



Le nanotecnologie per un'agricoltura sostenibile

BARI – Nicolaus Hotel

15 novembre 2023

Giuseppe Ciuffreda

Nanotecnologia/Nanomateriali

- Primo riferimento 1959 da [Richard Feynman](#) premio Nobel fisica (1965)
- Nanotecnologia termine coniato nel 1974 da Norio Taniguchi



Tensione superficiale dei liquidi



Forze di van der Waals

Che co'è la Nanotegnologia

Tecnologia che si occupa di strutture di lunghezza inferiore a 100 nanometri.

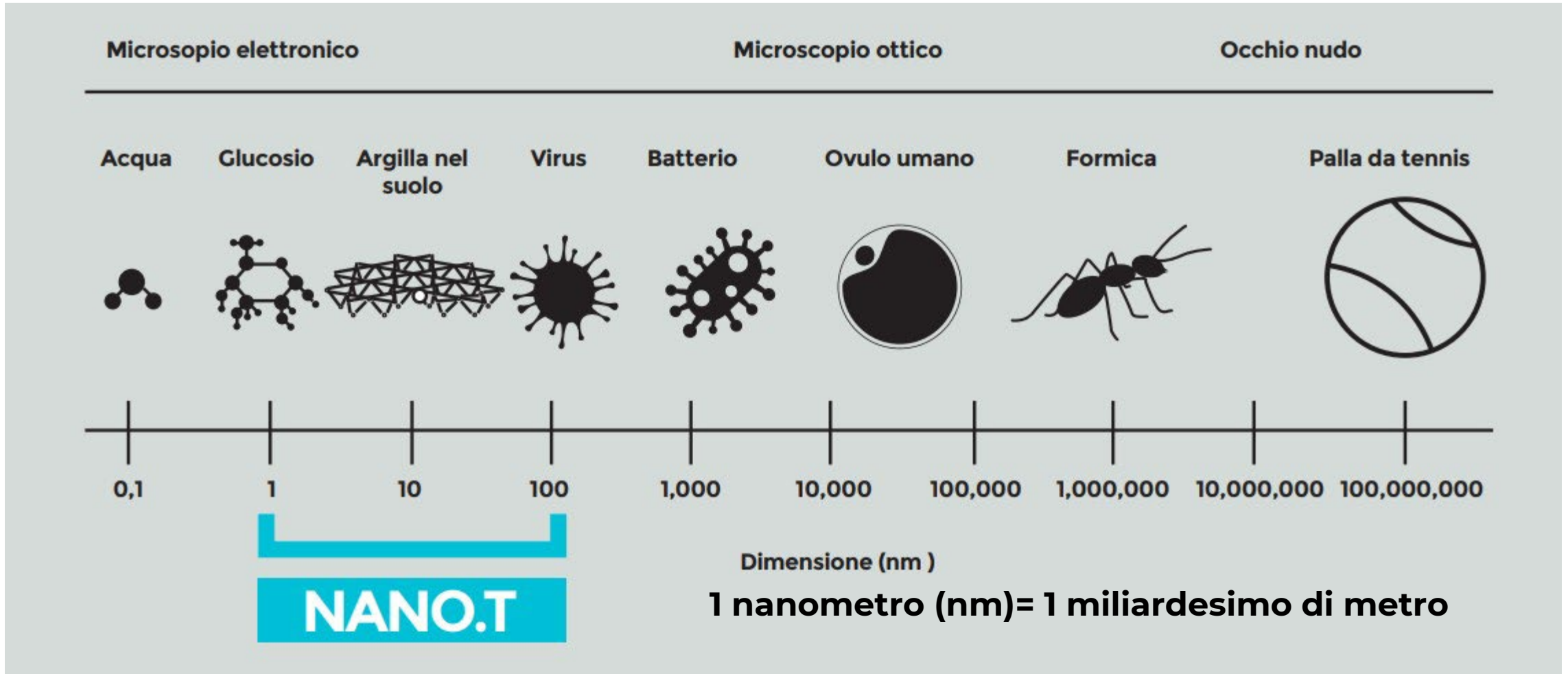
Definizione vocabolario Oxford

1 nanometro (nm) = 1 miliardesimo di metro

1 micro (μm) = 1 milionesimo di metro

1 millimetro (mm) = 1 millesimo di metro

Comparazione dimensioni: da nano a macro

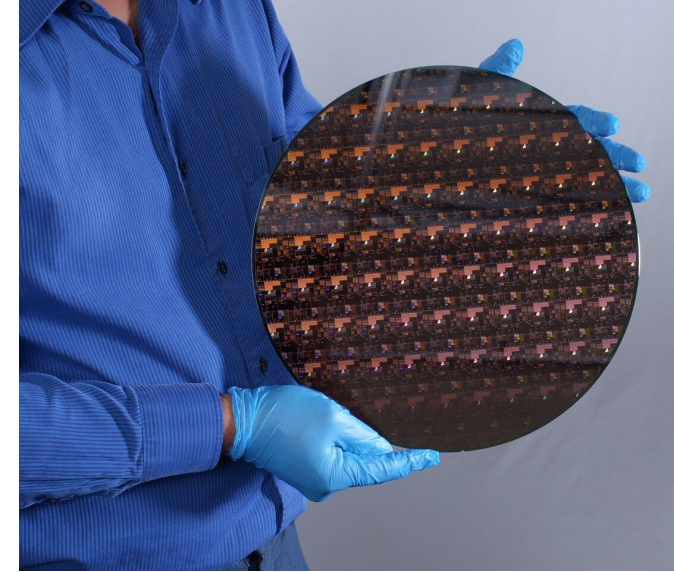


- **Elettronica e applicazioni informatiche**
- **Applicazioni mediche e sanitarie**
- **Applicazioni energetiche**
- **Bonifica ambientale**
- **Settore trasporto**
- **Agricoltura**



Elettronica e applicazioni informatiche

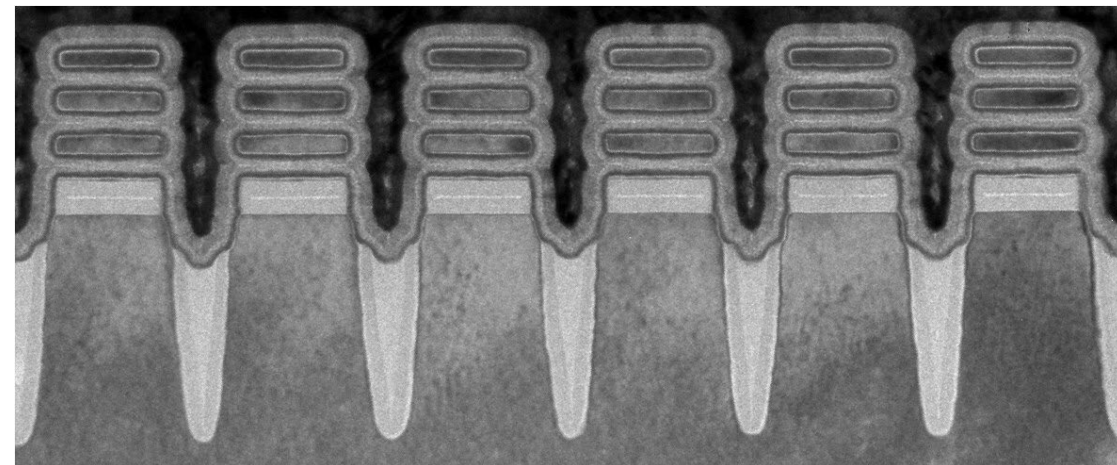
- IBM (2021) ha realizzato un chip della dimensione di un unghia che può contenere **50 miliardi** di transistor
- In pratica ha portato un transistor alla dimensione di **2 nm** (cioè più sottile di un filamento di **DNA**)



