

# ***Arsenico e cadmio dal suolo al riso***



Maria Martin (maria.martin@unito.it; tel: 011-6708512)  
DISAFA, Largo P. Braccini 2, Grugliasco (TO)



Daniele Tenni, (d.tenni@enterisi.it)  
Centro Ricerche sul Riso - Ente Nazionale Risi, Castello d'Agogna (PV)

## Arsenico

Si sciolgono gli ossidi

Aumenta solubilità As

Aumenta uptake As riso

## Sommersione

## Cadmio

Aumenta il pH; si formano i solfuri

Precipitano idrossidi e solfuri di Cd insolubili

Diminuisce uptake Cd riso

## Asciutta

Riprecipitano gli ossidi

Diminuisce solubilità As

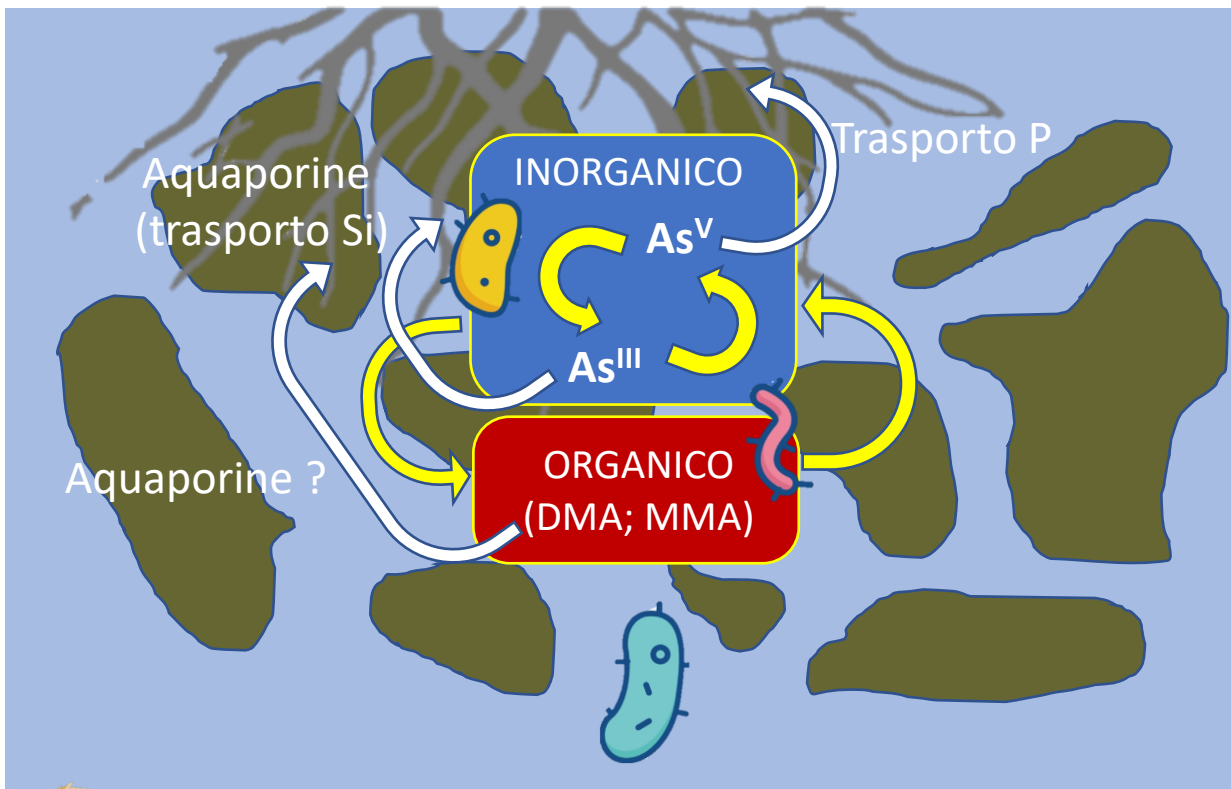
Diminuisce uptake As riso

Diminuisce il pH; si ossidano i solfuri

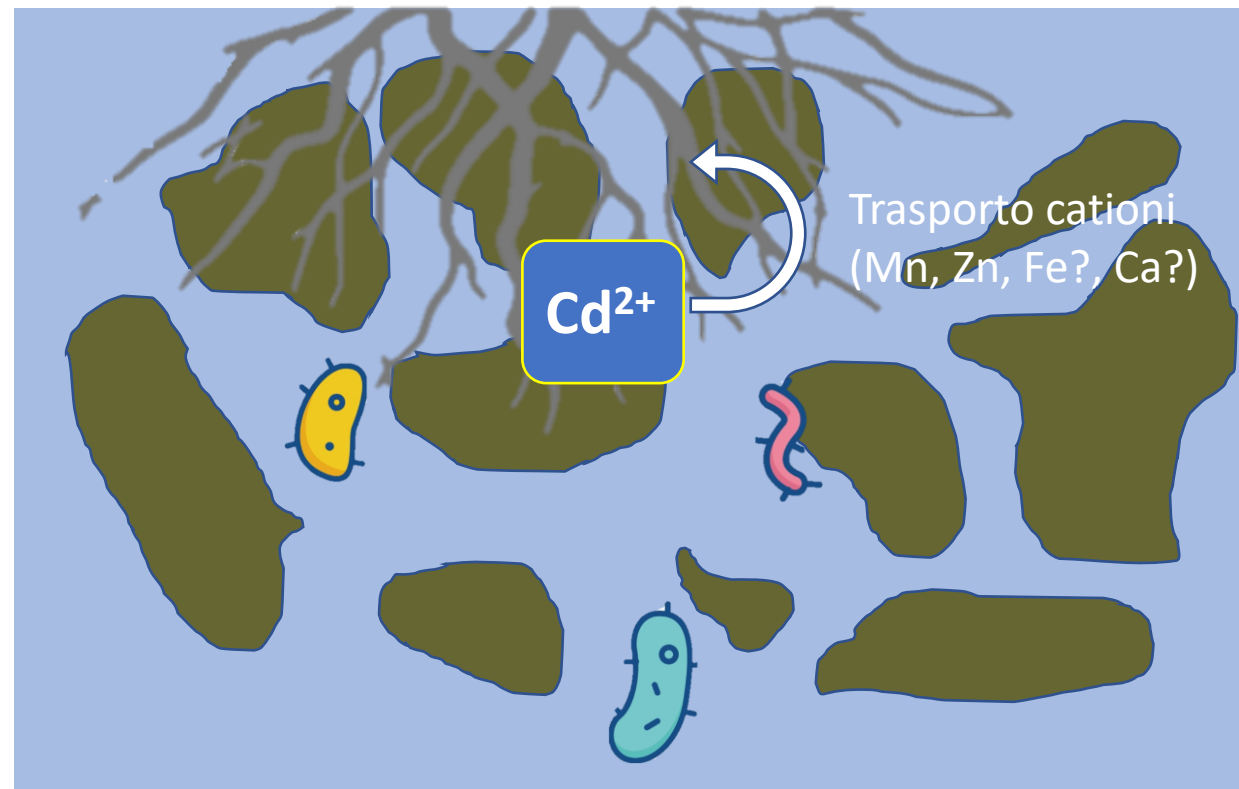
Aumenta solubilità Cd

Aumenta uptake Cd riso

## Quale tipo di arsenico?



## E il cadmio?



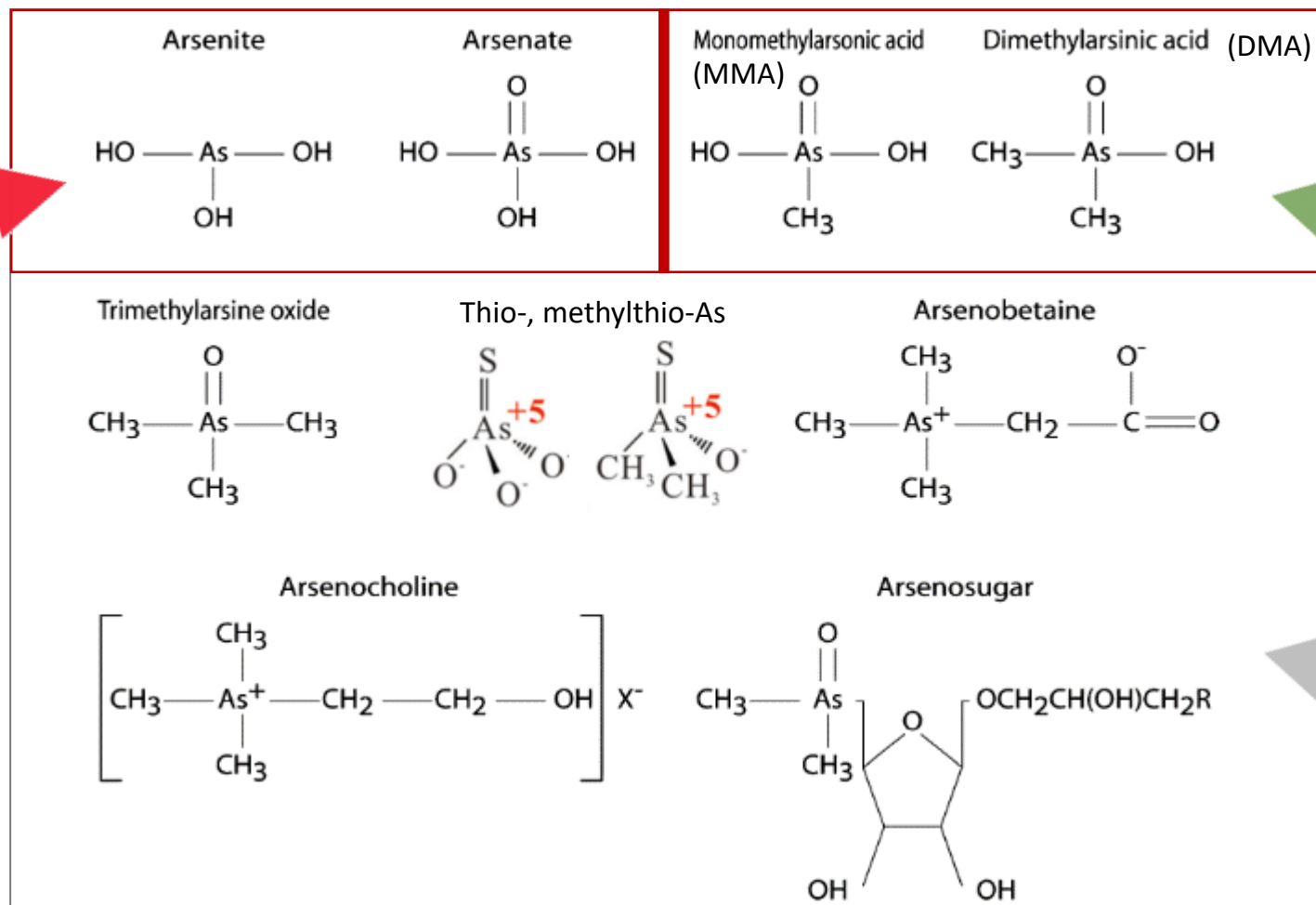
# Arsenico e cadmio competono con altri elementi per l'assorbimento radicale



# Quali forme di As si trovano nel riso?

## As inorganico

- È la maggior parte
- È quasi tutto As<sup>III</sup>
- È quello soggetto a normativa



## As organico

- È quasi tutto DMA
- Non è soggetto a normativa

## Altre forme organiche

- Nel riso solo tracce
- Non soggette a normativa

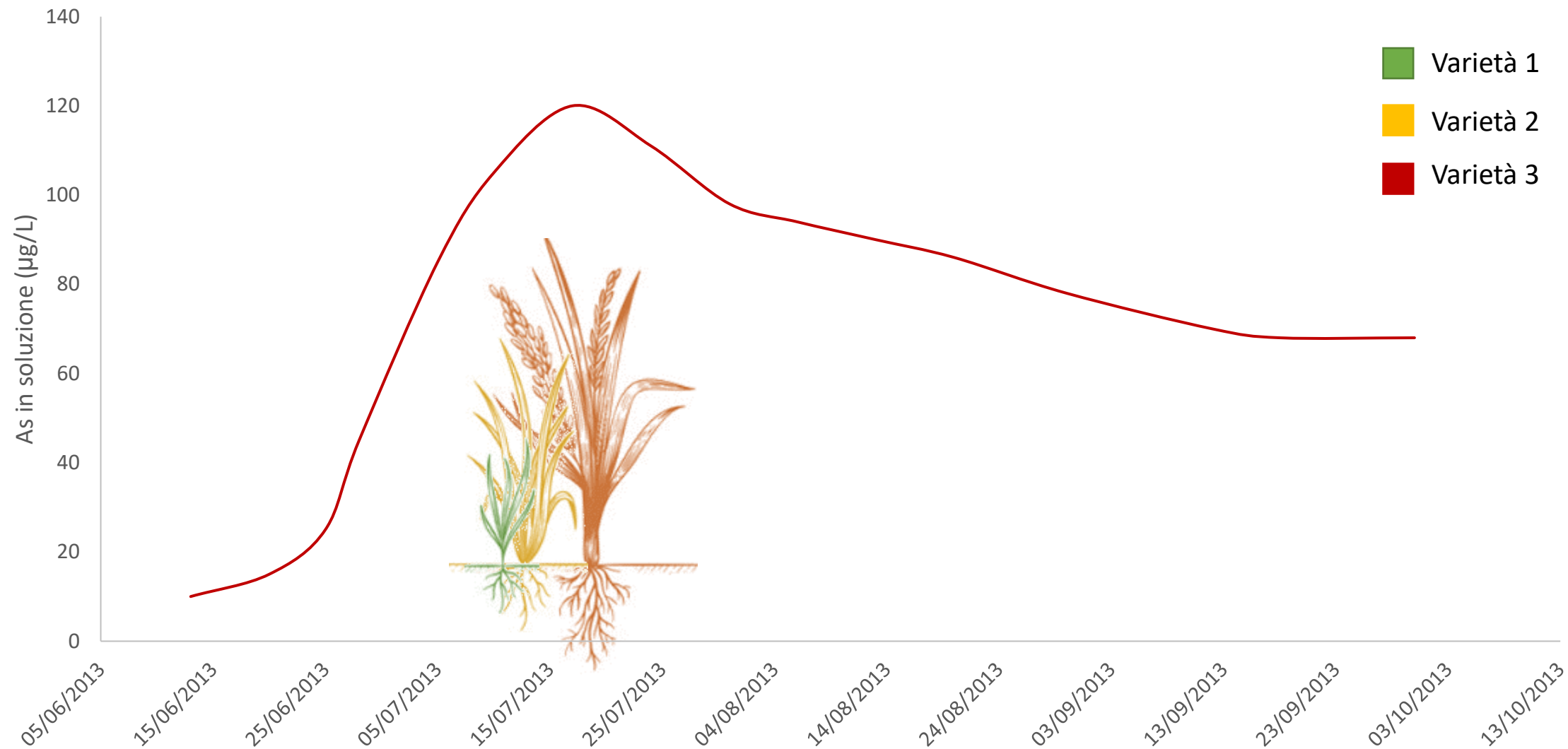
Per il **Cd** non vengono fatte distinzioni tra specie chimiche a livello normativo, il limite riguarda il contenuto totale.

## *Tutte le varietà di riso assorbono l'As e il Cd allo stesso modo?*

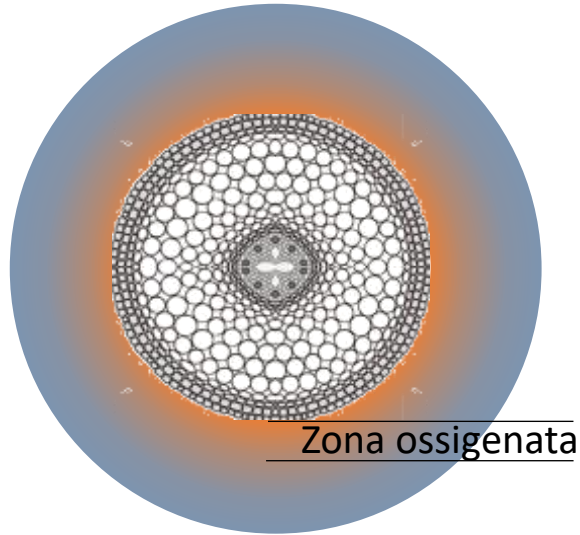
- Durata del ciclo colturale e tempistiche fasi fenologiche
- Sviluppo aerenchima
- Efficienza nell'acquisizione di nutrienti (??)



