

**Il Polo delle Microalghe**  
**Le microalghe per il trattamento e la valorizzazione di reflui e sottoprodotti agro-zootecnici e caseari**

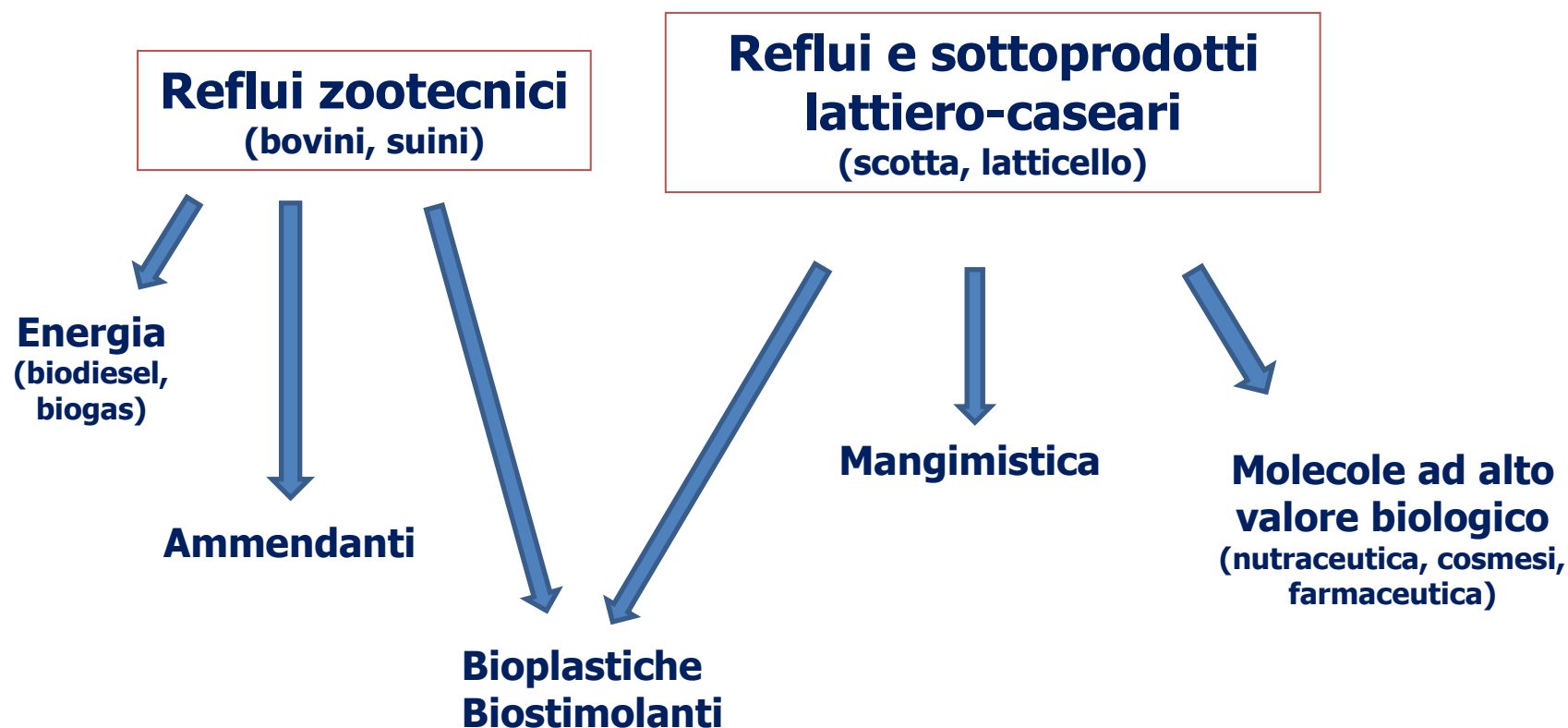
# **Caratterizzazione di microalghe da bioraffineria e loro valorizzazione come biostimolanti**

*Venerdì, 17 dicembre 2021*  
**Convegno - Polo delle Microalghe**

**Aldo Tava**  
**CREA Centro di Ricerca Zootecnia e Acquacoltura - Lodi**

Progetto finanziato da:

**Le specie microalgali utilizzate per il trattamento delle diverse tipologie di reflui possono essere valorizzate per scopi diversi**