Transistor di una volta

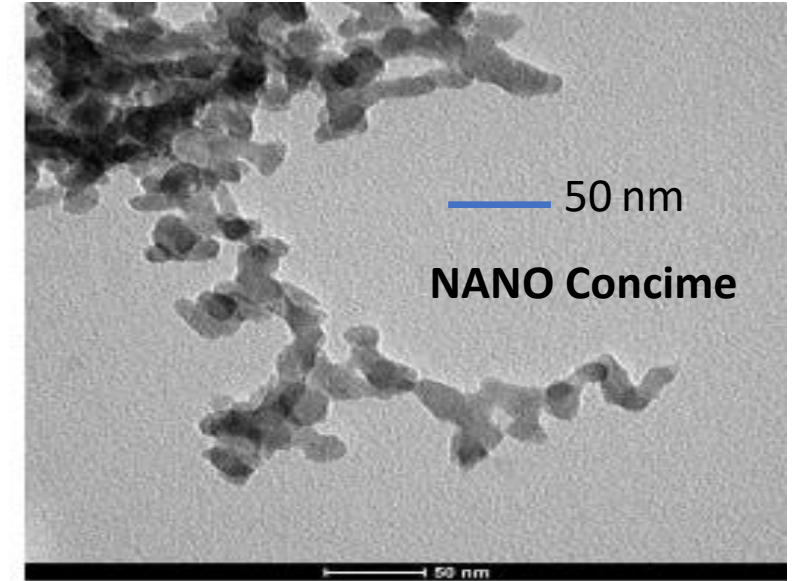


NANO Transistor



Agricoltura – concimi

- Università di Verona (2019) ha realizzato una sospensione liquida di concime che contiene **2.465 miliardi** di granuli per millilitro (*ricerca realizzata in collaborazione con CEREA FCP e dipartimento di Biotecnologie*)
- In pratica ha realizzato granuli primari di concime della dimensione di **6 nm** a base di **Fosforo e Ferro**



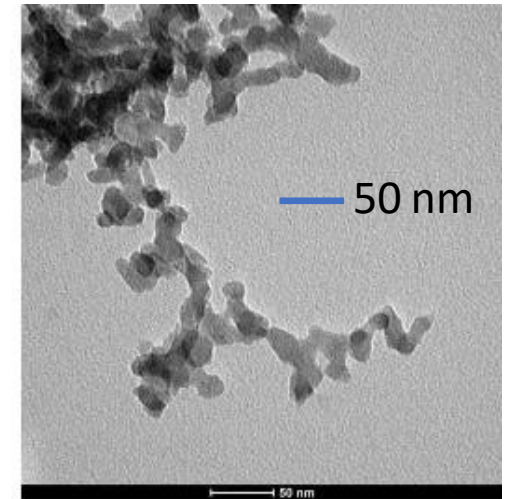
Concime granulare (2-5 mm)

Quali sono i vantaggi di questa miniaturizzazione?

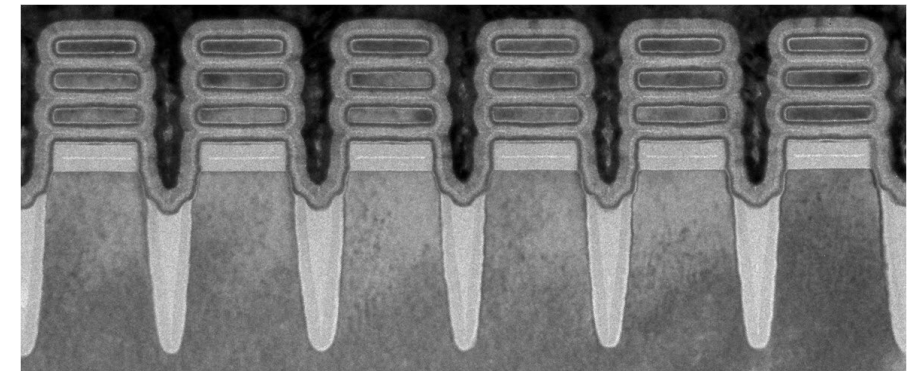
- aumento della prestazioni
- minor consumo di energia e materia

In altre parole maggiore sostenibilità e riduzione impatto ambientale

NANO Concime



NANO Transistor



- Inorganici:
 - Metalli (rame, zinco, ferro, manganese)
 - Semimetalli (boro, silicio)
 - non metalli (zolfo, selenio, fosforo, cloro, azoto, carbonio)
 - Sali (fosfati, carbonati, solfati, etc)

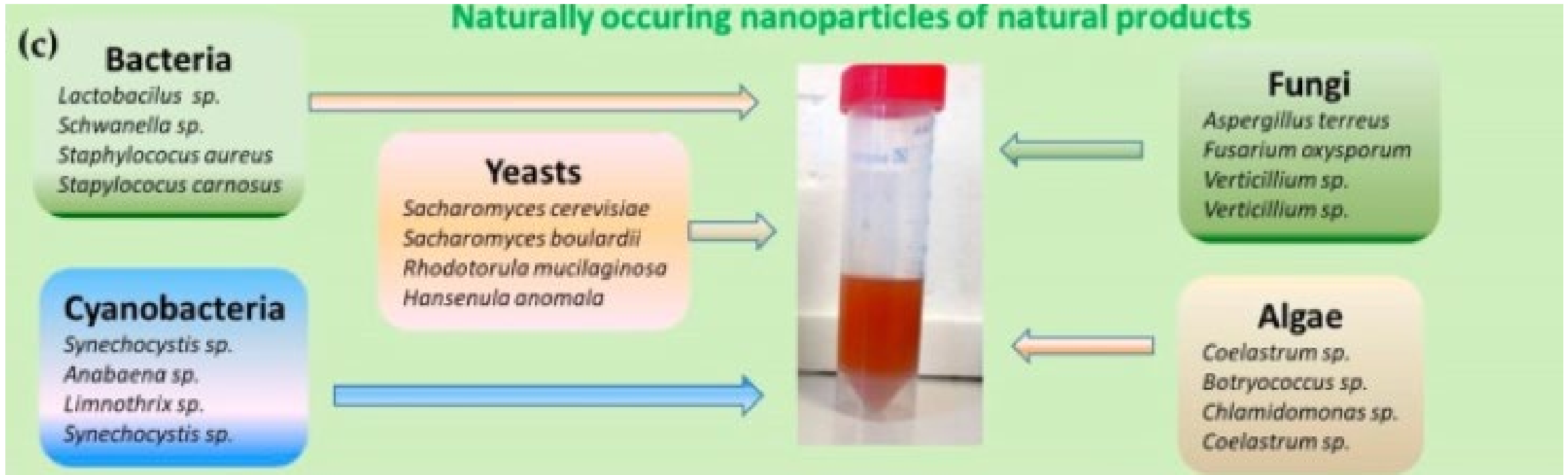
- Composti organici:
 - Naturali (cellulose, lignine, tannini, sostanze humiche, chitosani, fibroina, glucani etc).
 - Sintesi (nanotubi, polimeri sintetici: PLGA - poly(lactic-co-glycolic acid, etc)

