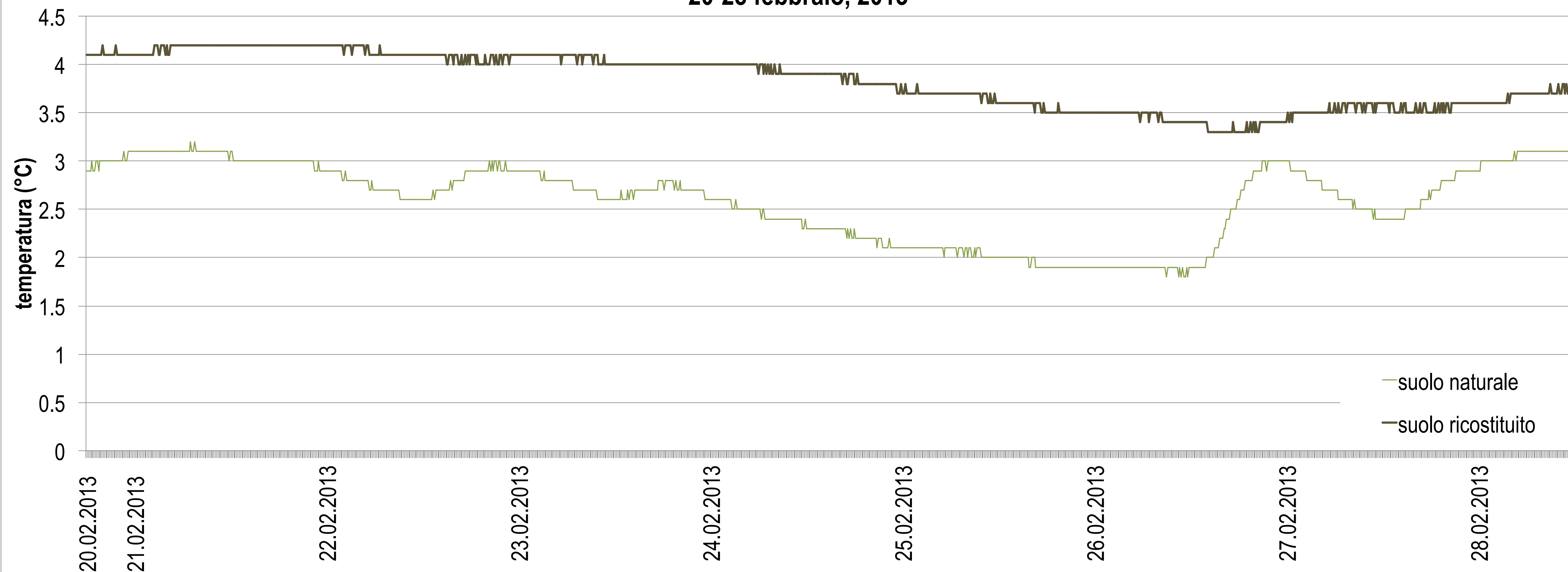


UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

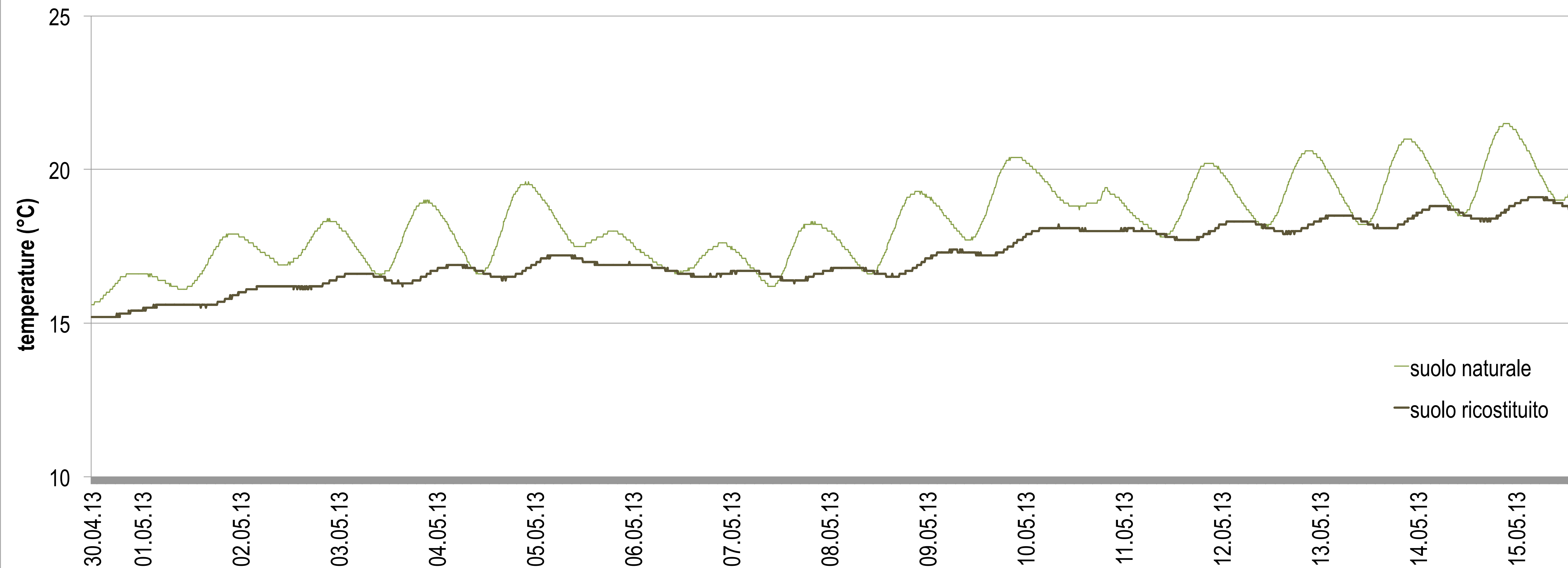
I° Convegno: Miglioramento del suolo. 19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia