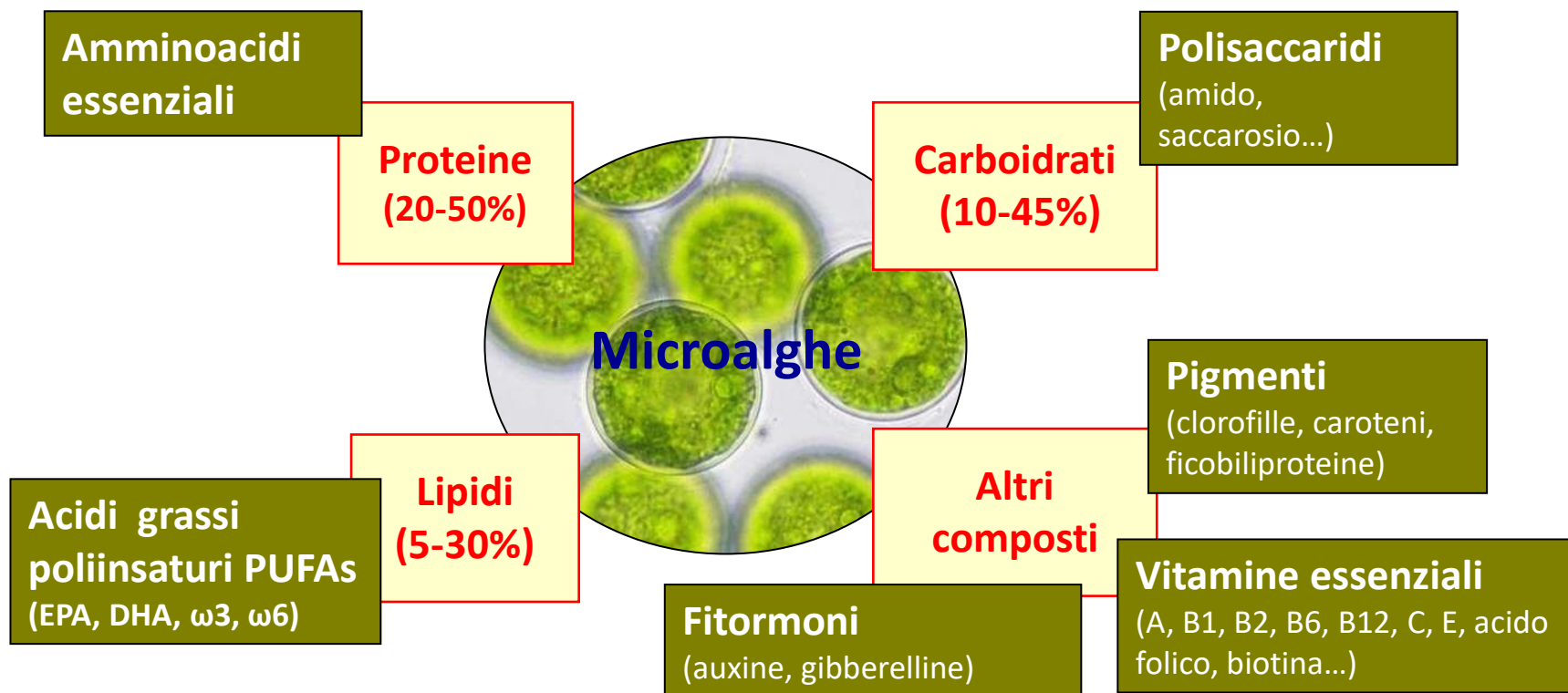


# Caratterizzazione della biomassa microalgale

A prescindere dalla destinazione di utilizzo viene valutata la qualità igienica delle biomasse:

- Quantificazione carica batterica: eumiceti, stafilococchi, enterobatteri
- Ricerca di batteri patogeni: *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter* spp.

## Composizione biochimica delle microalghe



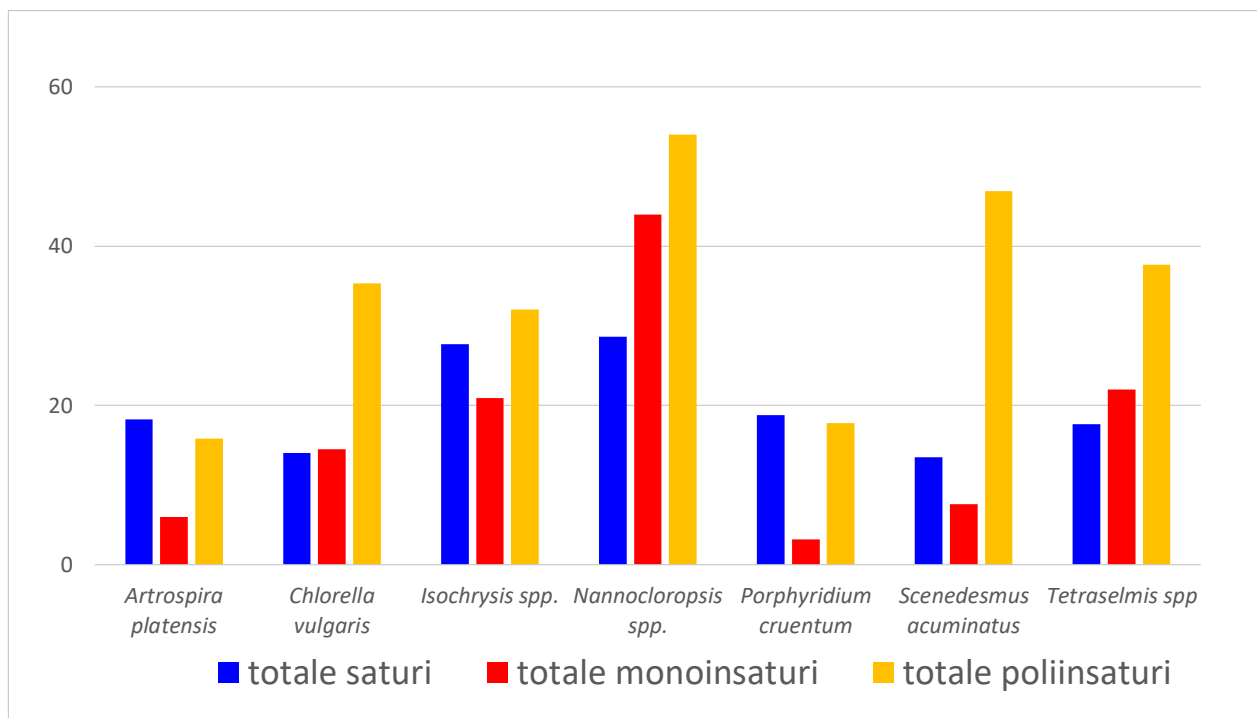
## Caratterizzazione biochimica delle microalghe