Sintesi dei nanomateriali

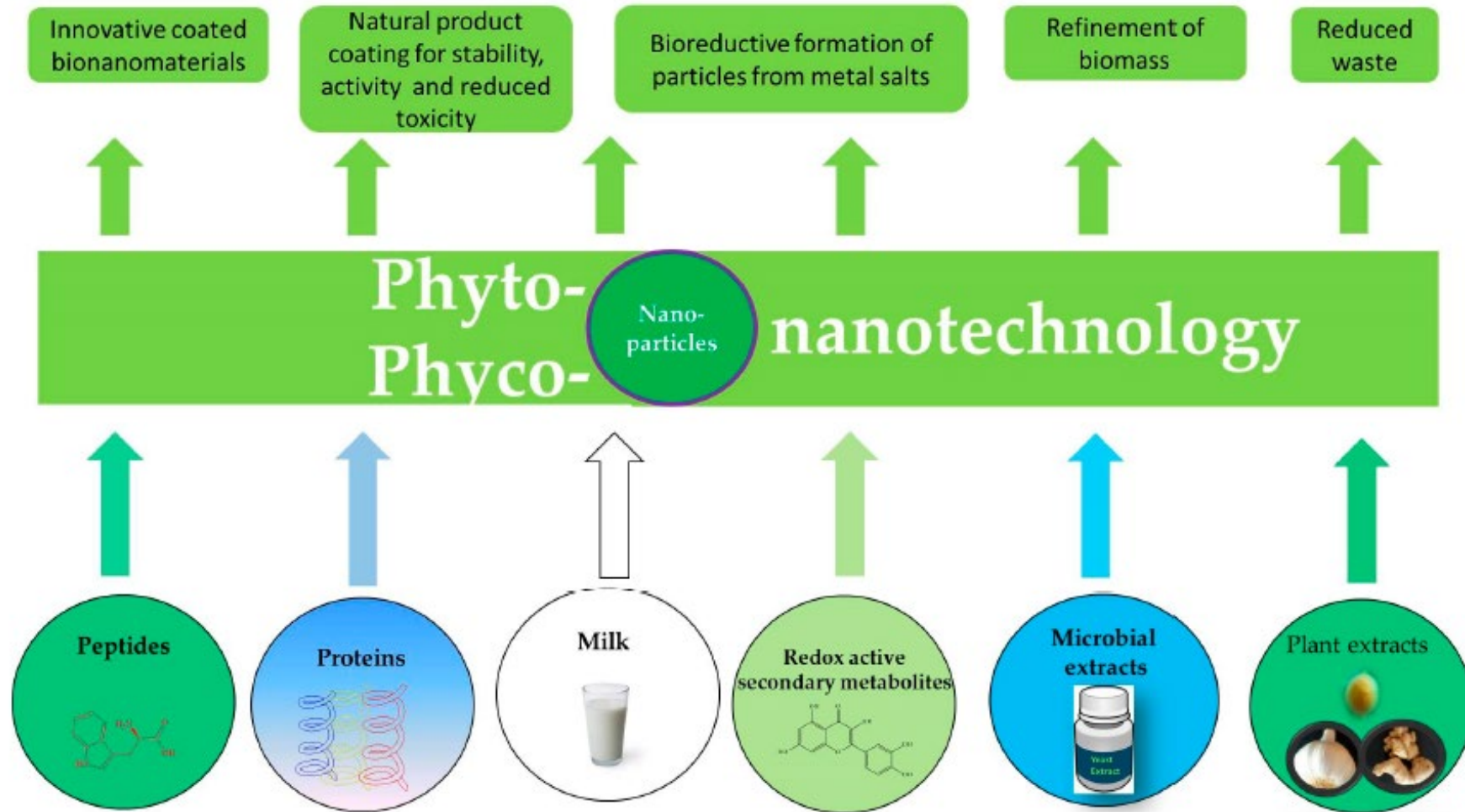
- La sintesi di nanoparticelle metalliche può essere eseguita utilizzando metodi fisici, chimici e **biologici** (Bansal et al. 2006b)

Nanomateriale	Organismo	dimesione	Fonte
Oro	Bacillus spp	1-50 nm	Iravani (2014)
Argento	Bacillus spp.	1-50 nm	Iravani (2014)
Argento	E.Coli DH5 α	10-100 nm	Ghorbani (2013)
Oro	E.Coli DH5 α	25nm	Duet al. (2007)
Argento	Verticillium	25 \pm 12nm	Mukherjee et al (2001)
Zinco/Argento	Moringa Oleifora	50-60 nm	Irfan et al. (2021)
Rame	Moringa Oleifora	1,5-4,5 μ m	Kalaiyan et al. (2020)
Zinco	Lemma minor L.	10–20 nm	Regni et al (2022)

Nanoparticelle ottenute da organismi



Fito e Fico-nanotecnologia



Meccanismo d'azione (multisito)

Il potenziale antimicrobico dei nanomateriali è dovuto alla maggiore superficie di contatto con le superfici dei microrganismi.

Assorbimento dei nanomateriali:

- Tossicità cellulare per accumulo
- Danni alle macromolecole: denaturazione proteine, complessazione dei metalli, danni DNA
- Radicali liberi (ROS azione ossidante)