# Durata del ciclo colturale e tempistiche fasi fenologiche

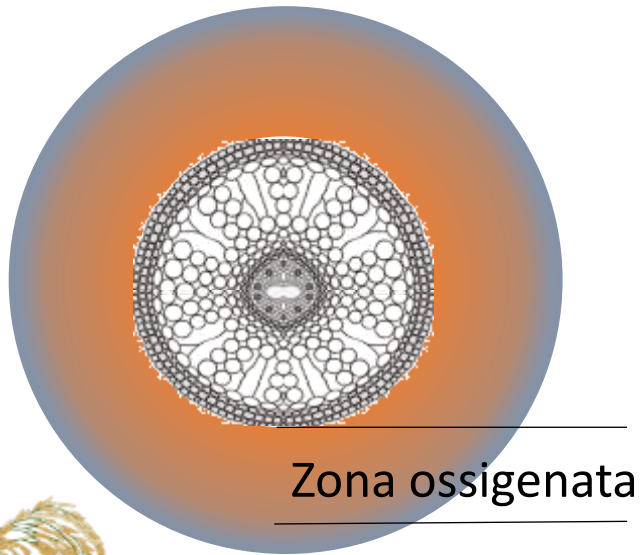


# Sviluppo dell'aerenchima



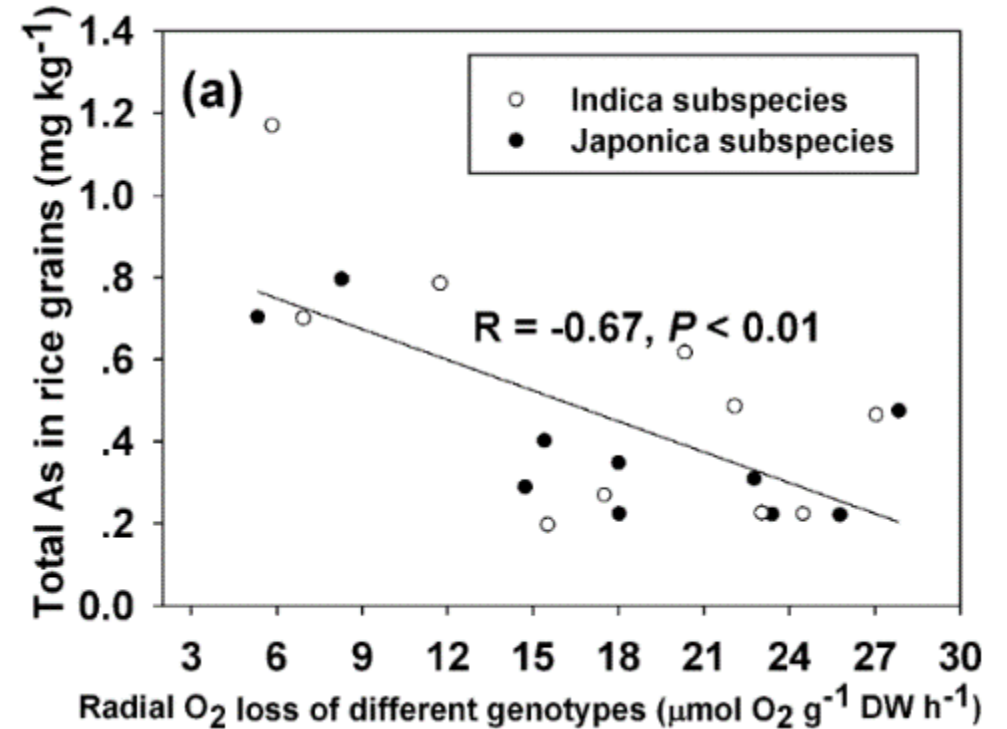
## Aerenchima poco sviluppato

- Poco ossigeno intorno alle radici
- Arsenico più disponibile
- Cadmio meno disponibile



## Aerenchima molto sviluppato

- Molto ossigeno intorno alle radici
- Arsenico meno disponibile
- Cadmio più disponibile



Da: Wu et al. 2011. *Journal of Experimental Botany*, 62, 2889–2898



*Quali variabili si possono gestire per modificare la concentrazione di As e Cd nel riso?*

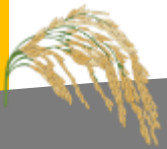
Scelta del suolo

Tipo di semina

Gestione dell'acqua

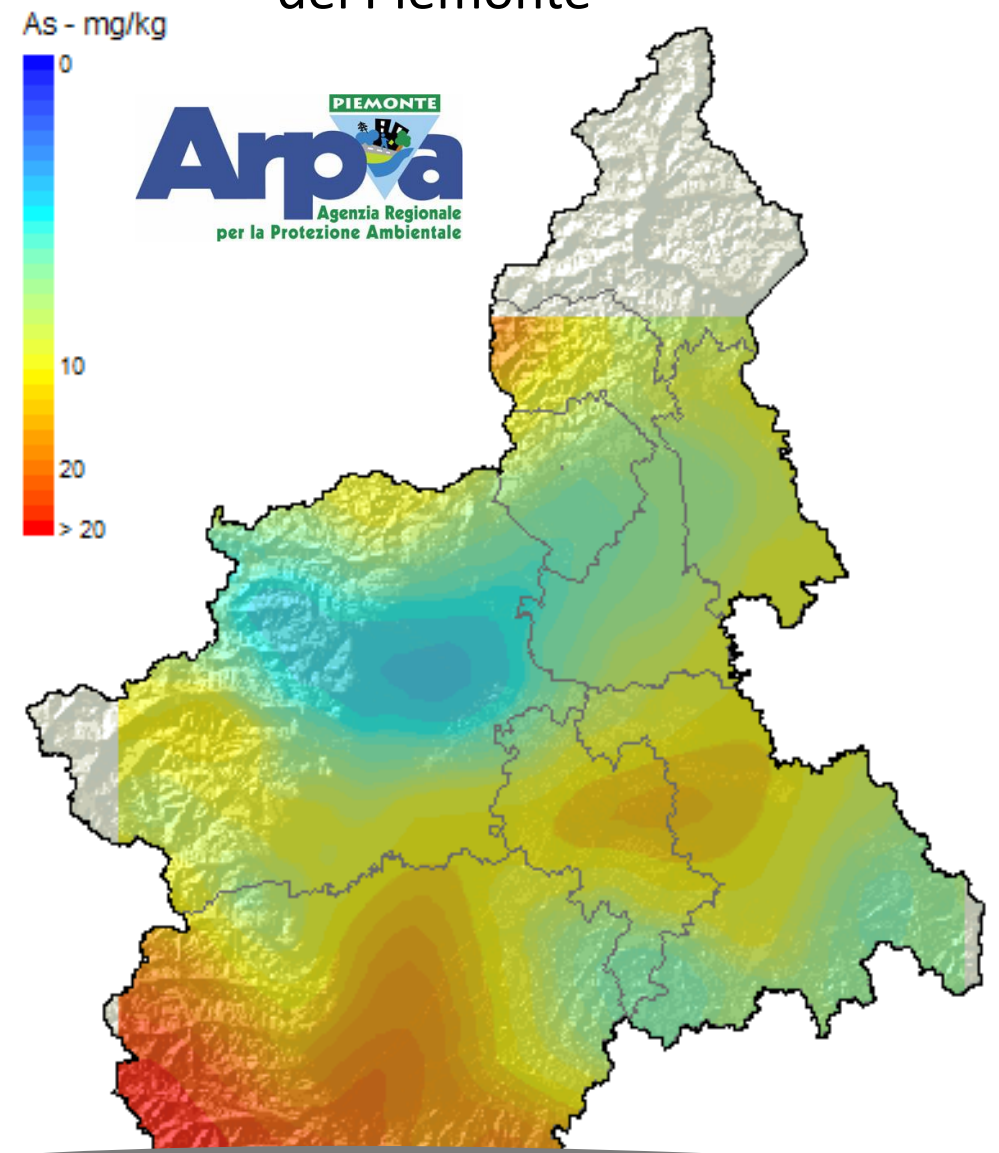
Fertilizzanti e/o ammendanti

Scelta varietale



# Scelta del suolo

## Concentrazione di As nei suoli del Piemonte



## Concentrazione di As in suoli risicoli della pianura padana

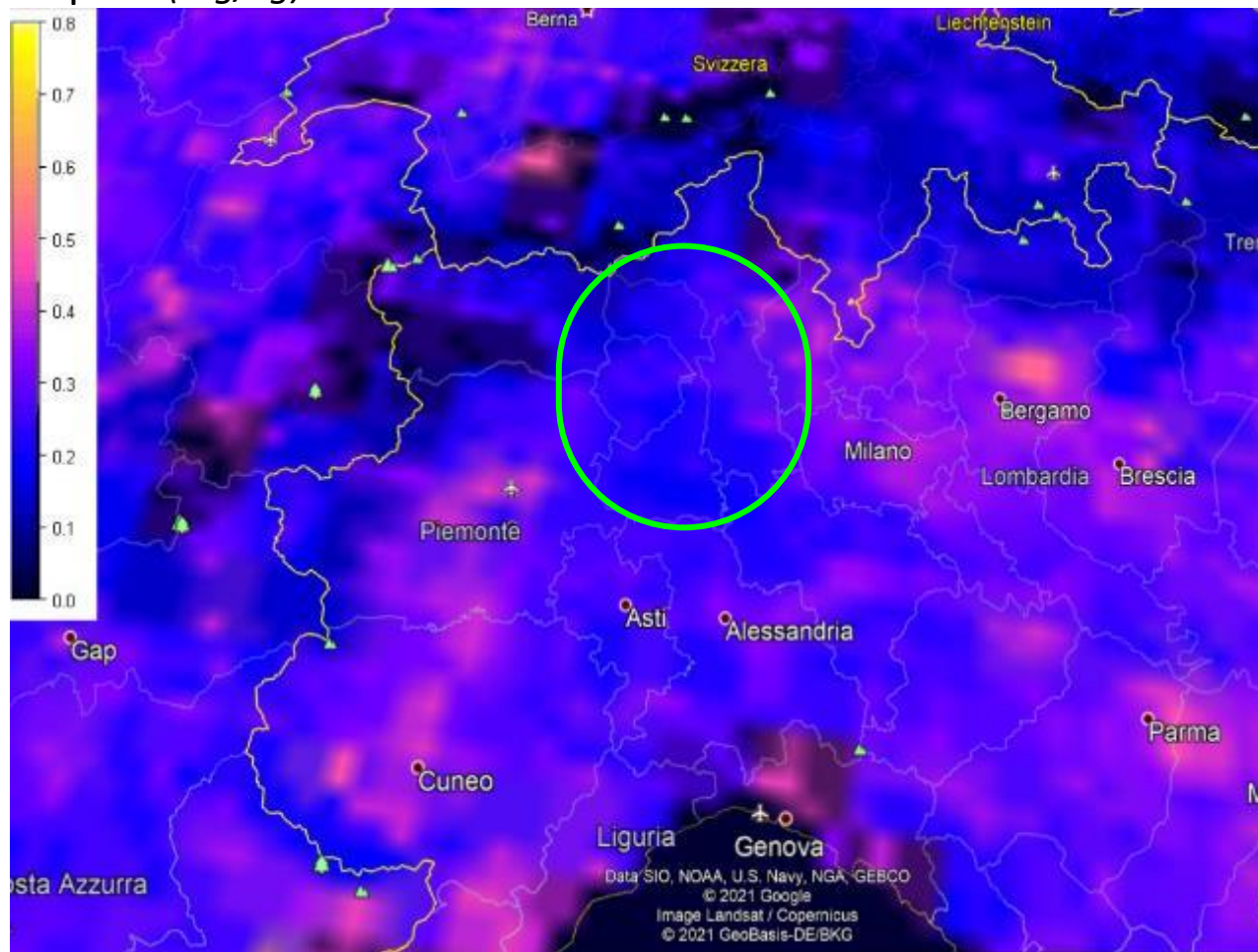
As totale suoli (mg/kg) (n=61)	
Media	9.3
Mediana	7.6
Dev. standard	6.5
Minimo	2.9
Massimo	38.2

*(dati UNITO)*

Media [As] nei suoli del mondo: ~7.5 mg/kg;  
Media [As] nei suoli europei: ~ 9 mg/kg  
Limite italiano [As] suoli aree verdi: 20 mg/kg

# Concentrazione di Cd nei suoli della pianura padana

Cd topsoil (mg/kg)



<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/heavy-metals-topsoils#tabs-0-description=1>

	Cd totale suolo (mg/kg)	
	Piemonte suoli agrari (ARPA P.)	Lomellina risaie (dati UNITO)
Media	0.37	0.23
Mediana	0.25	0.19
Dev. st.	0.35	0.13
Min.	0.05	0.05
Max	1.50	0.82

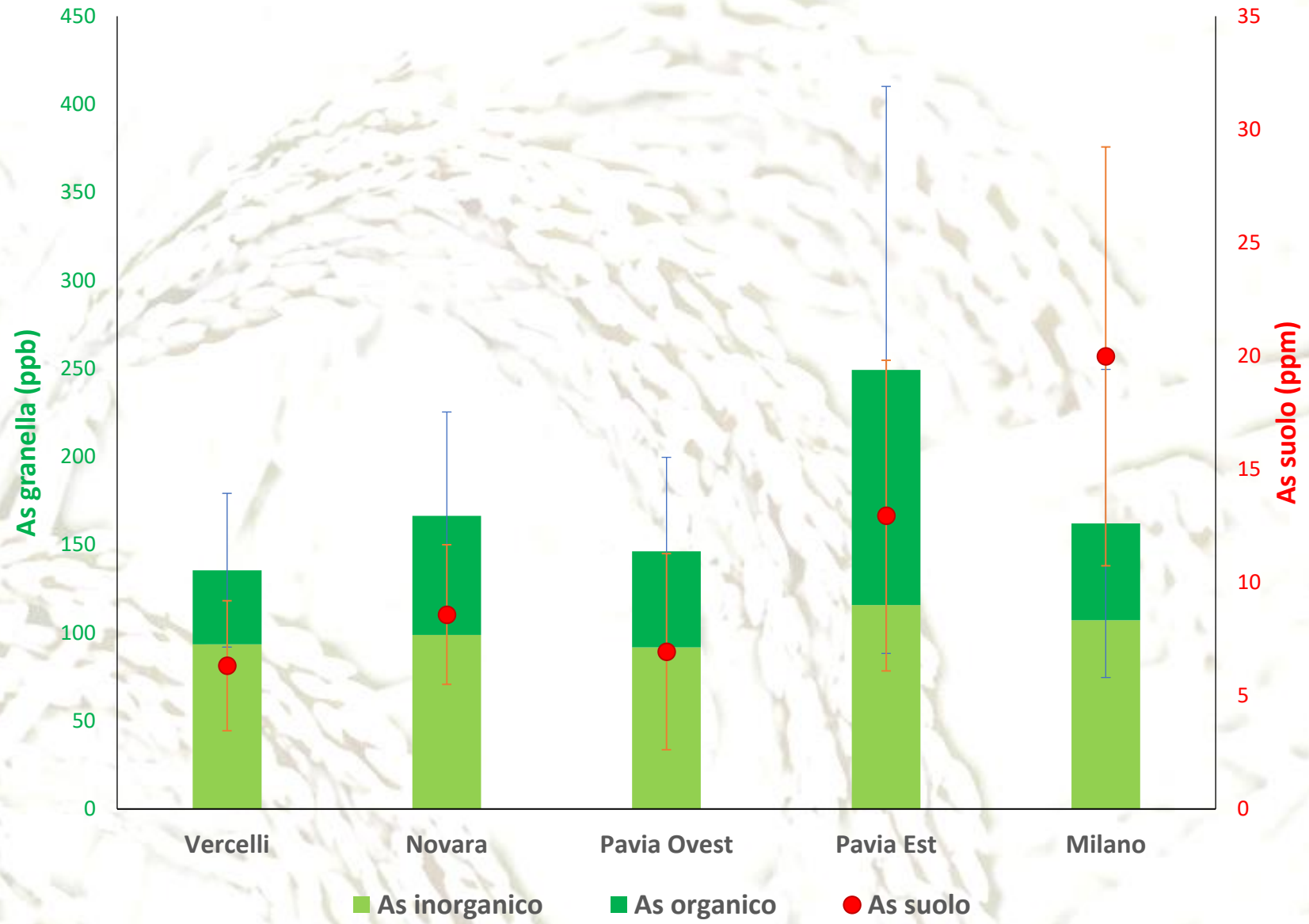
\*Media [Cd] nei suoli del mondo: ~0.36 mg/kg;