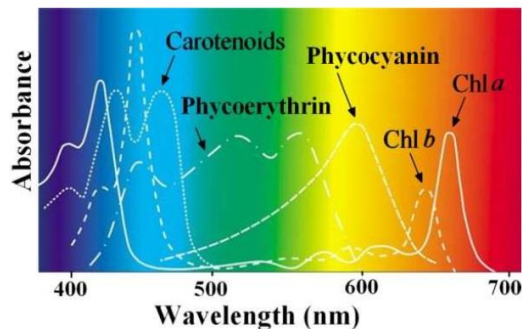
|                               | Proteine | Carboidrati | Lipidi  | Ceneri  |
|-------------------------------|----------|-------------|---------|---------|
| <i>Arthrospira platensis</i>  | 56 – 68  | 9 – 10      | 10 – 15 | 10 - 12 |
| <i>Chlorella vulgaris</i>     | 50 – 62  | 19 – 25     | 6 – 8   | 5 - 7   |
| <i>Isochrysis</i> spp.        | 40 – 52  | 9 – 10      | 30 – 33 | 12 - 16 |
| <i>Nannochloropsis</i> spp.   | 50 – 59  | 14 – 15     | 22 – 24 | 9 - 10  |
| <i>Porphyridium cruentum</i>  | 22 – 31  | 48 – 49     | 6 – 7   | 20 - 22 |
| <i>Scenedesmus acuminatus</i> | 50 – 58  | 27 – 28     | 8 – 9   | 6 - 10  |
| <i>Tetraselmis</i> spp.       | 38 – 40  | 17 – 18     | 14 - 16 | 15 - 21 |

Contenuti espressi in percentuale sul peso secco (% ss)

# Caratterizzazione biochimica delle microalghe

## Composizione acidica (mg/g ss)





## Caratterizzazione biochimica delle microalghe

### Pigmenti

|                               | Pigmenti verdi          |                         | Pigmenti gialli        | Pigmenti blu           |                            | Pigmenti rossi          |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|
|                               | Clorofilla a<br>mg/g ss | Clorofilla b<br>mg/g ss | Carotenoidi<br>mg/g ss | Ficocianine<br>µg/g ss | Alloficocianine<br>µg/g ss | Ficoeritrine<br>µg/g ss |
| <i>Arthrospira platensis</i>  | 8.6 ± 0.1               | 2.8 ± 0.1               | 1.3 ± 0.1              | 60.6 ± 1.1             | 9.7 ± 1.0                  | 7.7 ± 0.7               |
| <i>Chlorella vulgaris</i>     | 1.7 ± 0.1               | 0.7 ± 0.0               | 0.5 ± 0.1              | -                      | -                          | -                       |
| <i>Isochrysis spp.</i>        | 10.9 ± 0.2              | 1.5 ± 0.1               | 3.7 ± 0.2              | -                      | -                          | -                       |
| <i>Nannochloropsis spp.</i>   | 15.9 ± 0.5              | 1.5 ± 0.2               | 3.0 ± 0.1              | -                      | -                          | -                       |
| <i>Porphyridium cruentum</i>  | 1.9 ± 0.1               | 0.2 ± 0.0               | 0.5 ± 0.0              | 8.3 ± 0.8              | 3.6 ± 1.0                  | 34.6 ± 1.5              |
| <i>Scenedesmus acuminatus</i> | 12.5 ± 0.4              | 4.3 ± 0.3               | 3.2 ± 0.1              | -                      | -                          | -                       |
| <i>Tetraselmis spp.</i>       | 12.9 ± 0.3              | 8.6 ± 0.2               | 3.6 ± 0.2              | -                      | -                          | -                       |

## Sul mercato sono già ampiamente commercializzati prodotti a base di microalghe



**Kinicer Sedative**  
 Shampoo con protezione  
 attiva alle microalghe,  
 contro il prurito e la pelle  
 irritata del cuoio  
 capelluto 100 ml

EUR 15,46



**LINEAVI Omega 3 vegan**  
 acidi grassi Omega 3 di alta  
 qualità da olio d'alghe -  
 l'alternativa vegetale ai  
 preparati a base d'olio di  
 pesce - made in Germany -

19.90€ /60 capsule

**Vita World Bio -**  
**Chlorella Vulgaris**  
 Made in Germany  
 Clorofilla- Minerali -  
 Vitamine -Antiossidanti

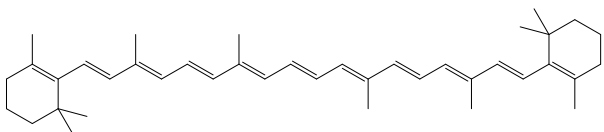
29.90€ / 500 Compresse



**Microlife - Pasta Bio -**  
**Tagliatelle di Grano**  
**Duro con Spirulina**  
 EUR 4,99

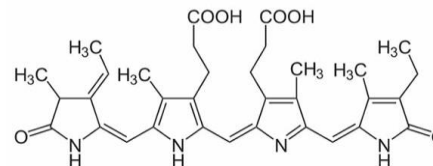


## Pigmenti commercializzati



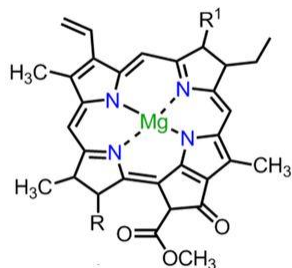
### Beta-carotene:

- proprietà antiossidanti e immunomodulanti
- fonte di vitamina A, viene convertito in retinolo



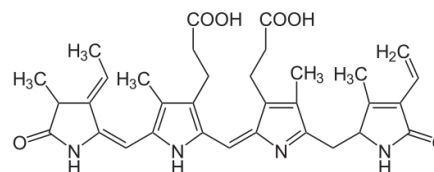
### Ficoianina:

- proprietà epato-protettive e anti-infiammatorie
- attività antiossidante (> 40 volte quella della vitamina C)
- utilizzato come colorante alimentare



### Clorofilla:

- proprietà antiossidanti e antianemiche
- regola il metabolismo del colesterolo



### Ficoeritrina:

- utilizzato come indicatore fluorescente e per la marcatura di anticorpi
- utilizzato come colorante alimentare



# Attività biostimolante

**Secondo il Regolamento (UE) 2019/1009 del 5 giugno 2019  
che stabilisce norme e disposizioni sui prodotti fertilizzanti**

