

I RICERCATORI PROPONGONO UN SISTEMA ACQUAPONICO A BASSA TECNOLOGIA, CHE POTREBBE ESSERE IMPLEMENTATO CON SUCCESSO SU SCALA PIÙ AMPIA, A BASSI COSTI DI COSTRUZIONE E GESTIONE

# ASPETTI PRODUTTIVI IN SISTEMI DI ACQUAPONICA A INPUT RIDOTTI



Panoramica del sistema sperimentale in acquaponica adottato per la prova

di Carlo Nicoletto, Carmelo Maucieri, Marco Birolo e Paolo Sambo

Dipartimento di Agronomia, alimenti, risorse naturali, animali e ambiente (Dafbae), Università degli Studi di Padova

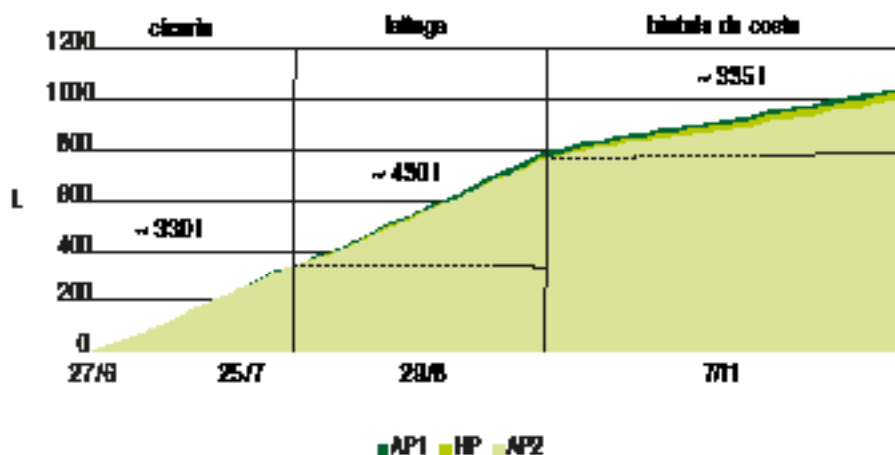
Contributo realizzato a cura della sezione Ortoflorovivaismo della Soi

L'acquaponica (Ap), ovvero la produzione multitrofica integrata di pesci e piante in un sistema di ricircolo sinergico semi-chiuso, è uno dei più recenti sistemi di produzione alimentare. In acquaponica i rifiuti biologici escreti dai pesci (ad es. ammoniaca, sali) e quelli generati dalla scomposizione microbica del mangime (ad es. nitriti e nitrati) vengono assorbiti

dalle piante per la crescita (Goddek et al., 2019). Pertanto, questo metodo consente la rimozione di rifiuti nutritivi indesiderati dall'acqua da parte delle piante e il riutilizzo dell'acqua per i pesci. Nei sistemi di Ap, più del 50% dei nutrienti che sostengono la crescita ottimale delle piante deriva dai rifiuti provenienti dall'alimentazione degli organismi acquatici (Palm et al., 2018).



## Grafico 1 - Evoluzione del consumo idrico dei sistemi durante la sperimentazione



### Un sistema sostenibile

In seguito alla connotazione integrativa, ai possibili scenari di applicazione e all'ampia variabilità tecnologica impiegabile, l'Ap rappresenta un sistema di produzione alimentare atipico e complesso. Come evidenziato da Goddek et al., (2015), l'Ap può essere considerato un sistema sostenibile di produzione agricola, considerando che non mina la futura capacità produttiva dell'agricoltura e consente di ridurre le inefficienze del processo di produzione, delineando un sistema in grado di massimizzare l'efficienza d'uso delle risorse e aumentarne la circolarità. Con-

seguentemente, può svolgere un ruolo cruciale nella sostenibilità ambientale e socioeconomica delle città intelligenti del futuro e viene classificata tra le dieci tecnologie che potrebbero cambiare le nostre vite dal parlamento dell'Unione europea (Van Woensel et al., 2015).