\*\*Media [Cd] nei suoli europei: ~ 0.20 mg/kg

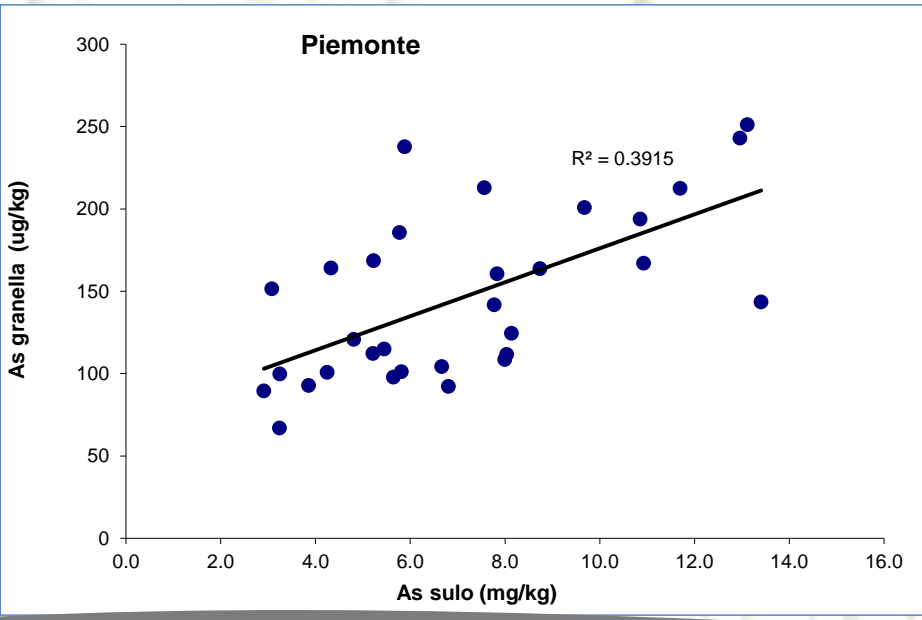
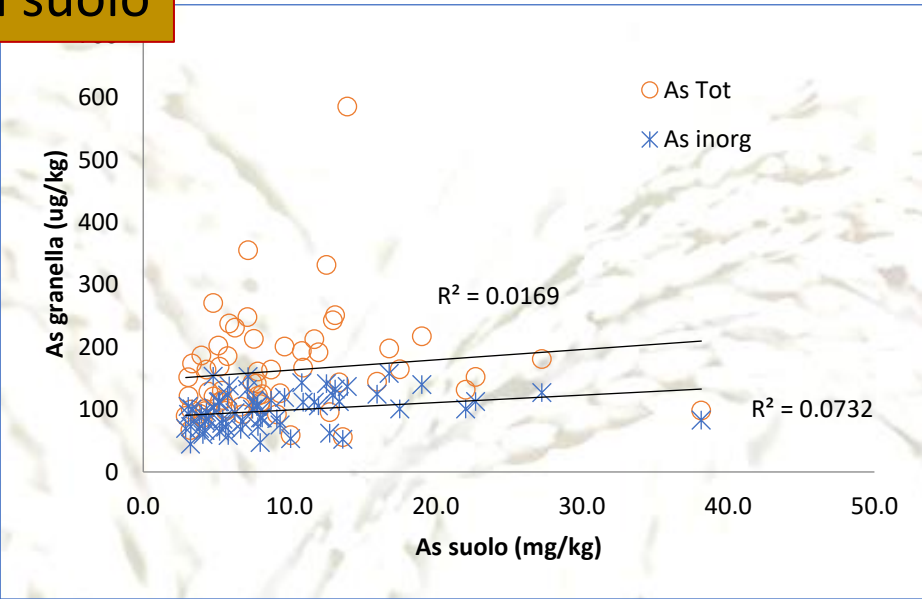
\*Appl. Geochem. 2019, 108, 104388

\*\*Geoderma, 2008, 148, 189-199

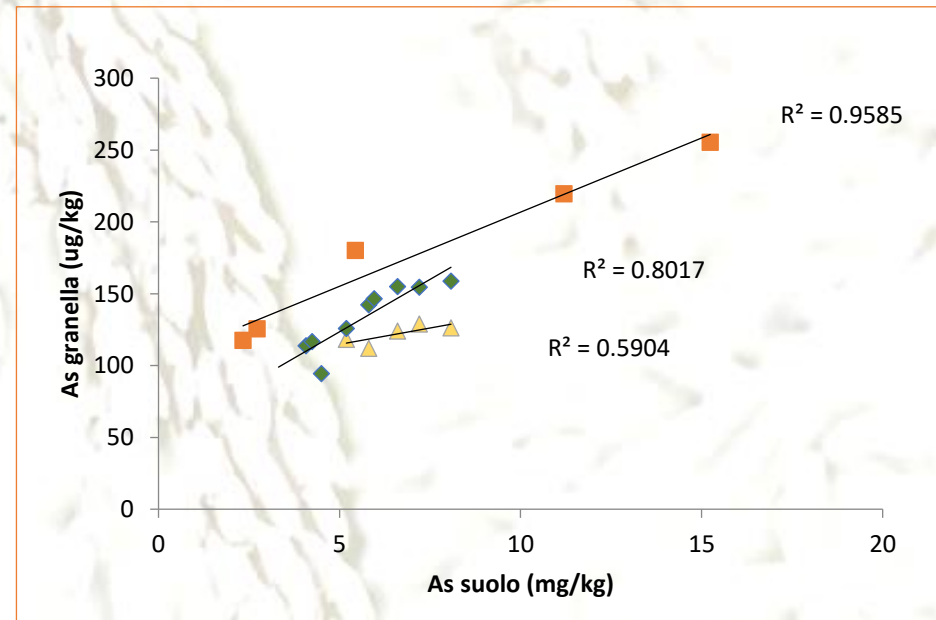
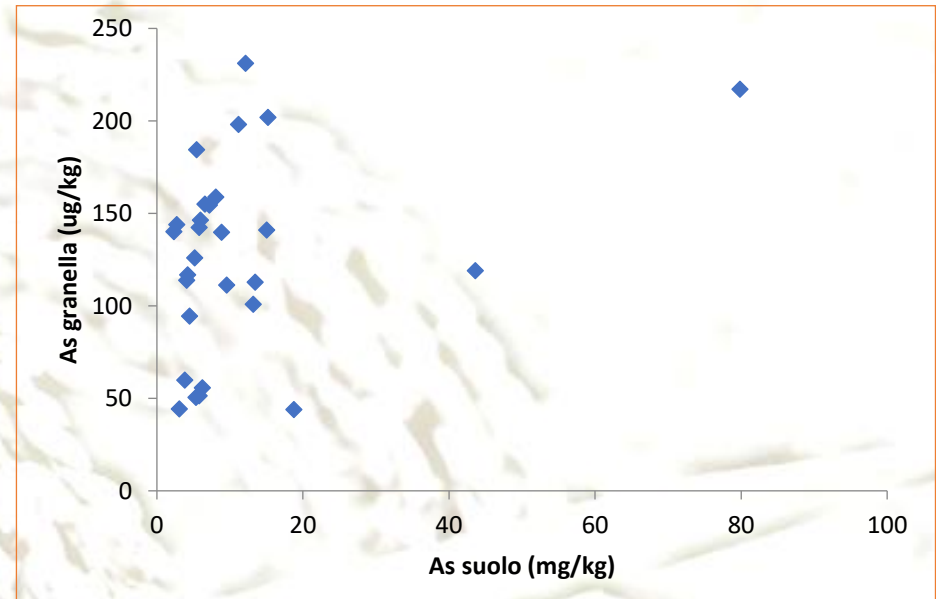
# Scelta del suolo



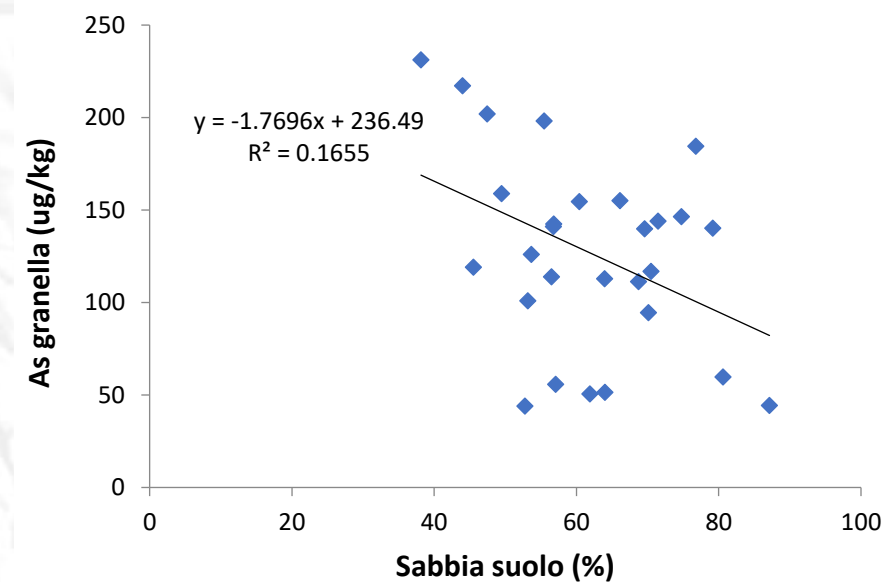
Survey ENR: 2008-2012



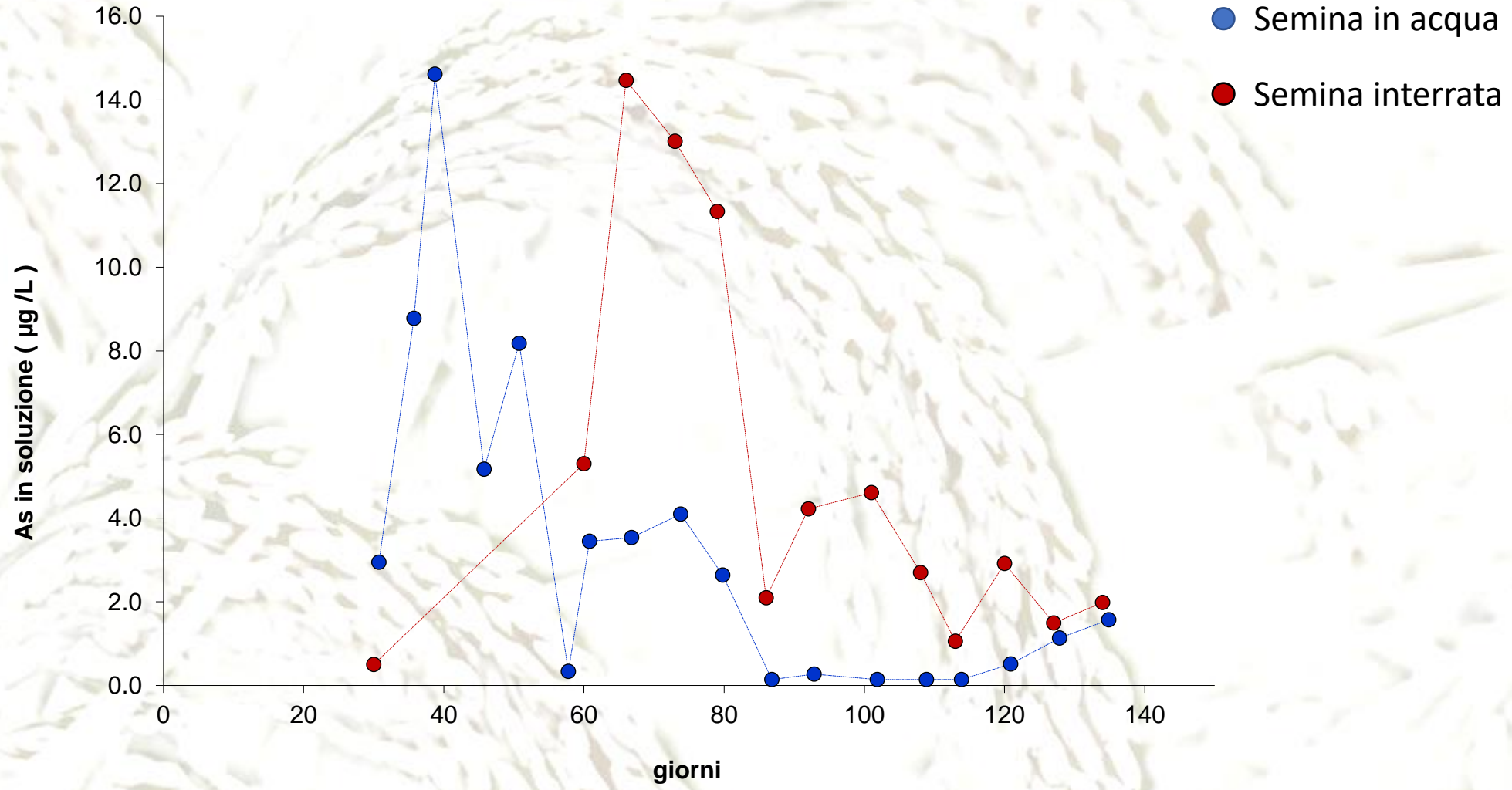
Progetto Babyrice (2016-18)



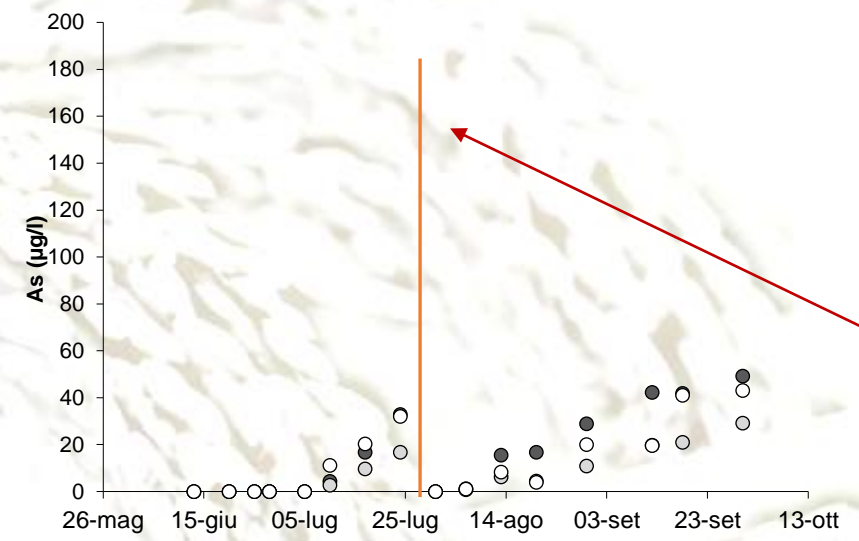
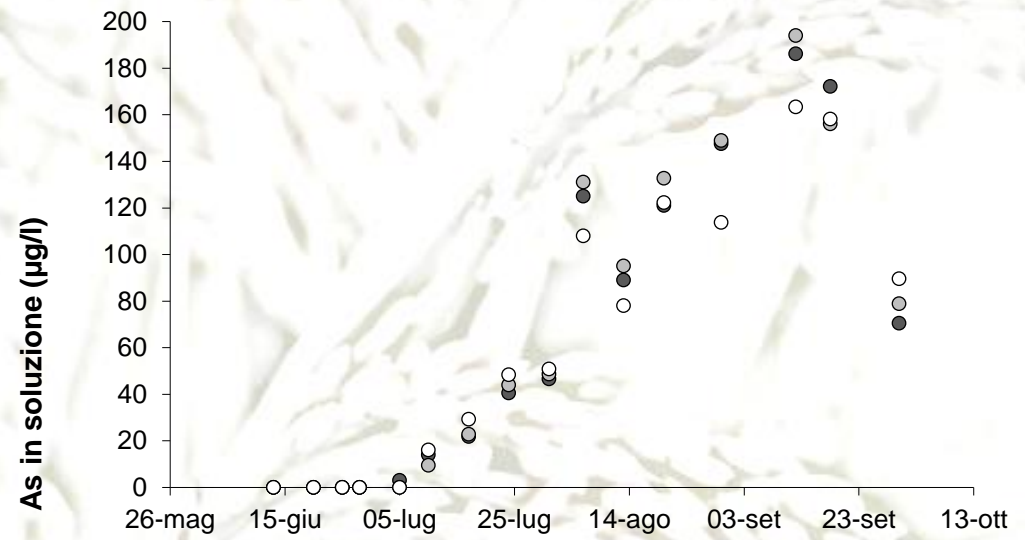
	granella T-As	granella I-As	granella Cd
<b>As suolo</b>	0.332	0.195	-0.207
<b>C organico</b>	0.519 <sup>**</sup>	0.529 <sup>**</sup>	-0.328
<b>Sabbia</b>	-0.407 <sup>*</sup>	-0.268	0.352
<b>Limo</b>	0.401 <sup>*</sup>	0.242	-0.355



