

Integration av artificiell intelligens som bevakningsverktyg i akvaponiska system

Författare: Samar Khalil^a, Yentize Fimbres^a, Vishnukiran Thuraga^b, Aakash Chawade^b

^a Institutionen för biosystem och teknologi, ^b Institutionen för växtförädling

Ett akvaponiskt system är ett odlingssystem som integrerar fiskodling (Akvakultur) med växtodling (hydroponiskt system), där näringsflödet från fiskevatten används för att gödsla växterna i den hydroponiska delen (Figur 1). Systemet betraktas som resurseffektivt med en miljövänlig profil eftersom växten kan använda de återvunna näringsämnena från fiskevatten och därigenom minska övergödningseffekten. Hållbara akvaponiska system har en stor potential att möta behovet i akvakultur när det gäller intensifiering av den landbaserade vattenbruksproduktionen och öka proteinproduktionen. De har också en stor potential att försörja trädgårdsnäring med organiska gödselmedel som kan ersätta de syntetiska samt bemöta utmaningar när det gäller alternativa källor för vatten, energi och koldioxid för inomhusproduktion av livsmedel.

Utmaningar med akvaponiska system

Akvaponiska system står dock inför flera utmaningar som kan påverka deras effektivitet och produktivitet. Avgörande för systemets funktion är att upprätthålla stabila vattenparametrar. Variationer i pH-nivåer, otillräcklig biofiltrering och nitrifikation kan stressa fiskar och växter och har en negativ hälsoeffekt.

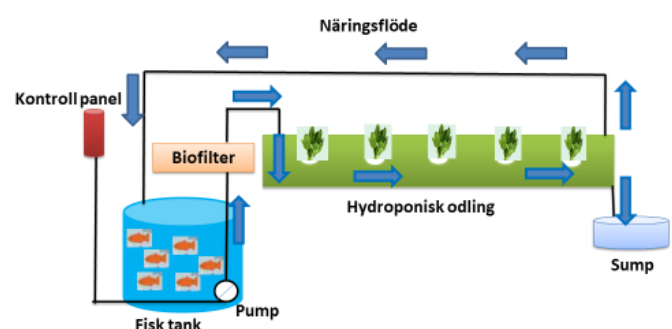
I akvaponiska system är fisk fodret den centrala näringskällan med lägre näringsämneskoncentrationer jämfört med en traditionell hydroponisk odling. Fisk fodret saknar näringsämnen som järn men innehåller en hög kvävehalt. Systemet kräver därför en noggrann övervakning för att säkerställa en balanserad miljö för både fisk och växter och uppnå rätt näringsbalans för växter. Vidare är akvaponiska system känsliga för temperaturvariationer och kräver en noggrann bevakning för att upprätthålla optimala temperaturer för både fisk och växter. Att designa systemet till att ha rätt förhållande mellan fiskar och växter med rätt näringsbalans är en utmaning som kan påverka spridning av fisk- och växtpatogener.

Bevakning med artificiell intelligens

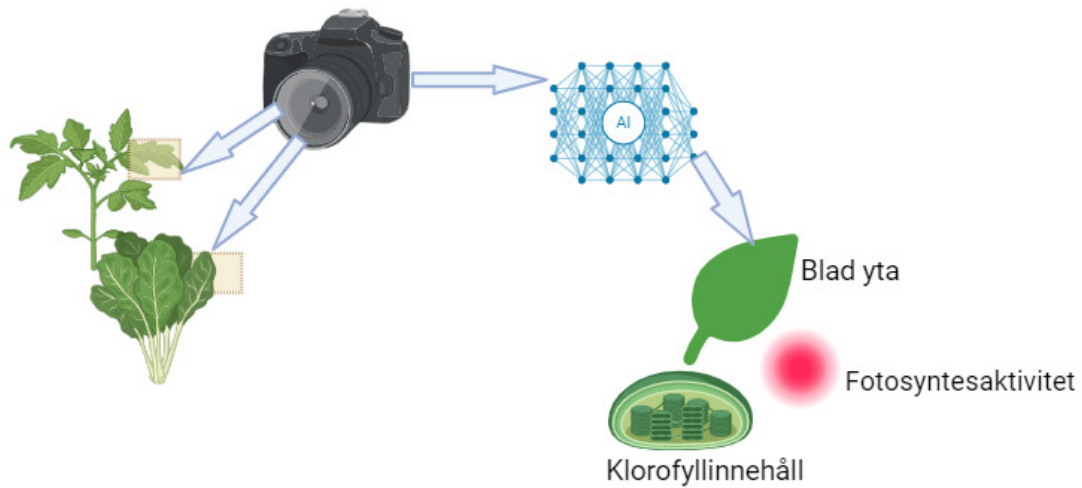
Artificiell intelligens (AI) i akvaponiska system kan implementeras för att förbättra vattenkvalitet, näringsbalansen och hälsoaspekten i odlingssystemet, vilket öppnar för nya möjligheter kring optimering,