**I biostimolanti sono definiti sulla base dei loro effetti  
agronomici (cosa fanno/claims) e la loro funzione**

**NON è**

**quella di fornire nutrienti (come i fertilizzanti) o proteggere  
le piante da patogeni e parassiti (come i pesticidi)**

**La loro funzione primaria è quella di:**

- Favorire e regolare l'efficienza d'uso dei nutrienti**
- Migliorare le performances della pianta**

# **Efficacia del biostimolante**

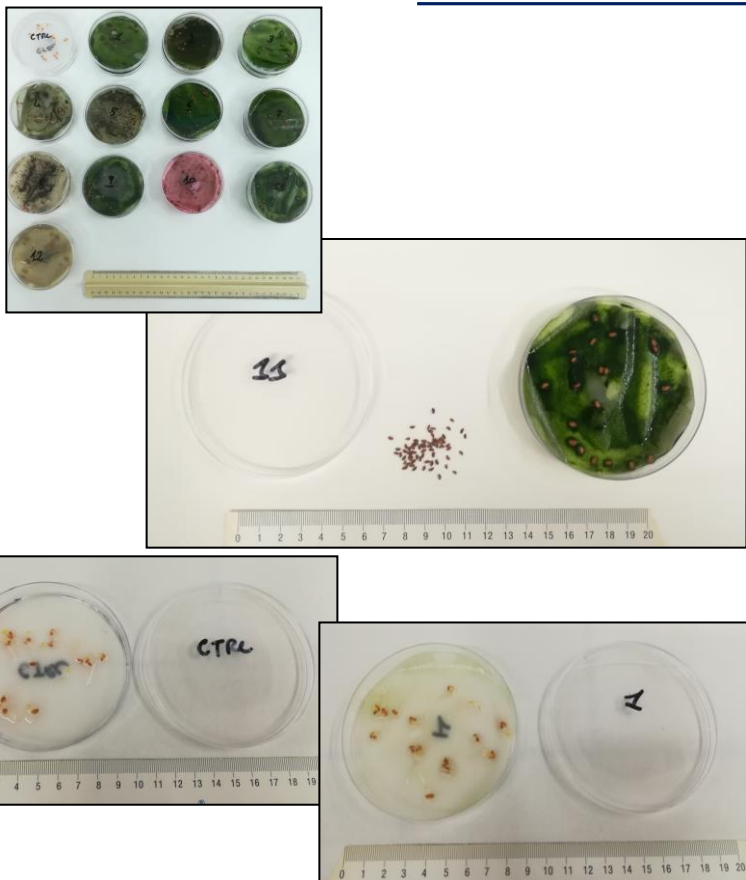
- **Il biostimolante deve entrare in sinergia con il genotipo e con l'ambiente (parametri climatici, parametri chimico-fisici del terreno)**
- **Importante lo stadio fenologico della pianta e i caratteri morfo-fisiologici (assorbimento fogliare)**

# Valutazione degli effetti biostimolanti

con estratti acquosi da microalghe (50 mg/L) sono stati effettuati:

- TEST DI GERMINABILITA' *in vitro*  
usando semi di crescita
- TEST DI BIOSTIMOLAZIONE in serra e in pieno campo  
(spray fogliare in presenza e assenza di concimazione) su specie di interesse

## TEST DI GERMINABILITA' *in vitro*



- Estratti acquosi alla concentrazione di 50 mg/L da biomasse algali liofilizzate
- Test con semi di crescita (*Lepidium sativum*) per 48 ore
- Valutazione attività mediante misurazione della lunghezza radicale

## TEST DI GERMINABILITA'

Table 1. Microalgal extracts assessment on cress germination.

| Microalgae                                      | pH          | EC (ds m <sup>-1</sup> ) | GI (%)            |
|-------------------------------------------------|-------------|--------------------------|-------------------|
| <i>A. platensis</i>                             | 8.00 ± 0.18 | 0.01 ± 0.02              | 152.99 ± 2.00 a   |
| <i>C. vulgaris</i>                              | 8.10 ± 0.03 | 0.01 ± 0.02              | 144.51 ± 10.05 ab |
| <i>I. galbana</i>                               | 8.10 ± 0.04 | 0.02 ± 0.00              | 133.72 ± 2.11 b   |
| <i>N. gaditana</i> (= <i>M. gaditana</i> )      | 8.10 ± 0.06 | 0.01 ± 0.02              | 142.58 ± 9.98 ab  |
| <i>P. cruentum</i> (= <i>P. purpureum</i> )     | 7.90 ± 0.46 | 0.04 ± 0.00              | 147.98 ± 3.00 ab  |
| <i>S. acuminatus</i> (= <i>T. lagerheimii</i> ) | 8.20 ± 0.05 | 0.00 ± 0.00              | 97.30 ± 7.2 c     |
| <i>T. suecica</i>                               | 8.10 ± 0.05 | 0.01 ± 0.02              | 90.56 ± 13.32 c   |

Mean values followed by different letters (a, b or c) are different at  $p < 0.05$  according to analysis of variance;  $\pm$ , standard deviation.

The number of germinated seeds and the average length of roots were recorded in order to calculate a Germination Index (GI%) according to the following formula [172]:

$$GI\% = 100 \times (Gt/Gc) \times (Rt/Rc) \quad (1)$$

where, Gt is the number of germinated seeds of the treatment; Gc is the number of germinated seeds of the control; Rt is the average length (mm) of the roots of the treatment and Rc is the average length (mm) of the roots of the control.

Ronga et al. Microalgal biostimulants and biofertilizers in crop productions. *Agronomy* **2019**, 9, 192; doi:10.3390/agronomy9040192.