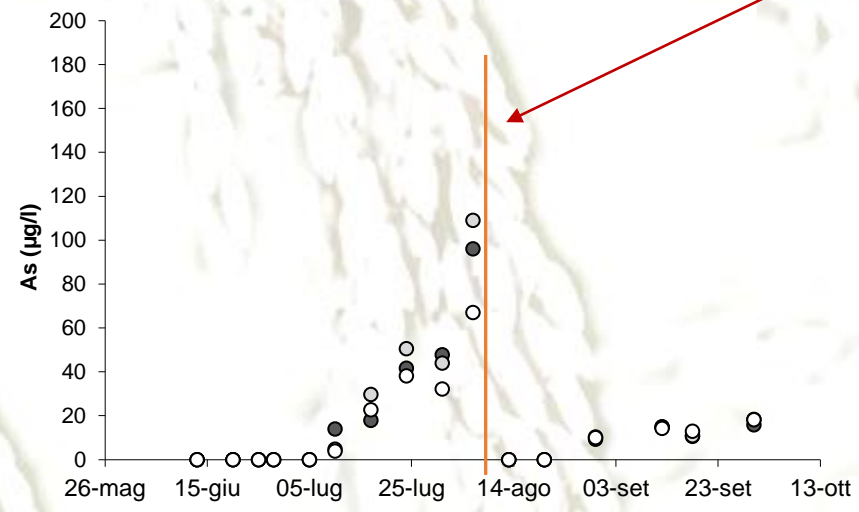
# Tipo di semina



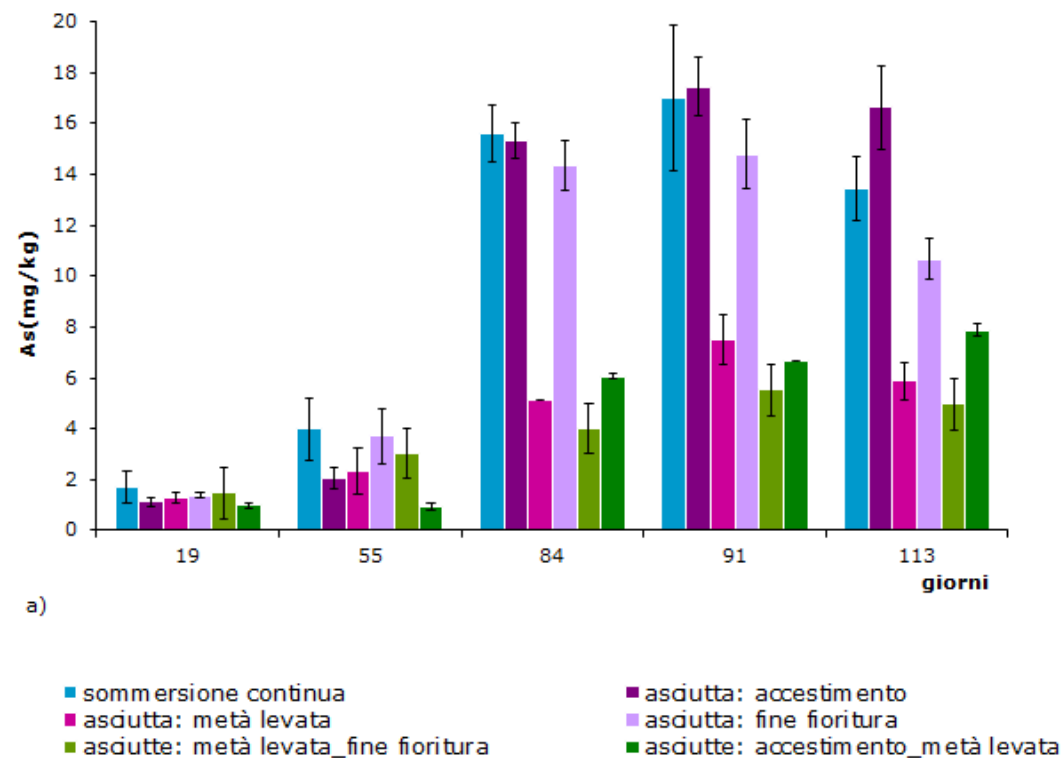
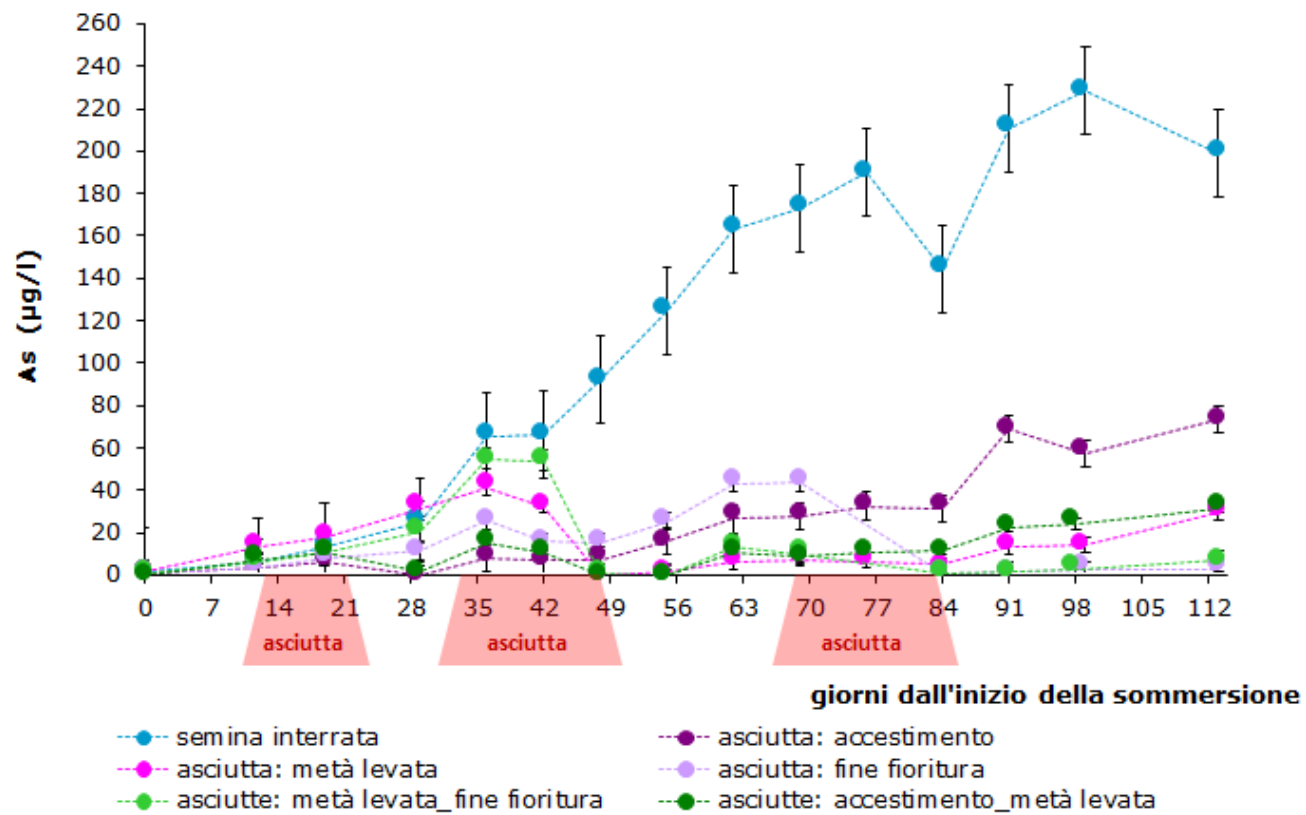
# Gestione dell'acqua



Asciutta







## Arsenico

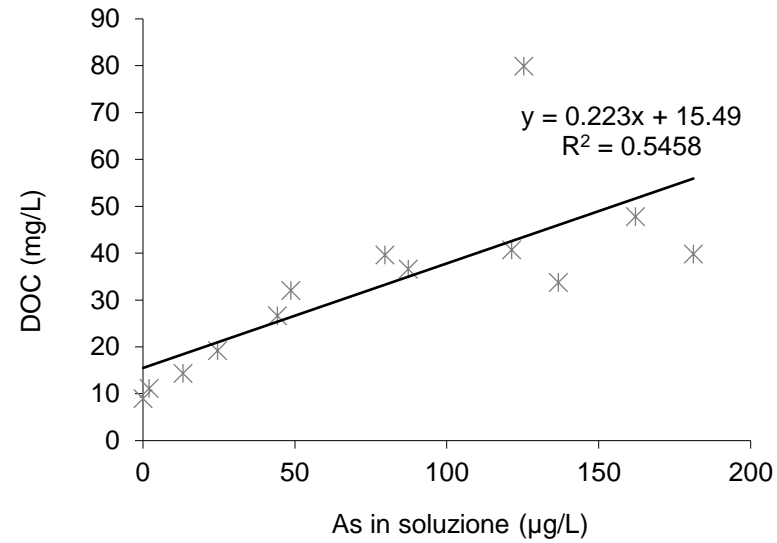
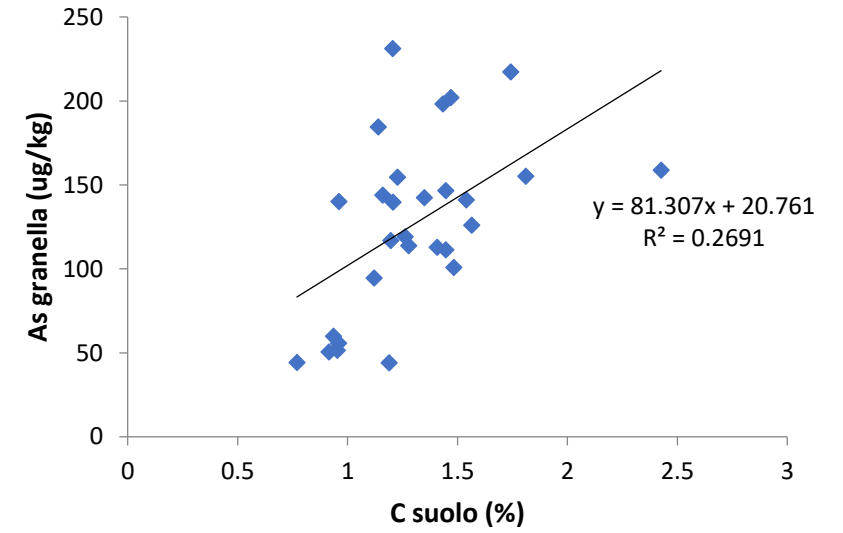
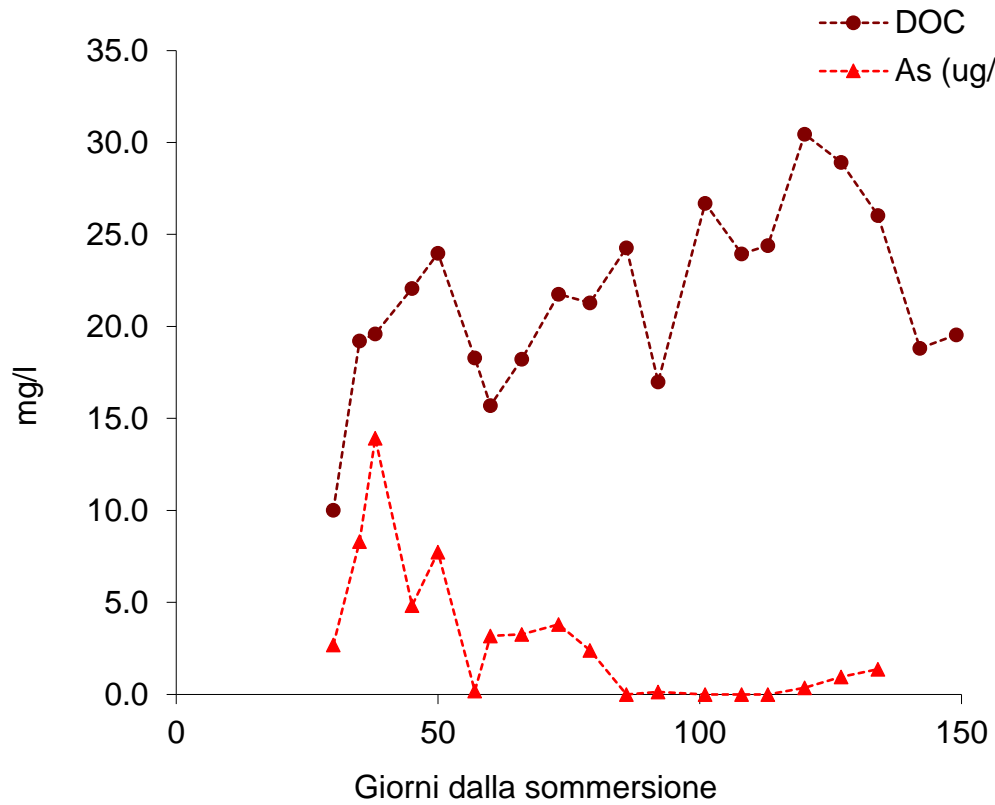
- ✓ Sostanza organica (compost, biochar, letame, residui colturali, lignite, torba, fibre vegetali di varia origine, ....)
- ✓ Silicio (scorie di fonderia, ceneri e biochar di paglie e lolla di riso, silica gel, Si solubile, ....)
- ✓ Ossidi di Fe, Mn, Al
- ✓ Fosforo (fertilizzanti fosfatici)
- ✓ Zolfo (ammonio solfato, zolfo elementare, gesso, ....)