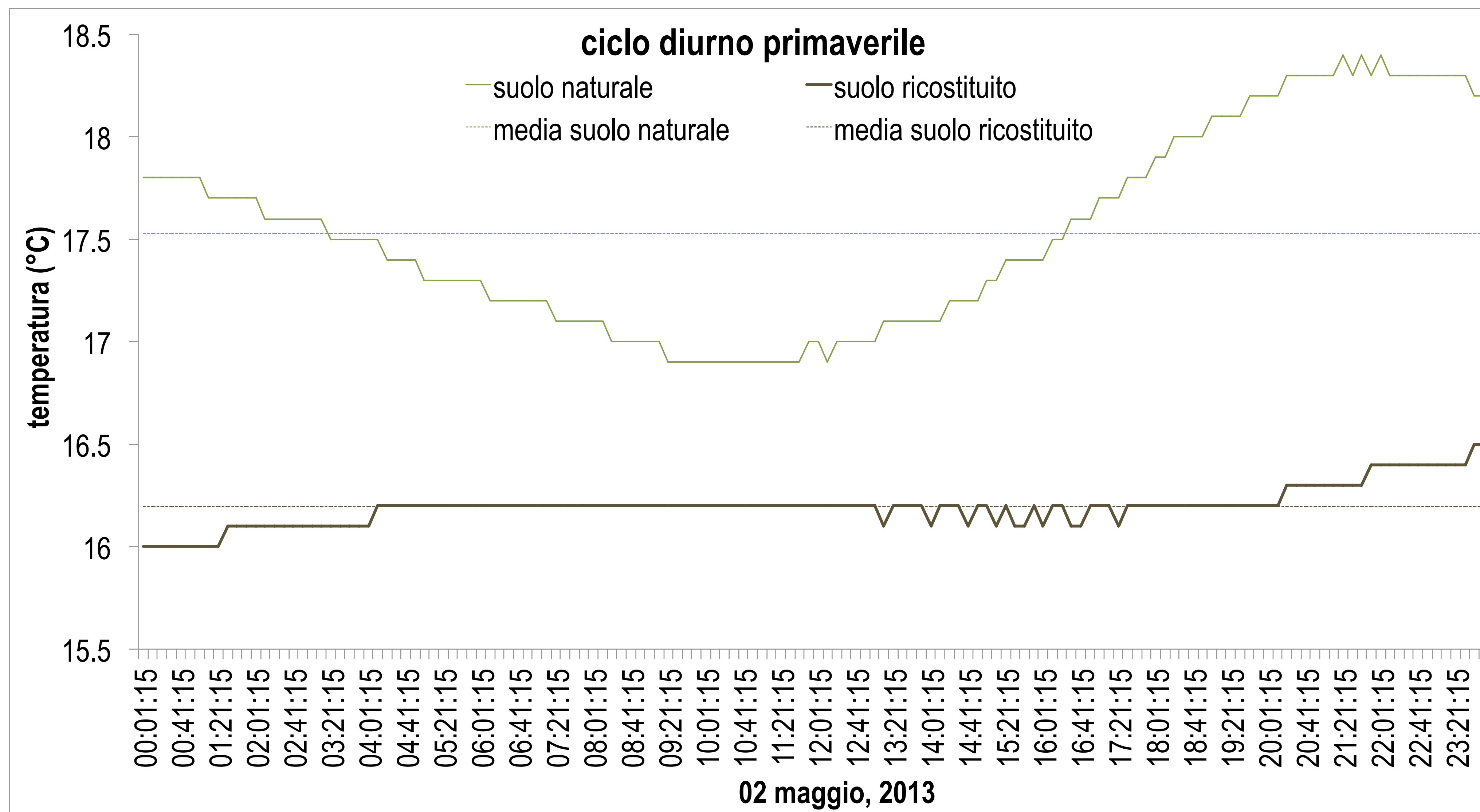


20-28 febbraio, 2013

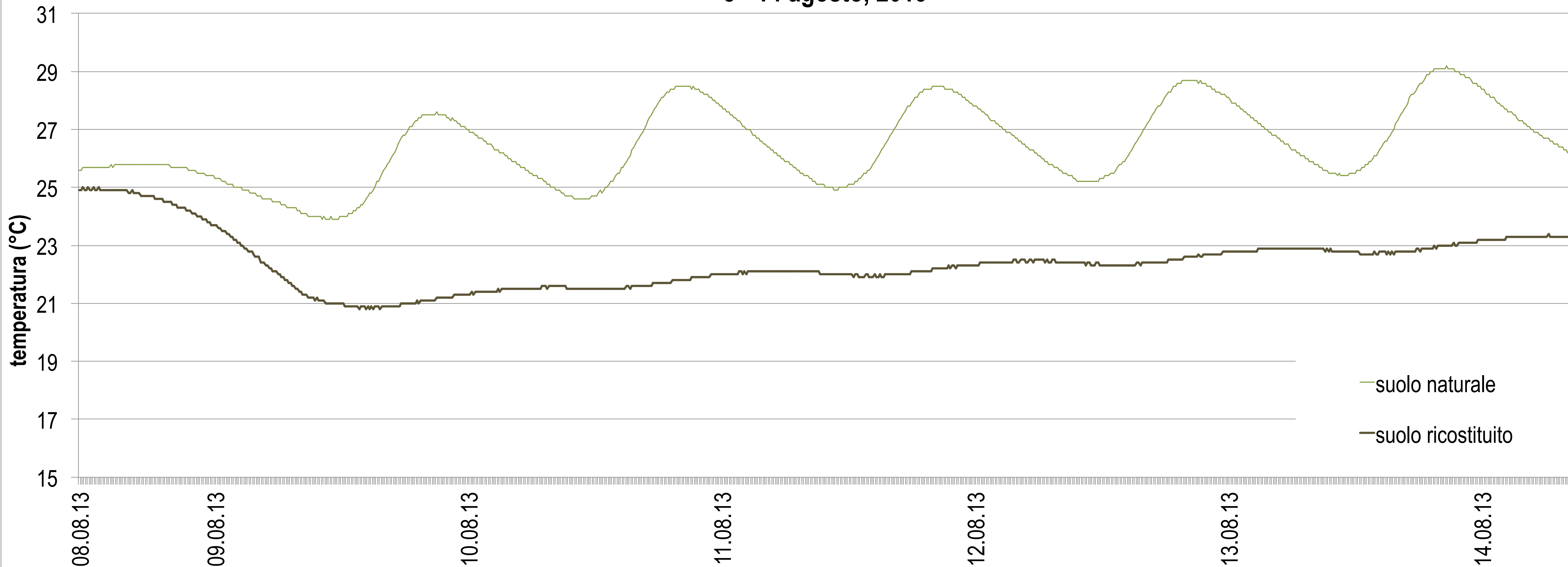


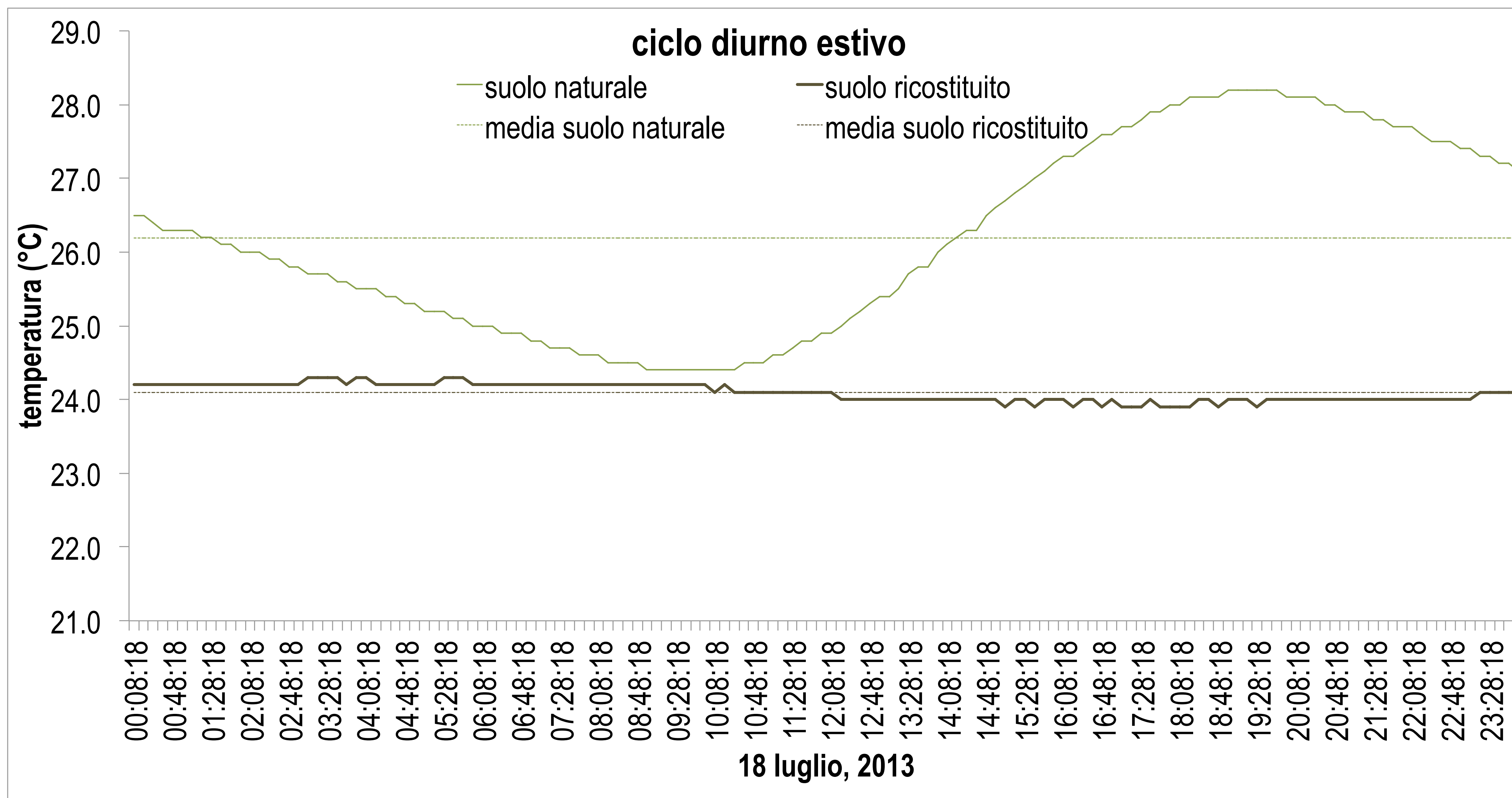
30 aprile - 15 maggio, 2013



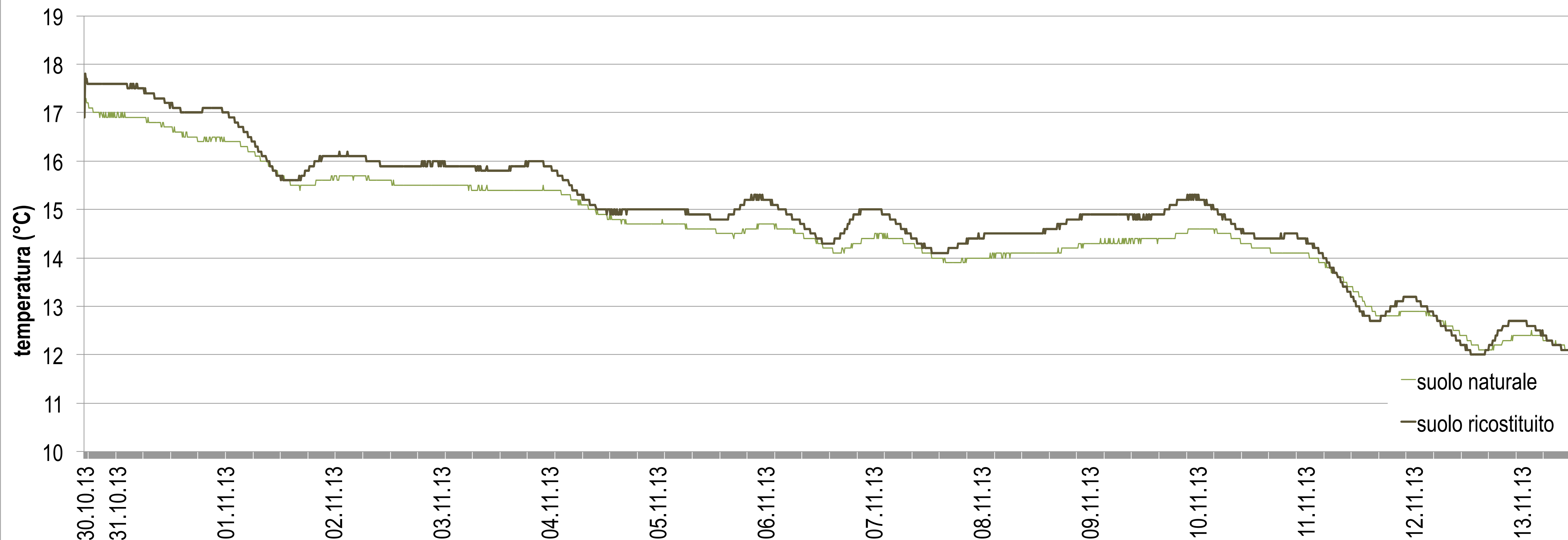


8 - 14 agosto, 2013

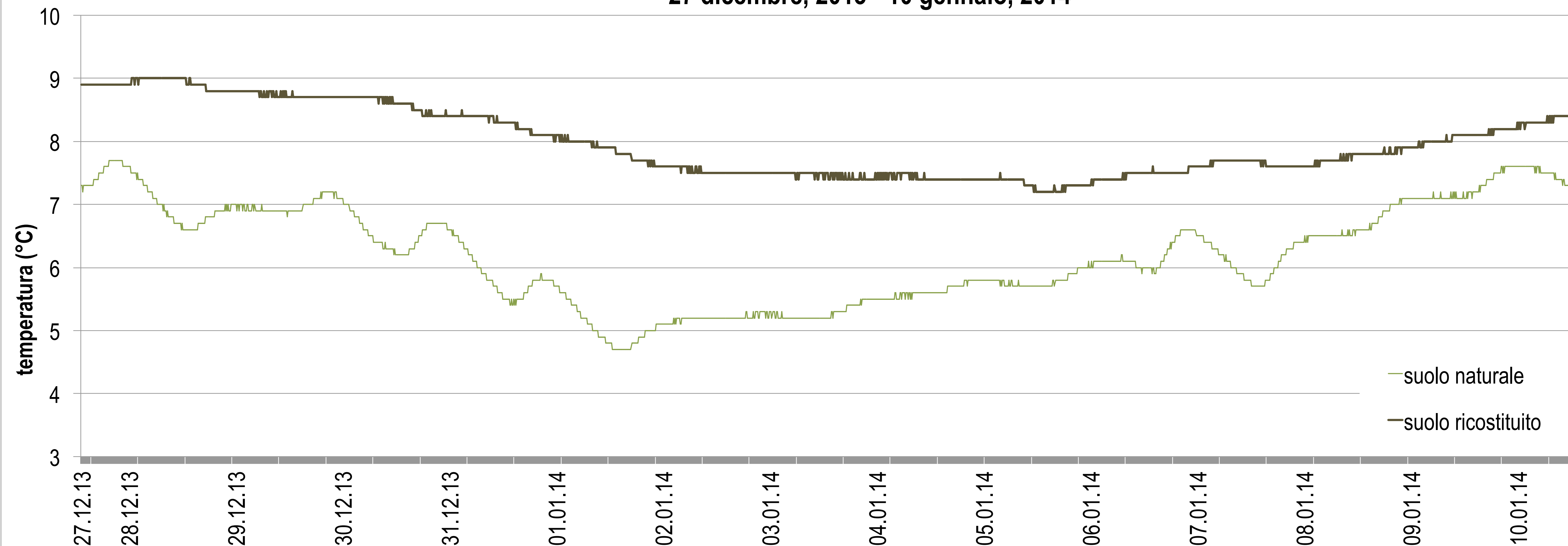


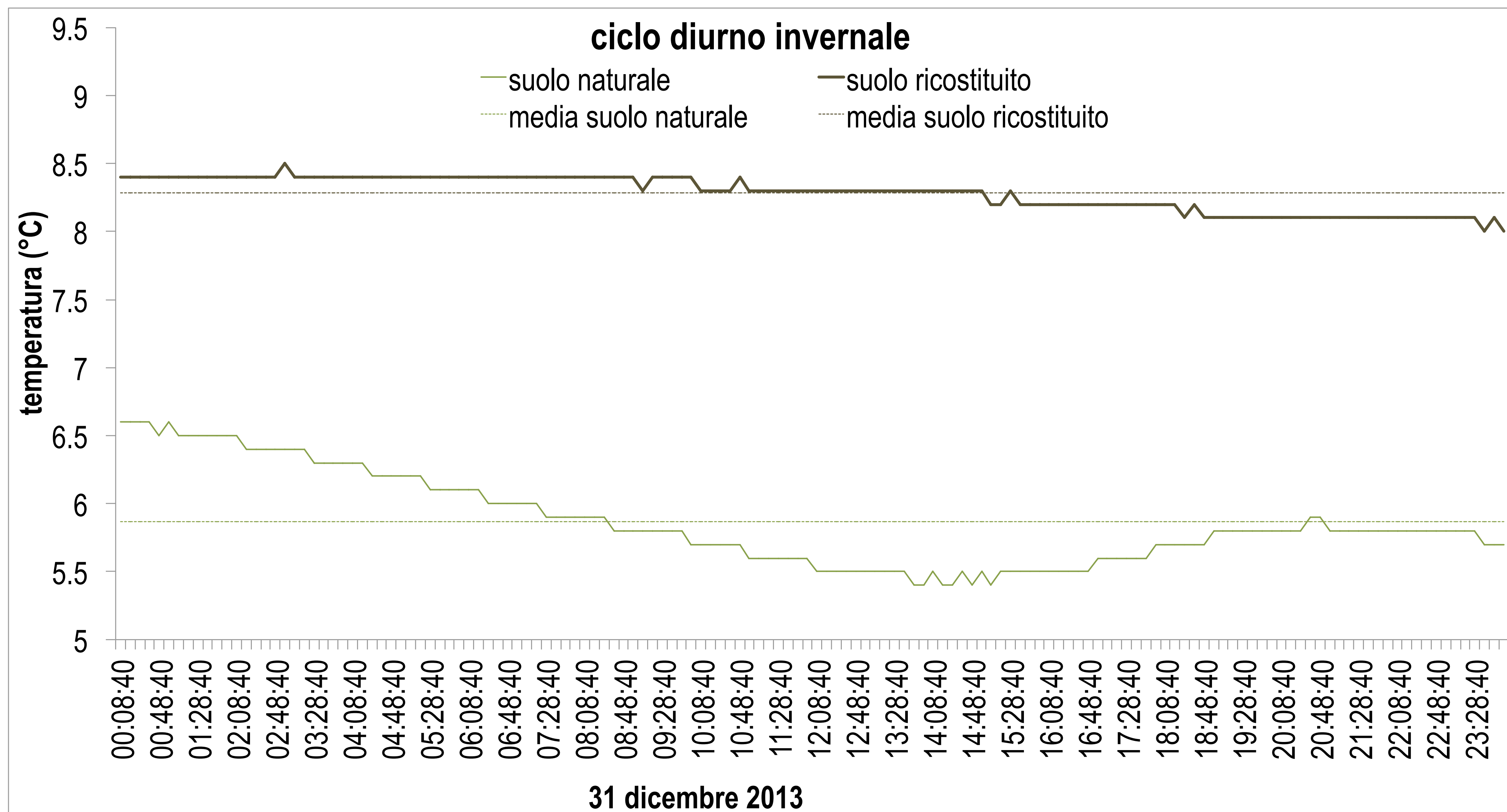


30 ottobre - 13 novembre, 2013



