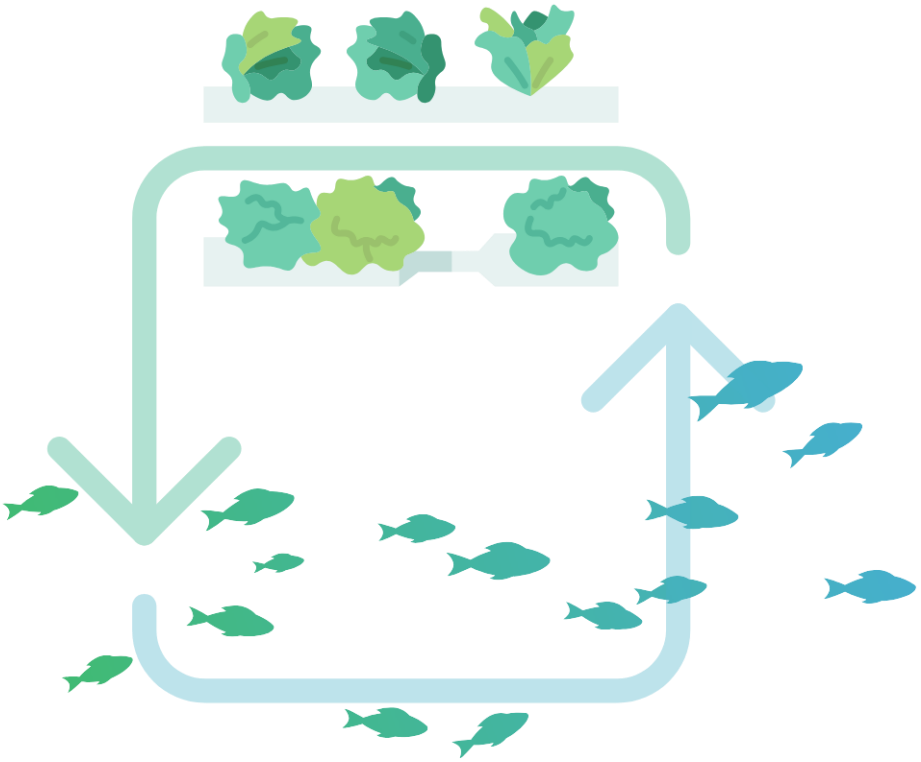
Interreg

Co-funded by the European Union

Central Baltic Programme

TransFarm

VÄXTER I AKVAPONI – URVAL, KRAV OCH BEGRÄNSNINGAR



D.3.3.1. – Utbildningsmaterial om växter i akvaponi

Sammanfattning

Akvaponik är ett system som kombinerar principerna för vattenbruk och hydroponik. Fisken metaboliserar fiskfoder och släpper ut avfall som bakterier omvandlar till växttillgängliga näringsämnen. Det huvudsakliga elementet som förbinder alla tre levande organismerna i ett akvaponiksystem är vatten. Vatten är livsmiljön för fiskarna och mikroorganismerna och näringskälla för växter, som alla påverkas av vattenkvaliteten. Eftersom vattenbruk och hydrokultur har olika krav på vattenkvalitet som är lämpliga för specifika fiskarter och växtarter måste en kompromiss inom vattenkultur utarbetas som passar fiskar, växter och mikroorganismer. Det invecklade förhållandet mellan dessa tre organismgrupper samexisterar i nära symbios för att förse varandra med de nödvändiga näringsämnena.

Denna rapport sammanfattar de viktigaste kraven för växter i ett akvaponiksystem. Information om vattenkvalitetsparametrar som är nödvändiga för växters tillväxt, växtarter som oftast odlas i akvaponiksystem, typer av odlingssystem och substrat, integrerad skadedjursbekämpning samt fördelarna med växtproduktion i akvaponiksystem har sammanställts i denna rapport. Rapporten innehåller allmän information för entreprenörer och individer som är intresserade av eller vill starta ett akvaponiksystem. Läsaren uppmuntras att utforska ämnen kopplade till växtodling i akvaponiksystemet genom en serie rapporter som har utarbetats som en del av TransFarm projektet.

Nyckelord: *TransFarm, akvaponik, växter, parametrar, odlingssystem*

Informationen i denna rapport är en sammanställning av olika artiklar och böcker. Referenserna finns i rapportavsnittet ”Referenser”.

Utarbetandet av denna rapport har fått stöd av Interreg Central Baltic Region-projektet CB0100007 “TRANSborder cooperation for circular soil-less FARMing systems - TransFarm”.

Innehållsförteckning

Sammanfattning 2
1. Introduktion 4
1.1. TransFarm projektet 4
1.2. Växter I akvaponik 5
1.3. Jordlös odling vs. traditionellt jordbruk 6
2. Vattenkvalitet och andra krav för växter 8
2.1. Syre- och koldioxidhantering 8
2.2. pH 8
2.3. Ljus/mörker cykel 9
3. Växtnäring 10
3.1. Kvävehaltiga näringsämnen 11
3.2. Phosphorus 12
3.3. Kalium 14
3.4. Mikronäringsämnen 15
4. Urval av växter 17
4.1. Bladgrönsaker 17
4.2. Gurkor 19
4.3. Potatisväxter (Solanaceae) 21
4.4. Örter och Kryddor 24
4.5. Bönor 26
5. Odlingstekniker 27
5.1. Substrat som används för plantor 27
5.2 Typer av krukor för plantuppdragning och växttillväxt i akvaponik 32
6. Typer av produktionssystem i akvaponik 35
6.1. Mediebäddar 35
6.2. Deep water cultures (Djupvattenodling) 39
6.3. Nutrient film technique (Näringsfilmsteknik) 40
6.4. Droppsystem 42
7. Växthälsa och sjukdomar 42
7.1. Integrerat växtskydd 42
7.2. Skadedjur och sjukdomar 44
Referenser 53

1. Introduktion

1.1. TransFarm projektet

Det finns flera miljömässiga och sociala utmaningar som livsmedelssektorn måste möta: Jordbruket är en sektor som är särskilt påverkad av klimatförändringarna, våra hav är överfiskade och världens befolkning beräknas fortsätta växa till cirka 9,7 miljarder människor år 2050. Länder i Östersjöregionen är starkt beroende av livsmedelsimport, särskilt för grönsaker, frukt och fisk. På senare år har pandemierna och kriget i Ukraina belyst behovet av mer självförsörjande livsmedelssystem. Dessutom står jordbruk och vattenbruk för en stor del av näringsläckaget som driver på övergödningen av Östersjön.

För att möta dessa utmaningar vill TransFarm-projektet föra livsmedelsproduktionen närmare konsumenterna genom att främja jordfria jordbruksmetoder som kan implementeras även inomhus och som producerar året runt. Exempel på dessa metoder är hydroponik, där växter odlas i vatten, och akvaponik, som kombinerar hydroponik med vattenbruk som till exempel fiskodling.

Akvaponik är ett cirkulärt, slutet system, där vatten från fiskodlingen används för att odla växter. Fiskavföringen i vattnet omvandlas mikrobiologiskt i ett biofilter, absorberas av växter och sedan återförs renare vatten till fisken. Systemet har ett helt cirkulärt vattenflöde som möjliggör återanvändning av näringsämnen utan utsläpp av näringsämnen i miljön. Eftersom fiskarna, växterna och mikroorganismerna i ett akvaponiksystem fungerar i nära symbiotisk relation används inte antibiotika eller bekämpningsmedel, vilket i sin tur ger renare och hälsosammare produkter.