## Test di biostimolazione

### **Livello agronomico:**

- **Produttività**
- **Assorbimento di N**
- **Superficie fogliare e della biomassa radicale**
- **Risposta agli stress** (aumento della produzione di metaboliti coinvolti nei meccanismi di riparo)

### **Livello metabolico:**

- **Proteine**
- **Carboidrati**
- **Clorofille e caroteni**
- **Polifenoli**



## Effetti agronomici e fisiologici di biostimolanti da microalghe nella coltivazione del radicchio (*Cichorium intybus*)



Piante spruzzate ogni 2 settimane con: acqua (T0), *Arthrospira platensis* (T1), *Chlorella vulgaris* (T2), *Nannochloropsis gaditana* (T3), *Scenedesmus acuminatus* + *Chroococcus* spp. (T4)

|           | T suolo<br>(°C) | T pianta<br>(°C) | Peso<br>fresco<br>(g/pianta) | Peso<br>secco<br>(g/pianta) | Diametro<br>colletto<br>(cm) | Altezza<br>cespo<br>(cm) | Indice clorofilla<br>in foglia<br>(valore CHL) |
|-----------|-----------------|------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------|
| <b>T0</b> | 13.4 a          | 20.9 ab          | 88.36 d                      | 6.43 c                      | 1.13 b                       | 18.50 b                  | 35.31 c                                        |
| <b>T1</b> | 12.3 c          | 21.0 a           | 147.83 a                     | 5.29 d                      | 1.43 a                       | 19.80 a                  | 35.21 c                                        |
| <b>T2</b> | 12.8 b          | 20.7 ab          | 105.53 c                     | 9.85 b                      | 1.17 b                       | 16.67 c                  | 38.13 a                                        |
| <b>T3</b> | 12.8 b          | 21.3 a           | 87.67 d                      | 6.57 c                      | 1.06 c                       | 16.83 c                  | 34.15 d                                        |
| <b>T4</b> | 12.6 b          | 19.6 ab          | 136.14 b                     | 13.03 a                     | 1.16 b                       | 18.00 b                  | 37.42 b                                        |



Piante trattate con *A. platensis*, *C. vulgaris* e *S. acuminatus*+*Chroococcus* hanno incrementato la produttività del radicchio.

## Agronomic and physiological effects of microalgal biostimulants on lettuce production

Piante spruzzate ogni 2 settimane con: acqua (T0), *Arthrospira platensis* (T1), *Chlorella vulgaris* (T2), *Scenedesmus acuminatus* + *Chroococcus* spp. (T3) e *Nannochloropsis gaditana* (T4),



Rispetto al controllo, il trattamento con *A. platensis* fa registrare un aumento del peso fresco della pianta, la sua altezza, ma riduce il contenuto di fenolici nelle foglie.

Inoltre, *A. platensis* incrementa la 'crop water productivity' e l'efficienza dell'utilizzo dell'azoto soprattutto in combinazione con la concimazione.

**Table 1.** Agronomic parameters recorded at harvest time.

| TREATMENT                                               | D<br>(mm)     | FW<br>(g plant <sup>-1</sup> ) | DW<br>(g plant <sup>-1</sup> ) | H<br>(cm)      | H/D<br>(-)     | DW/H<br>(g cm <sup>-1</sup> ) |
|---------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------|----------------|-------------------------------|
| (A) Average values for 0-N                              |               |                                |                                |                |                |                               |
| T0                                                      | 14.40         | 98.52 c                        | <b>9.61</b> a                  | 13.30 bc       | <b>9.24</b> a  | 0.72                          |
| T1                                                      | 18.10         | <b>117.98</b> a                | 10.69 ab                       | <b>14.50</b> a | 8.01 ab        | 0.74                          |
| T2                                                      | 16.59         | 84.76 d                        | 8.44 bc                        | 12.43 cd       | 7.53 b         | 0.68                          |
| T3                                                      | 17.35         | 110.35 b                       | 10.92 c                        | 14.00 ab       | 8.18 ab        | 0.78                          |
| T4                                                      | 17.45         | 89.95 d                        | 9.65 d                         | 11.33 de       | 6.49 b         | 0.86                          |
| (B) Average values for +N                               |               |                                |                                |                |                |                               |
| T0                                                      | <b>18.2</b> a | 161.6 ab                       | 55.24 ab                       | 14.00 ab       | 7.76 b         | <b>4.09</b>                   |
| T1                                                      | <b>17.7</b> a | <b>194.6</b> a                 | <b>65.74</b> a                 | <b>15.00</b> a | 8.49 b         | <b>4.34</b>                   |
| T2                                                      | 14.6 ab       | 110.7 ab                       | 25.21 bc                       | 10.33 c        | 7.11 b         | 2.45                          |
| T3                                                      | 12.6 b        | 109.8 ab                       | 29.46 bc                       | 13.93 ab       | <b>11.53</b> a | 1.95                          |
| T4                                                      | 12.0 b        | 72.9 b                         | 12.24 c                        | 11.00 bc       | 9.16 ab        | 1.11                          |
| (C) Significance of variables and of their interactions |               |                                |                                |                |                |                               |
| TREATMENT (T)                                           | n.s.          | <0.05                          | <0.05                          | <0.05          | <0.05          | <0.05                         |
| FERTILIZER (F)                                          | <0.05         | <0.05                          | <0.05                          | n.s.           | <0.05          | <0.05                         |
| T*F                                                     | <0.05         | n.s.                           | <0.05                          | n.s.           | <0.05          | <0.05                         |