27 dicembre, 2013 - 10 gennaio, 2014







NEW LIFE

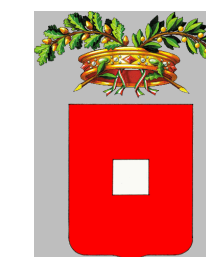
STUDI SUI SUOLI IN VASO

prova agronomica su pomodoro



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

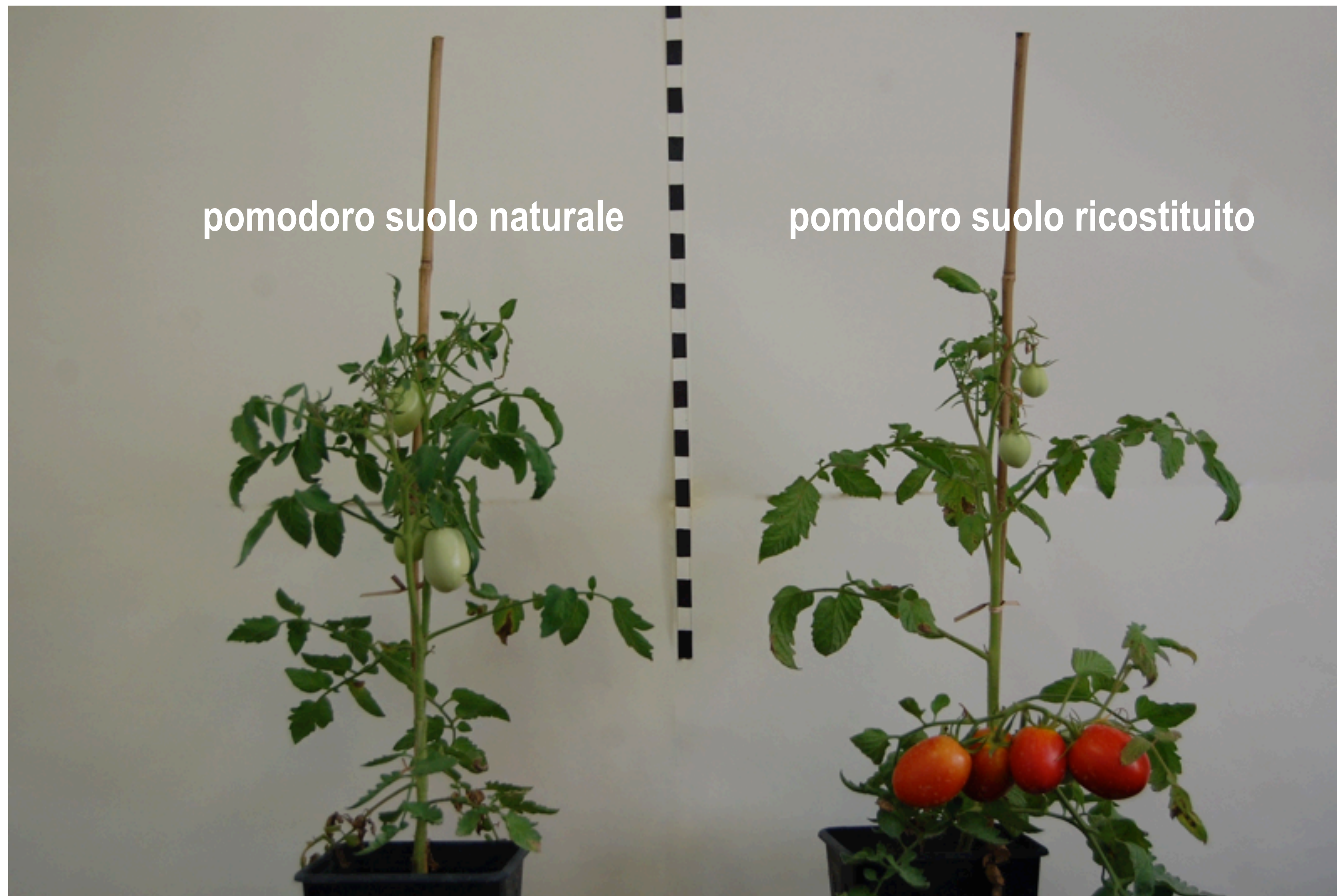
I° Convegno: Miglioramento del suolo. 19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia



pomodoro a 79 giorni dal trapianto

pomodoro suolo naturale

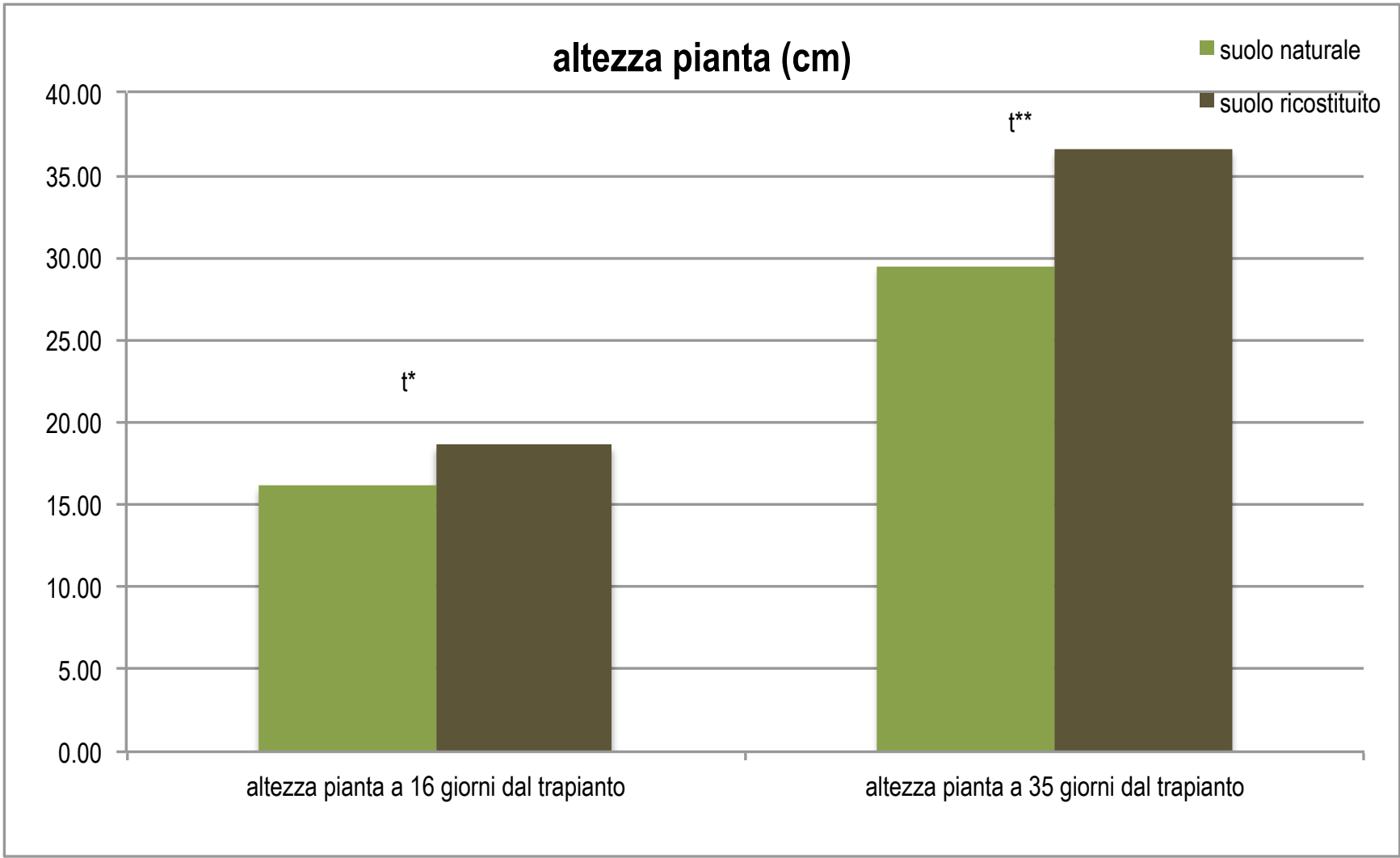
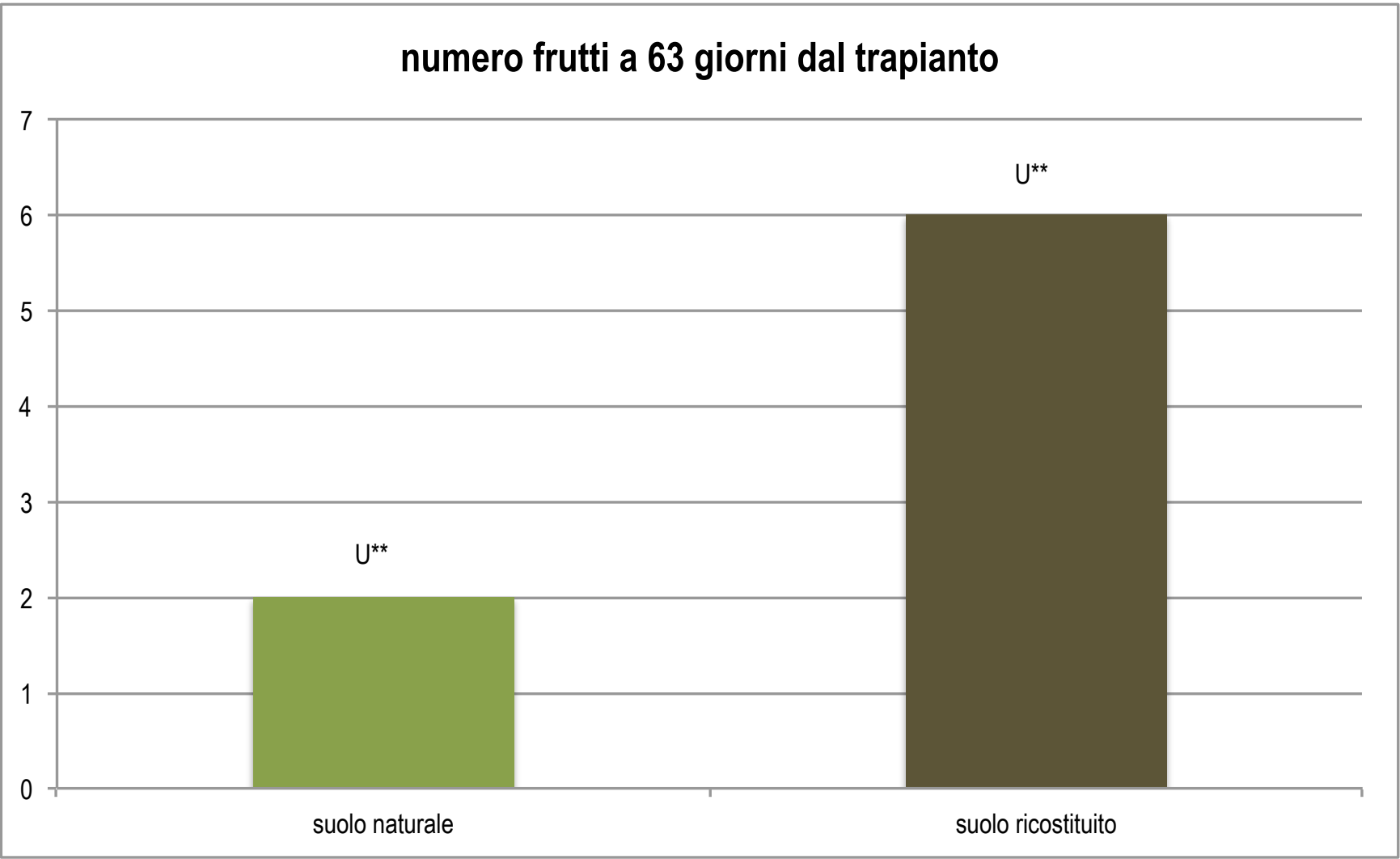
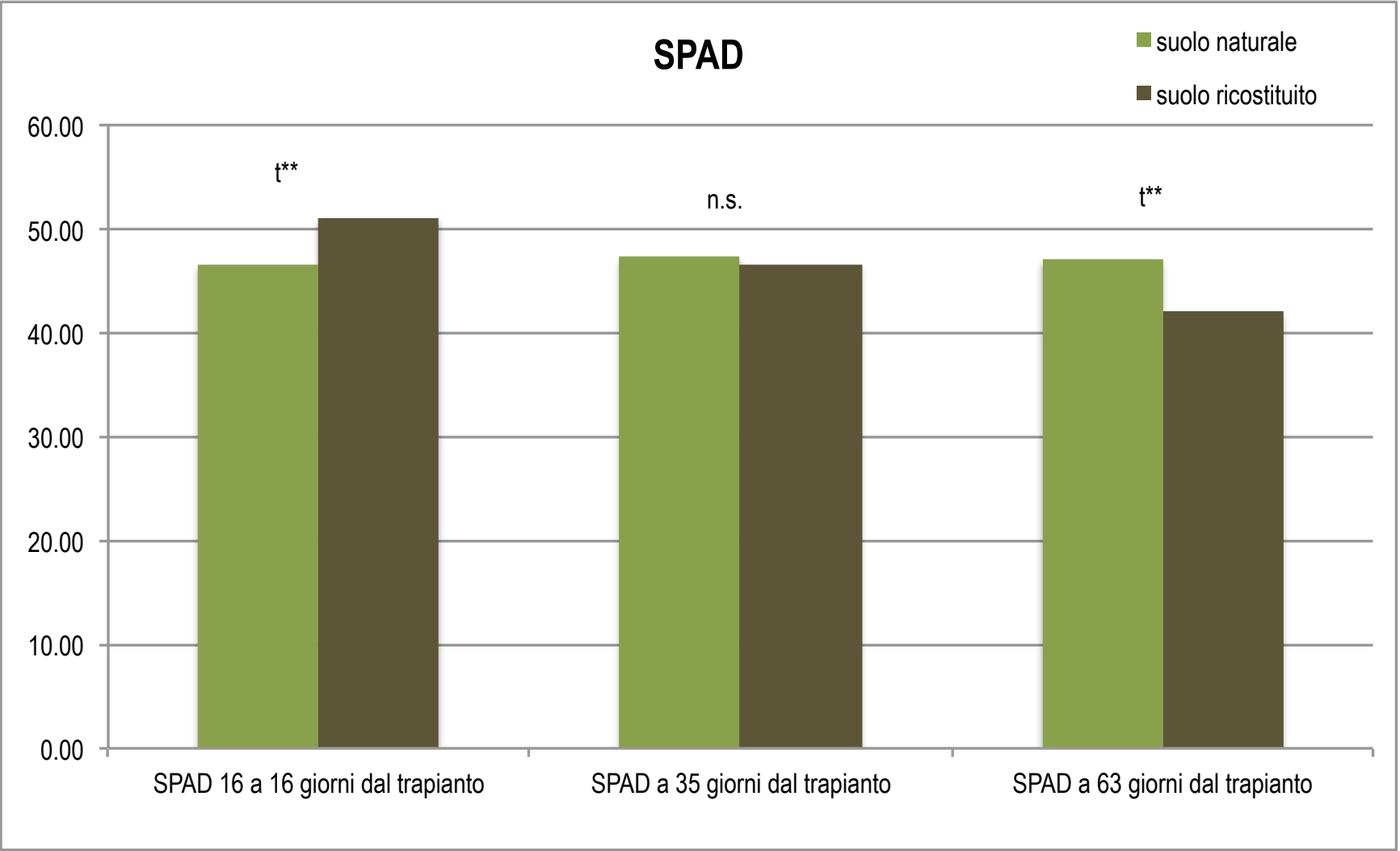
pomodoro suolo ricostituito