### Le caratteristiche

La predisposizione di un impianto di acquaponica prevede l'impiego di alcuni elementi essenziali: una vasca di allevamento per i pesci, un componente per la rimozione dei solidi sospesi, un biofiltro, un'unità idroponica e un serbatoio di stoccaggio per l'acqua.

Può essere realizzato quasi ovunque, con rilevanti vantaggi sociali, economici e ambientali. Infatti, non necessitando di suolo per la coltivazione, i sistemi Ap possono essere realizzati sia in ambito urbano (sui tetti o all'interno di edifici dismessi) che agricolo. Di conseguenza, l'acquaponica potrebbe rappresentare un nuovo sistema agricolo che integra produttori e consumatori, grazie alle filiere corte che consente di ottenere (Maucieri et al., 2018).

Sebbene l'Ap si basi su un concetto semplice, ovvero l'uso di rifiuti di pesce come nutrienti per la produzione di verdure, i suoi componenti possono variare con rapporti dimensionali differenti formando un ecosistema completo che include tre gruppi principali di organismi: pesci, piante e batteri.

### Le tecniche più efficienti

Lennard e Leonard (2006) hanno evidenziato che l'unità idroponica basata sulla tecnica del **Nutrient film technique (Nft)** è meno efficiente dei sistemi a base di substrato (**media bed**) e galleggianti (**floating system**) in termini di rimozione dei nutrienti dall'acqua utilizzata per l'allevamento del pesce e della produzione di verdure. A questo proposito, la letteratura scientifica propone un'ampia casistica di possibili rapporti tra superficie coltivata e volume di acqua dedicato.

## Tabella 1 – Contenuto delle componenti azotate nell'acqua dei sistemi di coltivazione acquaponica studiati

Parametri (mg l <sup>-1</sup> )	Catalogna			Lattuga			Bietola da costa		
	Hp	Apl	Aph	Hp	Apl	Aph	Hp	Apl	Aph
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.53 b	0.57 b	0.87 a	0.53 c	0.91 b	1.63 a	0.50 c	0.94 b	1.18 a
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	17.77 ns	17.02 ns	14.20 ns	0.03 b	0.05 b	0.19 a	0.06 b	0.09 b	0.17 a
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	705 a	34.3 b	3.1 c	575.6 a	113.4 b	4.8 c	406.2	139 b	6.5 c

I valori senza alcuna lettera in comune differiscono per P < 0.05 secondo il test Hsd di Tukey

## Tabella 2 – Aspetti produttivi del pesce in relazione alla densità di allevamento e alla specie coltivata

Ortaggi	Cicoria catalogna		Lattuga		Bietola da costa		Totale	
Trattamenti Ap	Apl	Aph	Apl	Aph	Apl	Aph	Apl	Aph
Produzione totale di pesce (kg m <sup>-3</sup> )	0,56±0,16 b	1,12±0,22 a	1,42±0,08 b	2,36±0,21 a	2,17±0,54 b	3,39±0,86 a	4,15±0,15 b	6,87±0,23 a
Sgr (% giorno <sup>-1</sup> )	0,73±0,15	0,78±0,09	1,12±0,05	1,02±0,09	0,81±0,17	0,70±0,20	0,88±0,08 a	0,83±0,10 a

I valori senza alcuna lettera in comune differiscono per  $P < 0.05$  secondo il test Hsd di Tukey

Ad esempio, un rapporto tra il volume della vasca di coltivazione in **floating system**  $\geq 3 \text{ m}^3$  in combinazione con una vasca di allevamento con volume pari a  $1 \text{ m}^3$  è stato suggerito da Lam et al. (2015) poiché ha mostrato vantaggi nel migliorare la produzione di pesce e ortaggi, unitamente alla buona capacità di utilizzare i nutrienti presenti, ridurre i solidi sospesi totali (Tss) e la domanda biochimica di ossigeno (Bod5) generata dalla coltura del pesce.

