



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



Narrow-bandwidth LEDs arrays as versatile, medium-power UV-C sources for Hormesis and Virus sanification

Paolo Di Lazzaro

S. Bollanti, F. Flora, G.P. Gallerano, L. Mezi, D. Murra

ENEA Research Centre of Frascati, Italy. Contact: paolo.dilazzaro@enea.it

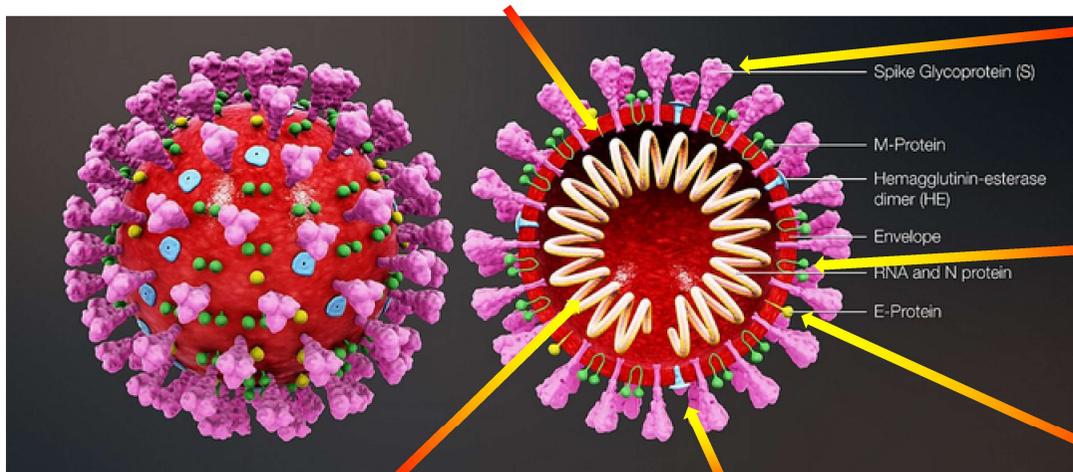


Struttura dei coronavirus

Il SARS Cov 2 ha morfologia rotondeggiante e diametro fra 100 e 200 nm.

Il pericapside è il rivestimento lipo-proteico del virus, costituito da una membrana

Glicoproteina S ("spike"): determina la specificità del virus per le cellule epiteliali del tratto respiratorio



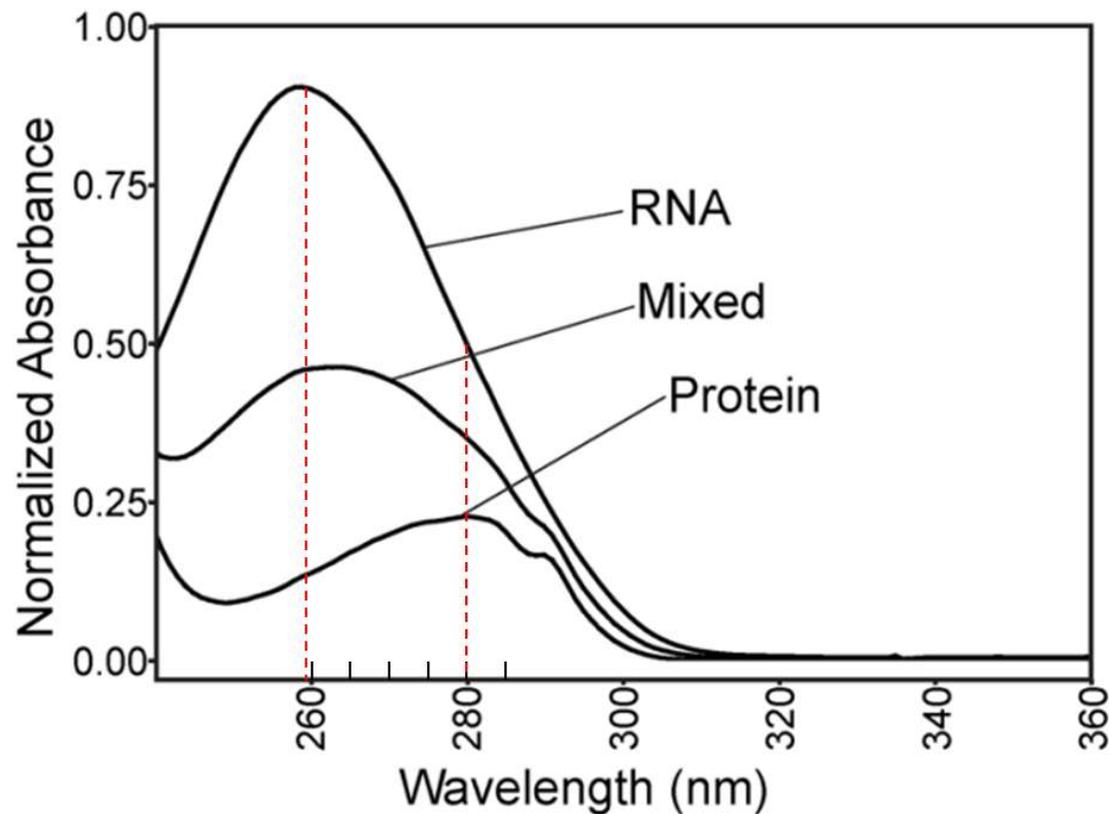
Proteina M: proteina di membrana, attraversa il rivestimento interagendo all'interno del virione con il complesso RNA-proteina