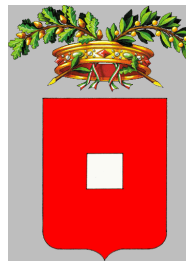
SPAD, altezza pianta, numero frutti, media dal trapianto. ^t, ^U, * indicano differenza statistica: ^t t test: Levene; ^U U test: Mann-Whitney test; * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; n.s. non significativo.



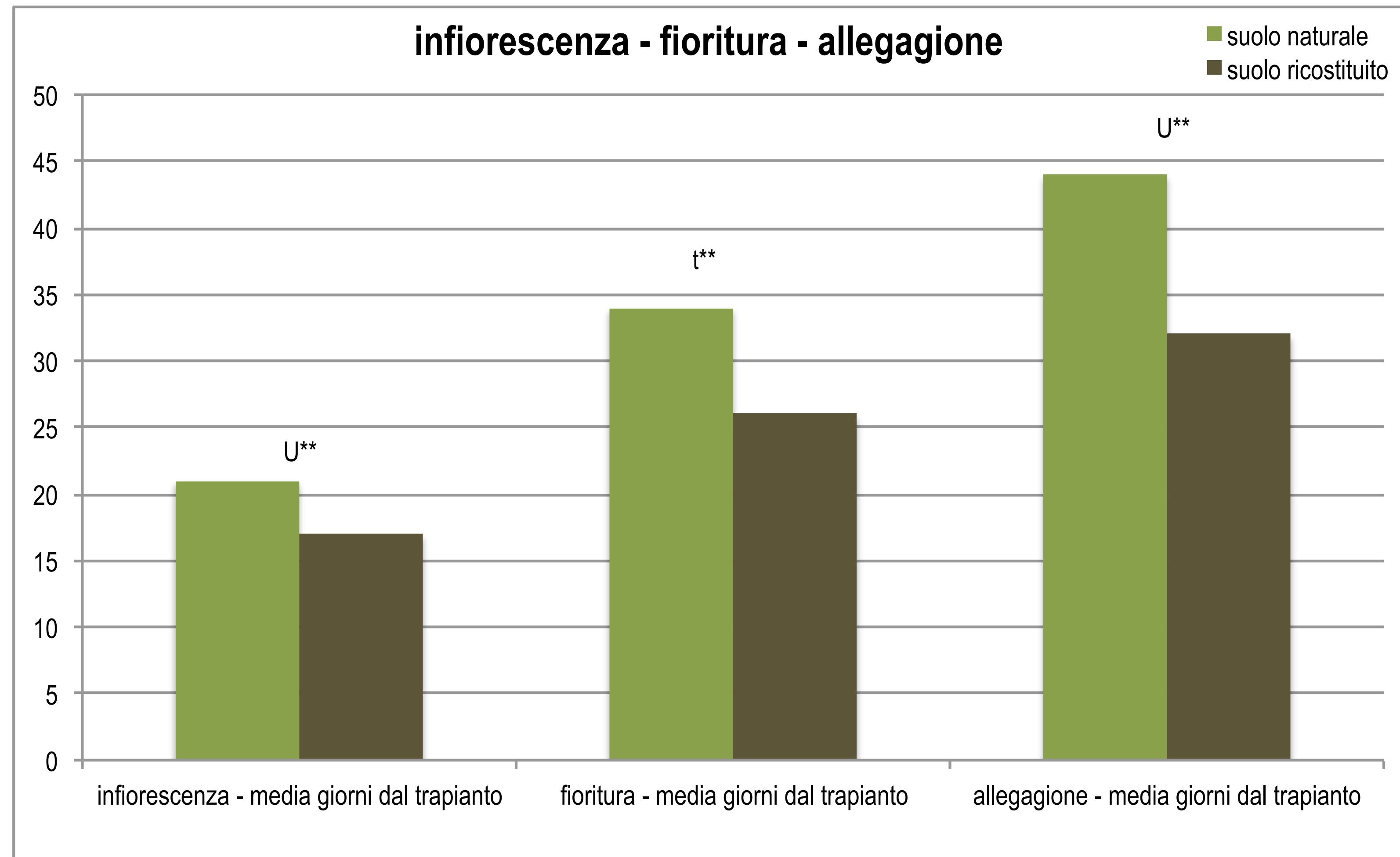
NEW LIFE



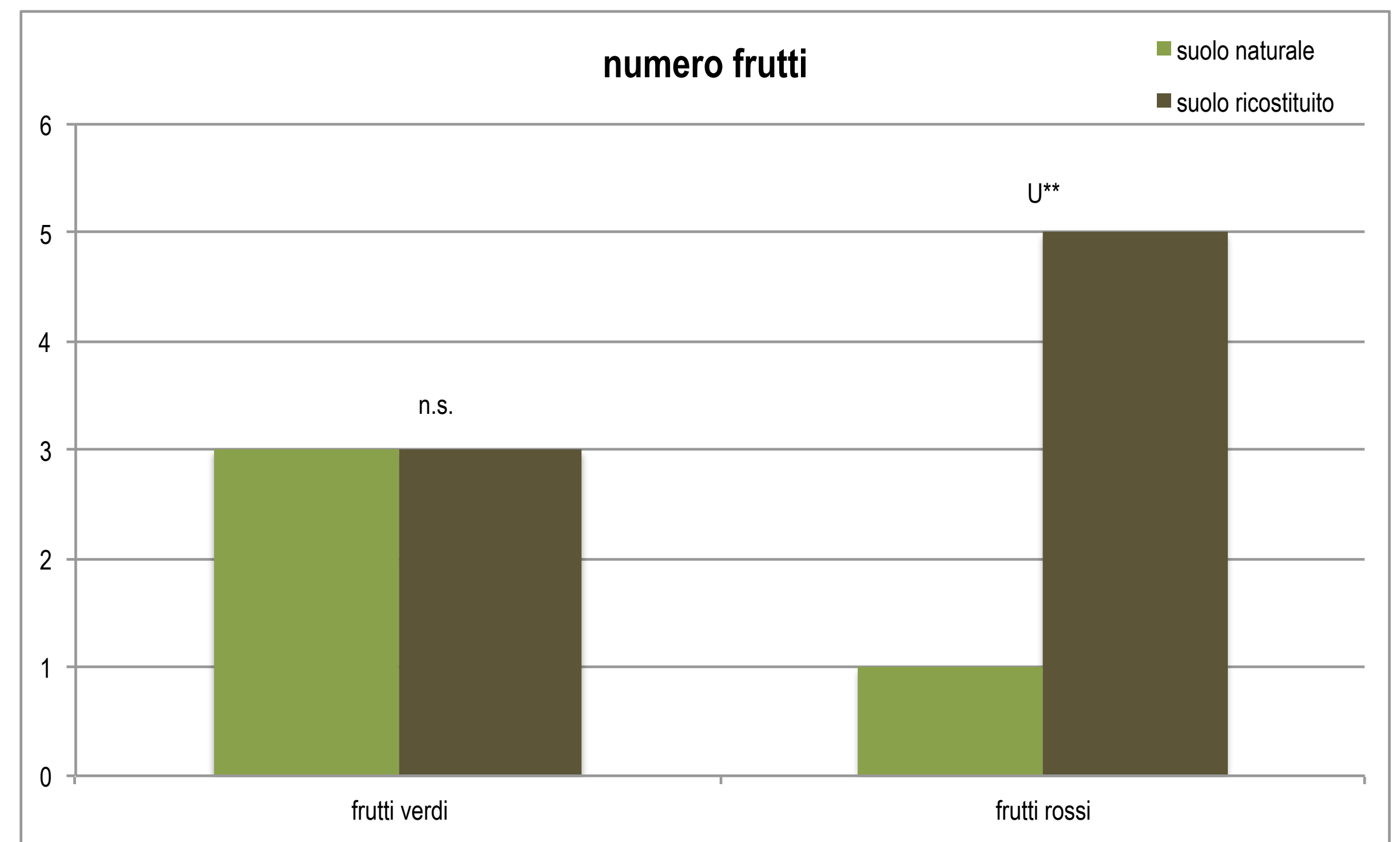
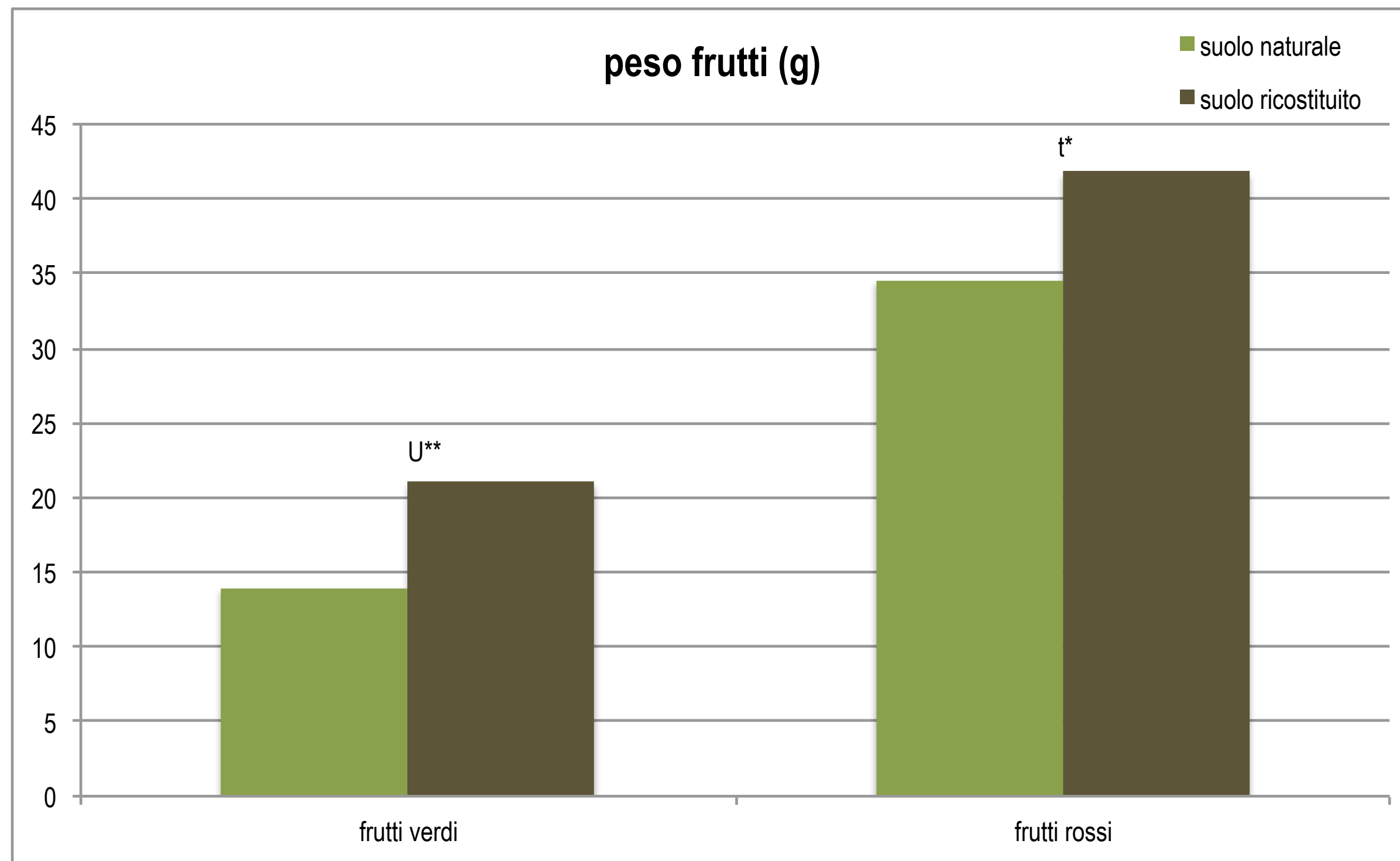
UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore



Infiorescenza, fioritura, allegagione, media dal trapianto. ^t, ^U,
 * indicano differenza statistica: ^t t test: Levene; ^U U test: Mann-Whitney test; ** $p \leq 0.01$; n.s. non significativo.



Numero frutti totale, verdi e rossi e peso. ^t, ^U, * indicano differenza statistica: ^t t test: Levene, ^U U test: Mann-Whitney test, * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$) n.s. non significativo.