## Cadmio

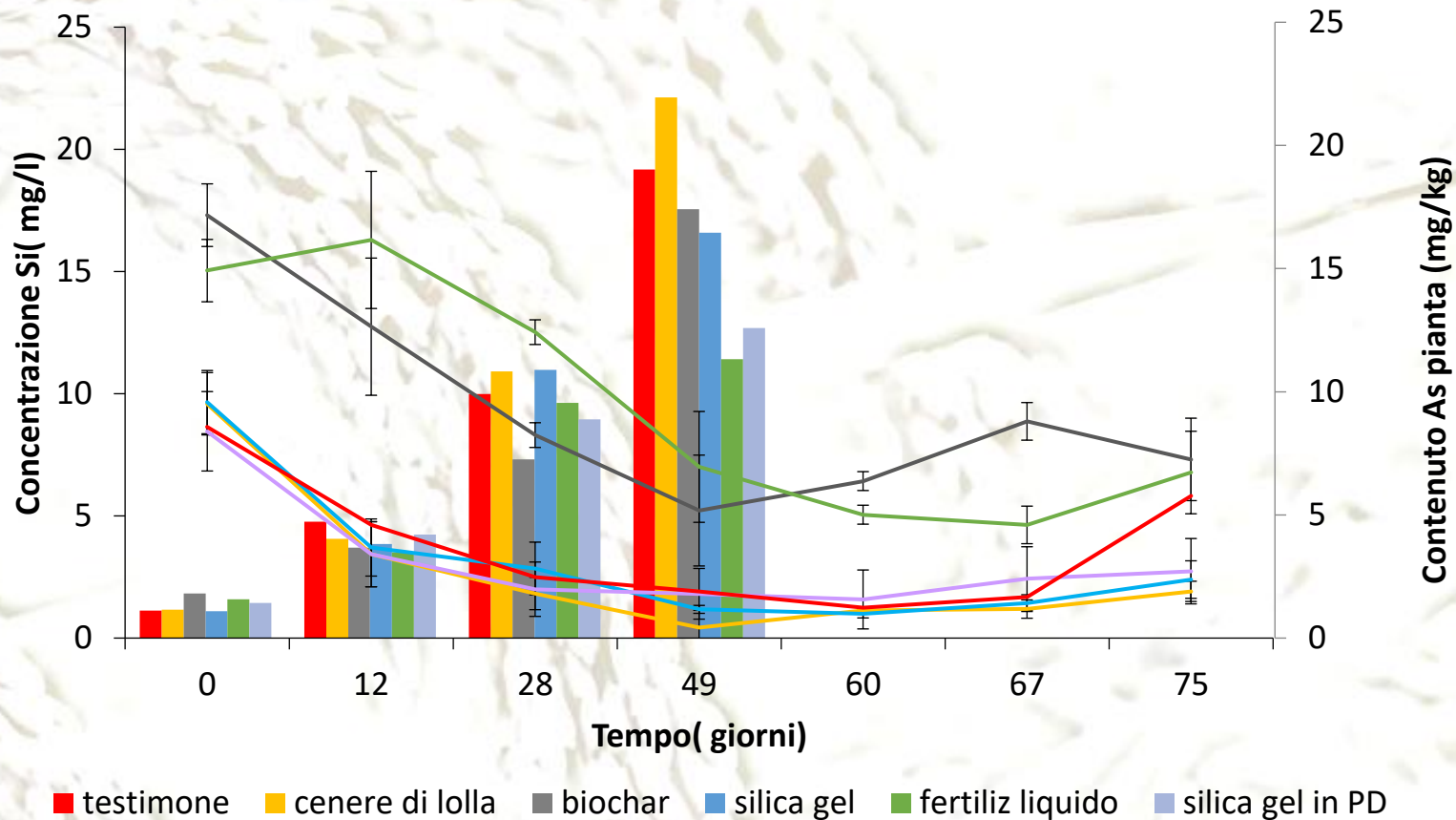
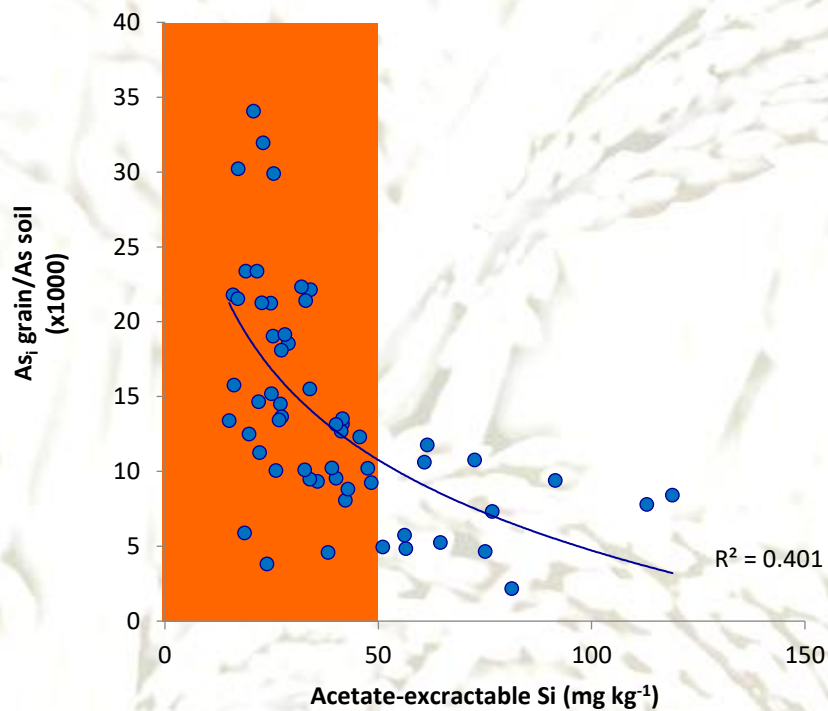
- ✓ Sostanza organica (biochar, ammendanti organici vari)
- ✓ Calce, carbonato di calcio
- ✓ Silicati, aluminosilicati
- ✓ Ossidi di Fe
- ✓ Zolfo, manganese, zinco, ...



Sostanza organica



Silicio

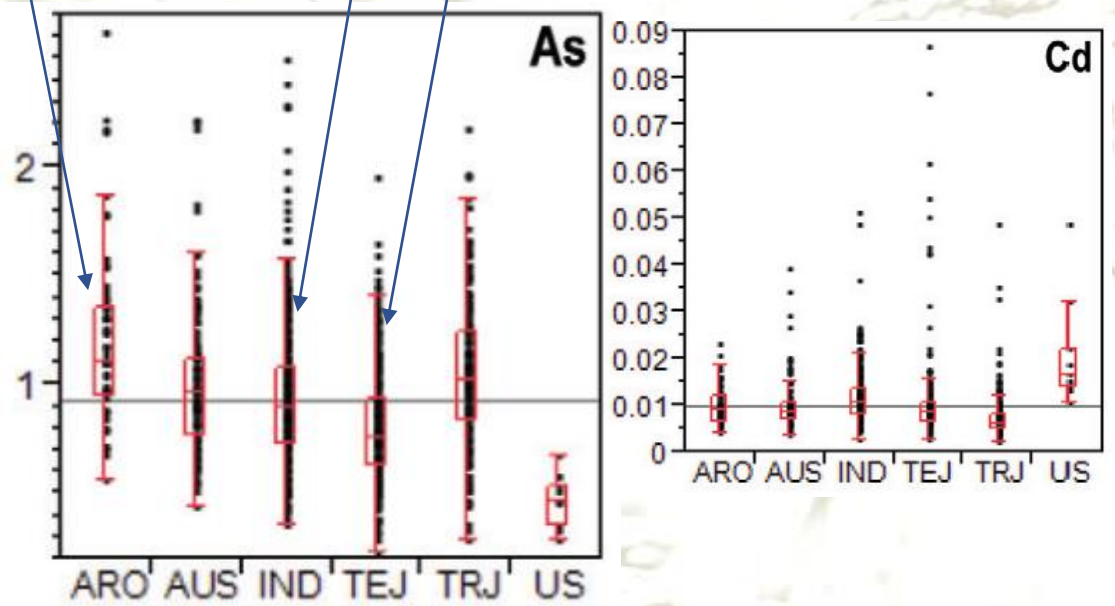


# Scelta varietale

Indica

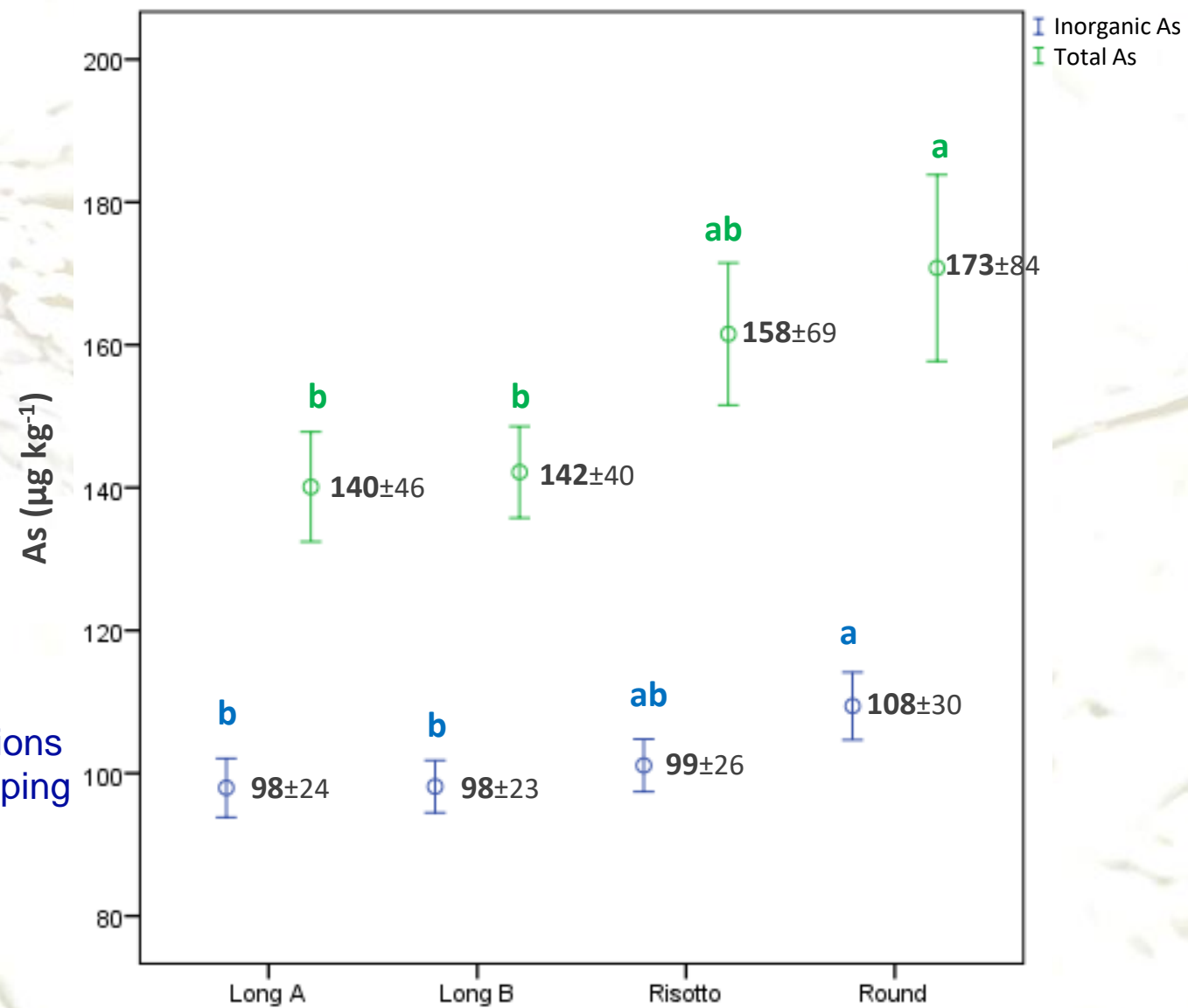
Aromatic

Temperated Japonica



Mean data from 1763 diverse rice (*Oryza sativa* L.) accessions grown flooded and plotted per ancestral lineage or subgrouping

Pinson et al., 2014. Worldwide Genetic Diversity for Mineral Element Concentrations in Rice Grain. *Crop Science*, 55:294-311



# ***Arsenico e cadmio dal suolo al riso***

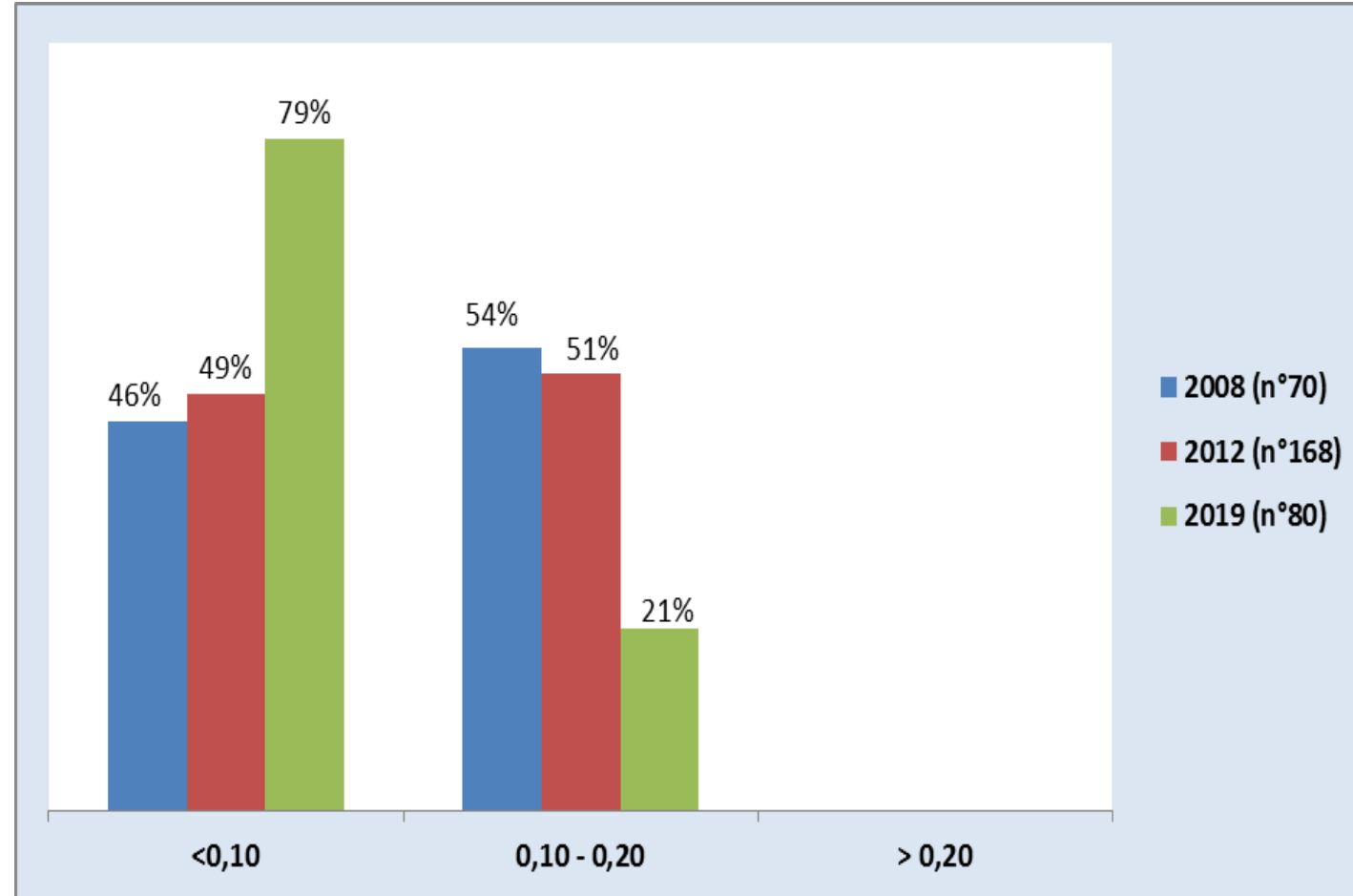


Maria Martin (maria.martin@unito.it; tel: 011-6708512)  
DISAFA, Largo P. Braccini 2, Grugliasco (TO)



Daniele Tenni, (d.tenni@enterisi.it)  
Centro Ricerche sul Riso - Ente Nazionale Risi, Castello d'Agogna (PV)