Kalia et al 2020

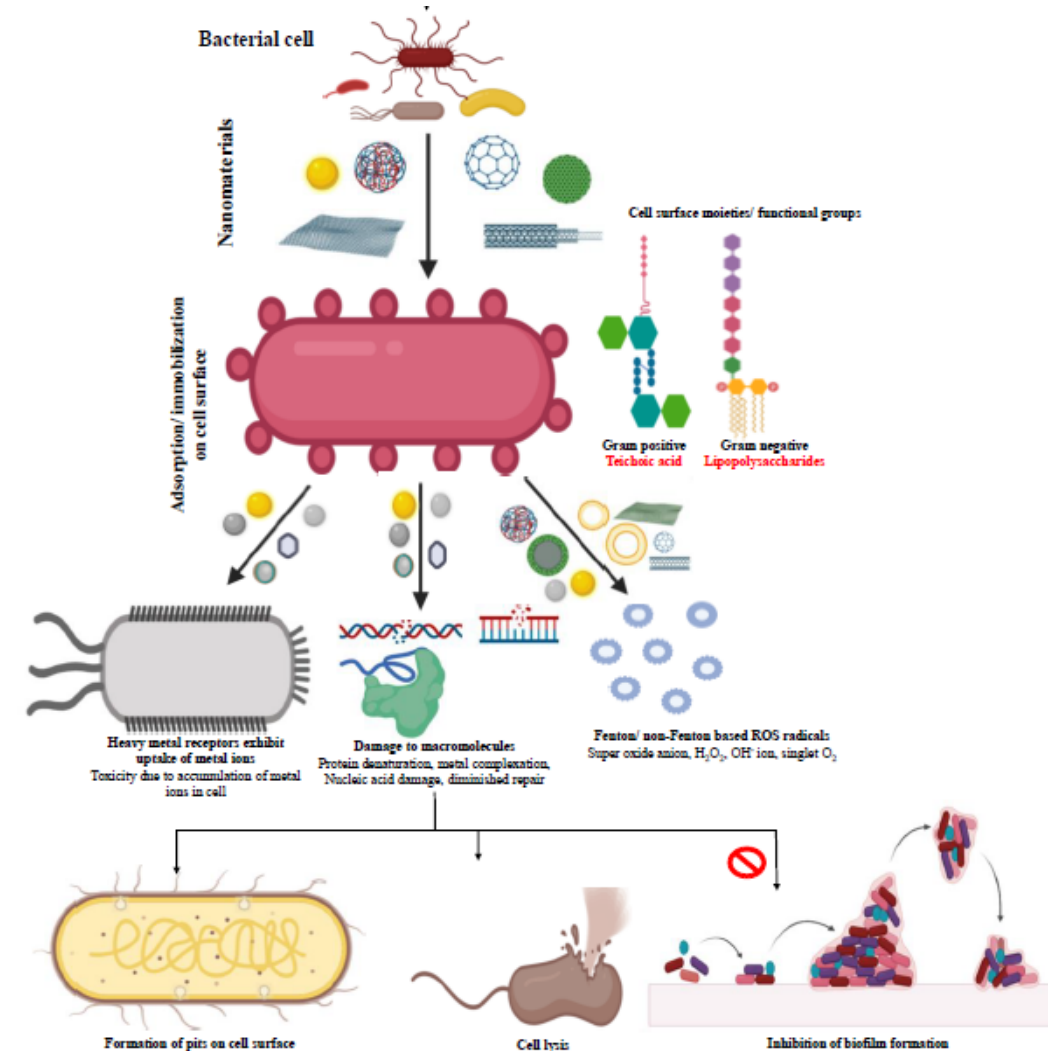


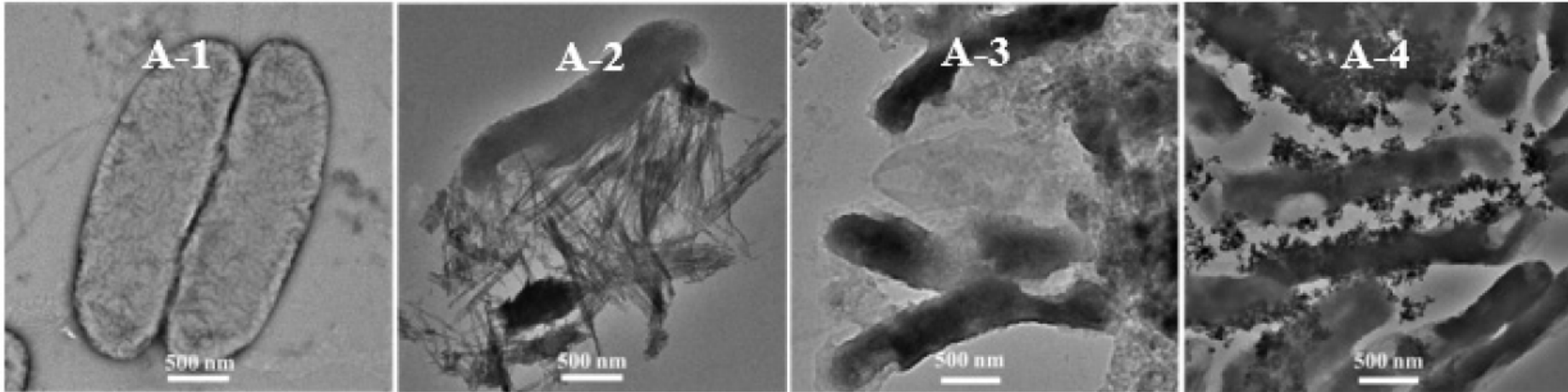
Figure 2. Mechanisms governing the antibacterial potential of different types of nanomaterials.

Foto di batterio di *P. syringae* a contatto con nano rame

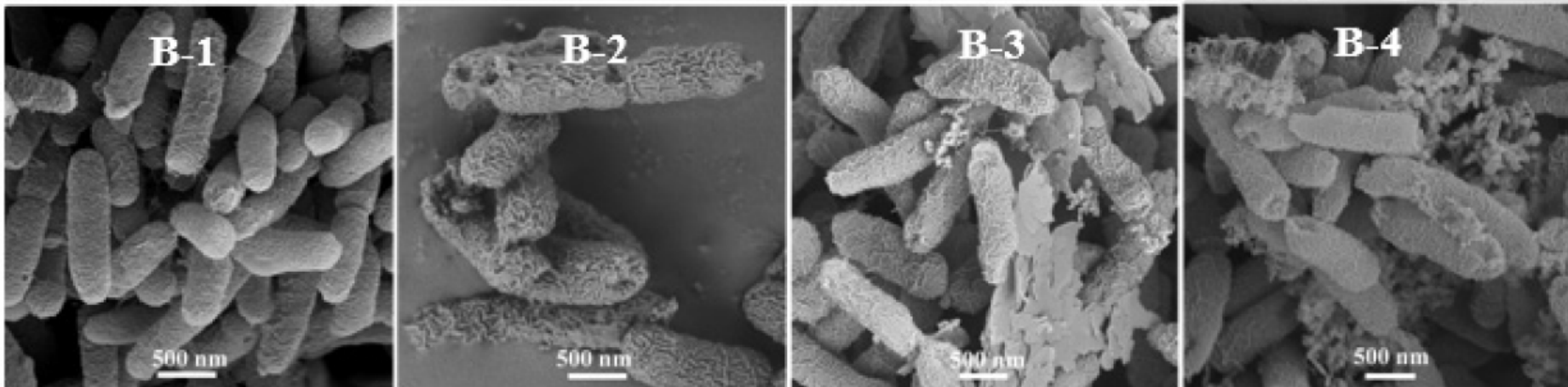
Batterio non trattato

Batterio a contatto con 3 diversi tipi di nano rame

TEM



SEM



Applicazione dei nanomateriali nel biocontrollo?