automatisering och precisionsodling. AI-tekniken kan också integreras som ett bevakningssystem för att upptäcka biotiska och abiotiska stressfaktorer i systemet. Olika tekniker är tillgängliga:

- Realtidsövervakning: Internet of Things (IoT)-teknologier som är ett nätverk av fysiska enheter som använder sensorer och mjukvara för att samla in data och utbyta denna över internet. IOT-enheter möjliggör kontinuerlig övervakning av nyckelparametrar som vattenkvalitet (pH, grumlighet, temperatur), fiskens hälsa och växternas tillväxtförhållanden. Dessa data kan analyseras för att optimera systemets kapacitet och prestanda.



Figur1. En schematisk bild av ett akvaponiskt odlingssystem



Figur 2. Mätningarna med hjälp av artificiell intelligens (AI) verktyg utförda på trädgårdsgrödor i pilotförsök med akvaponiska och hydroponiska system.

- **AI-algoritmer:** AI-algoritmer kan analysera historiska data för att förutse resultat såsom avkastningsprognoser, näringsbehov och potentiella systemfel, vilket möjliggör en proaktiv hantering av systemet.
- **Automatiserade kontrollsystem:** Smart aquaponics kan automatisera kritiska processer som utfodringsscheman för fisk, näringstillförsel till växter och justeringar av vattenkvaliteten, vilket minskar arbetskostnaderna och mänskliga fel.

AI i forskningen bemöter utmaningar

I forskningsprojekt utförda vid Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för biosystem och teknologi Alnarp utvecklades vetenskapliga baslinjer med inriktning mot en hållbar odling i akvaponiska system. De utförda pilotförsöken fokuserades på Tilapia fiskar som modell organism, och Tatsoi och Tomat som trädgårdsgrödor. AI med användning av "Phenotypic and Image analyses" tillämpades för att mäta växtens hälsa och dess tolerans mot biotiska och abiotiska stressfaktorer. Med hjälp av dessa AI

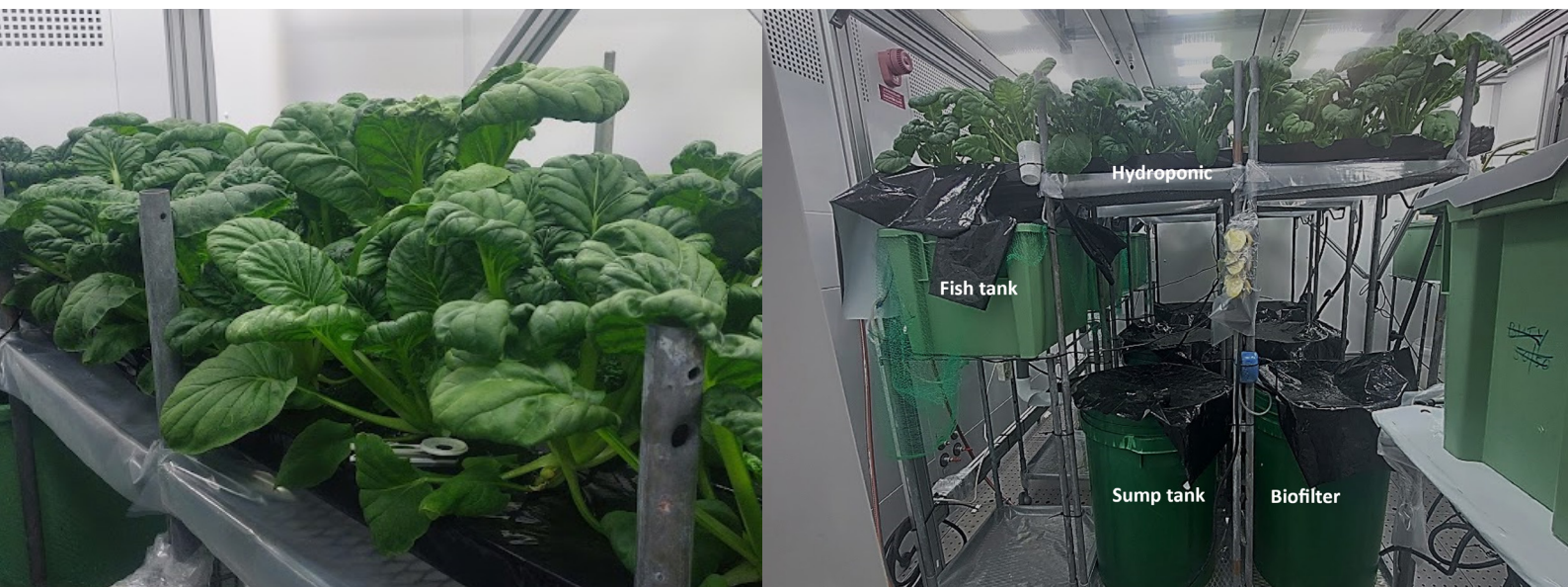
analyser kan information och vetenskapliga riktlinjer kring växtens form, blad yta, textur, klorofyllinnehåll och fotosyntesaktiviteter (Figur 2) i relation till olika behandlingar utvecklas.