**Table 2.** Physiological parameters recorded at harvest time.

| TREATMENT                                               | Chl<br>(-)     | Flav<br>(-)   | NBI<br>(-)     | T-L<br>(°C)    | CWP<br>(g L <sup>-1</sup> ) | NUE<br>(-)     |
|---------------------------------------------------------|----------------|---------------|----------------|----------------|-----------------------------|----------------|
| (A) Average values for 0-N                              |                |               |                |                |                             |                |
| T0                                                      | 22.02          | <b>1.78</b> a | 12.38 bc       | 20.20          | b 3.43 bc                   | -              |
| T1                                                      | 22.96          | 1.41 b        | <b>16.33</b> a | 22.47          | ab 3.82 ab                  | -              |
| T2                                                      | 17.83          | <b>1.86</b> a | 9.67 c         | 22.13          | ab 3.01 c                   | -              |
| T3                                                      | 21.12          | <b>1.80</b> a | 11.76 bc       | 22.11          | ab <b>3.90</b> a            | -              |
| T4                                                      | 22.41          | 1.71 ab       | 13.30 ab       | <b>25.27</b> a | 3.45 bc                     | -              |
| (B) Average values for +N                               |                |               |                |                |                             |                |
| T0                                                      | 24.29 ab       | 1.32 ab       | 18.81 b        | 15.00          | b 19.73 ab                  | 27.62 ab       |
| T1                                                      | <b>25.97</b> a | 1.09 b        | <b>23.91</b> a | 14.67          | b <b>23.48</b> a            | <b>32.87</b> a |
| T2                                                      | 19.77 b        | <b>1.66</b> a | 13.93 c        | <b>17.00</b> a | a 9.00 bc                   | 12.60 bc       |
| T3                                                      | <b>26.55</b> a | 1.34 ab       | 20.66 ab       | 14.97          | b 10.52 bc                  | 14.73 bc       |
| T4                                                      | <b>25.53</b> a | 1.23 ab       | 20.79 ab       | 16.50          | a 4.37 c                    | 6.12 c         |
| (C) Significance of variables and of their interactions |                |               |                |                |                             |                |
| TREATMENT (T)                                           | <0.05          | <0.05         | <0.05          | <0.05          | <0.05                       | -              |
| FERTILIZER (F)                                          | <0.05          | <0.05         | <0.05          | <0.05          | <0.05                       | -              |
| T*F                                                     | n.s.           | n.s.          | n.s.           | n.s.           | <0.05                       | -              |

0-N = unfertilized, +N = fertilized, D = root collar diameter, FW = fresh weight, DW = dry weight, H = plant height, D = root collar diameter, FW = fresh weight, DW = dry weight, H = plant height  
 Means followed by the same letter do not significantly differ at P<0.05.

## Microalghe su basilico: influenza su resa e qualità



**TABELLA 1 - Risultati relativi ai parametri biometrici misurati sulle piante di basilico**

| Trattamenti | Altezza pianta (cm) | Peso fresco biomassa aerea (g) | Peso secco biomassa aerea (g) | Peso fresco radici (g) | Peso secco radici (g) | Peso fresco biomassa totale (g) | Peso secco biomassa totale (g) |
|-------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| T1          | 21,5 c              | 30,4 a                         | 3,1 d                         | 6,1 d                  | 0,4 d                 | 36,5 a                          | 3,5 c                          |
| T2          | 20,4 d              | 24,4 b                         | 3,4 c                         | 7,5 c                  | 0,7 b                 | 31,9 b                          | 4,1 b                          |
| T3          | 22,0 b              | 24,6 b                         | 4,2 a                         | 8,3 b                  | 0,8 b                 | 32,9 b                          | 4,9 a                          |
| T4          | 21,3 c              | 23,5 b                         | 3,7 b                         | 12,3 a                 | 1,2 a                 | 35,8 a                          | 4,9 a                          |
| T5          | 22,9 a              | 21,4 c                         | 3,4 c                         | 7,5 c                  | 0,5 c                 | 29 c                            | 3,9 c                          |

T1 = *Nannochloropsis gaditana*, T2 = *Tetraselmis suecica*, T3 = *Isochrysis galbana*, T4 = *Porphyridium* sp., T5 = piante non trattate.

A lettere diverse corrispondono differenze statisticamente significative al Duncan test  $P < 0,05$ .

Il peso fresco della biomassa aerea (foglie + fusti) più alto è stato registrato nel trattamento con *Nannochloropsis gaditana*

**TABELLA 2 - Risultati relativi ai parametri qualitativi misurati sulle piante di basilico**

| Trattamenti | Clorofilla (a + b) (µg/g) | Azoto in pianta (% s.s.) | Shelf life (%) |
|-------------|---------------------------|--------------------------|----------------|
| T1          | 5,9 a                     | 2,8 a                    | 0,3 d          |
| T2          | 5,3 b                     | 2,1 b                    | 0,5 b          |
| T3          | 4,0 c                     | 1,8 c                    | 0,6 a          |
| T4          | 4,5 c                     | 2,2 b                    | 0,4 c          |
| T5          | 5,8 a                     | 2,6 a                    | 0,4 c          |

T1 = *Nannochloropsis gaditana*,  
 T2 = *Tetraselmis suecica*, T3 = *Isochrysis galbana*, T4 = *Porphyridium* sp.,  
 T5 = piantine non trattate. A lettere diverse corrispondo differenze statisticamente significative al Duncan test  $P < 0,05$ .



Le piantine trattate con *Nannochloropsis gaditana* hanno riportato il valore minore di perdita di peso durante la prova di shelf life



# Microalghe su pomodoro contro gli stress da freddo

**TABELLA 1 - Risultati relativi ai parametri misurati sulle piantine in relazione ai trattamenti effettuati**

| Trattamenti | Temperatura foglia (°C) | Altezza pianta (cm) | Foglie (n./pianta) | Diametro colletto (mm) | Peso fresco (g/pianta) |       |        |        | Area fogliare (cm <sup>2</sup> /pianta) | Danni da stress da freddo      |      |
|-------------|-------------------------|---------------------|--------------------|------------------------|------------------------|-------|--------|--------|-----------------------------------------|--------------------------------|------|
|             |                         |                     |                    |                        | foglie                 | stelo | radice | totale |                                         | valutazione visiva (scala 0-5) | SPAD |
| C           | 23,2 c                  | 15,2 c              | 3,5 a              | 2,8 b                  | 0,8 d                  | 0,9 d | 1,7 d  | 3,3 d  | 10 c                                    | 2,8 b                          | 29 b |
| T1          | 24,5 b                  | 15,5 c              | 3,5 a              | 2,6 c                  | 1 b                    | 1,4 c | 2,6 b  | 5 b    | 20,5 b                                  | 3,4 a                          | 31 a |
| T2          | 24,8 a                  | 16,6 b              | 3,5 a              | 2,8 b                  | 2 a                    | 1,7 a | 2,8 a  | 6,5 a  | 32,5 a                                  | 2,6 c                          | 27 c |
| T3          | 24,3 b                  | 17,5 a              | 3 b                | 3,1 a                  | 0,9 c                  | 1,7 b | 2,2 c  | 4,7 c  | 20 b                                    | 3,5 a                          | 32 a |