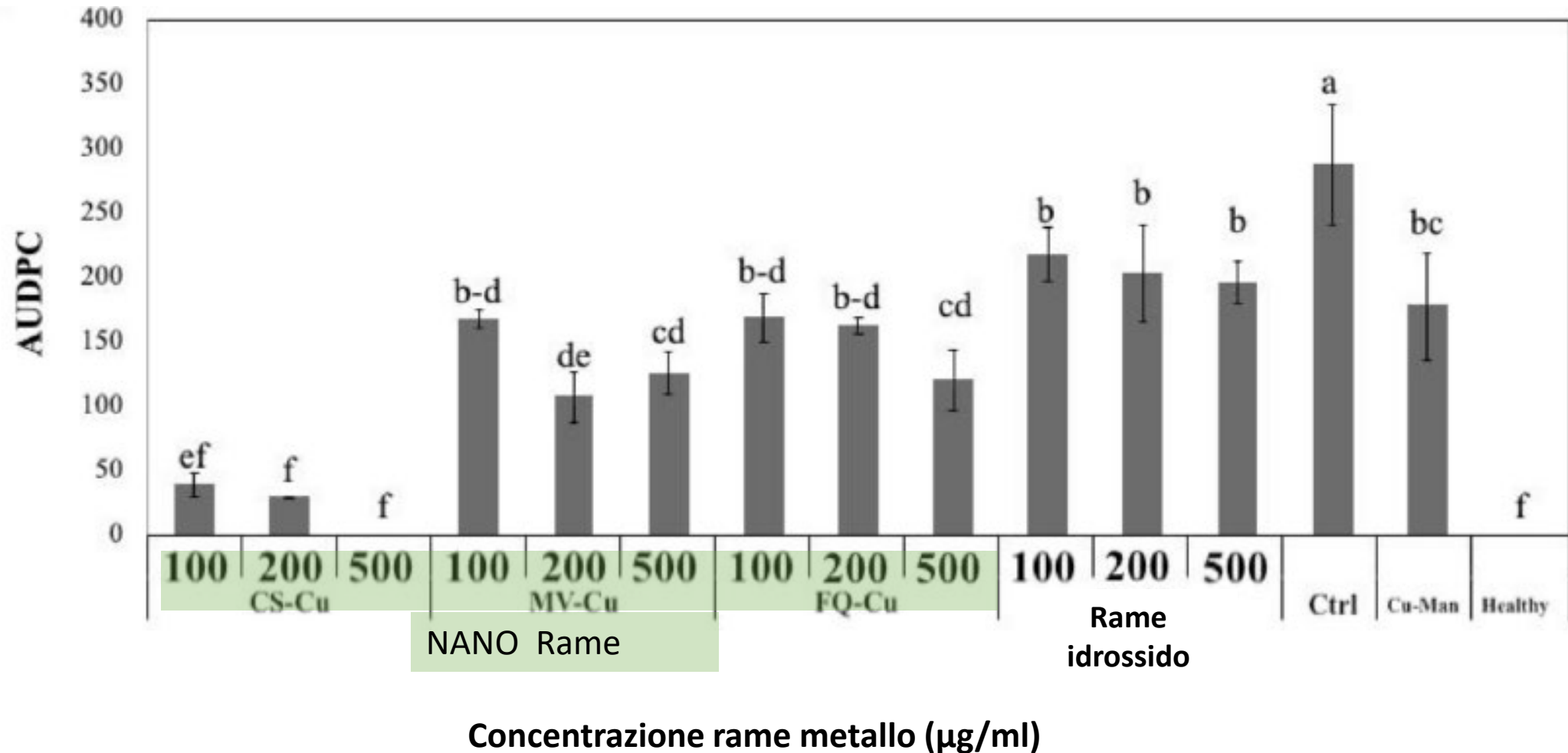


EFFICACIA CONTRO CEPPI DI BATTERI TOLLERANTI

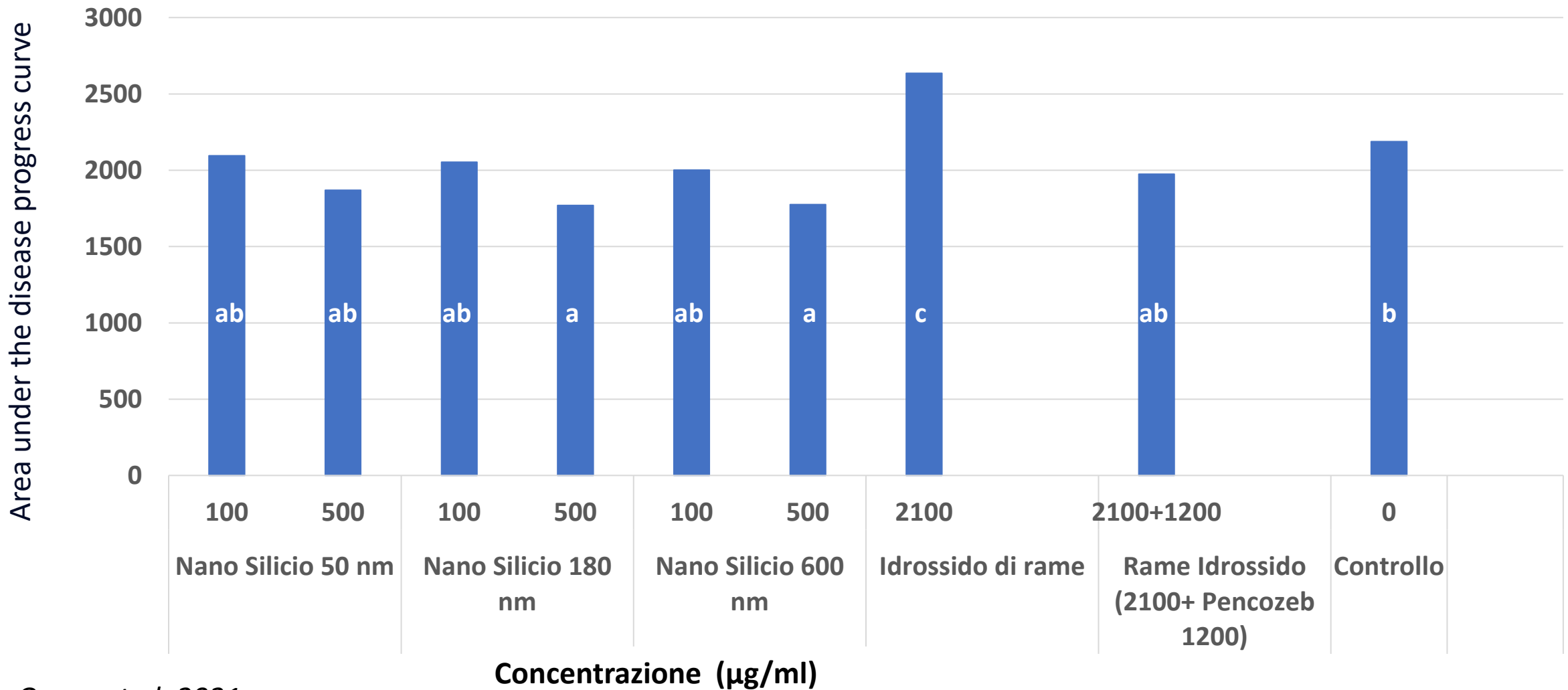
- *Xanthomonas euvesicatoria* strain E3 su peperone (Fan et al. 2020) RAME
- *Xanthomonas perforans* GEV 485 su pomodoro (Ozcan et al. 2021) SILICIO-RAME
- *Xanthomonas perforans* GEV 485 su pomodoro (Carvalho et al. 2019) RAME-ZINCO
- *Pseudomonas syringae* pv. *Actinidiae* su Kiwi (Ren et al. 2022) RAME

Nano Rame su peperone in serra

Xanthomonas euvesicatoria strain E3 (Fan et al. 2020)