### La sperimentazione

Lo studio è stato focalizzato sulla valutazione dell'effetto dell'allevamento di carpa europea (*Cyprinus carpio* L.) a due densità di allevamento su qualità dell'acqua, crescita dei pesci e resa di orticole da foglia coltivate in successione quali catalogna (*Cichorium intybus* L. Catalogna group), lattuga (*Lactuca sativa* L.) e bietola da costa (*Beta vulgaris* L. subsp. vulgaris, Cicla Group) in un sistema Ap a bassa tecnologia, confrontato con una classica gestione idroponica.

Il sistema sperimentale, situato all'interno di una serra-tunnel con copertura in materiale plastico presso l'azienda agraria sperimentale dell'Università di Padova, consisteva di nove unità indipendenti così suddivise: tre unità idroponiche (Hp), tre unità Ap con bassa densità di pesce (Apl –  $2,5 \text{ kg/m}^3$ ) e tre

unità Ap con alta densità (Aph –  $4,6 \text{ kg m}^3$ ). Le unità Ap sono state progettate come sistemi a bassa tecnologia perché caratterizzate da: **media-bed** di coltivazione con la capacità di agire da biofiltro; assenza di energia per regolare la temperatura dell'acqua; assenza di sonde per la valutazione in continuo della qualità dell'acqua; assenza di sonde e sistemi per controllo da remoto; assenza di dispositivi per la sanificazione dell'acqua (Uv, ozono).

Ogni unità era composta da: una vasca principale (volume 500 l, altezza 0,80 m) in cui venivano allevati i pesci nelle unità Ap o dove era presente la soluzione nutritiva nel caso delle unità Hp; un decantatore per favorire il deposito dei residui organici solidi; due vasche per ortaggi (volume 275 l ciascuna, altezza 0,35 m), riempite con argilla espansa, che ricevevano lo stesso flusso d'acqua dalla vasca principale e fungevano sia da biofiltro che da supporto di coltivazione idroponica; un serbatoio di accumulo (volume 50 l, altezza 0,45 m) per l'acqua in uscita dalle vasche di coltivazione, dotato di pompa di rilancio nella vasca di allevamento.

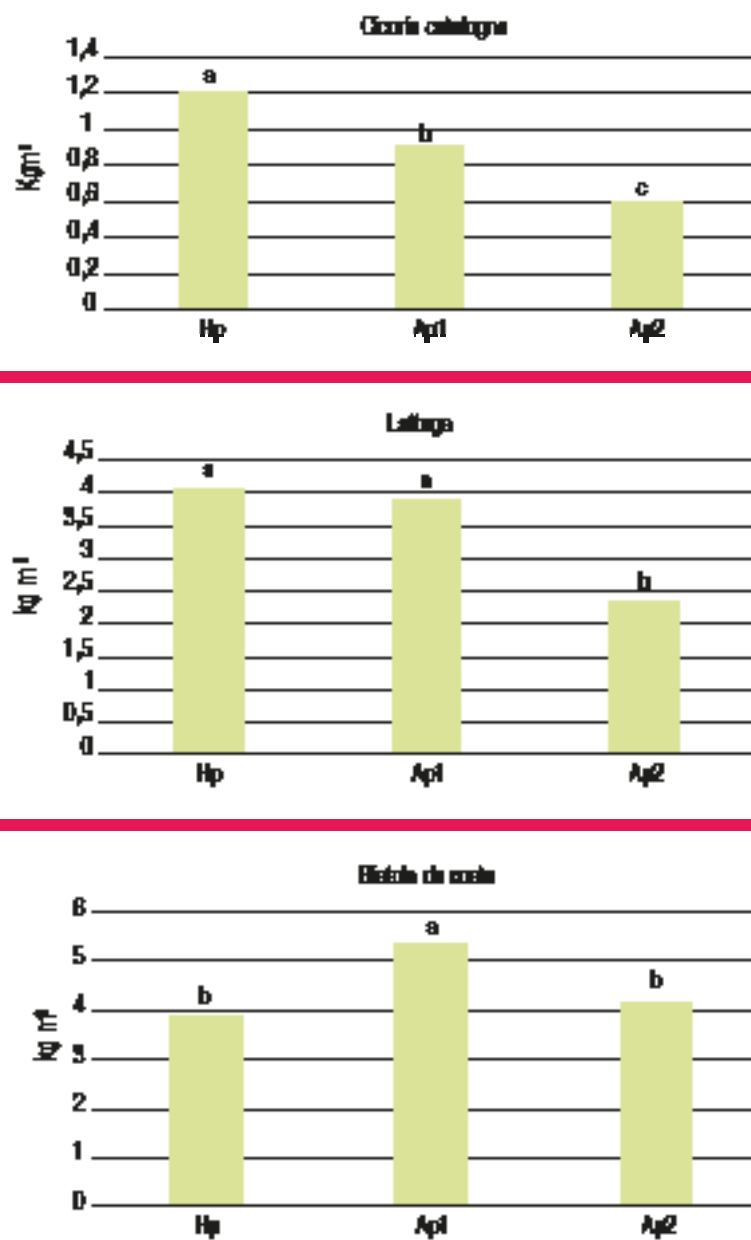
Le tre parti dell'impianto avevano acqua a diversi livelli in modo che il flusso fosse garantito dal troppo pieno (dalla vasca principale alle vasche degli ortaggi e da queste ultime alla vasca di rilancio). La portata utilizzata è stata di  $120 \text{ l h}^{-1}$ ,