## ARSENICO



# Arsenico nel riso: monitoraggio 2012

168 campioni di  
riso bianco

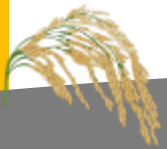
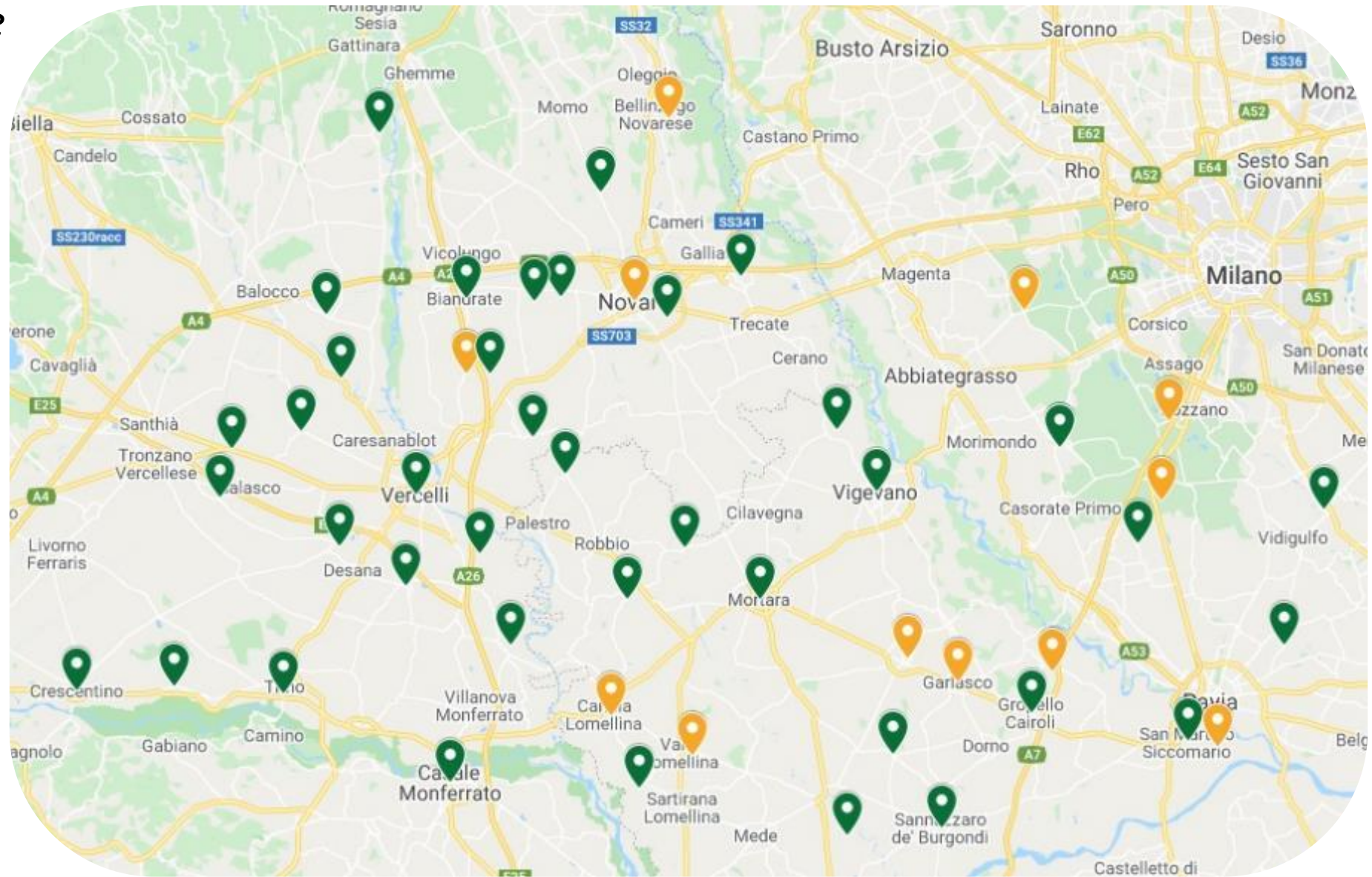
Area	As totale $\mu\text{g kg}^{-1}$				As inorganico $\mu\text{g kg}^{-1}$				% As inorganico %					
	Media $\pm$ dev. st	mediana	min	max	Media $\pm$ dev. st	mediana	min	max	Media	mediana	min	max		
Vercelli - Biella - Alessandria	131 $\pm$ 38	a	130	58	206	95 $\pm$ 22	94	51	146	76	cd	76	61	92
Novara	171 $\pm$ 41	abc	176	93	255	108 $\pm$ 23	106	60	160	69	bc	69	51	80
Lomellina	157 $\pm$ 77	abc	139	49	523	105 $\pm$ 30	105	41	163	74	cd	77	31	94
Pavese	199 $\pm$ 104	bc	139	82	383	98 $\pm$ 29	91	63	148	58	a	61	39	80
Milano - Lodi	176 $\pm$ 73	abc	148	102	321	113 $\pm$ 31	112	74	184	68	bc	69	50	79
Verona - Mantova	127 $\pm$ 26	a	133	81	155	95 $\pm$ 24	103	52	123	79	d	80	68	86
Ferrara - Rovigo	152 $\pm$ 61	ab	127	67	252	101 $\pm$ 28	101	53	134	73	cd	76	58	80
Oristano	216 $\pm$ 46	c	228	155	253	117 $\pm$ 20	119	90	138	61	a b	59	55	70
<b>Totale</b>	<b>155 <math>\pm</math> 65</b>		<b>140</b>	<b>49</b>	<b>523</b>	<b>102 <math>\pm</math> 26</b>	<b>101</b>	<b>41</b>	<b>184</b>	<b>72</b>		<b>74</b>	<b>31</b>	<b>94</b>



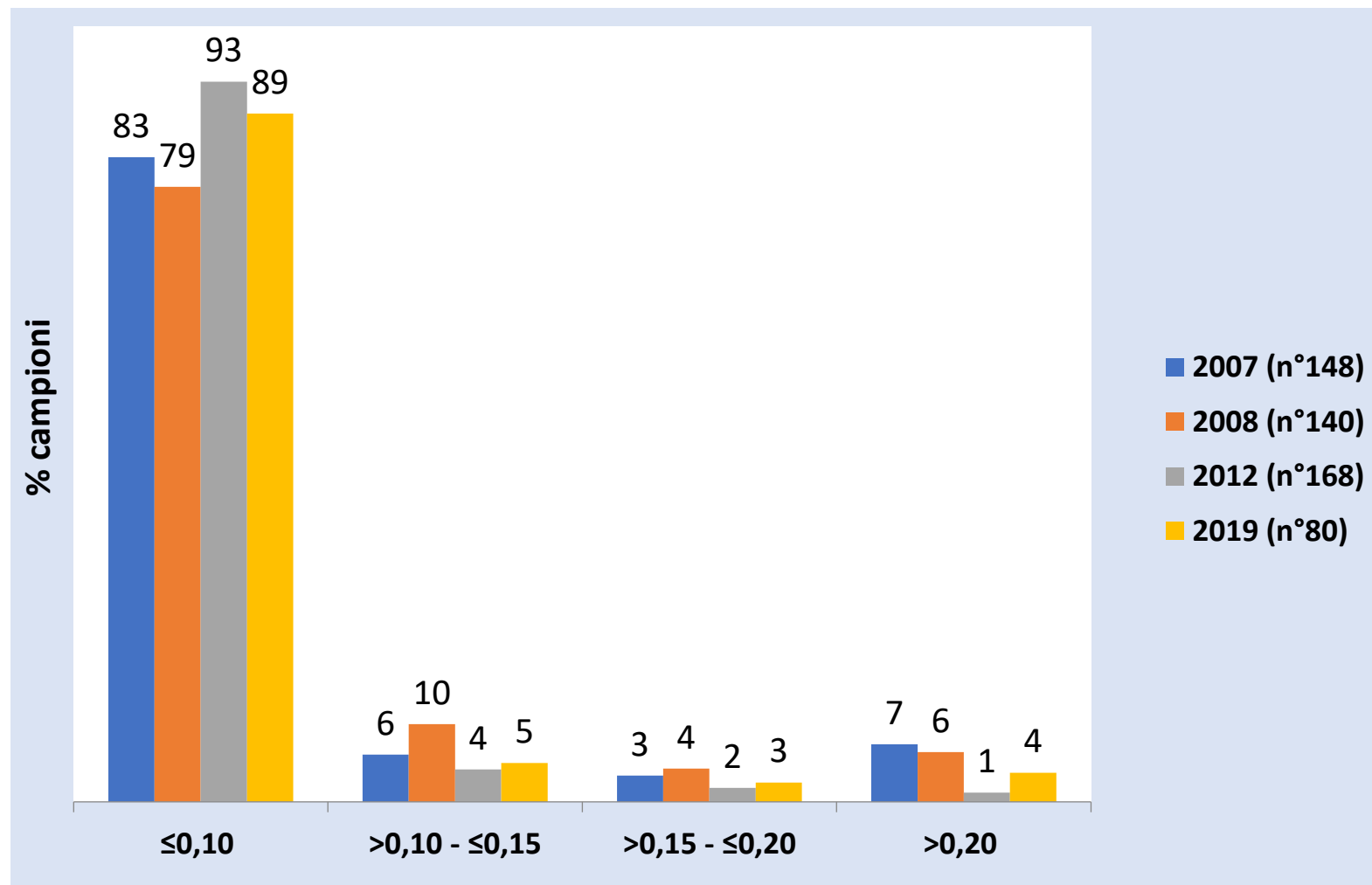
# Arsenico nel riso: mappe

# 2019

-   $\leq 0,10$
-   $> 0,10 - \leq 0,20$
-   $> 0,20$

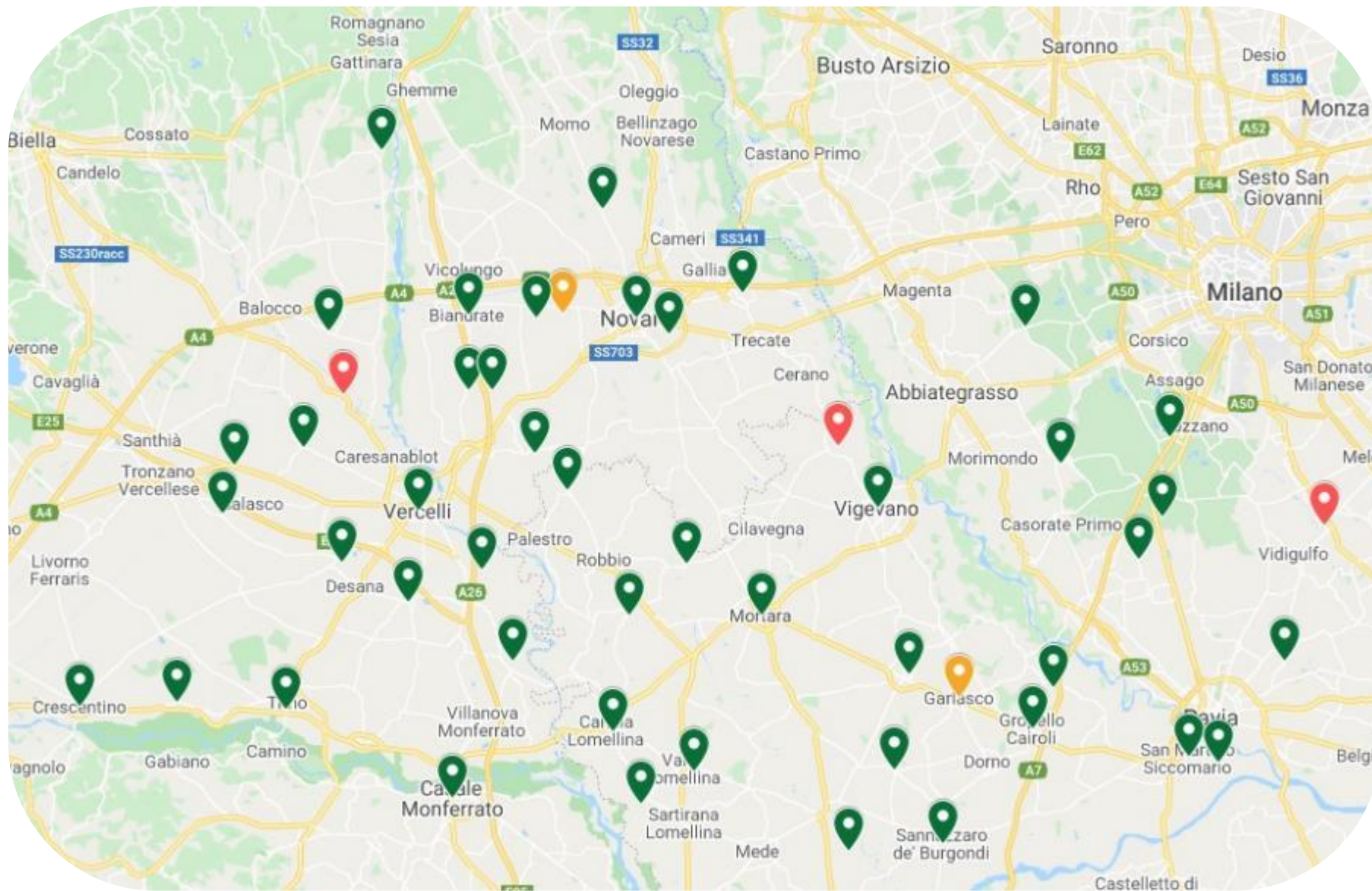


## CADMIO



2019

- $\leq 0,15$
- $> 0,15 - \leq 0,20$
- $> 0,20$



*Quali variabili si possono gestire per modificare la concentrazione di As e Cd nel riso?*

***I risultati delle sperimentazioni in pieno campo***



Gestione dell'acqua

Fertilizzanti e/o ammendanti

Scelta varietale

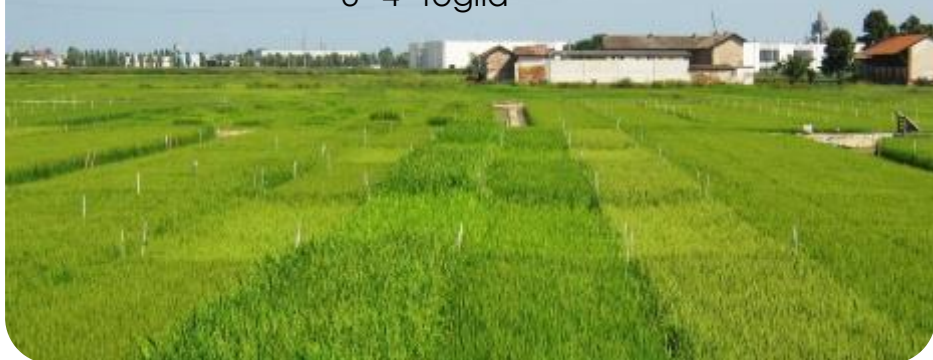


## FLD      DRY      IRR

Semina in acqua e sommersione continua

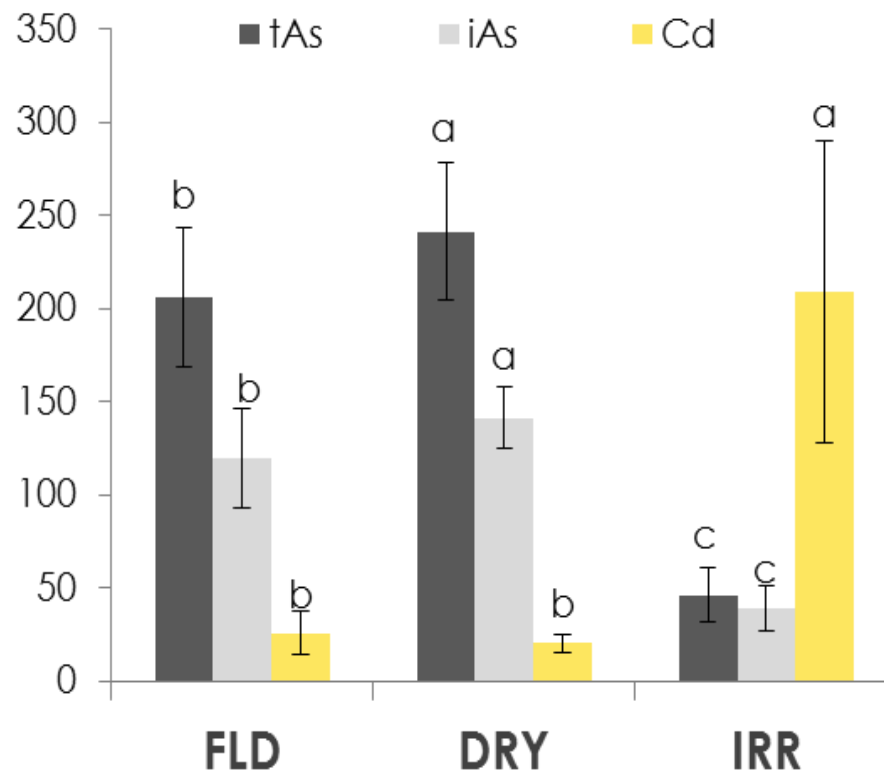
Semina interrata e sommersione posticipata in 3°-4° foglia