TransFarm kommer att demonstrera akvaponik i Sverige, Estland och Lettland samt testa alternativa vattenkällor som regnvatten och återvunnet gråvatten: Partners från dessa länder kommer att bygga demonstrationsanläggningar med olika egenskaper och syften. Erfarenhetsutbytet från de olika demoanläggningar kommer att bidra till gemensamt kunskapsbyggande och anläggningarna kommer att kunna inspirera och utbilda framtida akvaponiker. Den kunskap som samlas in under konstruktion och övervakningen av demoanläggningarna kommer att resultera i utbildningsmaterial tillgängligt för alla aktörer som är intresserade av akvaponik.

Projektet kommer också att undersöka affärsmodeller, driva aktiviteter för att informera konsumenter om kvaliteten på akvaponikprodukterna, utbilda entreprenörer som vill starta ett akvaponiksystem samt informera tjänstemän och beslutsfattare om den minskade miljöpåverkan av cirkulära jordfria jordbruksmetoder.

TransFarm-projektets varaktighet är tre år (2023 – 2026) och det koordineras av Turku School of Economics vid Åbo universitet (Åbo, Finland). Projektpartners är Estonian University of Life Sciences (Tartu, Estland), University of Latvia (Riga, Lettland), Campus Roslagen, Coompanion och Norrtälje Vatten och Avfall AB (Norrtälje, Sweden).

TransFarm-projektet finansieras av EU:s Interreg Central Baltic-program, projektets totala budget är 1,87 miljoner euro, EU-finansiering täcker 1,5 miljoner euro.

1.2. Växter I akvaponik

Denna rapport undersöker de grundläggande elementen för växtodling i akvaponiska system, som är symbiotiska miljöer där växter och vattenlevande djur samexisterar. Rapporten fokuserar på att förstå de specifika kraven för växter i akvaponiska uppsättningar, de mest lämpliga växtarterna för dessa system samt de grundläggande förutsättningarna för att uppnå optimal tillväxt. Resultaten tyder på att akvaponik erbjuder ett hållbart tillvägagångssätt för växtodling, men dess effektivitet beror på noggrann val av växtarter, noggrann hantering av vattenkvalitet och upprätthållande av rätt näringsbalans.

Växter i ett akvaponiskt system kräver en balanserad miljö där vattenkvalitet, näringsinnehåll, temperatur och ljus tillhandahålls på ett optimerat sätt. Vatten-pH-nivåer mellan 6,00 och 7,00 är idealiska för de flesta växter eftersom detta pH-intervall säkerställer och stödjer näringstillgänglighet och upptag. Växterna i ett akvaponiskt system är beroende av de näringsämnen som genereras av fisken (i form av fiskavfall), och dessa näringsämnen omvandlas sedan till växttillgängliga näringsämnen av de nyttiga bakterierna som finns i systemet. Nyckelnäringsämnen inkluderar kväve, fosfor och kalium samt några mindre element som järn, kalcium och magnesium. Ljus behövs för att säkerställa fotosyntesen; vanligtvis används 12–16 timmars ljus per dag under den vegetativa perioden, men längre dagsljus krävs under fruktbildningen. Vattentemperaturen i ett akvaponiskt system bör ligga mellan 18 °C och 26 °C – dock måste försiktighet iakttas, eftersom de andra levande organismerna i systemet – fisken – är mycket känsliga för förändringar och olämpliga temperaturer.

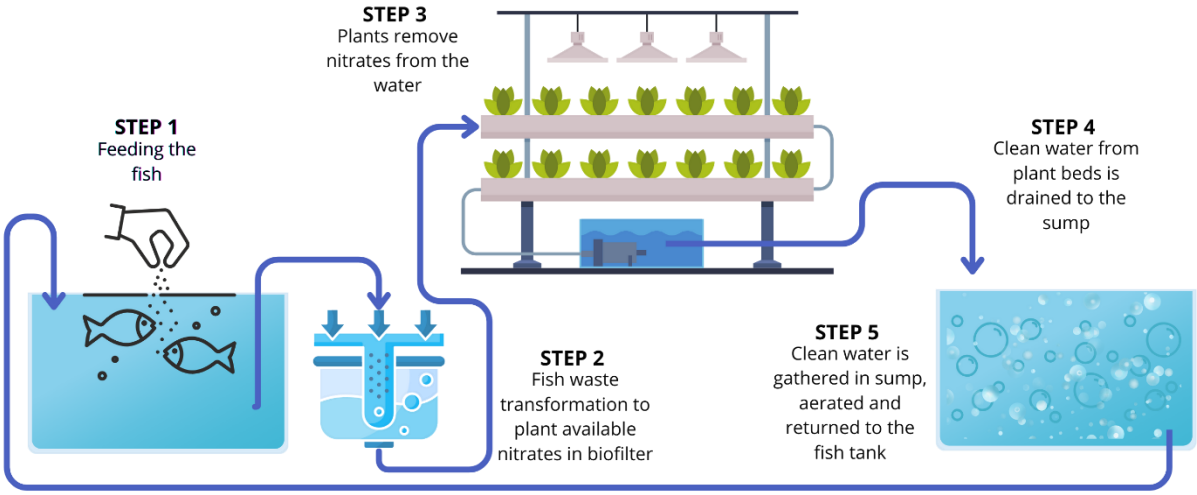


Fig.1. Generaliserat schema över ett akvaponiksystem med näringsfilmskanaler för växtodling.

Effektiviteten av växtodling i akvaponiska system beror på en harmonisk miljö som uppfyller växternas exakta krav. Bladgrönsaker och örter är generellt sett de enklaste och mest högavkastande växterna att odla i dessa system, medan fruktbärande växter kräver mer noggrann hantering. För att uppnå optimal växttillväxt är det avgörande att förstå de exakta kraven för vattenkvalitet, näringsbalans och miljöförhållanden. Akvaponiska system erbjuder ett hållbart och effektivt sätt att odla en mängd olika växter, särskilt bladgrönsaker och örter. Dock beror systemens effektivitet på valet av växtarter samt kontrollen över vattenkvalitet, näringsämnen och miljöförhållanden. Akvaponik har, med rätt uppmärksamhet och övervakning, kapaciteten att producera rikliga mängder färska grödor samtidigt som resursförbrukningen och miljöpåverkan minskas.

1.3. Jordlös odling vs. traditionellt jordbruk

Jordbruk är grunden för det moderna samhället och utgör ryggraden i den globala livsmedelsproduktionen. Jordbaserat jordbruk är den vanligaste och mest använda typen av jordbruk. Trots de fördelar och möjligheter som jordbaserat jordbruk erbjuder, har den ökande globala befolkningen, klimatförändringar och möjlig utarmning av jordar i vissa regioner, samt kvaliteten och stabiliteten på dricksvattenkällor, riktat uppmärksamhet mot alternativa odlingsmetoder såsom jordlös odling. Jordlös odling innefattar metoder som hydroponik, aeroponik och akvaponik där grödor odlas utan jord och i stället för litar sig på näringsrika lösningar som tillförs växterna via droppsystem, vattenflöden eller dimma (aeroponik). De huvudsakliga aspekterna att jämföra vid utvärdering av traditionellt jordbruk och jordlös odling är resursanvändning (näringsämnen, vatten, jord eller substrat), grödornas tillväxttakt (och fiskarnas, i fallet med akvaponik), påverkan på miljön (jordhälsa, koldioxidavtryck – odling, transport) och naturligtvis den ekonomiska genomförbarheten.