RNA e proteina N: RNA a singolo filamento, di grande taglia, a polarità positiva (= immediatamente trascrivibile dall'apparato proteino-sintetico dell'ospite) La proteina N ne aumenta la stabilità.

Dimero emagglutinina-esterasi (HE): svolge una funzione importante durante la fase di rilascio del virus all'interno della cellula ospite

Proteina E: aiuta la glicoproteina S ad attaccarsi alla membrana della cellula bersaglio

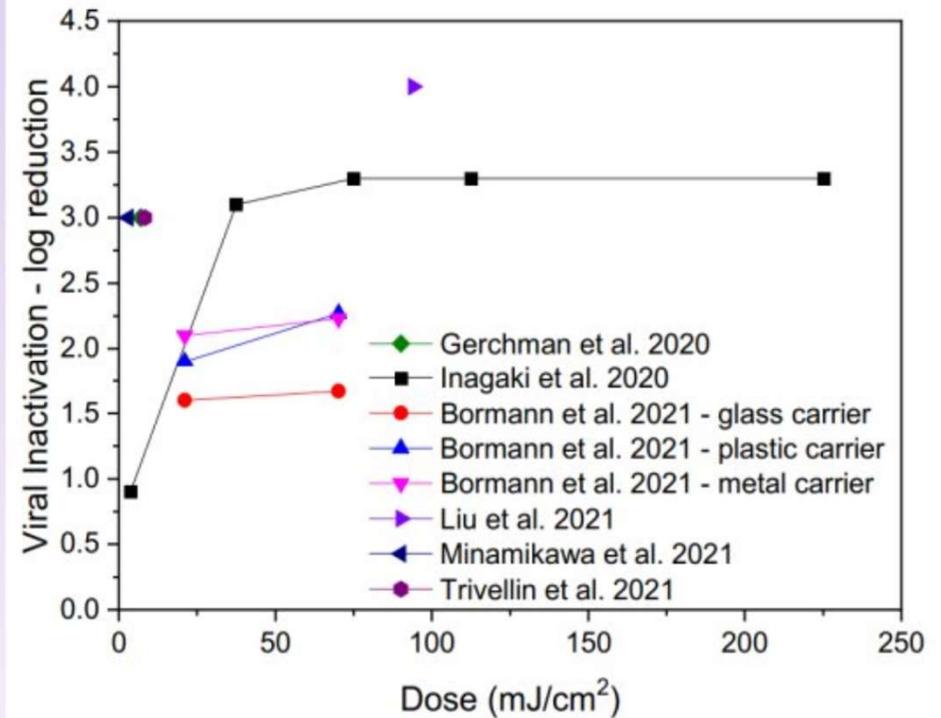
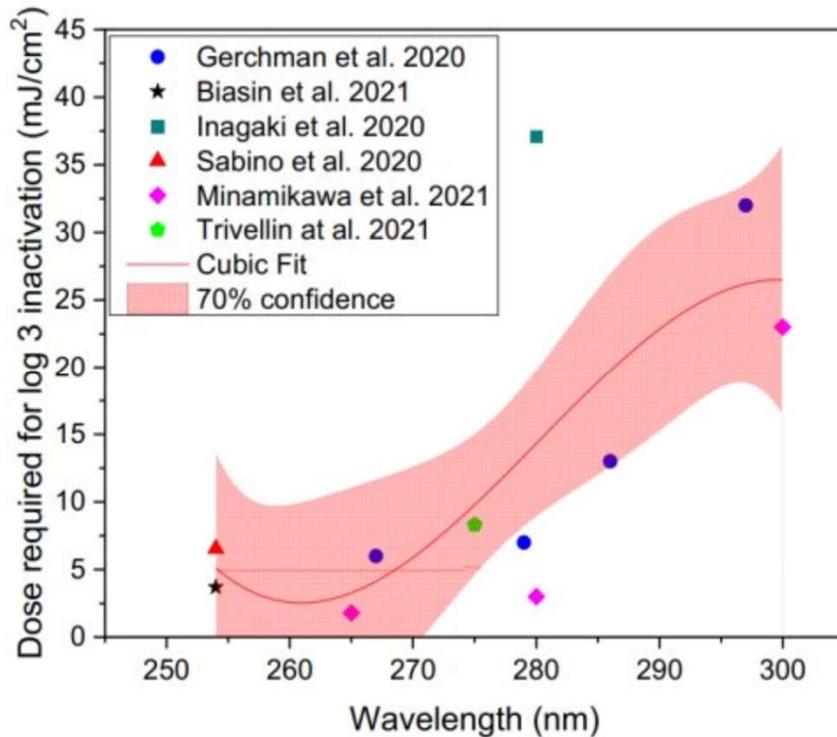
Assorbimenti spettrali



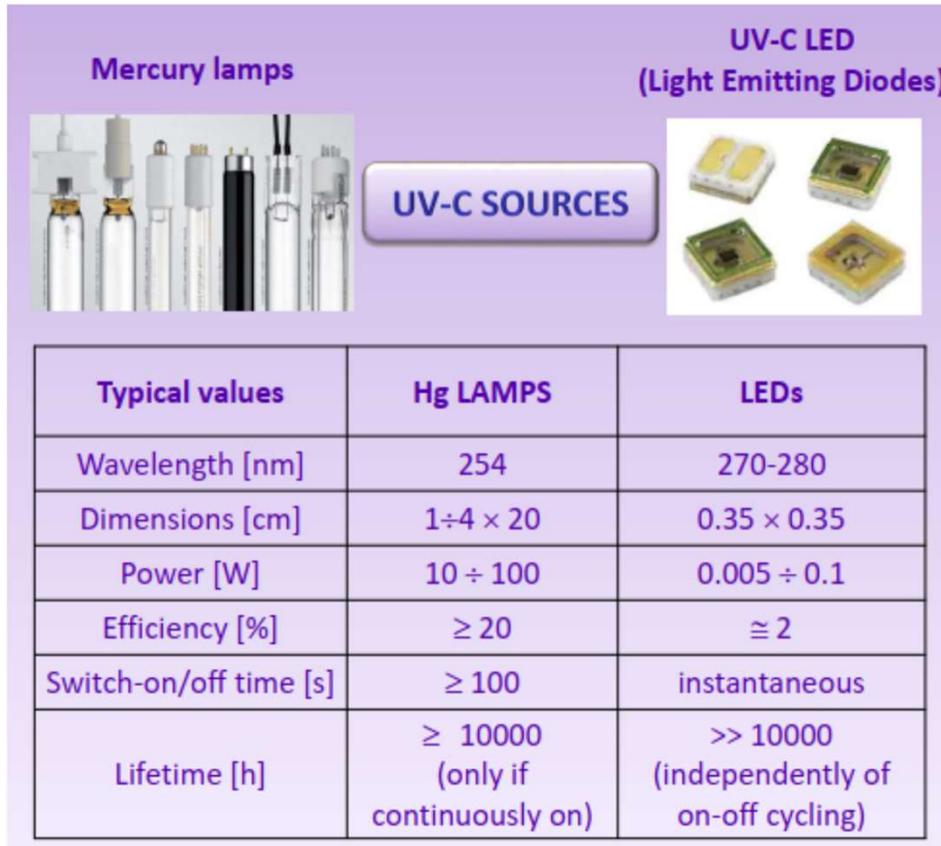
Fotoni UV-C (200-280 nm) sono assorbiti sia dalle proteine del pericapside sia dal RNA del virus, spezzando i legami molecolari e idrogeno. Nel primo caso si riduce drasticamente la capacità del virus di entrare nelle cellule. Nel secondo caso si crea un danno irreversibile direttamente al virus.