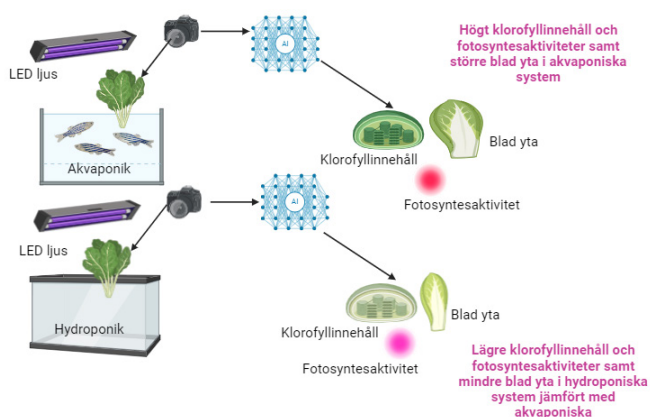
AI i akvaponiska system med LED ljus

I en biotron kammare utfördes försök under kontrollerade odlingsförhållanden med akvaponiska system där näringslösningen cirkulerades från fisktanken till växtenheten genom ett biofilter (Figur 3). Ett separat hydroponiskt system användes som kontroll. LED ljus bestående av rött, blått och vitt våglängder användes i försöket. Tatsoi användes som modell växt (Figur 3) och Tilapia som modell fisk. Näringsämnet järn tillsettes till växtenheten i akvaponiska system.

AI-analyserna visade att Tatsoi plantor odlades i akvaponiska system innehåll betydligt högre klorofyllhalt och fotosyntesaktiviteter samt större blad yta (Figur 4). Dessa parametrar kan dock indikera att den kontinuerliga näringsförsörjningen i akvaponiska system ger växterna tillgång till näringsämnen i optimala mängder kan leda till ett högre klorofyll-

Figur 3. Tatsoi produktion i ett akvaponiskt system med vertikal odling och LED ljus i en biotron kammare.





Figur 4. Artificiell intelligens (AI) mätningar på blad ytan, fotosyntesaktiviteter och klorofyllinnehåll under en odlingsperiod på fem veckor i akvaponiska och i hydroponiska system i biotron kammare med LED ljus.

innehåll och därmed bättre fotosyntetisk kapacitet och tillväxt jämfört med de växter som odlas i ett kontroll hydroponiskt system.