NEW LIFE

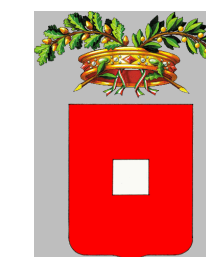
STUDI SUI SUOLI IN VASO

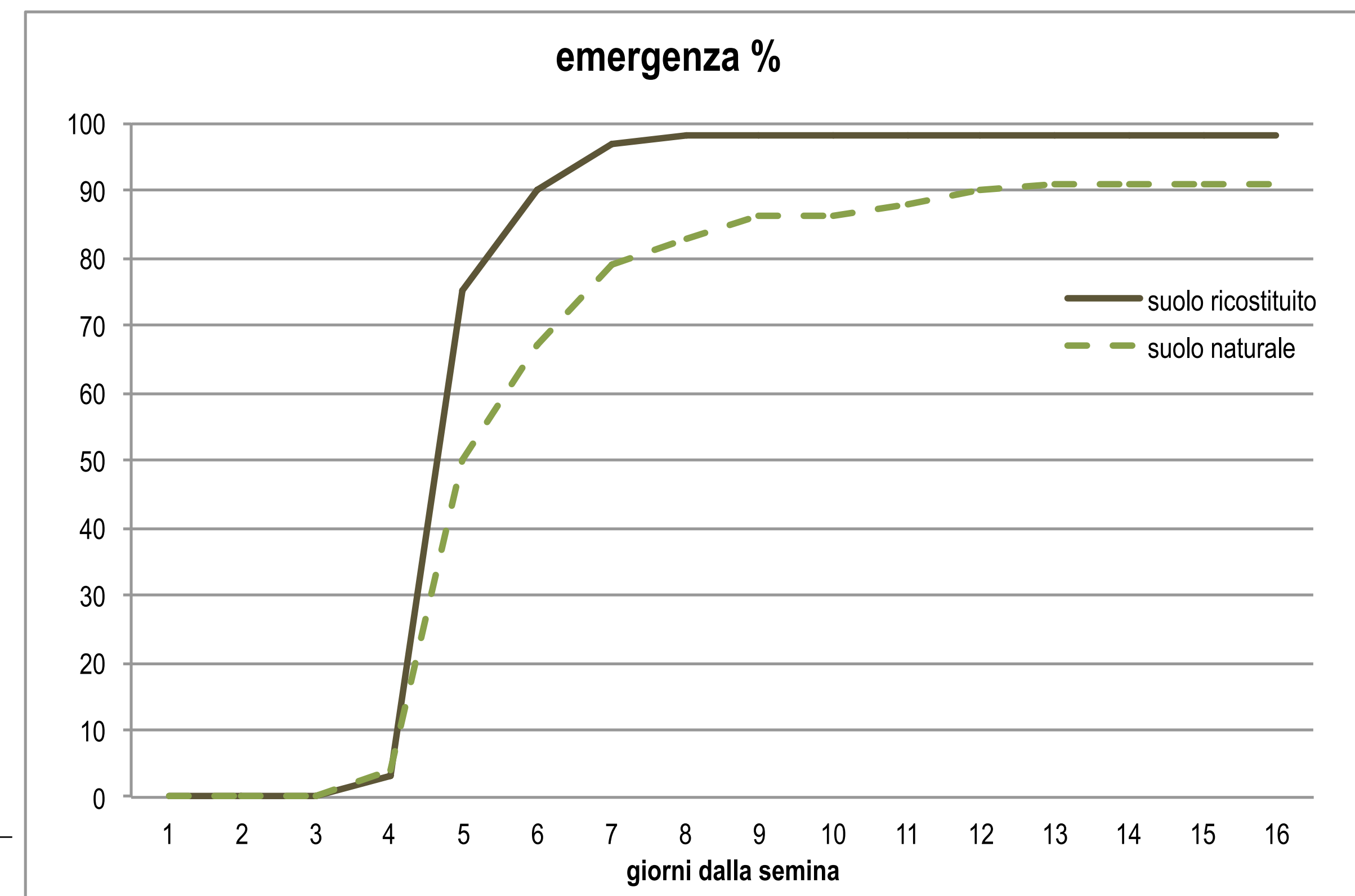
prova germinazione mais



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