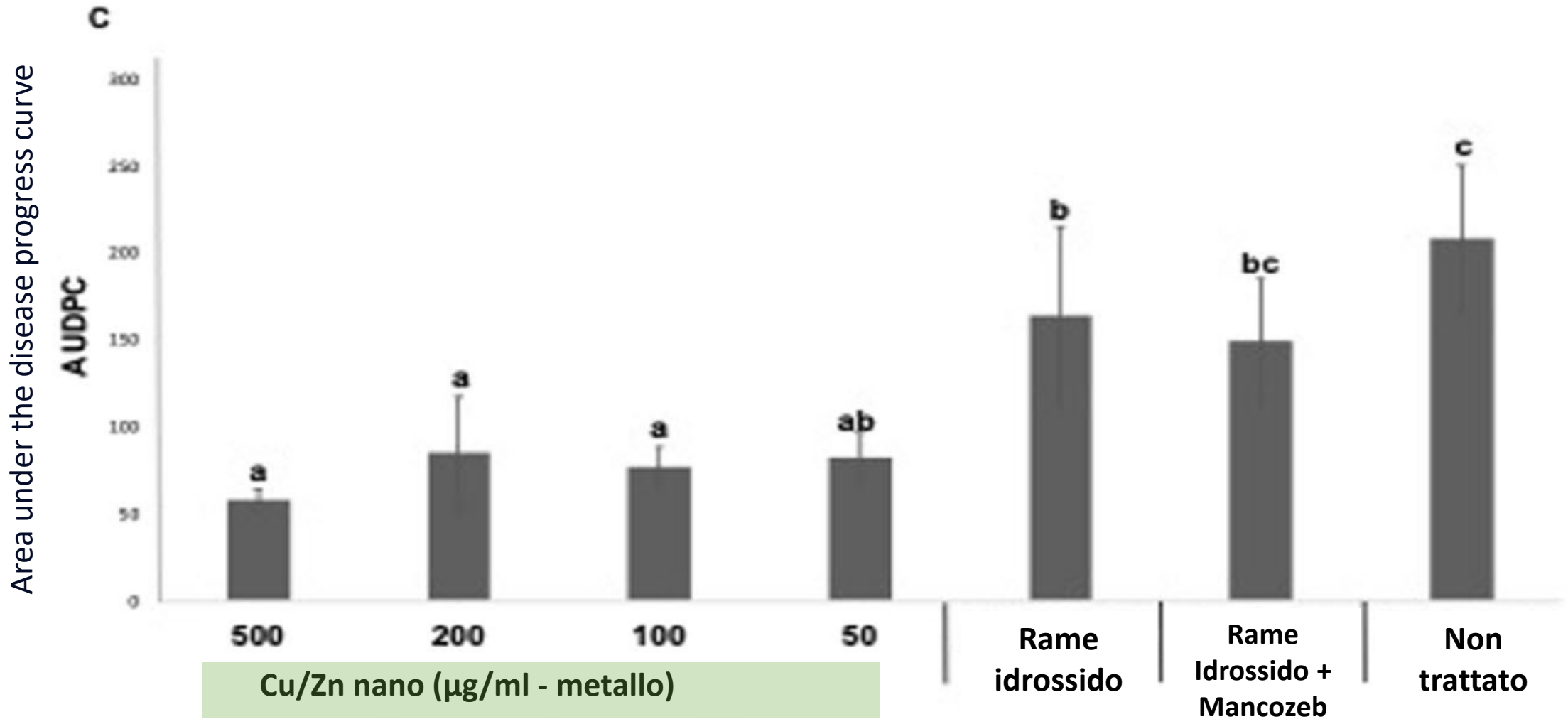


SILICIO su *Xanthomonas perforans* GEV 485 su pomodoro in campo

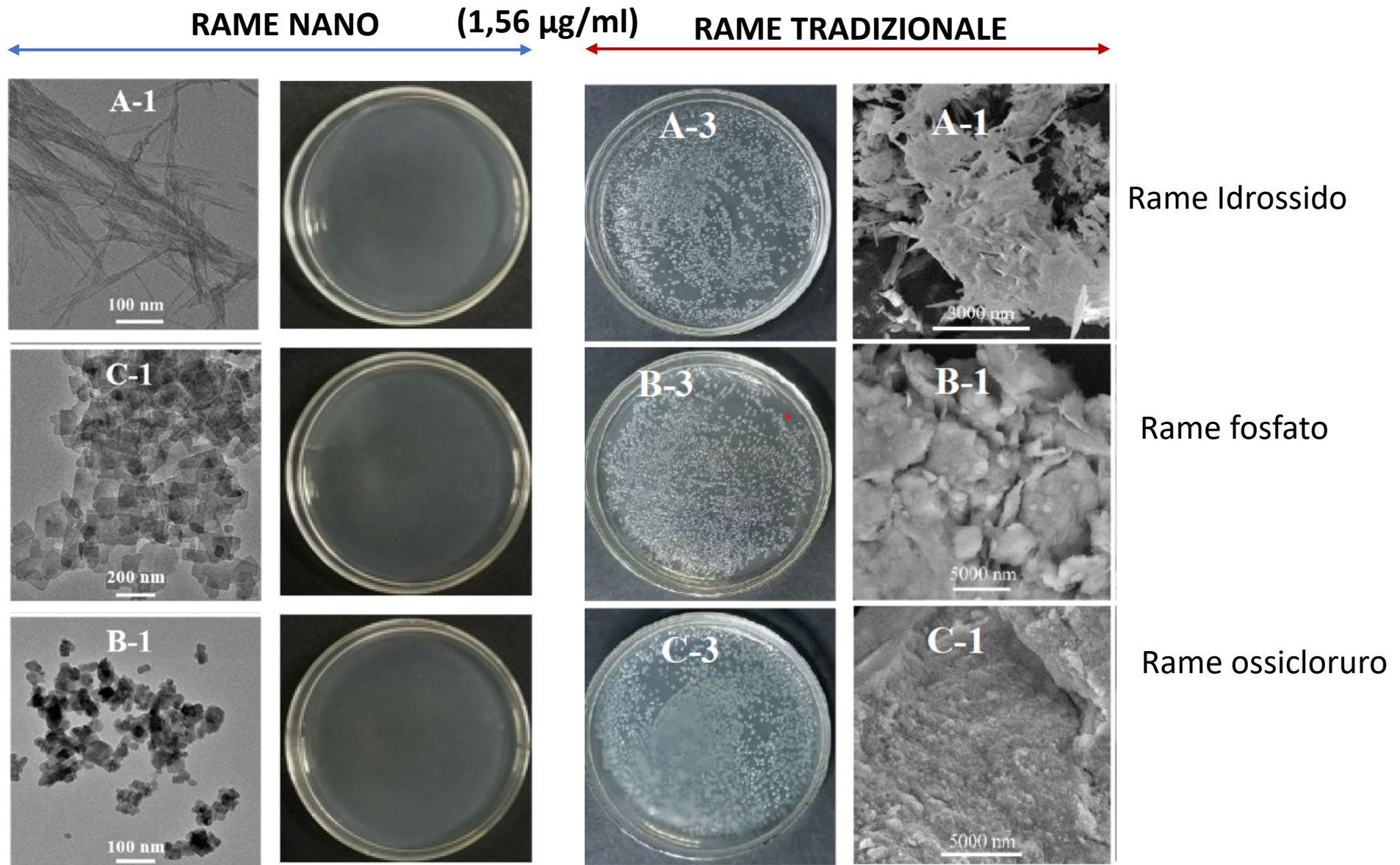


Efficacia contro Batterio Rame tollerante

Xanthomonas perforans GEV 485 su pomodoro in serra

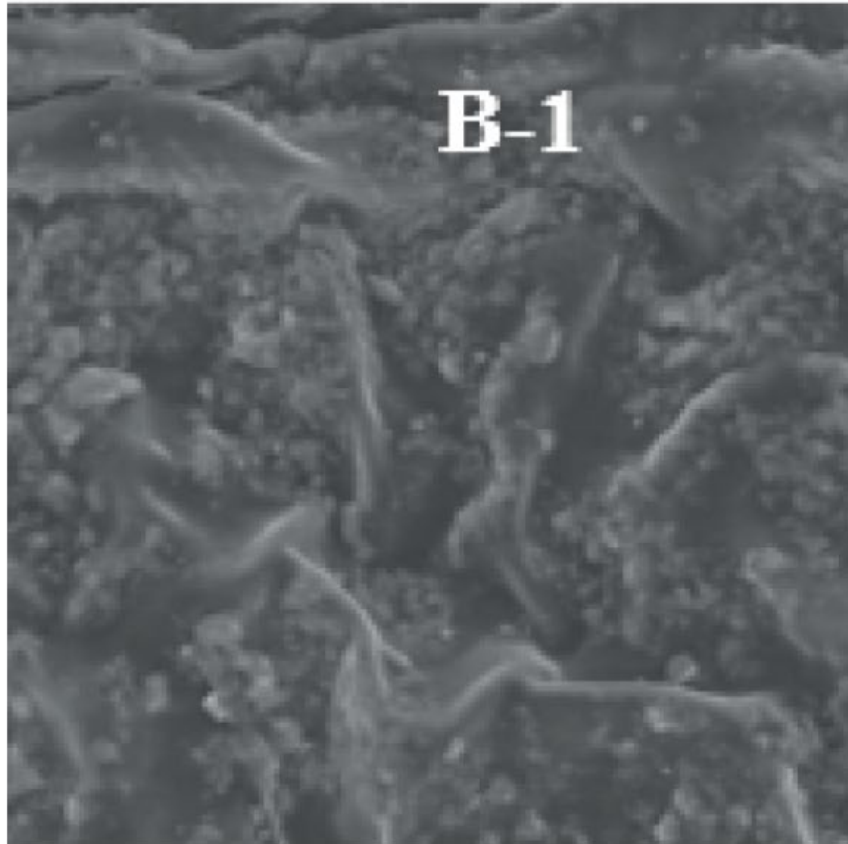


Efficacia in vitro su *Pseudomonas syringae* pv. *Actinidiae*

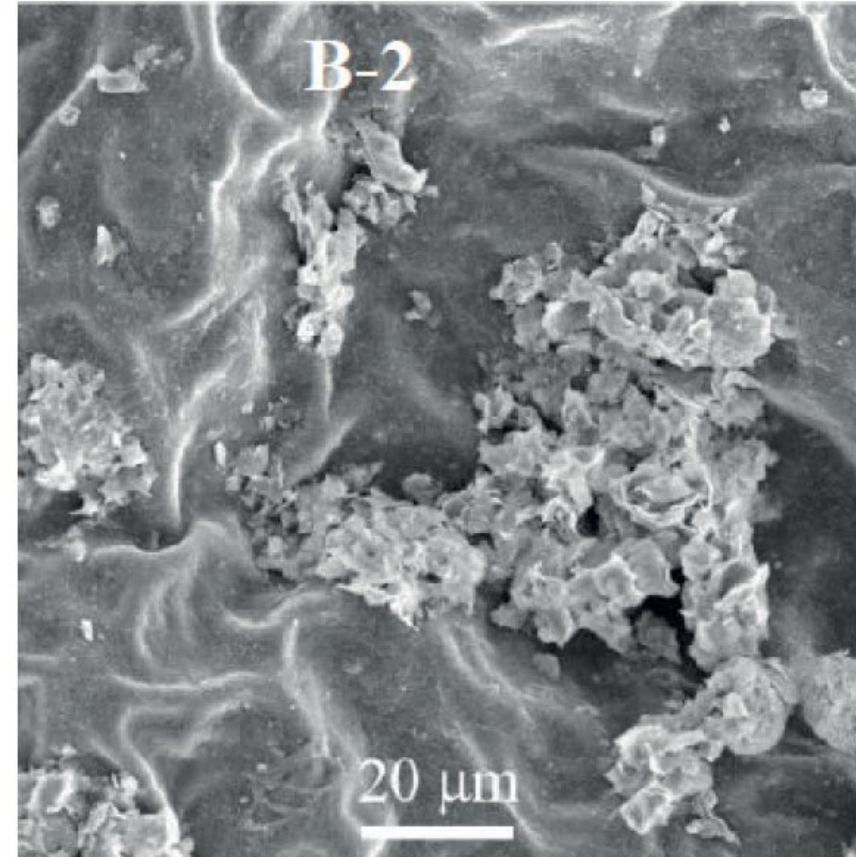


Confronto distribuzione tra nano-rame e rame convenzionale su foglia di Kiwi

NANO-RAME



RAME CONVENZIONALE



Batteriosi del kiwi

(PSA *Pseudomonas syringae* pv. *Actinidiae*)

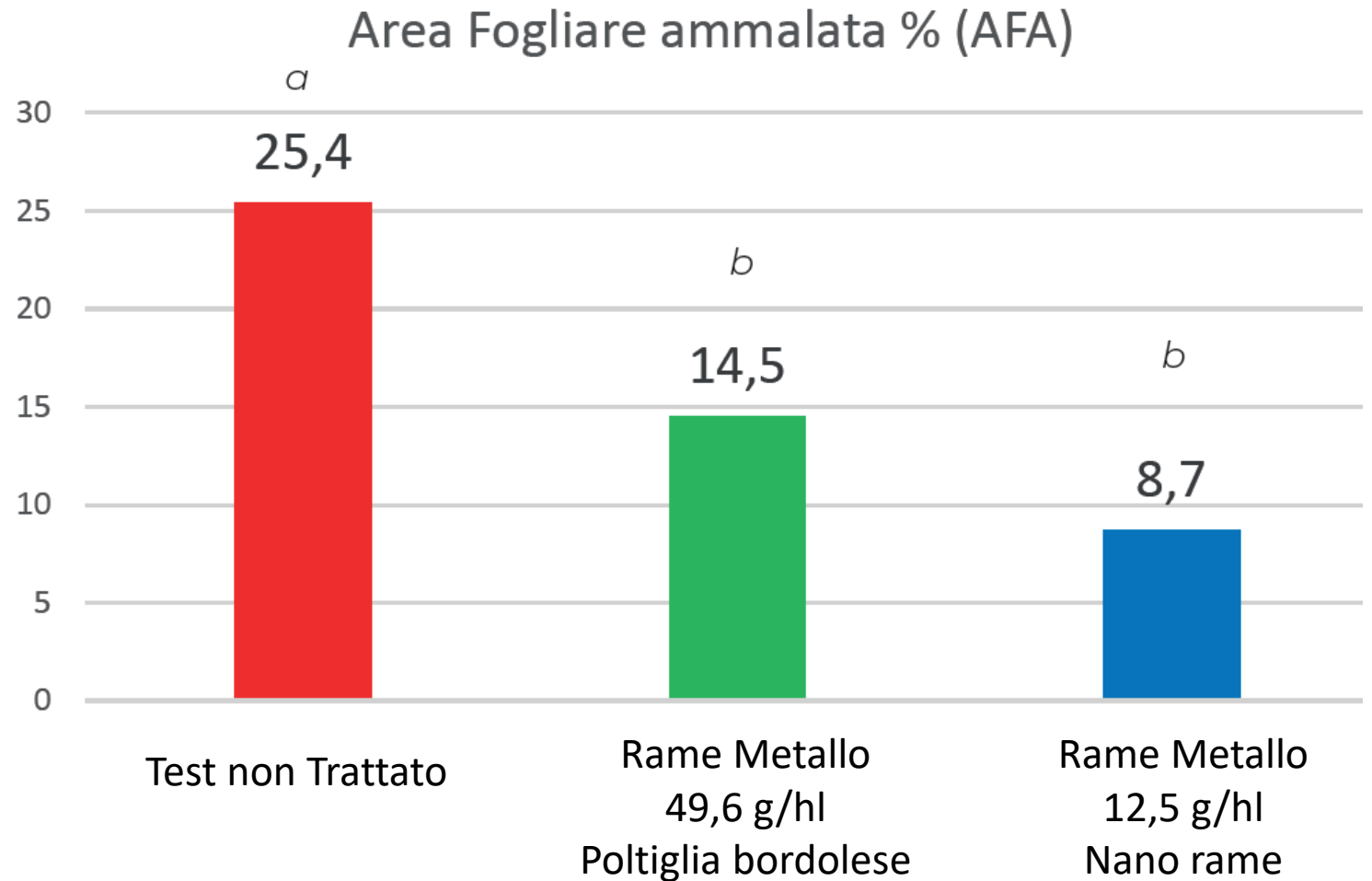
Valutazione dell'efficacia di un prodotto a base di rame nel controllo della PSA del kiwi in condizioni di semicampo con infezione artificiale

Centro di saggio	Astra innovation
Coltura	Actinidia
Varietà	Hayward
Anno di impianto	Astoni di un anno in vaso e in serra
Località	Imola (BO)

Trat. N	Prodotto	Dose rame metallo	Tempo applicativo
1	Non trattato		Una applicazione un giorno prima dell'infezione artificiale
2	Poltiglia bordolese 10% SC	49,6 g/hl	Una applicazione un giorno prima dell'infezione artificiale
3	Nano Rame	12,5 g/hl	Una applicazione un giorno prima dell'infezione artificiale

Risultati Batteriosi del kiwi

(PSA *Pseudomonas syringae* pv. *Actinidiae*)



Efficacia su peronospora della vite

Nano rame a confronto con ossicloruro di rame

Centro di saggio	Agricola 2000
Coltura	Vite da vino
Varietà	Barbera su Kober 5BB
Anno di impianto	2012
Località	Agliano Terme (Asti)