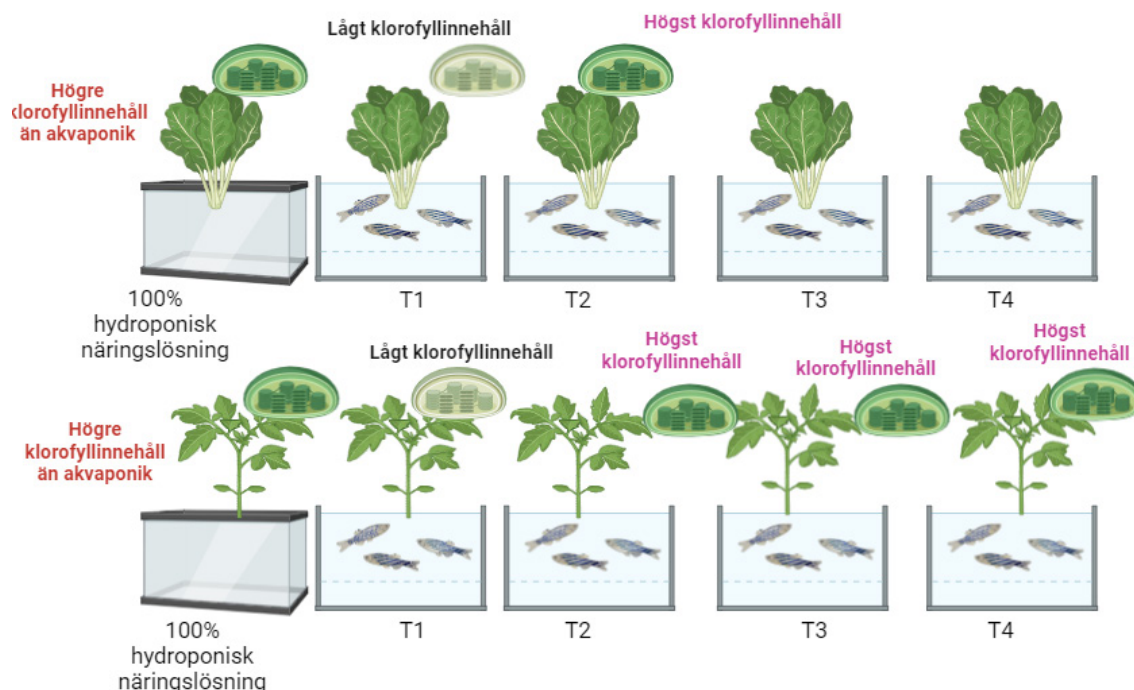
En ökning av blad ytan i akvaponiska system indikerar bladens förmåga att fånga mer ljus och därmed öka fotosyntesaktiviteter. Växter i akvaponiska system tenderar att producera större och fler blad som kan bidra till en högre produktion av klorofyll, eftersom mer yta är tillgänglig för ljusabsorption. Fotosyntesaktiviteter är en mätning av ljus som växterna avger när de absorberar ljusenergi och ger information om växtens stressnivåer eller dess förmåga att utföra fotosyntes. AI resultat visar på mer jämn och balanserad näringstillgång i akvaponiska system, vilket kan öka växternas fotosyntetiska aktivitet, biomassa och därmed hälsa.

AI i akvaponiska system i växthus

Pilotförsök i akvaponiska system med Tilapia och Tatsoi planter utfördes under normala växthus förhållanden utan LED ljus. Separata hydroponiska system som ej kopplade till fisktank användes som kontroll. Till skillnad från biotron-försöket visade resultaten inga skillnader i klorofyllinnehåll hos akvaponiskt odlade planter jämfört med enbart hydroponiskt odlade planter. I båda akvaponiska och hydroponiska system var klorofyllinnehållet högre hos femveckors gamla planter jämfört med yngre planter mellan 1-3 veckor gamla. Bladytan var större i början av odlingsperioden hos båda akvaponiskt och hydroponiskt odlade planter, men minskades hos alla planter under resten av odlingsperioden. Fotosyntesaktiviteter var högre hos hydroponiskt odlade planter i början av odlingsperioden jämfört med planter i akvaponiska system. Däremot ökade aktiviteterna hos akvaponiskt odlade planter mot slutet av odlingsperioden. Dessa resultat indikerar att tillämpningen av akvaponiska system med LED ljus ökar möjligheten till stabilare planttillväxt och biomassa under odlingsperioden. Detta kan således vara en fördel som talar för användningen av akvaponiska system i vertikal odling och i urbana miljöer. I växthus utan LED belysning stabiliserades systemet mot slutet av odlingsperioden, vilket indikerar känsligheten hos akvaponiskt odlade planter när det gäller effekten av ljusförhållandena och dess variation i växthus.