C = controllo (piantine non trattate), T1 = *Arthrospira platensis*, T2 = *Chlorella vulgaris*, T3 = *Scenedesmus* sp. A lettere diverse, corrispondono differenze statisticamente significative (ANOVA, e medie separate con il test di Duncan,  $P < 0,05$ ). Scala 0-5: 0 = piantine morte; 5 = piantine senza danni da freddo.

I primi risultati dello studio evidenziano come le piantine di pomodoro trattate in vivaio per via fogliare con estratti di microalghe *Arthrospira platensis* e *Scenedesmus* sp. ottengono una migliore tolleranza a un severo stress da freddo (1 °C per un giorno)

1

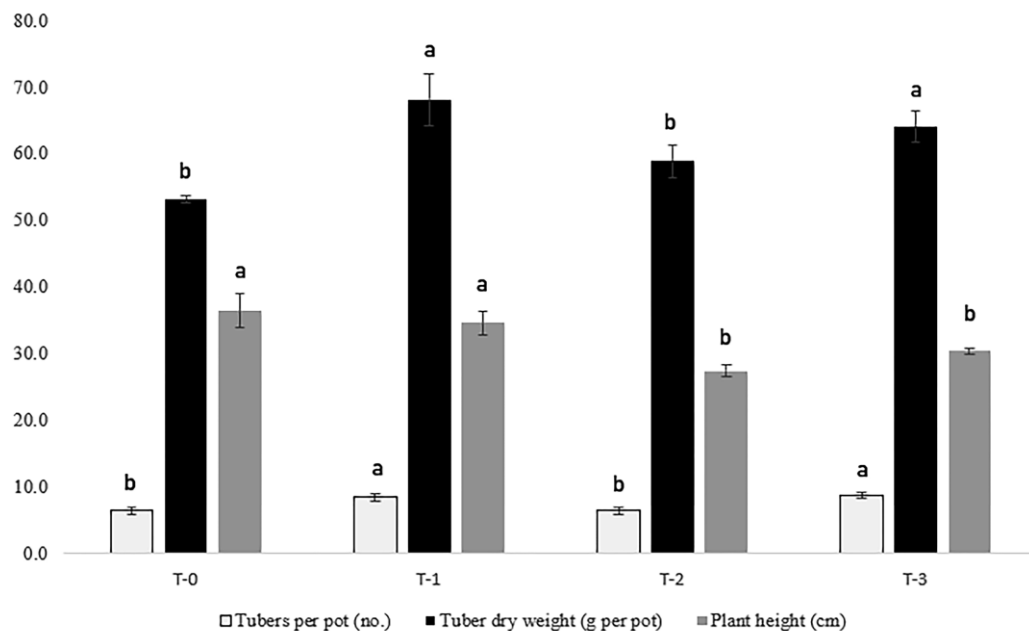


1. Piantine di pomodoro stressate dal freddo. 2. Piantine di pomodoro dopo lo stress da freddo, a **sinistra** piantina non trattata, a **destra** piantina trattata con il trattamento numero 3

2

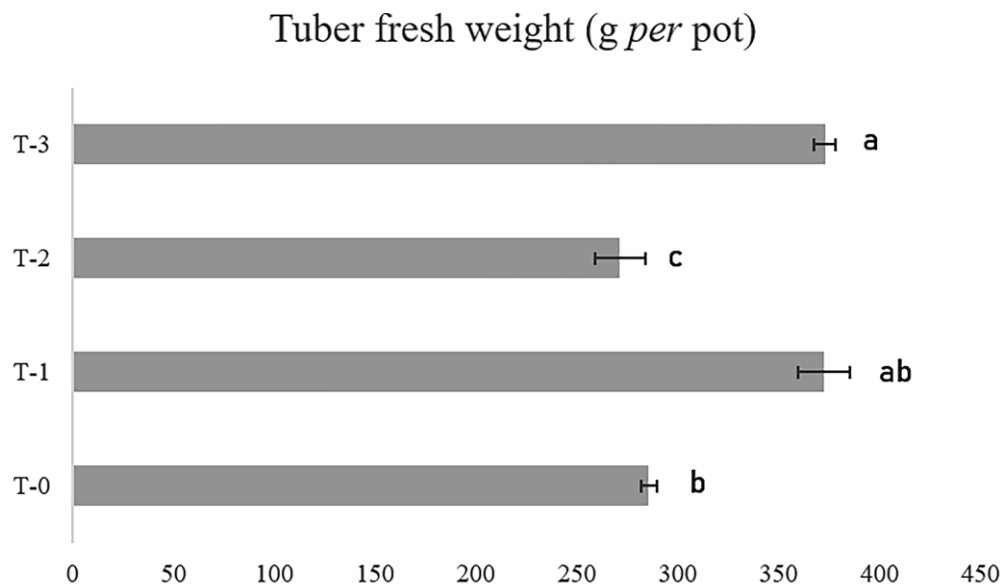


## Plant biostimulants in sustainable potato production: an overview



**Fig. 1.** Mean values of same morphological and agronomic parameters. Different letters denote statistically significant differences between treatments by analysis of variance at  $p < 0.05$ . Vertical bars represent standard deviation. T0 = Control plant sprayed with distilled water, **T1 = *Arthrospira platensis***, T2 = *Chlorella vulgaris*, **T3 = *Nannochloropsis gaditana***.