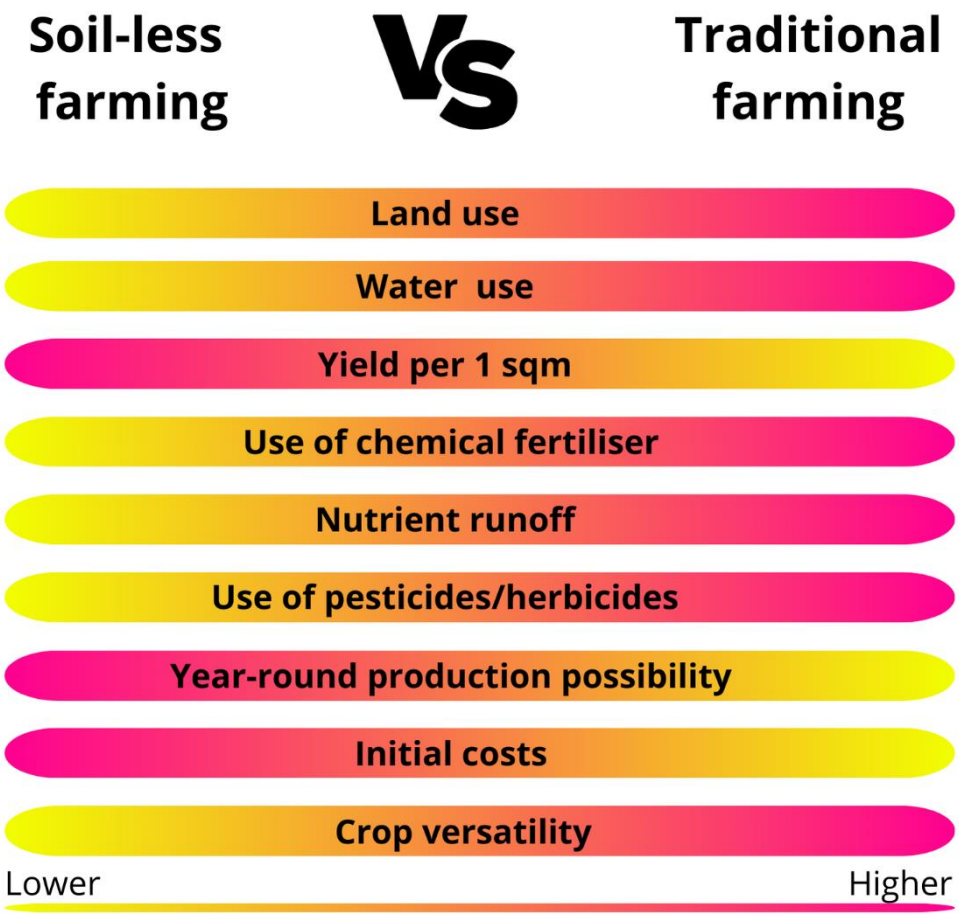


Fig. 2. Jämförelse mellan jordlös och traditionell odling som visar resursanvändningen.

Effektiviteten i resursanvändning är en viktig faktor både ekonomiskt och miljömässigt. Jordlösa odlingsmetoder som hydroponik och akvaponik visar betydligt högre vatteneffektivitet än traditionellt jordbaserat jordbruk. I hydroponik- och akvaponiksystem återcirkuleras vanligtvis vattnet, vilket sparar upp till 90 % av vattnet – förluster sker endast genom avdunstning från öppna växtbäddar eller evapotranspiration genom växternas blad. I jordbaserat jordbruk är avdunstningen ofta betydligt högre på grund av snabb avdunstning i okontrollerade miljöer och avrinning. Bristen på dricksvatten i vissa

regioner gör att jordlösa odlingsmetoder framstår som mer gynnsamma alternativ till traditionellt jordbruk, då de kan spara stora mängder av denna resurs.

På samma sätt som vatten är näringsämnen (i form av gödningsmedel) en resurs som används något ineffektivt i traditionellt jordbruk – när fälten gödslas sker en betydande avrinning, vilket innebär att långt mindre produktion sker med samma mängd näringsämnen. Dessutom orsakar avrinningen från fälten eutrofiering. Jordlösa odlingsmetoder erbjuder däremot möjligheten att exakt kontrollera näringstillförseln, optimerad efter varje växtarts specifika behov, vilket minimerar näringsspill.

Jordlösa odlingssystem kan, tack vare den precisa doseringen av näringsämnen, erbjuda högre avkastning. Studier visar att jordlös odling kan producera upp till 30 % högre skördar än traditionellt jordbruk per samma yta, tack vare den kontrollerade miljön och optimerade näringstillförseln. Frånvaron av olika biotiska och abiotiska faktorer som vanligtvis hämmar växttillväxt i traditionella jordbrukssystem gynnar också växterna i jordlösa system – det har visat sig att växternas tillväxthastighet ökar avsevärt i hydroponiska eller akvaponiska system. En annan aspekt av växtavkastningen i jordlösa system är förmågan att odla växter året runt genom att rotera olika arter.

Den miljömässiga påverkan av att byta till jordlös odling skulle innebära att den jord som för närvarande används för jordbruk skulle försummas, vilket kan leda till förändringar i jordhälsa och förändringar i markens biologiska mångfald vilka är avgörande för jordbrukets hållbarhet och bevarande. Betydelsen av ansvarsfullt, miljömedvetet jordbruk måste beaktas vid förändring av de vanliga jordbruksmetoderna. Det koldioxidavtryck som traditionellt jordbruk lämnar kan i vissa fall vara lägre än för jordlösa odlingstekniker. Jordlösa odlingssystem, särskilt högteknologiska lösningar, är ganska energikrävande. För att undvika detta bör sådana system etableras på platser där energin är billigare eller där den produceras av förnybara teknologier som vindkraft eller solenergi. I båda fallen måste en ansvarsfull utvärdering av olika aspekter övervägas.

Ekonomiskt sett kräver integrationen av jordlösa odlingssystem betydande initialkapital – kostnaderna för växthus, klimatsystem, näringstillförselsystem, lampor, växtbäddar, fiskbehållare, pumpar etc. Å andra sidan kräver traditionellt jordbruk mer mark- och vattenresurser samt utrustning för markberedning, vilket kan vara ganska dyrt. De löpande kostnaderna för jordlösa odlingssystem kan vara höga på grund av energipriser och eventuellt underhåll, men de högre avkastningarna och möjligheten till produktion året runt kan kompensera dessa kostnader. Traditionellt jordbruk är mer oförutsägbart vad gäller driftskostnader – faktorer som väderförhållanden (stormar, skördeförluster), gödningspriser, arbetskraft och den globala politiska situationen spelar in.