consentendo un completo ricircolo dell'acqua ogni 5 ore. Le vasche di allevamento erano dotate di una copertura ombreggiante per contenere il pesce e limitare la formazione di alghe. Inoltre, era presente un sistema di aerazione tramite pietre porose e aeratore.

### Lo svolgimento dello studio

L'esperimento è stato avviato il 19 giugno ed è stato completato il 7 novembre. Tutte le nove unità sono state riempite con la stessa soluzione nutritiva ( $220 \text{ mg l}^{-1}$  di  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $330 \text{ mg l}^{-1}$  di  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $456 \text{ mg l}^{-1}$  di  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $31 \text{ mg l}^{-1}$  di Fe-EDTA e  $13 \text{ mg l}^{-1}$  di micronutrienti) all'inizio dell'esperimento. Il 27 giugno, il pesce è stato introdotto nelle unità Apl e Aph, mentre nelle unità Hp sono stati aggiunti 607 g di nitrato di calcio per sistema. Le vasche di allevamento sono state popolate con carpa europea con un peso vivo iniziale medio di  $170 \text{ g}$  con densità di allevamento di  $2,5 \text{ kg m}^{-3}$  e  $4,6 \text{ kg m}^{-3}$  rispettivamente per i trattamenti Apl e Aph.

I pesci sono stati alimentati manualmente una volta al giorno con un mangime composto commerciale sotto forma di pellet estruso (40% di proteine grezze, 11,5% di grassi grezzi, 4% di fibre grezze, 8% di ceneri, 0,2% di sodio, 1,5% di calcio e 0,8% di fosforo). Durante l'intera prova, le vasche per gli ortaggi sono state coltivate in suc-


**Grafico 2 - Produzione delle specie orticole considerate nella prova**


I valori senza alcuna lettera in comune differiscono per  $P < 0.05$  secondo il Test HSD di Tukey

cessione con cicoria catalogna (27 giugno-25 luglio, 9 piante m<sup>-2</sup>), lattuga (26 luglio-29 agosto, 12 piante m<sup>-2</sup>) e bietola da costa (29 agosto-7 novembre, 9 piante m<sup>-2</sup>), trapiantate al terzo stadio fogliare vera.

### Le analisi dell'acqua

Il consumo giornaliero di acqua nelle unità Ap per evapotraspirazione non è stato significativamente diverso tra i trattamenti con un valore medio di 8,2 l giorno<sup>-1</sup>, pari all'1,37% dell'acqua to-

tale del sistema (grafico 1). Un effetto significativo è stato riscontrato in base al ciclo delle colture con il consumo medio più alto registrato durante i cicli estivi (catalogna 11,8 l giorno<sup>-1</sup> e lattuga 12,3 l giorno<sup>-1</sup>) e i consumi più bassi monitorati durante i cicli autunnali con bietola da costa (4,9 l giorno<sup>-1</sup>).