Tutto risolto? NO

È difficile correlare la dose di radiazione UV-C e l'inattivazione di SARS-CoV-2. I risultati sono dissimili, a causa delle diverse condizioni (concentrazione virale e spessore della soluzione, grado di infezione delle cellule, tempi e metodi per la valutazione dell'infezione, lunghezza d'onda). In molti lavori, le sorgenti UV-C non sono caratterizzate (si usano i dati da catalogo), lasciando dubbi sull'accuratezza delle dosi dichiarate.



Sorgenti UV-C disponibili: Lampade o LED?



The diagram compares two types of UV-C sources: Mercury lamps and UV-C LEDs (Light Emitting Diodes). It features images of each and a table of typical values. A central button labeled 'UV-C SOURCES' is positioned between the two images.

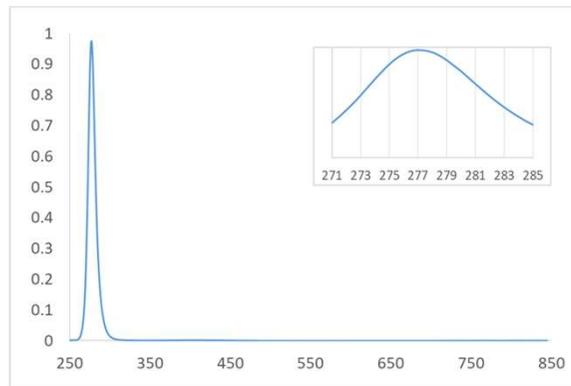
Typical values	Hg LAMPS	LEDs
Wavelength [nm]	254	270-280
Dimensions [cm]	1÷4 × 20	0.35 × 0.35
Power [W]	10 ÷ 100	0.005 ÷ 0.1
Efficiency [%]	≥ 20	≅ 2
Switch-on/off time [s]	≥ 100	instantaneous
Lifetime [h]	≥ 10000 (only if continuously on)	>> 10000 (independently of on-off cycling)

Ad oggi le lampade dominano il mercato delle sorgenti UV-C grazie alla potenza emessa. Ma...

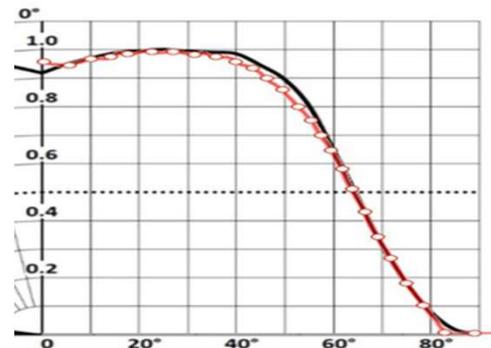
Vantaggi dei LED: scelta della simmetria di emissione nel near-field, spettro e potenza radiativa modulabili, maggiore robustezza e vita media!