En potentiell lösning på vissa av de problem som det moderna jordbruket står inför – såsom brist på odlingsbar mark, vattenbrist och behovet av ökad livsmedelsproduktion – är jordlös odling. Dock är konventionellt jordbruk fortfarande nödvändigt för att bibehålla biologisk mångfald och markhälsa. Den mest praktiska vägen för det globala jordbruket kan vara att kombinera jordlösa odlingsmetoder med hållbara markförvaltningsmetoder inom det konventionella jordbruket på ett balanserat sätt. En integration av jordlös och traditionell odling genom att kombinera de två metoderna skulle kunna förbättra jordbrukets hållbarhet och motståndskraft. Jordlös odling kan antas i urbana områden, vilket skulle ge färskare produkter, medan traditionellt jordbruk kan optimeras i landsbygdsområden för hållbar markanvändning. Medan forskning och utveckling för att förbättra energieffektiviteten inom jordlös odling pågår, är det avgörande att strategier för att förbättra och bibehålla jordhälsan inom traditionellt jordbruk också utvecklas. Sammanfattningsvis bör medvetenhet främjas för att utbilda berörda parter om fördelarna och begränsningarna hos båda jordbruksmetoderna för att uppmuntra välgrundade beslut.

2. Vattenkvalitet och andra krav för växter

2.1. Syre- och koldioxidhantering

Processen av respiration i växter involverar användning av de kolhydrater som produceras under fotosyntesen och syrgas för att producera energi för att växten ska kunna utvecklas. Respiration sker genom hela växten, medan fotosyntesen endast sker i bladen och stjälkarna. Växter tar upp syre genom stomata och rötter vilket sker under hela dagen, men i mörker är respirationen mer påtaglig eftersom ingen fotosyntes äger rum. Respiration är också direkt kopplad till omgivningstemperaturen; det rekommenderas generellt att ha lägre nattemperaturer eftersom detta gör att växterna kan ackumulera kolhydrater och syntetisera andra ämnen som är nödvändiga för riktig tillväxt och utveckling. Syrebrister är generellt sett inte särskilt vanliga, eftersom luften innehåller cirka 21% syre, men det är viktigt att säkerställa gott luftflöde och ventilation i växthuset eller rummet där det akvaponiska systemet är placerat för att säkerställa luftutbytet och optimala nivåer av O2 och CO2.

Hastigheten av fotosyntesen är starkt beroende av CO2-nivåerna i den miljö där växterna växer. Luften innehåller cirka 0,037% CO2 som lätt kan förbrukas i högintensiva hydroponiska eller akvaponiska uppställningar. När det är möjligt kan CO2 i växtutrymmet fyllas på genom ventilation, när lufttemperaturen tillåter det. Under vintern, när luften är för kall eller på platser där medeltemperaturen är låg även under våren och hösten kan extra uppvärmning vara nödvändig för att säkerställa växttillväxt. CO2 kan kompletteras och hållas konstant genom användning av CO2-generatorer – dessa generatorer använder elektricitet eller fossila bränslen, vilket återigen leder till energiförbrukning och övergripande hållbarhetsfrågor i systemet. Under vintern kan utnyttjandet av sådana generatorer där öppen låga används faktiskt vara fördelaktigt, eftersom förbränning av till exempel naturgas skulle producera CO2, värme och extra fuktighet. Ett annat alternativ är att använda CO2 från CO2-cylindrar; men detta kan också öka kostnaderna för att driva ett akvaponiskt system och göra det mindre genomförbart.

2.2. pH

En av de viktigaste miljöfaktorerna i ett akvaponiskt ekosystem är pH. Det påverkar tillväxten av växter, fiskar och fördelaktiga bakterier. Dessutom bestämmer optimala pH-nivåer tillgången på näringsämnen för växter. pH-toleransen för de flesta växter ligger mellan 5,5 och 7,5. De flesta växter föredrar något sura förhållanden; dock måste bakterie- och fisktoleranser beaktas i akvaponiska system. Om pH ligger utanför det föredragna växtintervallet kan växterna inte ta upp vissa näringsämnen trots att de är närvarande i vattnet. I sådana fall kommer komplettering av misstänkt saknade näringsämnen inte att lösa problemen med växttillväxt och utveckling om inte pH justeras i enlighet därmed. Vattnets pH-värde i ett akvaponiskt system påverkar direkt tillgången på näringsämnen. Varje näringsämne har ett specifikt pH-intervall där det är mycket lösligt och lätt tillgängligt för växter. Till exempel är kväve, i form av nitrat, lätt tillgängligt inom ett brett pH-spektrum men tas mest effektivt upp av växter under något sura till neutrala omständigheter. Fosfor, ett viktigt näringsämne för rotväxt och energitransport inom växten, är mest biotillgängligti ett pH-intervall av 6,0 till 7,5. Fosfor kan bli olöslig och otillgänglig för växter när det faller utanför detta intervall. Järn, mangan och zink är viktiga mikronäringsämnen för växter, eftersom de spelar viktiga roller i aktiveringen av enzymer och produktionen av klorofyll. Tillgången på dessa mikronäringsämnen ökar i något sura förhållanden. När pH-nivån överskrider 7,5 kan dessa näringsämnen bli olösliga, vilket resulterar i brister. I akvaponik är källan till näringslösningen fiskavfall. Att upprätthålla ett balanserat pH är avgörande i detta system för att förhindra en näringslåsning, vilket sker när essentiella näringsämnen är närvarande men inte kan nås av växter. Näringslåsningen är vanligare i nyetablerade akvaponiska system som är mer benägna för förändringar, eftersom de mikrobiella samhällena inte har etablerats.
I hydroponiska system, där miljön i stort sett är steril, är regleringen enklare än i akvaponiska system där balansen mellan fiskar, växter och mikroorganismer måste skapas. Den primära svårigheten i

akvaponik ligger i att uppnå och upprätthålla en pH-nivå som på ett adekvat sätt tillgodoser behoven hos växter, fiskar och nitrifierande bakterier samtidigt. Fiskar trivs vanligtvis i måttligt alkaliska miljöer, med ett föredraget pH-intervall av 7,0 till 8,0, vilket kan variera beroende på arten. Men majoriteten av växter trivs i ett pH-intervall som är något surt till neutralt. Specifikt för hydroponiska system faller det ideala pH mellan 5,5 och 6,5, medan det i akvaponik är något högre på grund av närvaron av fisk och bakterier.
För att uppnå balans rekommenderas det vanligtvis att hålla pH-nivån i akvaponik inom intervallet 6,8 till 7,2. Detta intervall är en balanserad lösning som främjar välbefinnandet för alla levande varelser inom systemet. Det säkerställer optimal näringsupptagning av växter, upprätthåller fiskarnas hälsa och möjliggör effektiv bearbetning av ammoniak av nitrifierande bakterier.
En mer detaljerad beskrivning av pH betydelse i ett akvaponiskt system kan hittas i TransFarm-projektets rapport "Vattenkvalitet i akvaponik"