Il valore medio della temperatura dell'acqua è stato di 21,2°C. Sebbene questo non sia stato influenzato dai trattamenti, durante il ciclo della bietola (estivo-autunnale) sono stati osservati valori significativamente inferiori rispetto ai cicli di catalogna e lattuga (colture estive).

L'ossigeno disciolto è stato significativamente diverso tra trattamenti, colture e punti di campionamento, con un valore medio di ossigeno disciolto di 7,8 mg l<sup>-1</sup> nel deflusso dalle vasche con i pesci e 5,5 mg l<sup>-1</sup> nel deflusso dalle vasche degli ortaggi. Il valore Ec è stato significativamente influenzato dai trattamenti, con un valore di 1,35 dS m<sup>-1</sup>, 1,39 dS m<sup>-1</sup> e 1,68 dS m<sup>-1</sup> in Apl, Aph e Hp rispettivamente.

Il pH dell'acqua si è attestato tra 7 e 8,5, non mostrando differenze tra i trattamenti. Il potenziale redox dell'acqua è variato da -214 mV a +222 mV e il trattamento Aph ha mostrato valori inferiori rispetto agli altri due. Il potenziale redox è stato significativamente più alto durante il ciclo della bietola rispetto a quello di catalogna e lattuga ed è stato maggiore nel deflusso dalle vasche dei pesci rispetto al deflusso dalle vasche degli ortaggi.

In relazione al contenuto di pigmenti nell'acqua, la concentrazione di clorofilla è stata significativamente maggiore in Ap rispetto al controllo Hp con valori inferiori nel deflusso dalle vasche di coltivazione (29 µg l<sup>-1</sup>) rispetto al deflusso dalle vasche del pesce (35 µg l<sup>-1</sup>). Infine,

durante i cicli di lattuga e bietola è stata osservata una clorofilla disciolta significativamente più alta (4,2 volte) rispetto al ciclo della catalogna.

Il contenuto delle principali componenti azotate nell'acqua è stato significativamente diverso tra i trattamenti all'interno di ciascun ciclo di colture (tab. 1). La concentrazione più alta di  $\text{NH}_4^+$  è stata misurata nel trattamento Aph e durante il ciclo della lattuga mentre le concentrazioni più alte di  $\text{NO}_2^-$  sono state trovate durante il ciclo di catalogna (tab. 1). In particolare, le concentrazioni di  $\text{NO}_2^-$  più elevate sono state rilevate durante il primo mese dell'esperimento (valore medio  $16,3 \text{ mg l}^{-1}$ ) mentre dopo questo periodo le concentrazioni di  $\text{NO}_2^-$  sono state sempre inferiori a  $0,9 \text{ mg l}^{-1}$  e molto spesso al di sotto della soglia rilevabile. La più alta concentrazione di  $\text{NO}_3^-$  è stata rilevata nel controllo Hp, mentre valori significativamente più bassi sono stati osservati con l'aumento della densità di allevamento.

### Gli effetti sugli ortaggi

Il contenuto di clorofilla (valore Spad) degli ortaggi verdure non si è differenziato significativamente tra le tesi durante i cicli di catalogna e lattuga, mentre durante il ciclo di bietola il valore medio di Spad è stato significativamente inferiore (-7,1%) in Hp rispetto ai trattamenti Ap ( $36,7$  in media).

La resa commerciabile delle verdure è stata significativamente diversa tra i trattamenti per tutte le colture (grafico 2) e il controllo Hp ha mostrato la produzione più alta solo alla fine del primo ciclo con una resa commercializzabile maggiore rispetto ad Apl (+25%) e APH (+50%). I valori di produzione più elevati per la seconda e la terza coltura sono stati ottenuti nel trattamento Apl, con una resa commercializzabile superiore

ad Aph (> 41% per la lattuga e > 21% per la bietola).