## Plant biostimulants in sustainable potato production: an overview



**Fig. 2.** Mean values of tuber fresh weight *per* pot. Different letters denote statistically significant differences between treatments by analysis of variance at  $p < 0.05$ . Horizontal bars represent standard deviation. T0 = Control plant sprayed with distilled water, T1 = *Arthrospira platensis*, T2 = *Chlorella vulgaris*, T3 = *Nannochloropsis gaditana*.

**Orzo:** prova in pieno campo con tre dosi differenti di concimazione (N50, N100, N150 più controllo, N0) con estratto di *Nannochloropsis gaditana* applicato mediante spray fogliare (soluzione 50 mg/L in acqua) a cadenza settimanale

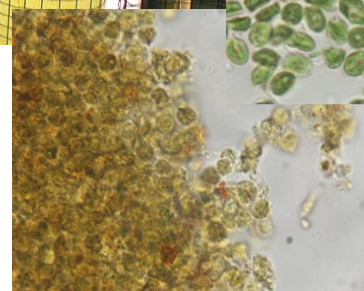
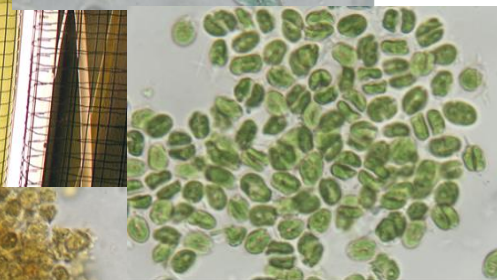
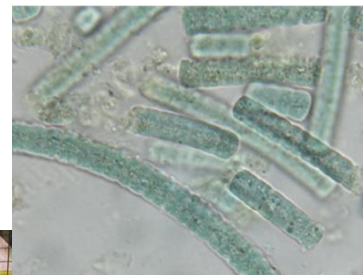
| Trattamento                       |      | Altezza media<br>pianta (cm) | Paglia        |            |            |            | Proteine totali<br>(% SS) |
|-----------------------------------|------|------------------------------|---------------|------------|------------|------------|---------------------------|
|                                   |      |                              | Ceneri (% SS) | NDF (% SS) | ADF (% SS) | ADL (% SS) |                           |
| Non trattato<br>con<br>microalghe | N0   | 69.3                         | 6.9 (0.8)     | 80.0 (1.4) | 49.0 (1.1) | 5.8 (0.4)  | 2.4 (0.3)                 |
|                                   | N50  | 70.8                         | 6.0 (1.0)     | 81.3 (3.3) | 50.9 (3.0) | 6.7 (1.1)  | 2.9 (0.6)                 |
|                                   | N100 | 74.8                         | 7.0 (0.7)     | 79.6 (2.5) | 49.0 (2.7) | 6.1 (0.8)  | 3.1 (0.5)                 |
|                                   | N150 | 73.2                         | 7.4 (0.7)     | 77.4 (3.9) | 47.2 (3.9) | 6.1 (1.0)  | 4.7 (1.9)                 |
| Trattato<br>con<br>microalghe     | T0   | 61.3                         | 6.6 (0.7)     | 77.8 (2.5) | 47.6 (3.0) | 5.9 (1.0)  | 2.9 (0.4)                 |
|                                   | T1   | 66.3                         | 7.4 (1.1)     | 79.4 (1.5) | 48.1 (2.1) | 5.8 (0.7)  | 2.6 (0.5)                 |
|                                   | T2   | 70.5                         | 7.3 (1.0)     | 76.7 (2.4) | 46.4 (2.2) | 5.8 (0.8)  | 3.7 (0.3)                 |
|                                   | T3   | 73.2                         | 6.3 (0.6)     | 78.9 (3.7) | 48.9 (3.0) | 6.8 (0.7)  | 3.2 (0.8)                 |



| Trattamento                       |      | Peso 100 semi (g) | Granella         |                           |                                  |                                |
|-----------------------------------|------|-------------------|------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
|                                   |      |                   | Ceneri<br>(% SS) | Proteine totali<br>(% SS) | Carotenoidi totali<br>(mg/kg SS) | Polifenoli totali<br>(mg/g SS) |
| Non trattato<br>con<br>microalghe | N0   | 50.0 (1.9)        | 2.7 (0.3)        | 9.2 (0.9)                 | 4.9 (0.3)                        | 2.3 (0.2)                      |
|                                   | N50  | 48.5 (4.2)        | 2.6 (0.2)        | 10.2 (1.6)                | 4.7 (0.5)                        | (2.3) 0.1                      |
|                                   | N100 | 52.0 (2.5)        | 2.8 (0.2)        | 10.5 (0.8)                | 4.8 (0.4)                        | 2.3 (0.1)                      |
|                                   | N150 | 47.4 (4.4)        | 2.7 (0.3)        | 12.9 (1.7)                | 4.7 (0.4)                        | 2.3 (0.2)                      |
| Trattato<br>con<br>microalghe     | T0   | 48.6 (4.0)        | 2.8 (0.3)        | 8.8 (0.7)                 | 4.8 (0.4)                        | 2.3 (0.2)                      |
|                                   | T1   | 52.5 (1.9)        | 2.7 (0.2)        | 9.5 (0.6)                 | 4.6 (0.4)                        | 2.2 (0.1)                      |
|                                   | T2   | 59.3 (7.5)        | 2.8 (0.2)        | 10.6 (0.9)                | 4.8 (0.4)                        | 2.4 (0.1)                      |
|                                   | T3   | 49.9 (2.9)        | 2.6 (0.3)        | 11.6 (0.9)                | 4.8 (0.4)                        | 2.3 (0.2)                      |







**Grazie per  
l'attenzione**