2.3. Ljus/mörker cykel

Fotosyntes är den process genom vilken alla gröna växter kan producera den egna näringen. Fotosyntesen kräver närvaro av syre, koldioxid, vatten och ljus. Inuti växten finns det små strukturer som kallas kloroplaster som innehåller klorofyll, ett pigment som fångar solens ljus för att omvandla atmosfärisk koldioxid (CO_2) till kolhydratmolekyler som glukos. Denna process frigör syre (O_2). Det finns två distinkta former av klorofyll, nämligen klorofyll a och klorofyll b. Klorofyll a, det dominerande fotosyntetiska pigmentet, absorberar selektivt våglängder i det blå, röda och violetta spektrumet. Klorofyll b fångar huvudsakligen blått ljus och används för att förbättra absorptionsspektrumet av klorofyll a genom att utöka det intervall av ljusvåglängder som en fotosyntetisk organism kan absorbera. Båda dessa former av klorofyll möjliggör optimal absorption av ljus inom det blå-röda spektrumet. Efter att sockermolekylerna har syntetiserats distribueras de genom hela växten och används sedan för olika fysiologiska funktioner som tillväxt, reproduktion och ämnesomsättning. Under natten använder växter dessa sockerarter, tillsammans med syre, för att producera den energi som krävs för deras tillväxt. Termen för denna process är respiration. Det är avgörande att placera ett akvaponiskt system på en plats där varje växt kan få tillräckligt med solljus eller tillräckligt ljus från artificiella källor. Detta garanterar tillräcklig energi för fotosyntesprocessen. Kontinuerlig tillgång till vatten är avgörande för rötterna via systemet. Koldioxid är lätt tillgänglig i atmosfären, men i högt koncentrerade inomhusmiljöer kan växter tömma all koldioxid inom det slutna utrymmet, vilket gör ventilation eller ytterligare CO_2-komplettering nödvändig. Förhöjda nivåer av koldioxid (CO_2) ökar fotosyntesprocessen, vilket stimulerar växttillväxten. Koldioxidkoncentrationen i frisk luft är cirka 0,037%. Men i ett tätt förseglat växthus eller odlingsrum kan den omgivande CO_2 snabbt förbrukas. Till exempel kan koldioxidkoncentrationen i ett plastväxthus minskas till mindre än 0,02% inom bara 1-2 timmar efter solens uppgång. Växttillväxten kommer att vara betydligt begränsad vid koncentrationer under 0,02%, och växter kommer helt att upphöra att växa vid koncentrationer under 0,01%. Genom att höja koncentrationen av CO_2 till ett intervall av 0,075-0,15% kan odlare förvänta sig en betydande förbättring på 30-50% i skördarna jämfört med de naturliga nivåerna av CO_2. Dessutom kan den tid som krävs för fruktsättning och blomning förkortas med 7-10 dagar. En överflöd av CO_2-berikning kan dock leda till skadliga konsekvenser. Nivåer som överstiger 0,15% anses vara slösaktiga, medan nivåer som överstiger 0,5% anses vara skadliga. Förhöjda koncentrationer kommer att inducera stängning av stomata på växtens blad, vilket resulterar i en tillfällig upphörande av fotosyntesen. Som en följd av de stängda stomata kan växterna inte effektivt transpira vattenånga, vilket kan leda till att bladen bränns.

Inom växtodlingens område är målet att bestämma hur mycket ljus växten absorberar under dagen, oavsett hur länge dagsljuset varar.

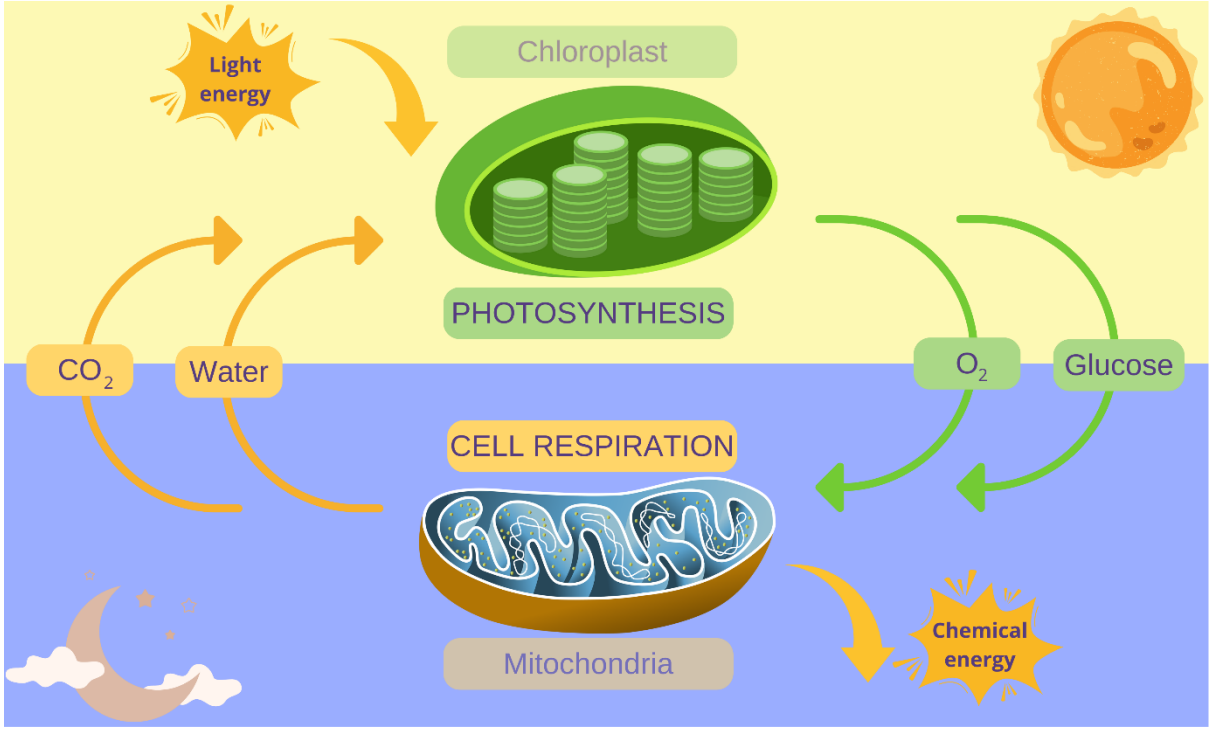


Fig. 3. Fotosyntes och cellandning av växter.

Varje växt uppvisar unika reaktioner på olika ljusnivåer, där vissa arter är specifikt anpassade för att trivas i full sol, medan andra trivs i skuggiga miljöer. Växter andas och genererar koldioxid i avsaknad av ljus. När ljusstyrkan ökar, ökar också fotosyntesens hastighet, och vid en specifik ljusstyrka blir hastigheten av respiration lika med hastigheten av fotosyntes, vilket resulterar i ingen nettoabsorption eller utsläpp av CO2. Förutom ljusintensitet har även längden på dagsljuset och de specifika våglängderna av ljus påverkan på olika utvecklingsprocesser, inklusive initiering av blomning, växtförlängning och den övergripande formen på växten. Bladgrönsaker och örter kräver vanligtvis 10-14 timmar av dagsljus, medan vissa skuggtåliga växter har mindre krav på ljus. Överdriven ljusexponering kan utlösa blomning i vissa salladsarter, vilket förändrar smaken och gör den mer bitter. Tomater, paprika och gurkor, som är fruktbärande växter, kräver 14-18 timmar av ljus med hög intensitet. I moderna kommersiella hydroponiska system regleras ljusintensiteten för att möta växtens specifika behov i varje tillväxtstadium. Konstgjord belysning kan användas för att komplettera naturligt ljus i öppna växthus under molniga förhållanden, vilket resulterar i betydande energibesparingar. I akvaponiska system som är belägna inomhus och enbart förlitar sig på konstgjorda ljuskällor är det avgörande att noggrant kontrollera belysningsförhållandena för att säkerställa att den lämpliga mängden ljus tillhandahålls för varje specifikt utvecklingsstadium.