Conviene assemblare matrici con numero di LED > 20, in modo da ottenere valori di potenza radiante non troppo inferiori rispetto alle lampade.

Caratteristiche ottiche LED: spettro, divergenza

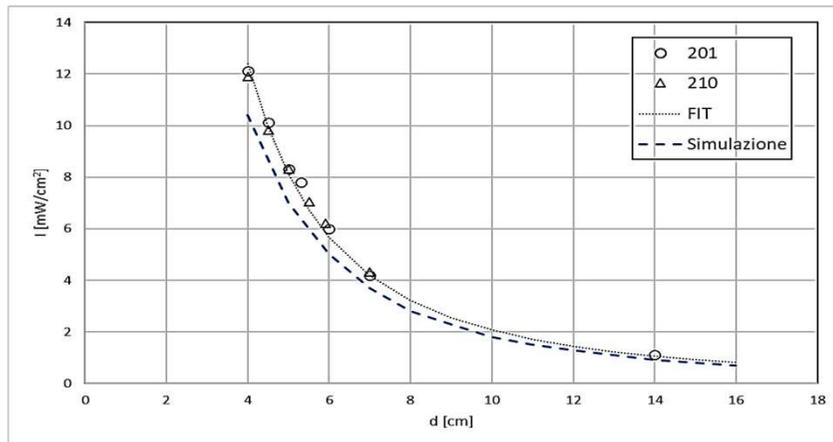


Quasi monocromatica, $\Delta\lambda/\lambda \approx 0,036$



Angolo di emissione totale al 50% di intensità $\Delta\theta \approx 130^\circ$

- 1) L'intensità cala rapidamente con la distanza.
- 2) La simmetria rettangolare dell'emettitore cambia in circolare già ad una distanza pari al lato corto del rettangolo.

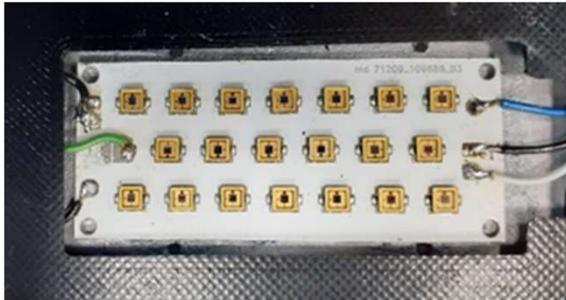


Intensità UV-C di una matrice di 20 LED vs. distanza, misurata tarando due diversi fotodiodi UV con misuratore assoluto di potenza Hamamatsu C9536/H9535. Il best-fit dell'intensità vs distanza è in accordo con il risultato della simulazione