AI i försök med näring från fiskevatten

Näringen från fiskevatten kan också utnyttjas direkt som organisk gödning för växter. I ett växthus



Figur 5. Artificiell intelligens (AI) mätningar på klorofyllinnehåll hos Tatsoi- och Tomatplanter odlade i torf och gödslade med näringen från fiskevatten i proportioner T1= 100% fiskevatten, T2= 75% fiskevatten, T3= 50% fiskevatten, T4= 25% fiskevatten. Fiskevattnet proportionerades med standard näringslösning för hydroponisk odling som användes som kontroll.

försök undersökte vi gödslingseffekt av fiskevatten på planttillväxt hos Tatsoi- respektive Tomatplantor. Plantorna odlades i krukor med torv som substrat och vattnades med näringslösning från fiskevatten i proportionerna 100%, 75%, 50% och 25%. Blandningen utfördes med standard näringslösning för hydroponisk odling som också användes som kontroll. Analyser med AI visade att gödning med 100% fiskevatten minskade klorofyllinnehållet i både Tatsoi- och Tomatplantorna (Figur 5). Klorofyllinnehållet var högst hos Tatsoi plantorna som gödnlades med 75% näring från fiskevatten. Hos Tomatplantorna var klorofyllinnehållet högst hos plantor gödnlade med 75%, 50% och 25% fiskenäring i slutet av odlingsperioden (Figur 5). Inga skillnader identifierades när det gäller bladytan eller fotosyntesaktiviteter hos vare sig Tatsoi- eller Tomatplantor.

Utfallet av försöket tyder på att en hög näringsnivå i 100% fiskevatten försvårar växternas näringsupptag, vilket i sin tur påverkar klorofyllinnehållet och fotosyntesen. Användning av 75% fiskevatten för Tatsoi plantor var bäst för att nå ett optimalt klorofyllinnehåll. Högre spädningar av fiskevatten kan däremot inte tillämpas. När det gäller tomatplantor kan en användning av 75%, 50% och 25% fiskevatten tillämpas för att uppnå ett optimalt klorofyllinnehåll.

Slutsatser

- Tillämpning av AI är ett effektivt verktyg för att undersöka planttillväxt i akvaponiska system
- Kombination av akvaponiska system med LED ökar blad yta, klorofyllinnehåll och fotosyntesaktiviteter i bladen, vilket leder till större biomassa
- Kombination av akvaponiska system med LED ljus ger en positiv effekt på planttillväxt och ökar möjligheten för tillämpning av akvaponiska system under vertikala och urbana förhållanden
- Variation i växthus förhållanden behöver optimeras med hänsyn till ljus för att optimera planttillväxt i akvaponiska system i växthus
- Gödning med näring från fiskevatten varierar beroende på växtslag och proportioner
- Gödning med 100% fisk näring är ej lämplig för näringsupptag och planttillväxt
- Gödning med näring från fiskevatten har begränsad effekt på bladutveckling och påverkar endast klorofyllinnehåll



SLU Partnerskap Alnarp



CARL TRYGGERS
STIFTELSE
FÖR VETENSKAPLIG FORSKNING



Crafoordska stiftelsen
<https://www.crafoord.se>

Författare

Samar Khalil

Forskare

Institutionen för biosystem och teknologi, SLU

sammar.khalil@slu.se

[ORCID 0000-0003-4338-0501](https://orcid.org/0000-0003-4338-0501)

Yentize Fimbres

Postdoc

Institutionen för biosystem och teknologi, SLU

yentize.fimbres@slu.se

[ORCID 0000-0001-7407-5660](https://orcid.org/0000-0001-7407-5660)

Vishnukiran Thuraga

Forskare

Institutionen för växtförädling, SLU

vishnukiran.thuraga@slu.se

[ORCID 0000-0002-2801-9323](https://orcid.org/0000-0002-2801-9323)

Aakash Chawade

Universitetslektor

Institutionen för växtförädling, SLU

aakash.chawade@slu.se

[ORCID 0000-0002-6500-4139](https://orcid.org/0000-0002-6500-4139)



Namn faktablad

Ansvarig utgivare: Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap (LTV), Sveriges lantbruksuniversitet, 2025. **Layout:** Grafisk service Alnarp.

© Samar khalil, Yentize Fimbres, Vishnukiran Thuraga, Aakash Chawade