3. Växtnäring

Näringsämnen i akvaponik bygger på samspelet mellan vattenbruk och hydroponik, vilket skapar ett symbiotiskt ekosystem för fiskar och växter. I detta system utsöndrar fiskar avfall som är rikt på ammoniak, vilket, trots att det är giftigt i sin oförändrade form, omvandlas till ett fördelaktigt näringsämne för växter genom en process som kallas nitrifikation. Nyttiga bakterier, inklusive Nitrosomonas och Nitrobacter, omvandlar ammoniak till nitriter och därefter till nitrater, en kväveform som växter lätt kan ta upp för tillväxt. Detta nitratrika vatten tillför viktiga makronäringsämnen såsom kväve, fosfor och kalium samt andra nödvändiga mikronäringsämnen för växternas tillväxt. Som en

följd av detta absorberar växterna dessa näringsämnen och renar vattnet, som därefter cirkuleras tillbaka till fiskbehållarna. Systemets balans minskar behovet av kemiska gödningsmedel och främjar hållbar växttillväxt. För optimal växthälsa kan det vara nödvändigt att tillsätta kompletterande näringsämnen som järn, kalcium och magnesium, då fiskavfall ensamt inte alltid ger tillräckliga mängder. Detta slutna ekosystem gör akvaponik till en effektiv och miljövänlig metod för växtnäring och livsmedelsproduktion.

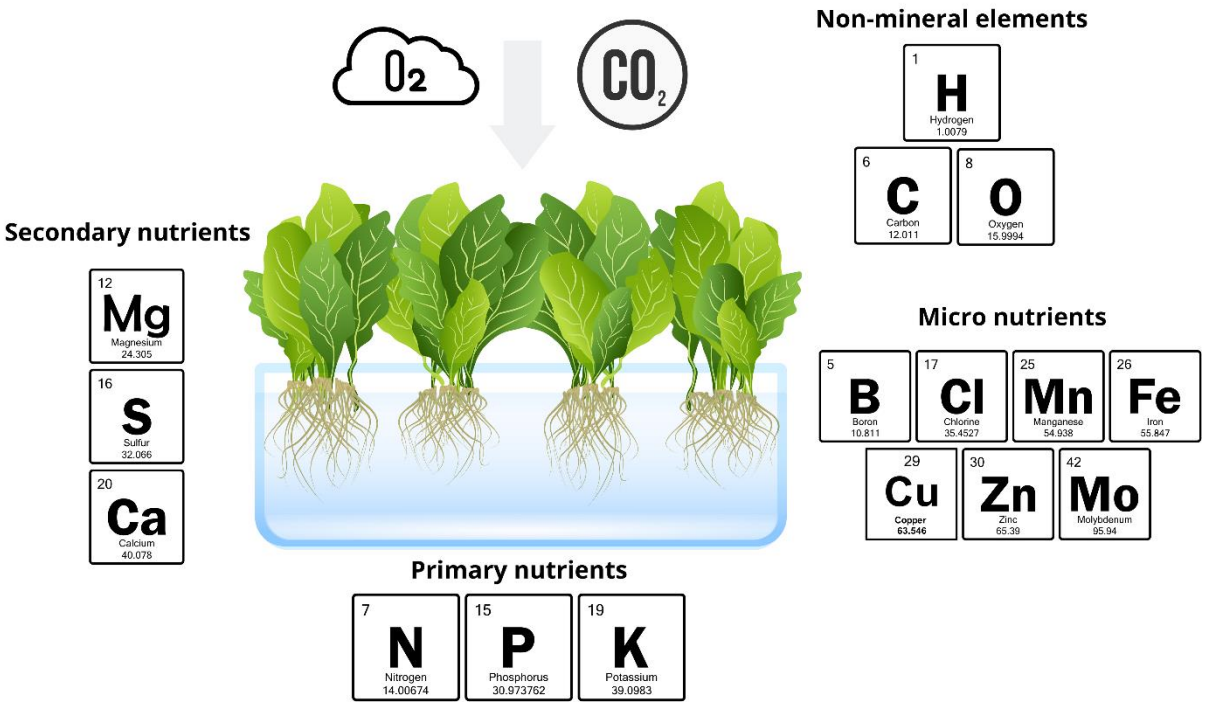


Fig. 4. Sammanställning av de primära, sekundära och mikronäringsämnen som är nödvändiga för växttillväxt.

3.1. Kvävehaltiga näringsämnen

Akvaponik är ett integrerat system som kombinerar vattenbruk (uppfödning av fisk) och hydroponik (odling av växter). Växter i detta system ansvarar för att utnyttja det avfall som produceras från fiskens tillväxt och ämnesomsättning – främst kvävehaltiga föreningar. För att upprätthålla ett balanserat och hälsosamt akvaponiksystem är det viktigt att förstå funktionerna, behovet och kvävebehoven hos växter.

Kväve är ett viktigt näringsämne för alla växter eftersom det är en grundläggande komponent i flera biomolekyler. Kväve ingår i aminosyror, som är huvudkomponenterna i proteiner. Proteiner har flera funktioner i växter, de kan fungera som enzymer eller som byggstenar i cellen. Enzymer är också involverade i fotosyntes, näringsupptag och växtens totala tillväxt. Kväve är dessutom en avgörande komponent i nukleinsyror (DNA och RNA), vilka bär den genetiska informationen som är nödvändig för växters utveckling och reproduktion. Klorofyll, som är det gröna pigmentet som deltar i fotosyntesen, innehåller också kväve. Klorofyll ansvarar för att omvandla ljusenergi till kemisk energi, vilket gör det möjligt för växten att producera kolhydrater som behövs för tillväxt. Adenosintrifosfat (ATP) och nikotinamid-adenin-dinukleotidfosfat (NADPH), som bildas av kväve, är molekyler som ansvarar för energiöverföring inom växtcellerna och är avgörande för fotosyntes och andning.

Kväve i akvaponik kommer från fiskavfall, men det måste genomgå flera omvandlingar innan det blir biotillgängligt och icke-giftigt för växterna. Primära kväveformer som kommer från fisk är i form av ammoniak (NH3) och ammonium (NH4+). Fisk utsöndrar ammoniak som en biprodukt från protein som kommer från fiskfodret. Ammoniak omvandlas i vatten till ammonium, vilket också kan tas upp av

växter. Högre nivåer av dessa kväveformer är dock giftiga både för fisk och växter, och därför måste de omvandlas vidare till mindre toxiska former. Genom en process som kallas nitrifikation omvandlas ammoniak först till nitrit (NO2-) av ammoniakoxiderande bakterier (Nitrosomonas spp.) och sedan till den mindre giftiga och mer biotillgängliga nitratformen (NO3-) av nitritoxiderande bakterier (Nitrobacter spp.). Nitrater är mycket lösliga i vatten och tas lätt upp av växter. Genom att tillföra tillräckligt med kväve kan man säkerställa en hälsosam växttillväxt.