### Le conseguenze sul pesce

La salute dei pesci è stata buona durante l'intera prova e alla fine della prova (135 giorni) il pesce pesava in media  $446 \text{ g}$ , raggiungendo un tasso di crescita specifico (Sgr) dello  $0,74\% \text{ giorno}^{-1}$ . Il rapporto di conversione del mangime per l'intero periodo è stato di  $1,71$  e la biomassa totale prodotta è stata in media di  $5,66 \text{ kg m}^{-3}$ .

Le prestazioni di crescita del pesce si sono differenziate in modo significativo a seconda della densità di allevamento utilizzata: i pesci del trattamento Apl hanno mostrato un Sgr più elevato rispetto ad Aph durante la maggior parte delle fasi di prova (tab. 2). Anche quando è stato considerato l'intero periodo di allevamento, i pesci del trattamento Apl hanno mostrato il Sgr più alto. Di conseguenza, i pesci nel trattamento Apl hanno raggiunto un peso corporeo maggiore rispetto a quelli del trattamento Aph a circa 90 giorni di prova a metà del ciclo di bietola e al termine della prova. Tuttavia, a causa della maggiore densità di allevamento, la biomassa totale di pesce è rimasta maggiore nei sistemi Aph rispetto a quelli Apl dall'inizio alla fine della prova.

### In conclusione

La densità di allevamento della carpa europea ha influenzato la resa del sistema Ap testato con risultati migliori in termini di qualità dell'acqua e produzione di ortaggi in corrispondenza di una densità di allevamento iniziale di  $2,5 \text{ kg m}^{-3}$ . La crescita e la conversione del mangime sono state influenzate negativamente dalla densità di allevamento, ma la resa totale della biomassa è aumentata con l'aumentare della densità

dei pesci. Considerando la risposta specie-specifica dei pesci alle diverse densità di stock, i risultati acquisiti consentono di delineare i principali aspetti produttivi nel caso di allevamento e gestione della carpa europea. Sono necessarie ulteriori indagini per stabilire le densità di allevamento più adatte per altre specie allevate in Ap. Una buona produzione di ortaggi, prestazioni e condizioni sanitarie del pesce suggeriscono che il sistema a bassa tecnologia proposto potrebbe essere implementato con successo su scala più ampia a bassi costi di costruzione e gestione. •

### Bibliografia

- Goddek S, Delaide B, Mankasingh U, Ragnarsdottir KV, Jijakli H, Thorarinsdottir R. Challenges of sustainable and commercial aquaponics. Sustainability 2015; 7(4):4199–4224
- Goddek, S., Joyce, A., Kotzen, B., & Burnell, G. M.(2019).Aquaponicsfoodproductionsystems: combinedaquacultureandhydroponicproduction technologies for the future (p. 619). Springer Nature
- Lam SS, Ma NL, Jusoh A, Ambak MA. Biological nutrientremovalbyrecirculatingaquaponic system: optimization of the dimension ratio between the hydroponic & rearing tank components. Int Biodeterior Biodegradation 2015; 102:107–115
- Lennard WA, Leonard BV. A comparison of threedifferenthydroponicsub-systems(gravel bed, floating and nutrient film technique) in an aquaponic test system. Aquac Int. 2006; 14(6):539–550
- Maucieri, C., Nicoletto, C., Junge, R., Schmautz, Z., Sambo, P., & Borin, M. (2018). Hydroponic systemsandwatermanagementinaquaponics: a review. Italian Journal of Agronomy, 1-11
- Palm HW, Knaus U, Appelbaum S, Goddek S, Strauch SM, Vermeulen T, Jijakli MH, Kotzen B. Towardscommercialaquaponics:Areviewof systems, designs, scales and nomenclature. Aquac Int. 2018; 26(3):813–842
- Van Woensel L, Archer G, Panades-Estruch L, Vrscaj D. Ten technologies which could changeourlives.Potentialimpactsandpolicy implications. In-depth analysis 2015. European Parliamentary Research Service. ISBN: 978-92-823-6490-1

PUNTIAMO  
IN ALTO,  
PER VEDERE  
OLTRE...