Semina interrata e irrigazioni turnate



## As nel riso bianco

( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )



DMA  
MMA  
As(III)  
As(V)

## Contenuti di As e Cd nella granella

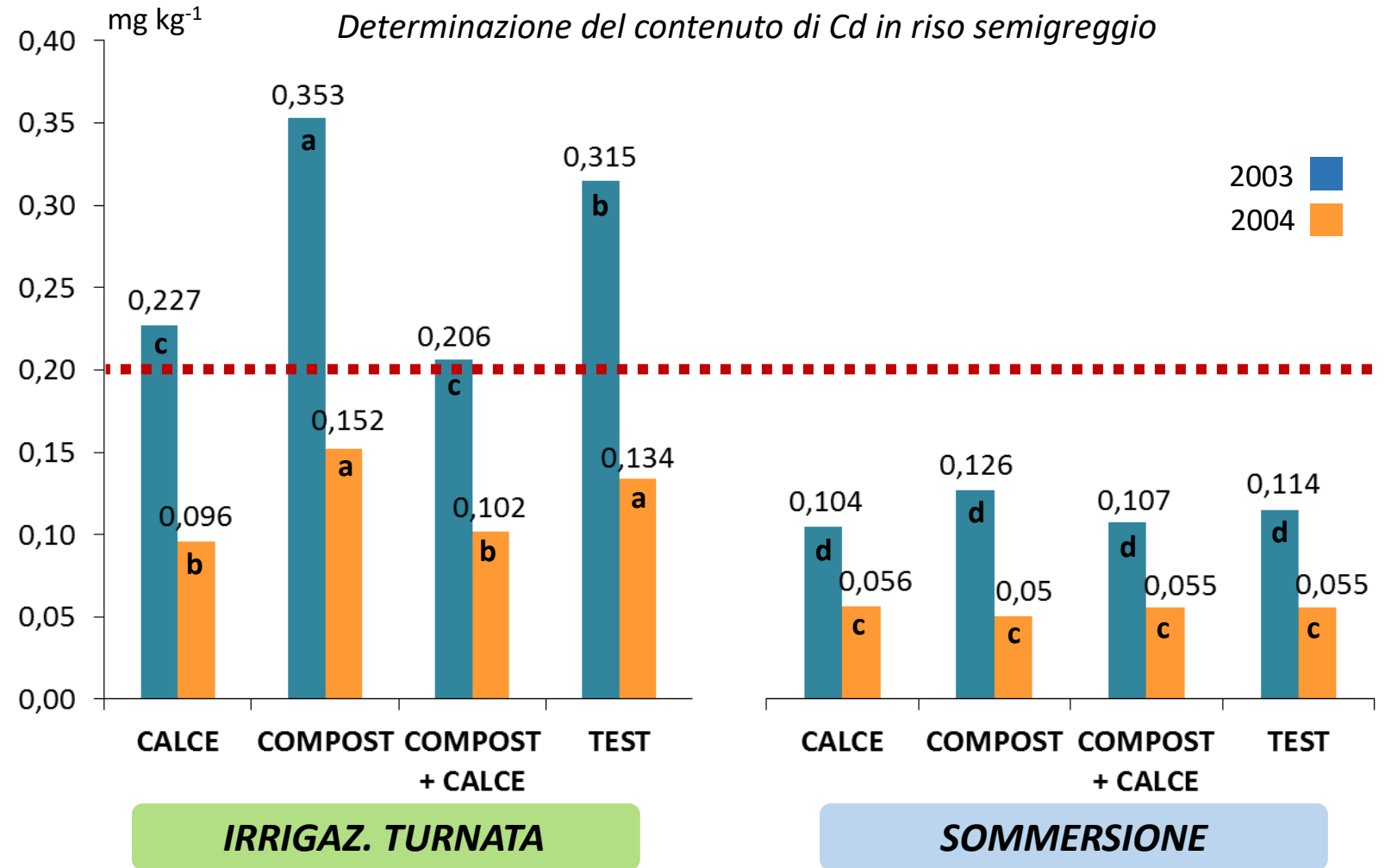
		<b>tAs</b> ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	<b>iAs</b> ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	<b>Cd</b> ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
<b>Sommersione continua</b>	Semina interrata	346 <b>a</b>	190 <b>b</b>	7 <b>c</b>
<b>Asciutta a inizio accestimento</b>	Semina interrata	309 <b>a</b>	189 <b>b</b>	13 <b>c</b>
<b>Asciutta a metà levata</b>	Semina interrata	110 <b>bc</b>	89 <b>c</b>	52 <b>b</b>
<b>Asciutta a fine fioritura</b>	Semina interrata	144 <b>b</b>	90 <b>c</b>	116 <b>a</b>
<b>Asciutta a metà levata e fine fioritura</b>	Semina interrata	73 <b>c</b>	61 <b>d</b>	127 <b>a</b>
<b>Asciutta in accestimento e a metà levata</b>	Semina interrata	130 <b>b</b>	96 <b>c</b>	34 <b>bc</b>
<b>ANOVA</b>		<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>

## Fase fenologica di metà levata



2003-2004

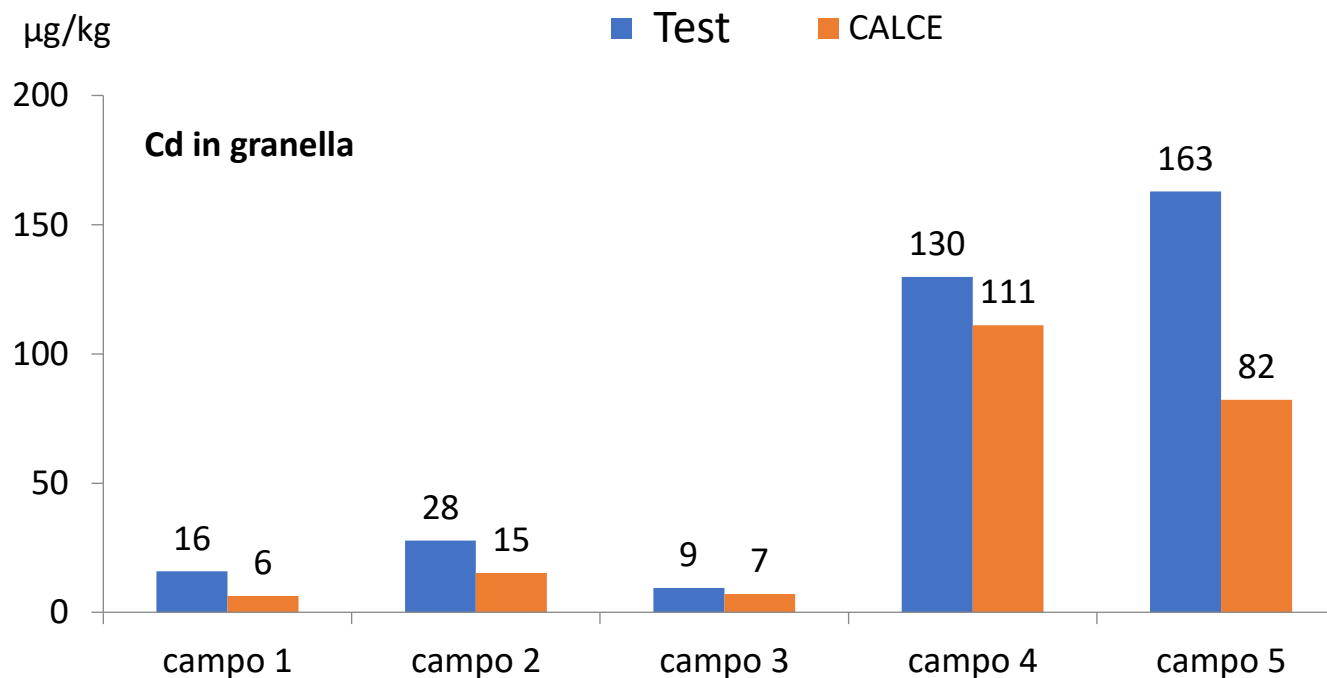
Valutazione dell'incidenza della gestione dell'acqua, dell'uso della calce e del compost





# Prove con calce in azienda

Semina interrata a file  
Sommersione continua 4°-5°foglia



Asciutta definitiva a maturazione cerosa avanzata

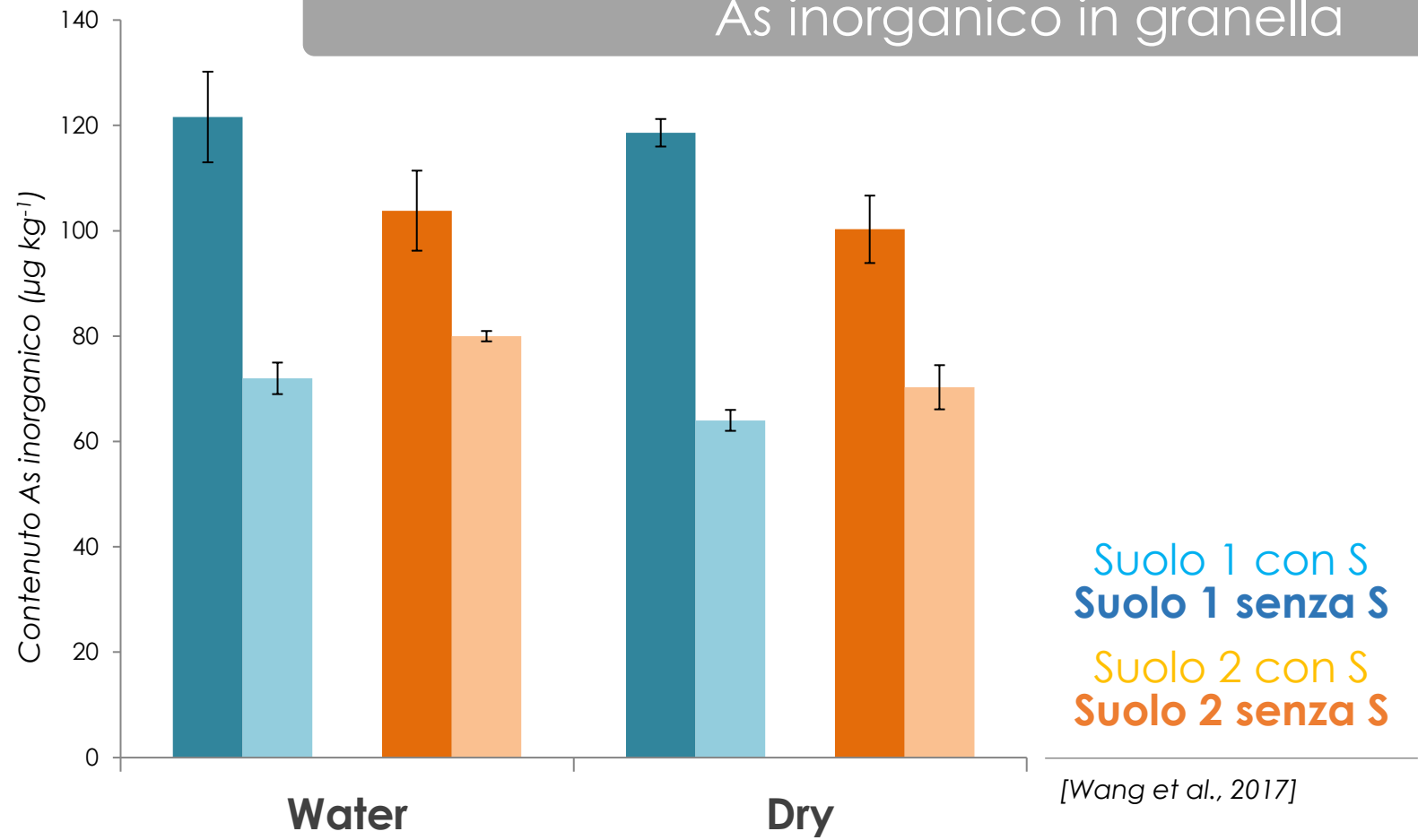
Asciutta definitiva a inizio maturazione lattea

Progetto  
BABYRICE



*Utilizzo del solfato*

As inorganico in granella



Suolo 1 con S  
**Suolo 1 senza S**  
Suolo 2 con S  
**Suolo 2 senza S**

[Wang et al., 2017]



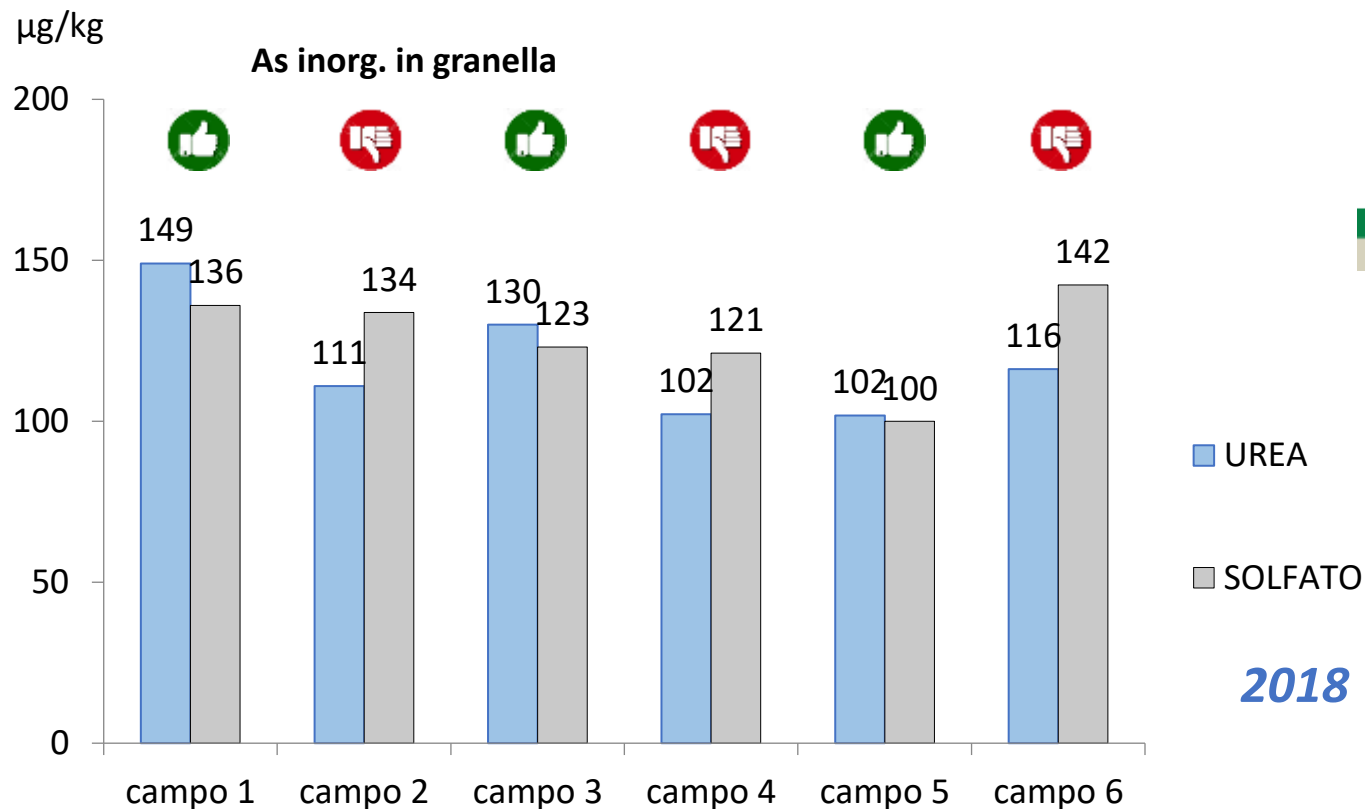
# Prove con solfato ammonico in azienda



- ❖ Urea (46% N)
- ❖ Solfato ammonico (20-21% N)  
(60% SO<sub>3</sub>)