Kvävehaltiga föreningar säkerställer att växterna utvecklar fler blad, stjälkar och rötter, vilket leder till högre skördar. I hydroponiska och akvaponiska system är växtavkastning den främsta inkomstkällan, så det är viktigt att upprätthålla tillräckliga kvävenivåer. Kvävebrist kan visa sig genom långsam tillväxt och kloros (gulnande blad).

I akvaponik är växterna helt beroende av vattnet som introduceras och recirkuleras i systemet där näringsämnena är upplösta. Kväve är ett av de viktigaste makronäringsämnena som växterna behöver i stora mängder. Även om växterna behöver detta näringsämne i stora mängder kan det vara giftigt för fisken, därför är det avgörande att upprätthålla en balans mellan näringsämnena. Optimering av kvävebelastningen i systemet kan göras genom att hantera flera faktorer. Antalet fiskar i systemet avgör mängden ammoniak som produceras, liksom matningsfrekvensen. Ju högre fiskbestånd, desto mer fiskfoder måste tillsättas, vilket i sin tur ökar mängden tillgängligt kväve för växterna, förutsatt att biofiltreringen är tillräcklig. Matningsfrekvensen kan också justeras; dock kan fisken bli stressad om matningsnivåerna är för låga eller, å andra sidan, utveckla sjukdomar elleräta för mycket.

Omvandlingen av kväveföreningar kan förbättras genom att upprätthålla ett friskt biofilter, för att säkerställa en fullständig omvandling av ammoniak och ammonium till nitrat. Nitrifierande bakterier behöver syre för att omvandla ammoniak till nitrat, och därför behövs tillräcklig luftning.Syresättning behövs också för de hydroponiska växterna och vattenlevande organismer. Eftersom växternas upptag av nitrater är pH-beroende, måste en lämplig pH-nivå i miljön upprätthållas – pH-värdet för växter, fisk och bakterier sammanfaller inom ett visst intervall och kan justeras. Temperaturen kan också bidra till kväveutnyttjande när det finns överskott av ammoniak och nitrater genom att påskynda växternas tillväxt och bakteriell aktivitet. Temperaturen måste dock hållas konstant och anpassas efter de fisk- och växtarter som används för att inte kväva fisken eller leda till att växterna vissnareller för tidig blomning.

Kvävebrist hos växter inkluderar gulnande av äldre blad, hämmad tillväxt och minskad bladstorlek. Om sådana symtom uppträder bör matningsfrekvensen, fiskbeståndet eller biofiltrets effektivitet ändras. I extrema fall kan akvaponiksystemet kompletteras med mineraliskt kvävegödsel, men detta ligger utanför akvaponikens grundprinciper och gör i praktiken systemet till ett hydroponiskt system med en fiskbehållare. Överskott av kväve, särskilt ammoniak eller nitrit, kan vara skadligt för både vattenlevande organismer och växter. Symptom på kvävetoxicitet hos växter inkluderar mörkgröna blad, överdriven vegetativ tillväxt på bekostnad av blomning eller fruktsättning samt möjlig rotskada. Höga ammoniak- eller nitritkoncentrationer hos fisken kan orsaka stress, sjukdomar eller död.

3.2. Phosphorus

Fosfor spelar en avgörande roll för att stödja växters tillväxt, precis som kväve och kalium. Fosfor är viktigt i ett akvaponiskt system eftersom det stödjer växtutveckling, energitransport och systemets övergripande hälsa. Växter i detta system är beroende av de näringsämnen som finns i vattnet och som huvudsakligen kommer från fiskavfall och nedbrytning av organiskt material.

Fosfor är en nyckelkomponent i adenosintrifosfat (ATP), som är den främsta energibäraren i alla levande celler. ATP lagrar och överför energi i växten och möjliggör viktiga processer som fotosyntes,

andning samt syntes av kolhydrater och proteiner. Fosfor är en essentiell del av nukleinsyror (DNA och RNA). DNA lagrar växtens genetiska ritning, medan RNA är viktigt för att omvandla denna ritning till proteiner och enzymer. Fosfor är därför nödvändigt för celldelning, tillväxt och reproduktion. Fosfor är ett nyckelelement i fosfolipider, som utgör den strukturella grunden för cellmembran. Dessa membran kontrollerar transporten av ämnen in och ut ur cellerna, upprätthåller cellernas integritet och möjliggör cellsignalering och näringstransport. Fosfor är också involverad i bildandet av föreningar som behövs för fotosyntesen. Effektiv fotosyntes är avgörande för att växterna ska kunna omvandla ljusenergi till kemisk energi, som sedan används för att producera de sockerarter som behövs för tillväxt och utveckling. Fosfor spelar en viktig roll i utvecklingen och förlängningen av växtrötter. Det främjar stark rotutveckling, vilket gör att växterna kan använda mer vatten och näring, och därmed förbättra näringsupptag och stabilitet. Tillräckliga fosfornivåer är viktiga för blomning och fröbildning. Fosfor främjar tidig växtmognad, påskyndar blomningen och bidrar till bättre fruktsättning och fröutveckling.

Fosfor spelar en betydande roll i växters tillväxt, rotutveckling och reproduktion som ett viktigt makronäringsämne. Brist på fosfor kan leda till hämmad tillväxt, underutvecklade rötter, försenad mognad, minskad blomning och lägre avkastning. Det är särskilt viktigt att säkerställa att akvaponiska växter har tillräckligt med fosfor för optimal tillväxt, eftersom de enbart är beroende av näringsämnen i vattnet. För att främja en sund växttillväxt och bibehålla optimal vattenkvalitet är det viktigt att säkerställa en välbalanserad näringsprofil i akvaponiksystemet. Överskott av fosfor kan orsaka vattenkvalitetsproblem, såsom algblomningar. Alger behöver också fosfor för att växa. Effektiv förvaltning upprätthåller en balans mellan fosfortillgänglighet för växterna samtidigt som potentiella ekosystemstörningar undviks. Fosfor är en ändlig resurs i naturliga system. Fosfor spelar en avgörande roll för att upprätthålla hållbarheten i akvaponik genom återvinning och effektiv användning. Effektiv fosforförvaltning kan bidra till att minska beroendet av externa insatser såsom fosforgödselmedel och minska avfall.