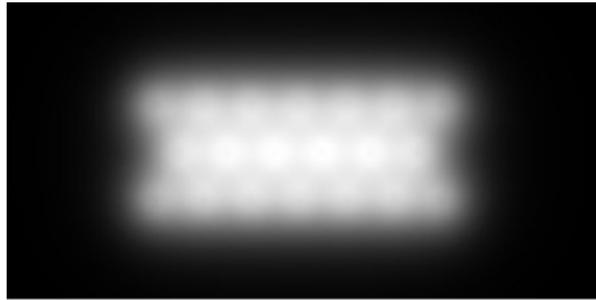


Paolo Di Lazzaro, ENEA, 15/09/22

Simmetria spaziale di emissione



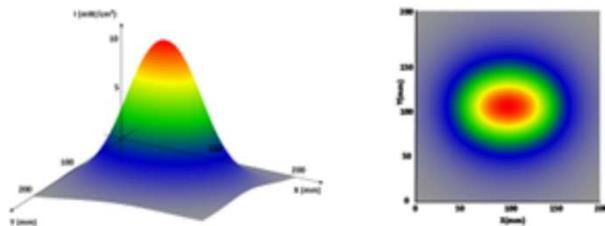
10 mm



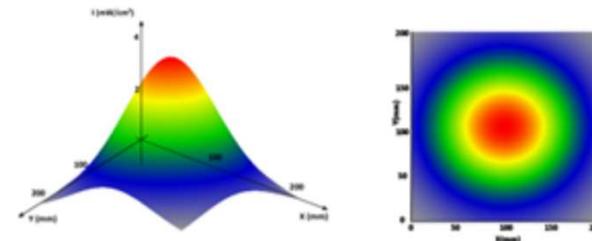
Simulazione a 5 mm di distanza dalla matrice



Misura a 5 mm di distanza dalla matrice



Simulazione a 50 mm di distanza



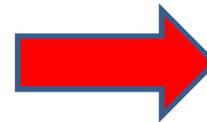
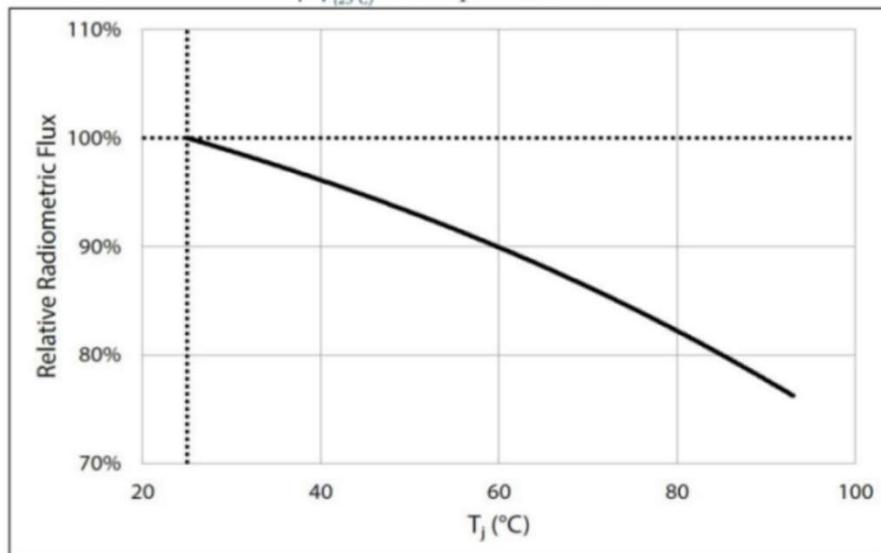
Simulazione a 100 mm di distanza

Paolo Di Lazzaro, ENEA, 15/09/22

Importanza del raffreddamento dei LED

Relative Power vs. Junction Temperature

$\varphi/\varphi_{(25^{\circ}\text{C})}$, 20 ms pulse, 350 mA



Paolo Di Lazzaro, ENEA, 15/09/22

Applicazioni: 1) Inattivazione SARS Cov 2

Inattivazione del virus SARS Cov 2 in vitro dopo irraggiamento con LED UV-C realizzati da ENEA. In collaborazione con il Policlinico Militare del Celio a Roma.