Dose: variabile fra 120-180 kg/ha N

Epoca distribuzione: pre-semina e copertura



Progetto BABYRICE



2018

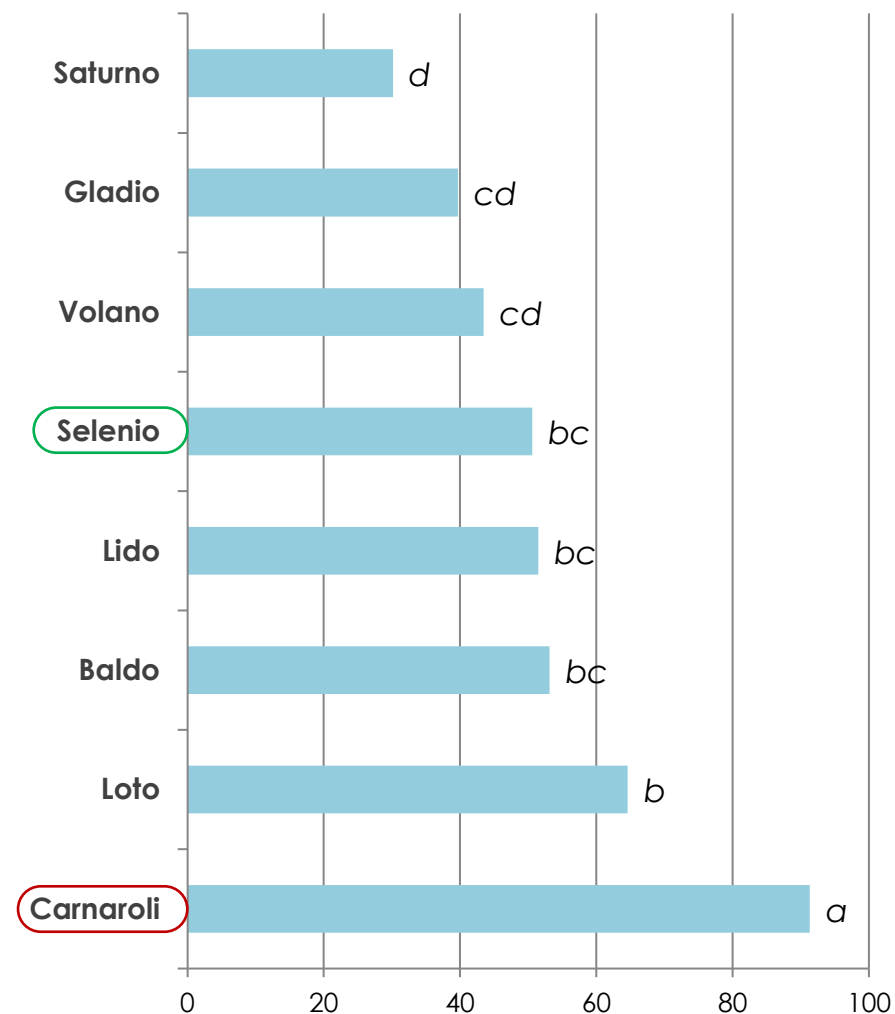
## Arsenico Inorganico

( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )

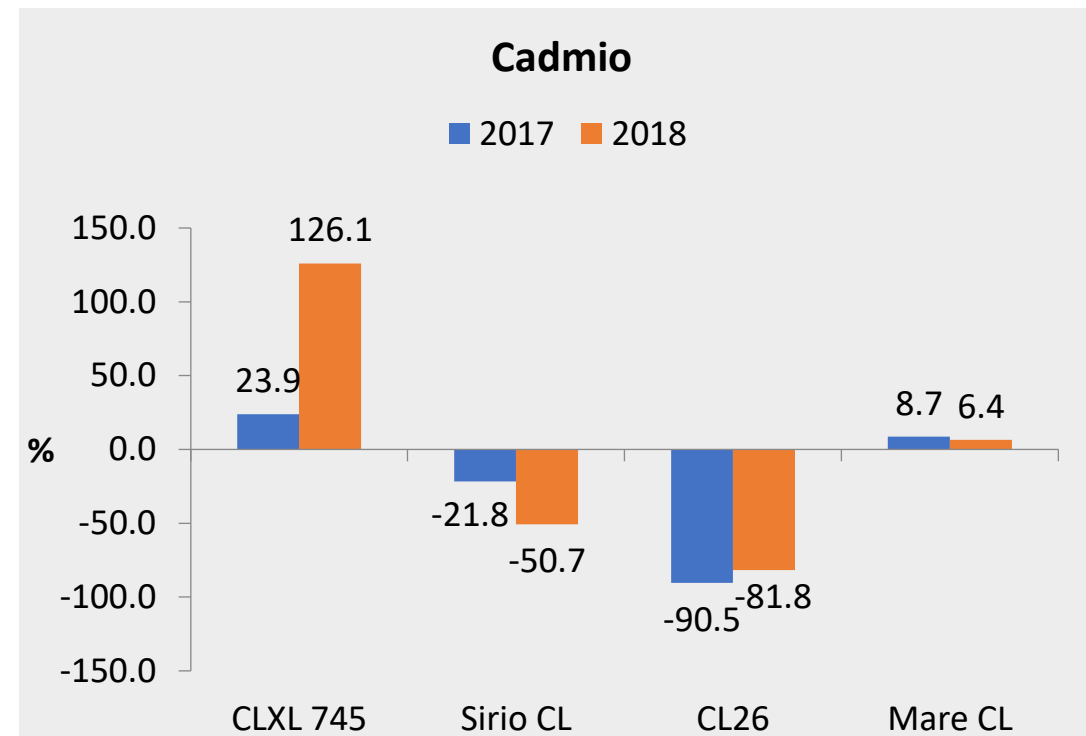
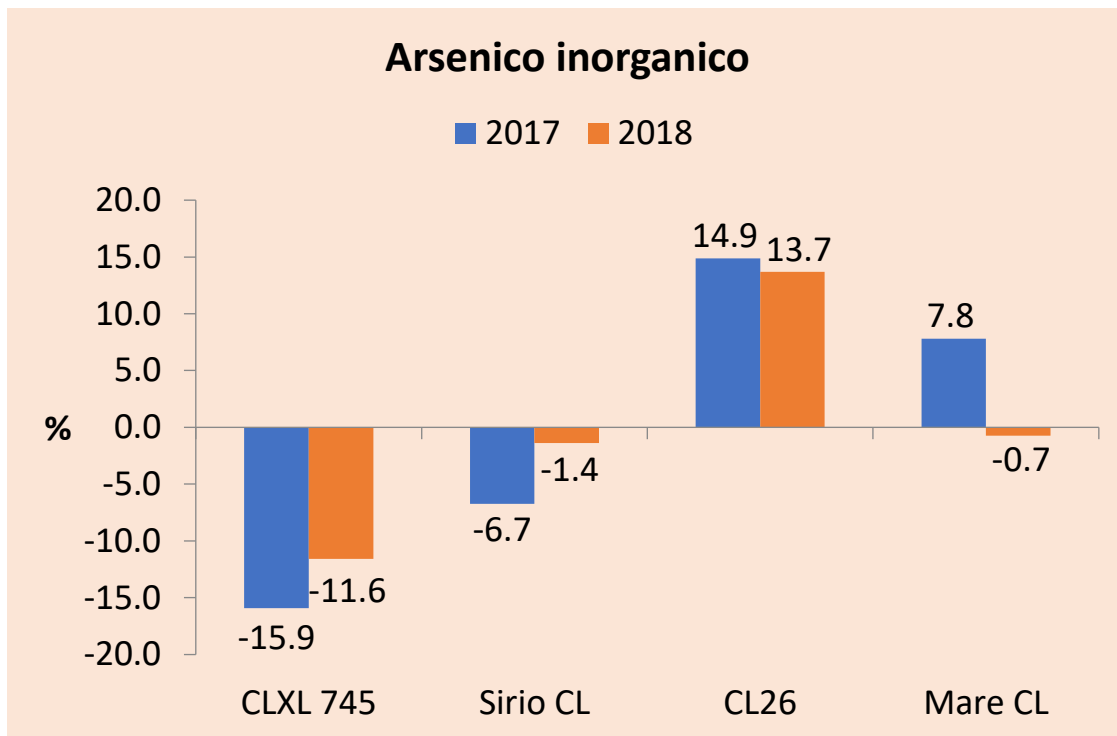
Variety	2012	2013
Augusto	105.2	74.4
Dardo	130.5	80.9
Loto	188.3	121.5
Luna	166.0	98.6
Baldo	140.5	78.8
Carnaroli	99.0	41.8
Karnak	104.8	38.1
Roma	122.0	68.2
Vialone Nano	175.8	70.4
Volano	158.3	73.8
CL 26	147.1	104.0
CL 71	106.2	73.1
CLXL	135.0	93.2
Gladio	139.3	86.9
Sirio	143.8	86.2
Balilla	130.7	105.5
Centauro	154.5	79.1
CL 12	113.6	88.3
Selenio	179.5	97.3
Sole	151.8	91.0

## Cadmio

( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )



# Effetto varietale: Gruppo Lunghi B



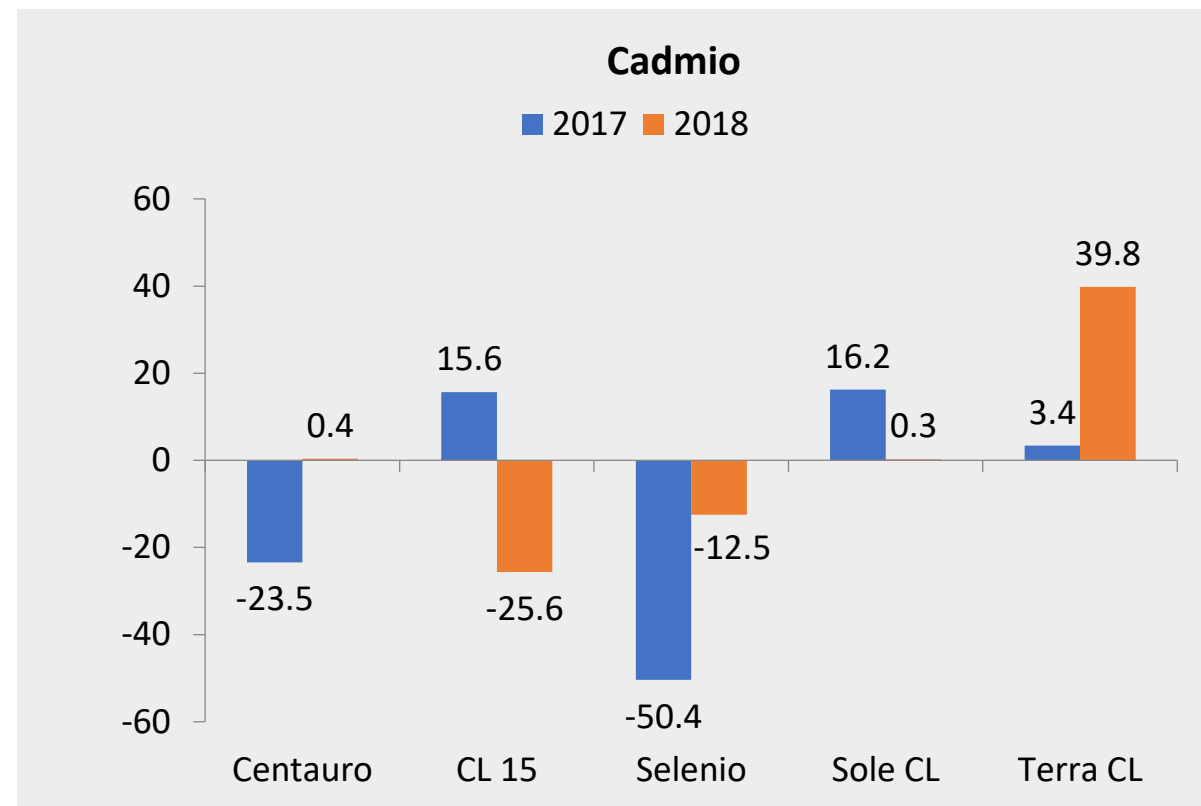
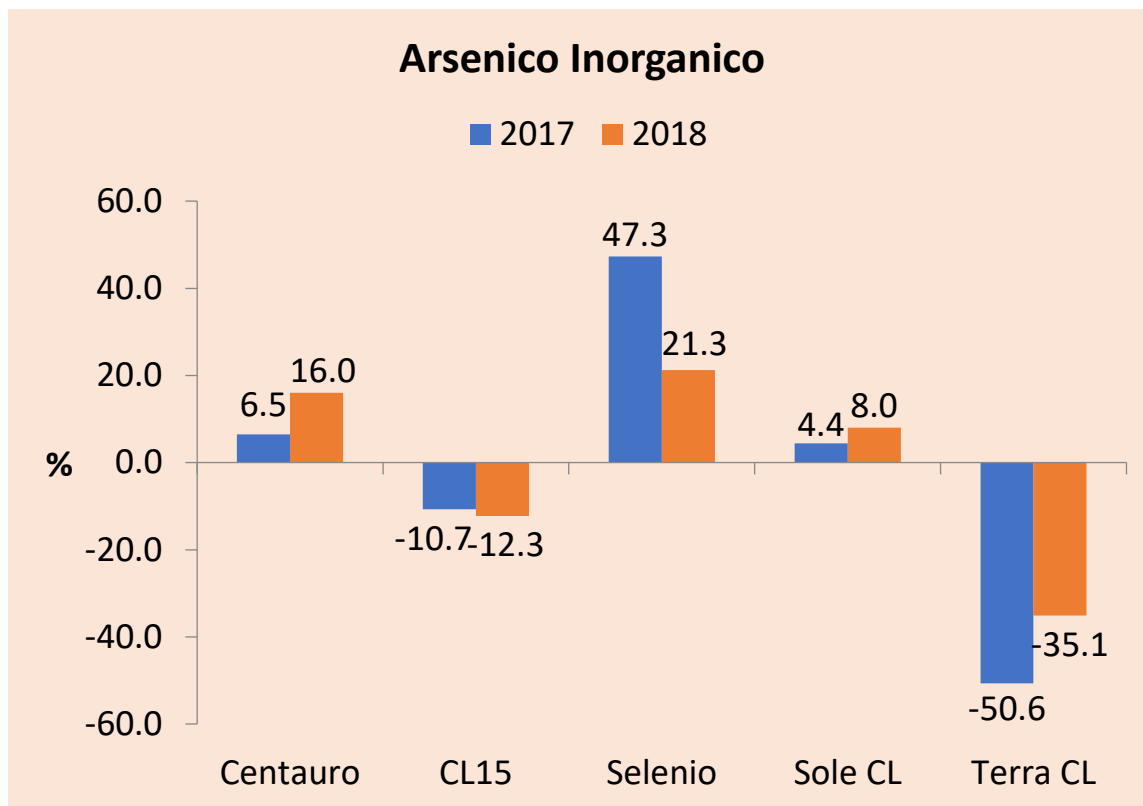
Progetto BABYRICE



*Riduzioni o incrementi percentuali dei contenuti di arsenico inorganico rispetto alla media della corrispondente annata*



# Effetto varietale: Gruppo Tondi



Progetto BABYRICE

*Riduzioni o incrementi percentuali dei contenuti di arsenico inorganico rispetto alla media della corrispondente annata*



# Quali sono le strategie per il contenimento dell'Arsenico (As)?

---



**1. Gestione dell'acqua:** asciutta di metà levata

**2. Scelta varietale:** scelta di genotipi con basso accumulo di As

**3. Scelta degli appezzamenti:**

- ❖ Analisi suoli per contenuto di Arsenico totale (As tot)
- ❖ Scelta dei suoli, in particolare per il baby-food, con As tot < 5-6 mg/kg

# Quali sono le strategie per il contenimento del Cadmio (Cd)?

---



## 1. Gestione dell'acqua

- ❖ Se si effettua l'asciutta di metà levata è necessario risommergere a inizio botticella
- ❖ Drenaggio finale non prima del raggiungimento della maturazione cerosa avanzata

**2. Utilizzo della calce:** distribuzione di 1 t/ha in presemina, con un contenuto minimo in Ossido di calcio (CaO) dell'85%

**3. Scelta varietale:** scelta di genotipi con basso accumulo di Cd





Grazie  
per  
l'attenzione