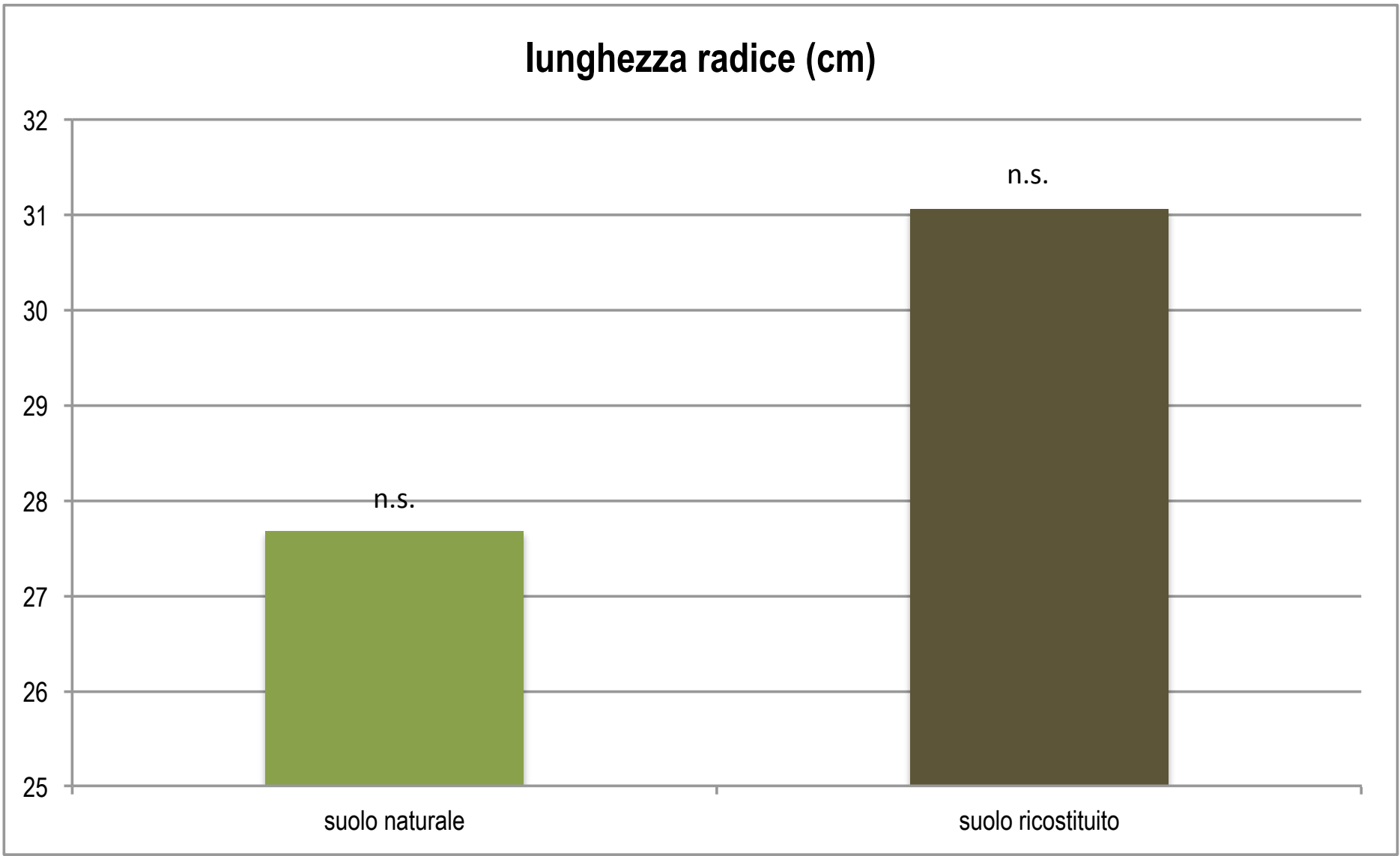
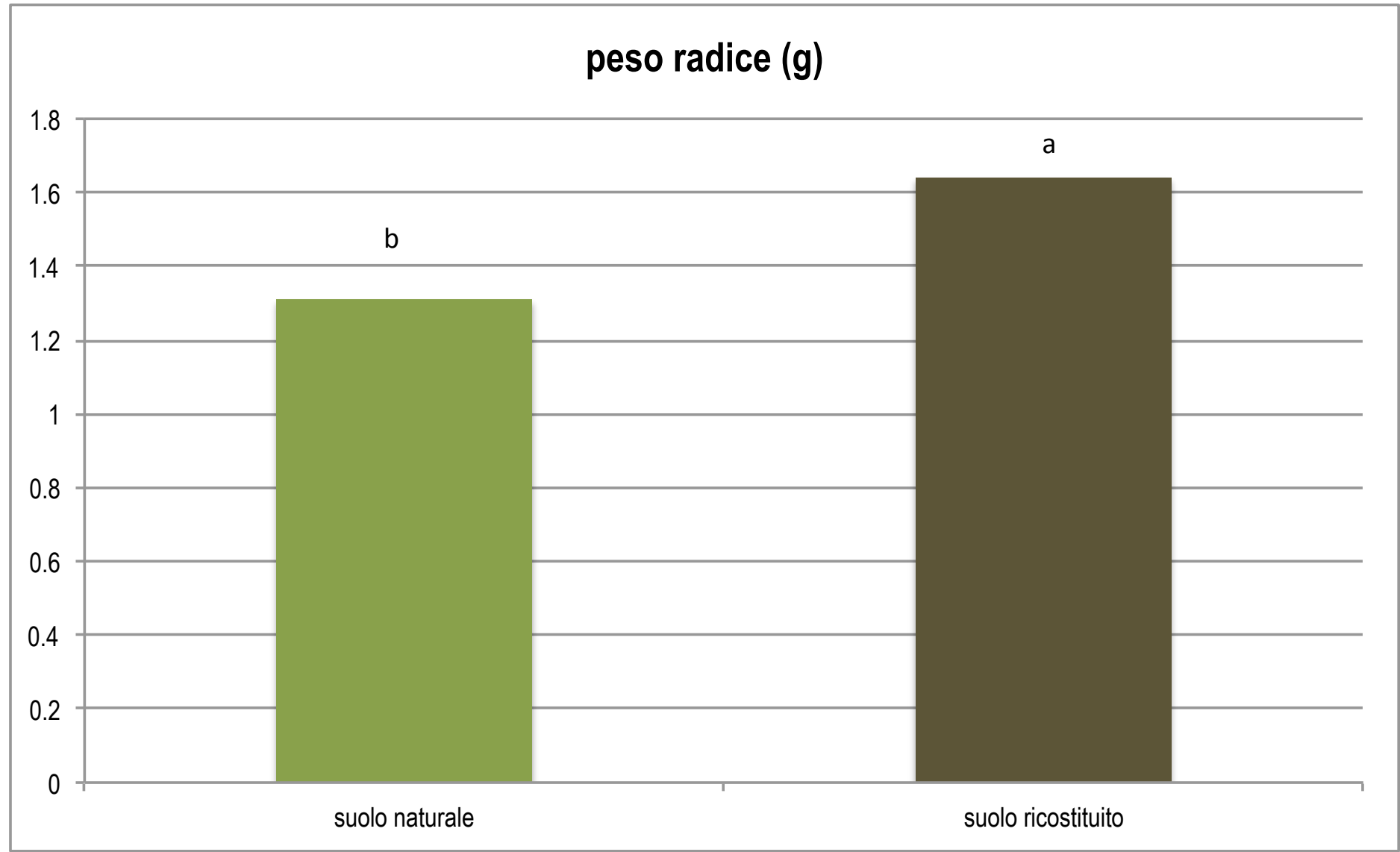
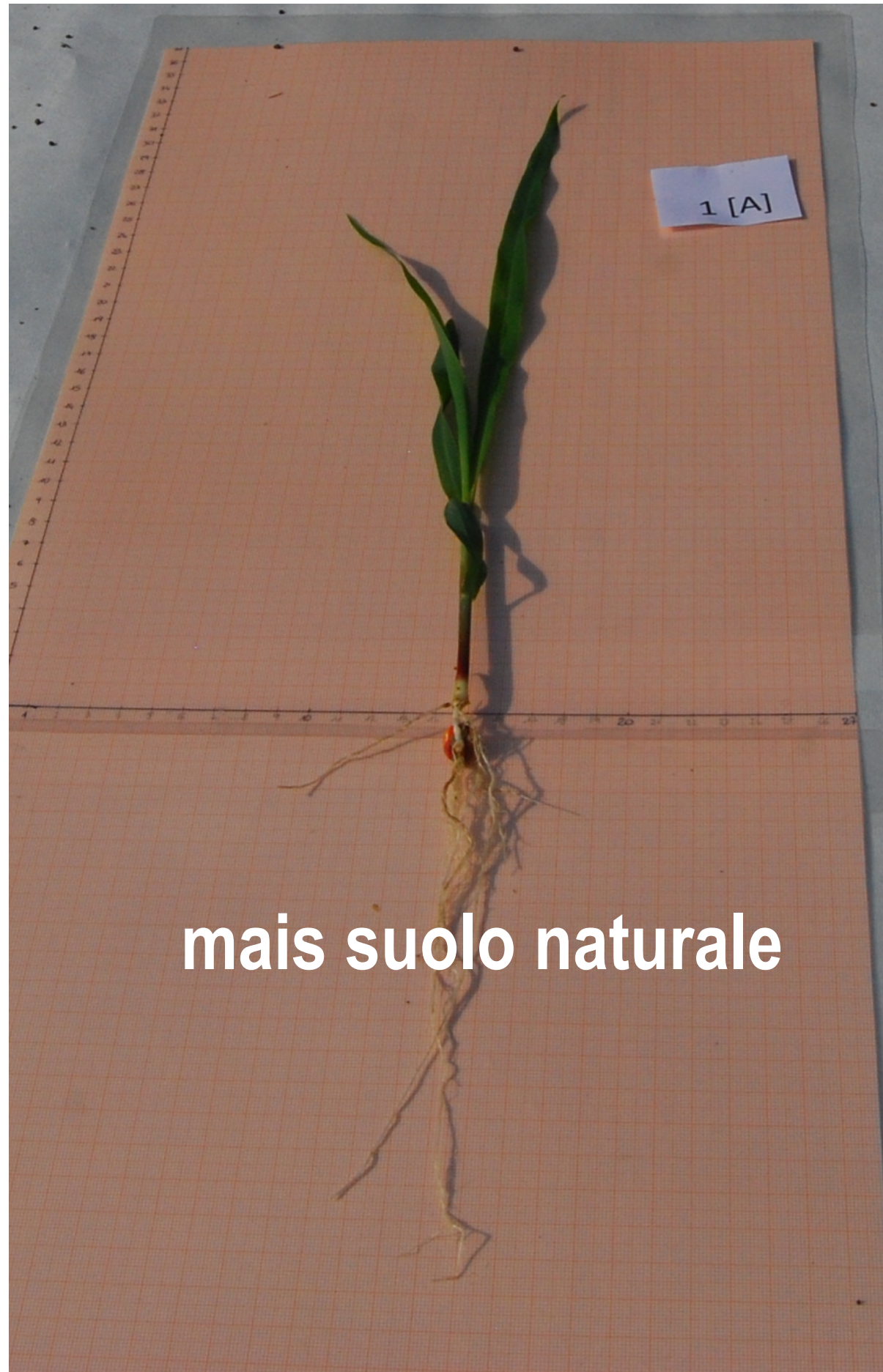
I° Convegno: Miglioramento del suolo. 19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia