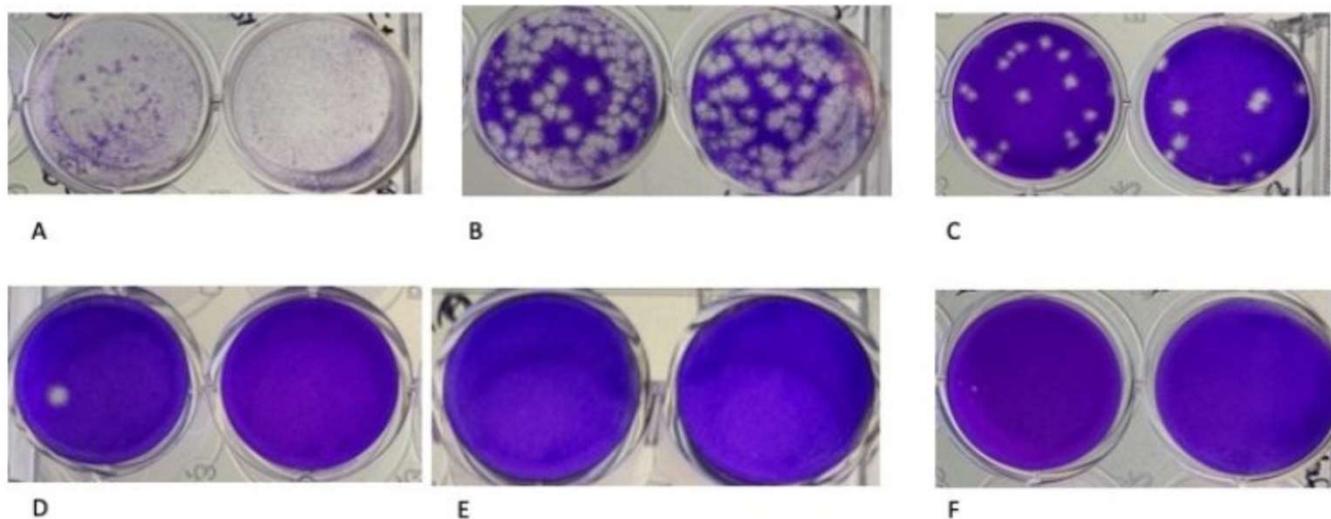
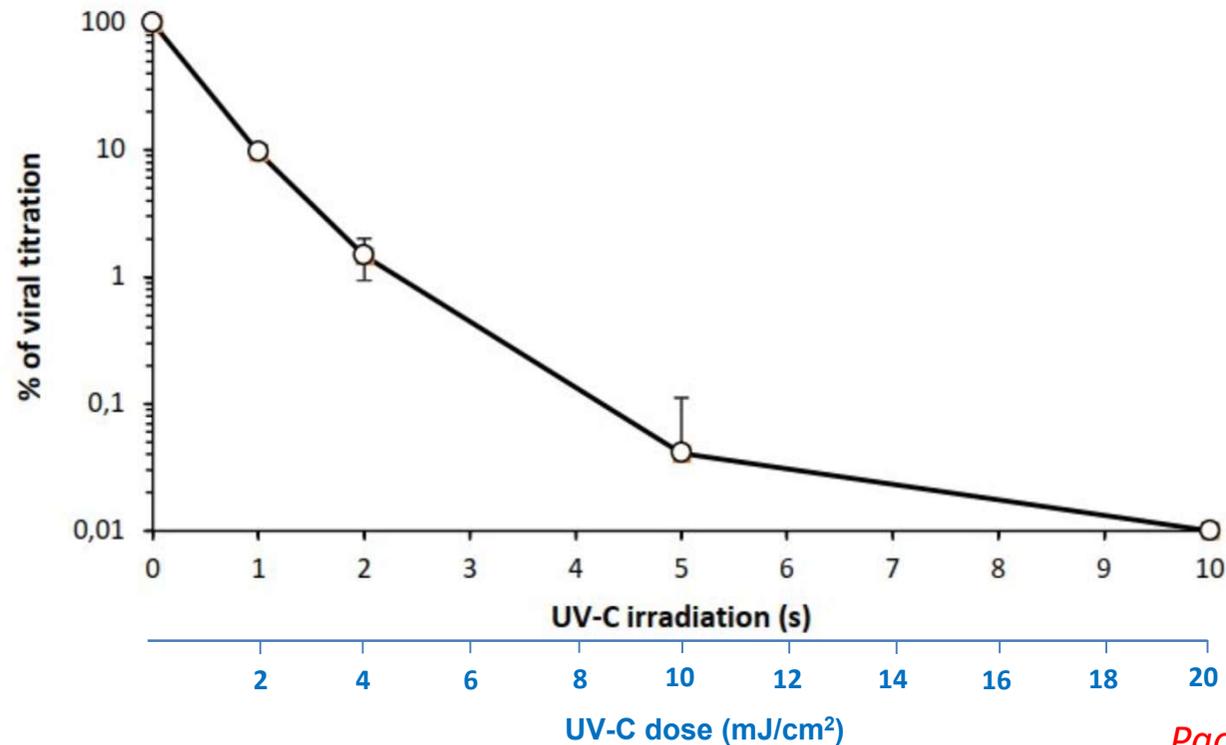