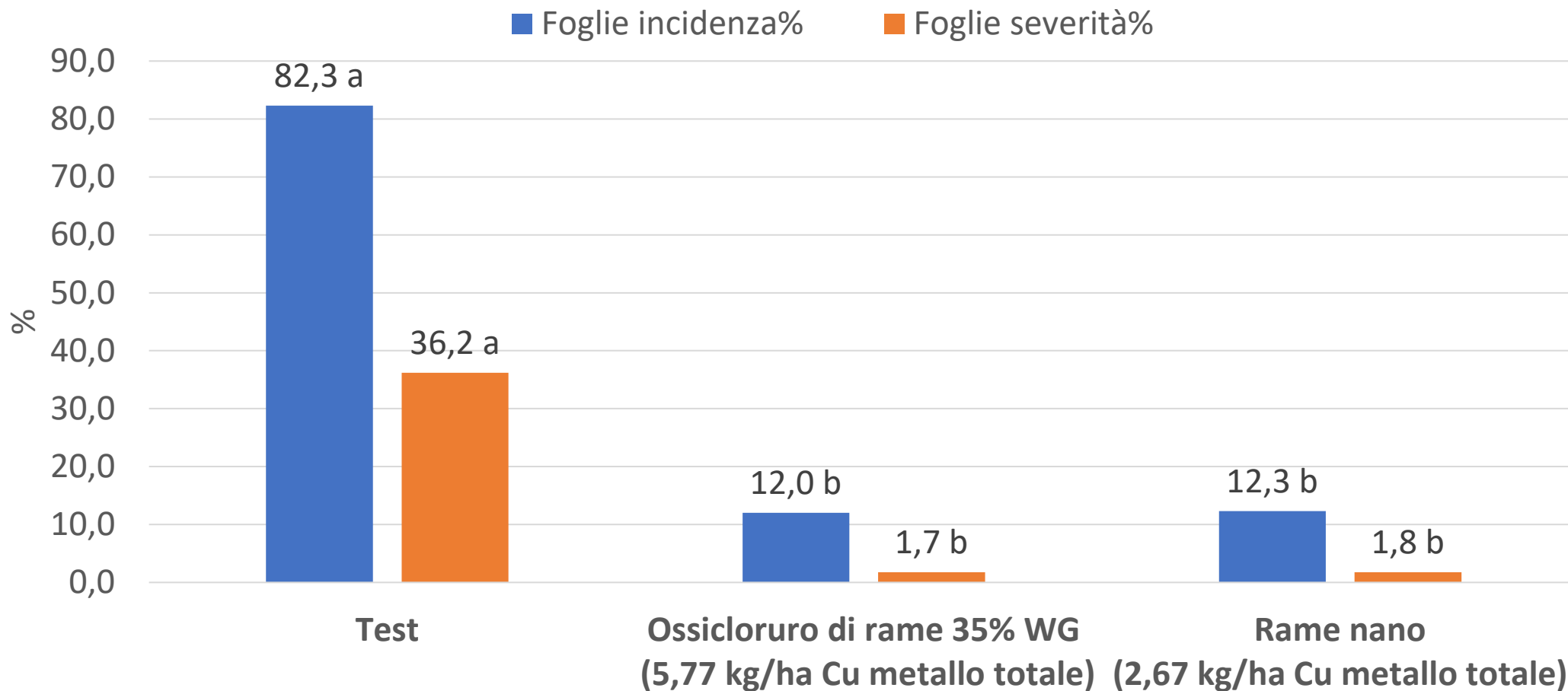
Trat. N	Prodotto	Dose	Dose grammi rame metallo	Numero applicazioni	Rame metallo totale Kg/ha
1	Non trattato				
2	Ossicloruro di rame 35% WG	1,5 kg/ha	525 g/ha	11	5,775
3	Nano Rame	1350 g/hl	60 g/hl	11	2,674

Timing applicativo: ogni 7-10 preventivo

Volumi d'impiego acqua: 1-2 150l/ha; 3-4 300l/ha; 5-11 500l/ha

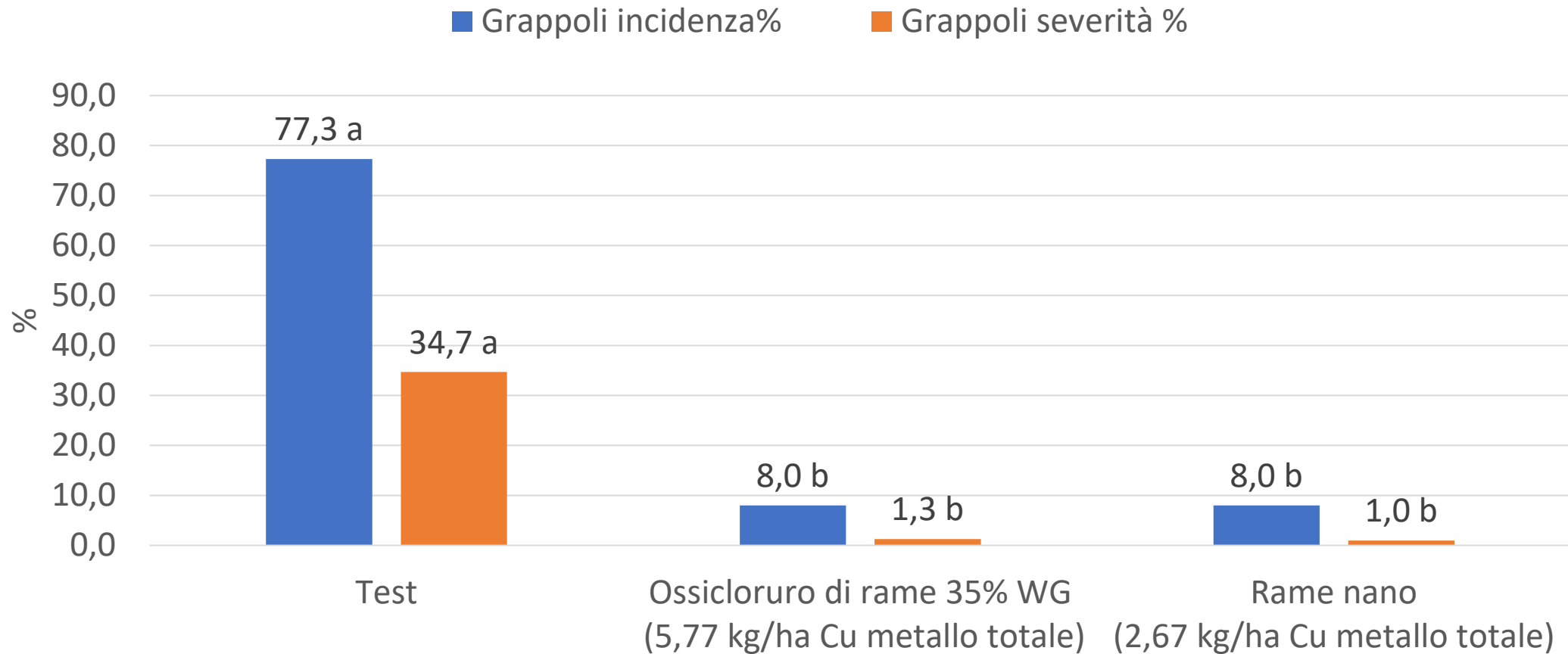
Vite risultati sulle foglie (2023)

Percentuale di attacco di peronospora su foglia – rilievo del 30/07 – 11 DAA



Vite risultati sul grappolo (2023)

Percentuale di attacco di peronospora su grappolo – rilievo del 30/07 – 11 DAA



CONCLUSIONI

- La nanotecnologia è una realtà con grandi potenzialità
- L'uso di nanomateriali a dosaggi ridotti aumenta l'efficienza d'uso delle sostanze
- La molteplice varietà dei materiali a cui si può applicare farà aprire sempre più interessanti ambiti di utilizzo nel settore agricolo
- Dai diversi studi pubblicati si evince che l'applicazione della nanotecnologia nel **biocontrollo** può rappresentare una grande opportunità

Grazie per l'attenzione