	suolo naturale	suolo ricostituito
emergenza %	91 n.s.	98 n.s.

ANOVA: n.s. non significativo.



a,b lettere diverse indicano differenza statistica: ANOVA, $p \leq 0.05$; n.s. non significativo.





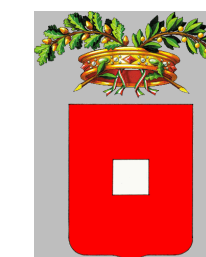
NEW LIFE

SUOLI RICOSTITUITI PER LA NORMA UNI 11235



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

I° Convegno: Miglioramento del suolo. 19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia



La norma UNI 11235 definisce i **criteri di progettazione, esecuzione, controllo e manutenzione di coperture continue a verde** e descrive, nelle istruzioni di progettazione, i requisiti che devono avere i suoli impiegati per la creazione dello strato colturale.

La tecnologia di ricostituzione agisce sulle caratteristiche fisiche (struttura del suolo, porosità, ritenzione idrica) e chimiche (tra cui dotazione di sostanza organica, pH, CSC, fosforo Olsen, azoto totale) di un suolo degradato rendendolo, dopo il trattamento, idoneo alla realizzazione di ripristini ambientali.

Obiettivi

Aumentare la valenza ecologica dell'area, favorendo la nidificazione, riproduzione e alimentazione di alcune specie faunistiche che tendono a frequentare e a riprodursi in aree ecotonali. Riqualficazione dell'area per renderla fruibile alla popolazione.

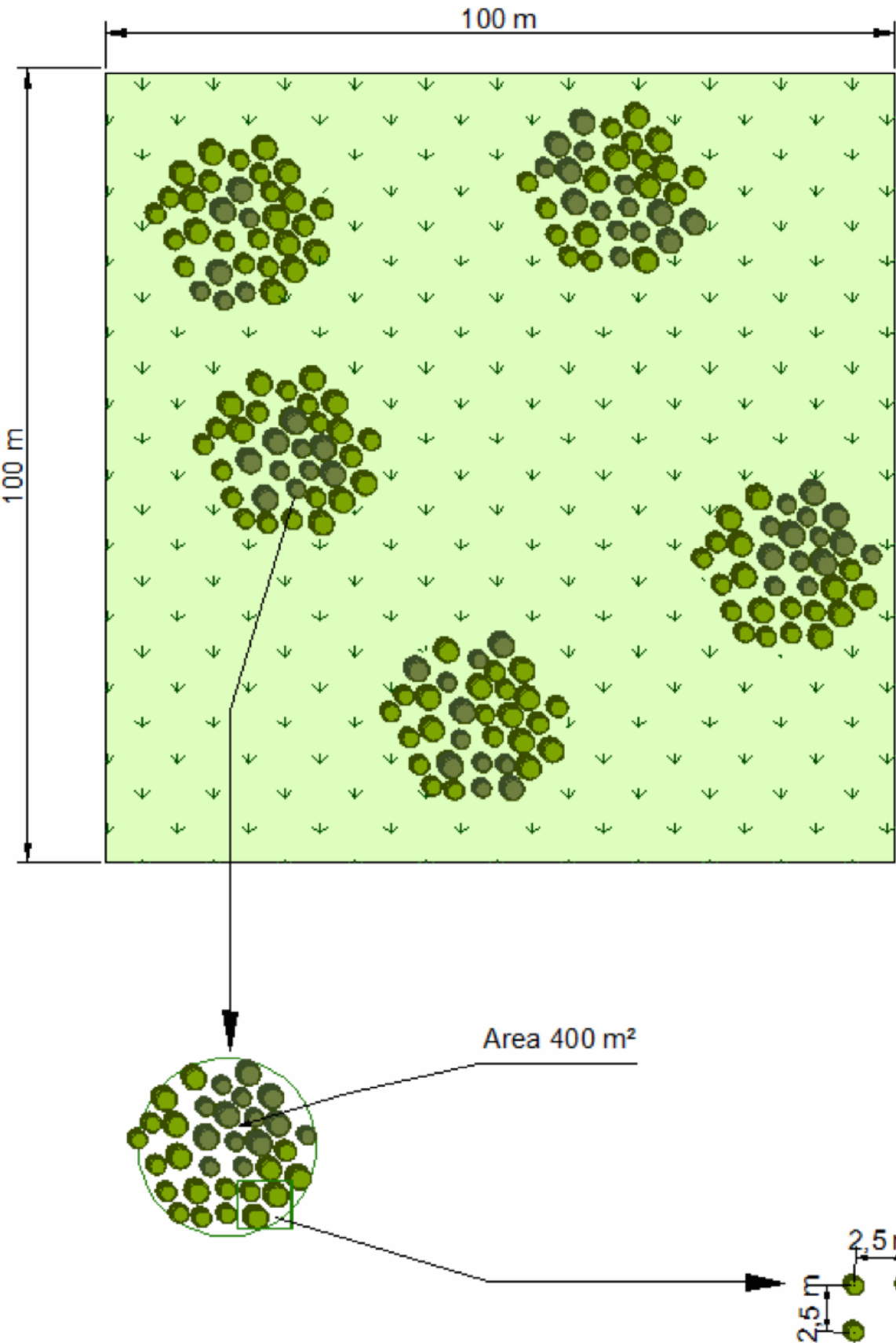
Progettazione dello strato colturale

Per la progettazione dello strato colturale verranno utilizzate le terre ricostituite che rispondono positivamente a tutti i requisiti richiesti.

Il suolo ricostituito può essere prodotto scoticando il suolo degradato presente nell'area di intervento o utilizzando suoli degradati provenienti da altre aree. Il suolo dopo aver subito il trattamento sarà posizionato nell'area. Lo spessore minimo compreso di coefficiente di compattazione sarà ottenuto valutando sulla base della dimensione dell'area in cui operare la quantità necessaria di suolo.

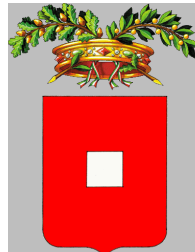
Progettazione dello strato di vegetazione

Il progetto prevede la realizzazione di prati alternati e compenetrati da arbusteti, al fine di creare condizioni ecologiche idonee ad ospitare oltre che le specie tipiche delle aree prative e degli arbusteti, anche specie ecotonali.



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

Sezione tipologica della realizzazione delle aree a macchia radura [allegato 6.6 del PIAE 2011].



NEW LIFE



NEW LIFE

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

I° Convegno: Miglioramento del suolo. 19-20 Maggio, 2016, Piacenza, Italia