Figura 1. Inibizione di SARS-Cov2 mediante irradiazione LED-UVC. A-F: formazione di placca nelle cellule Vero E6. Controllo (virus non irradiato) titolo 10^4 PFU/ml (A); 1 s di esposizione (B); 2s di esposizione (C); 5 s di esposizione(D); 10 s di esposizione(E); 20 s di esposizione(F). Come mostrato in E-F, il tasso di inibizione del titolo virale era del 100%.

Paolo Di Lazzaro, ENEA, 15/09/22

Applicazioni: 1) Inattivazione SARS Cov 2

Inattivazione del virus SARS Cov 2 in vitro dopo irraggiamento con matrice di LED UV-C realizzati da ENEA. In collaborazione con il Policlinico Militare del Celio a Roma.



Paolo Di Lazzaro, ENEA, 15/09/22

Applicazioni: 2) ORMESI in vegetali

Radiazione UV-C crea uno stress metabolico al frutto/pianta. Alla giusta dose UV-C, la pianta reagisce allo stress con la biosintesi di metaboliti secondari ad attività antiossidante e antimicrobica (ad es. flavonoidi) aumentando la resistenza ai patogeni (effetto ormesi).



**Dopo 40 giorni dall'inoculazione del patogeno fungino *Penicillium digitatum*
Irraggiamento di 11 secondi**



**Dopo 15 giorni dall'inoculazione del patogeno fungino *Botrytis Cinerea*
Irraggiamento di 10 secondi**

Paolo Di Lazzaro, ENEA, 15/09/22

Conclusioni

Abbiamo illustrato la realizzazione e il test di un dispositivo per irraggiamento con luce UV-C. L'illuminatore, costituito da una piastra con 20 LED ed un alimentatore a corrente costante, è stato interamente disegnato e realizzato utilizzando competenze interne all'ENEA.

Il circuito di alimentazione è progettato per consentire di variare la potenza radiativa da 0 fino a 0,8 W, in modo da renderlo adattabile alle esigenze.

Sia eseguendo misure sperimentali, sia tramite un software di simulazione dedicato, abbiamo verificato la rispondenza delle caratteristiche dei LED ai parametri di fabbrica. Il software permette di ricavare, in ogni punto dello spazio, il valore dell'intensità di luce emessa da una combinazione di sorgenti luminose puntiformi, distribuite su superfici arbitrarie, in funzione delle loro potenze e del profilo angolare radiativo.

Infine, la matrice di 20 LED è stata utilizzata per diverse applicazioni germicide e ormetiche. In particolare, abbiamo descritto un esperimento di ormesi in frutti per determinare la dose UV-C ottimale per generare la stimolazione della risposta immunitaria delle piante nei confronti di agenti patogeni, e l'effetto germicida dell'UV-C sul virus SARS Cov 2 in vitro. In entrambe le applicazioni, le dosi ottimali si ottengono per dosi intorno ai 20 mJ/cm² in meno di 10 secondi di irraggiamento.

Paolo Di Lazzaro, ENEA, 15/09/22

Ringraziamenti

Massimo Aquilini (ENEA Frascati)

Loretta Bacchetta (ENEA Casaccia)

Emilio Giovenale (ENEA Frascati)

Antonella Lai (ENEA Frascati)

Simona Lucoli (CREA)

Policlinico Militare del Celio (Roma)

Laboratorio Eccimeri (ENEA Frascati)