Fosfor i akvaponik kommer främst från fiskfoder. Fosfor kommer in i vattnet genom nedbrytning av fiskavfall och oäten mat. Det är viktigt att upprätthålla tillräckliga fosfornivåer genom att tillhandahålla högkvalitativt fiskfoder med balanserat näringsinnehåll. Vattnets pH-nivå kan påverka fosforns biotillgänglighet. I akvaponiska system rekommenderas att hålla ett pH-värde mellan 6,0 och 7,0 för bästa upptag av fosfor av växterna. Vid pH-nivåer över 7,0 tenderar fosfor att bilda föreningar som inte kan lösas upp, vilket i sin tur minskar dess tillgänglighet för växterna. När organiskt material, såsom fiskavfall och oätet foder, bryts ned, frigörs fosfor i vattnet. Resultatet av denna process påverkas av temperatur- och syrenivåfluktuationer. Optimala förhållanden för nedbrytning och näringsfrigöring är högre temperaturer och tillräckligt med syre. Det är dock viktigt att vara försiktig och undvika syrebrist, eftersom detta kan leda till ogynnsamma kemiska reaktioner och näringsobalanser. Fosfornivåerna påverkas direkt av antalet fiskar i systemet och mängden foder. Om fiskpopulationen är stor och aktivt äter kan detta leda till förhöjda fosfornivåer i vattnet. Om för många fiskar matas, eller om det finns för många fiskar, kan detta leda till ett överskott av fosfor. Detta kan uppmuntra algtillväxt eller orsaka andra vattenkvalitetsproblem. Fosfor kan absorberas på ytan av odlingsmedier såsom grus eller expanderad lera i akvaponiska system som använder dessa medier. Att hålla medierna rena och biofiltren i god funktion är särskilt viktigt för att säkerställa att fosfor kan tas upp av växterna. Olika växter har olika fosforbehov. Till exempel behöver bladgrönsaker i allmänhet mindre fosfor än fruktväxter som tomater eller paprika. Det är mycket viktigt att förstå vikten av växtval och mångfald för att upprätthålla en balanserad fosforbelastning i systemet.

Symptom på fosforbrist hos växter inkluderar hämmad tillväxt, försenad mognad, mörkgröna eller purpurfärgade blad (särskilt på äldre blad) och minskad blomning eller fruktproduktion. Nekrotiska (döda) fläckar kan också bildas på bladen. Dessa symtom indikerar att fosfornivåerna i systemet är för

låga och behöver korrigeras. Överskott av fosfor kan orsaka obalanser i andra viktiga näringsämnen, såsom järn och zink, vilket kan leda till brister. Symtom kan inkludera kloros (gulnande av bladen), särskilt i yngre blad, och interneringskloros (gulning mellan bladens ådror medan ådrorna förblir gröna). Överskott av fosfor kan också bidra till algblomningar genom att minska syrenivåerna och skada fisken och nyttiga bakterier.

3.3. Kalium

Kalium är ett av de tre primära makronäringsämnen som växter behöver, tillsammans med kväve och fosfor. Det spelar en avgörande roll i många fysiologiska och biokemiska processer som är viktiga för växthälsa och tillväxt.

Kalium reglerar funktionen av stomata och vattenhantering. Stomata är små porer på bladytan som reglerar gas- och vattenutbyte. Kalium styr öppningen och stängningen av stomata och reglerar vattenupptag och -behållning genom att bibehålla turgortrycket (trycket av cellväggsinnehållet mot cellväggarna). Kalium fungerar som en kofaktor för olika enzymer som är involverade i metaboliska processer, inklusive fotosyntes, andning, proteinsyntes och kolhydratmetabolism. Dessa enzymatiska reaktioner är avgörande för energiproduktion och produktion av organiska föreningar för växtens tillväxt och utveckling. Kalium spelar en viktig roll i att hjälpa växter att stå emot utmanande miljöförhållanden, som torka, extrema temperaturer och sjukdomar. Det upprätthåller vätskebalansen i cellerna, förhindrar uttorkning och säkerställer stabila pH-nivåer i cellerna. Resiliens är särskilt viktigt i akvaponik, där växter ofta utsätts för olika miljöförhållanden.

Kalium bidrar till kvaliteten på frukt och grönsaker genom att påverka egenskaper som färg, storlek, form, smak och hållbarhet. Det främjar transporten av sockerarter och stärkelse från bladen till lagringsvävnaderna, vilket är särskilt viktigt för frukt- och fröutveckling. Kalium stärker cellväggarna och gör växterna mindre mottagliga för sjukdomar och skadedjursangrepp. Det främjar syntesen av fenoliska föreningar och andra sekundära metaboliter som fungerar som naturliga försvarsmekanismer mot patogener och insekter.

I akvaponik kan kalium erhållas från nedbrytning av fiskfoder och organiskt material. Det naturliga kaliuminnehållet i fiskfoder är dock ofta otillräckligt för att tillgodose behoven hos de flesta växter, särskilt de som kräver mycket kalium, såsom tomater, paprika och bladgrönsaker. Därför kan det behövas ytterligare kaliumtillskott som kaliumsulfat (K_2SO_4) eller kaliumkarbonat ($KHCO_3$) för att bibehålla tillräckliga kaliumnivåer. För att säkerställa att kaliumnivåerna i vattnet inom det optimala intervallet (vanligtvis 20-80 mg/L beroende på växtart) är det viktigt att regelbundet kontrollera kaliumnivåerna. Detta hjälper till att förebygga brister eller överskott som kan ha negativ inverkan på växthälsan och tillväxten.

Tecken på kaliumbrist kan observeras genom missfärgning av bladkanterna, som börjar med en gulningseffekt känd som marginal kloros. Denna missfärgning kan utvecklas vidare till brun förbränning eller nekros, vilket resulterar i död vävnad vid bladspetsar och kanter, särskilt på äldre blad. Andra indikatorer inkluderar svaga stjälkar, otillräcklig rotutveckling, minskad blomning och lägre skörd. Växter som lider av kaliumbrist är också mer mottagliga för sjukdomar och miljöstressorer. Överskott av kalium är ovanligt i akvaponik, men det kan orsaka problem genom att interagera med andra viktiga näringsämnen som kalcium och magnesium, vilket kan leda till brister i dessa näringsämnen. Överskott av kalium kan leda till symtom som kloros, bladkrullning eller brunfärgning, särskilt i unga blad, och hämmad tillväxt. Allvarliga fall av näringsobalanser kan resultera i försämrad växthälsa och vitalitet.

3.4. Mikronäringsämnen

Även om mikronäringsämnen behövs i mindre mängder än makronäringsämnen (kväve, fosfor, kalium), spelar de en avgörande roll i växternas tillväxt, utveckling och produktivitet. Dessa näringsämnen har viktiga funktioner i enzymatiska reaktioner, syntes av viktiga molekyler samt olika aspekter av växtmetabolism, struktur och sjukdomsresistens. I akvaponik spelar näringsämnena i vattnet en viktig roll för att stödja växthälsa och maximera skördarna.
Den primära källan till mikronäringsämnen i ett akvaponiksystem är fiskfoder. Fiskfoder innehåller en blandning av näringsämnen, inklusive spårämnen som järn, svavel, zink, mangan, koppar, bor och andra. Efter att fisken har konsumerat fodret frigörs dessa näringsämnen i systemet tillsammans med fiskavfallet. Näringsämnena bryts vidare ner av de olika bakterier som koloniserar biofiltret, vilket gör dessa element tillgängliga för växterna. Om produktionen av vissa grödor, till exempel sallad som förbrukar mycket järn, avstannar på grund av mineralbrist kan systemet kompletteras med tillsatser av kelaterade mikronäringsämnen. Sådana tillskott skadar varken fisken eller växterna om de används ansvarsfullt och doseringen har övervägts noggrant.

JÄRN (Fe)
Järn är ett viktigt mikronäringsämne som ingår i flera molekyler och processer, inklusive fotosyntes. Järn är ansvarigt för elektrontransport i växtcellerna, specifikt i kloroplasterna och mitokondrierna under fotosyntes och respiration. Järn är också en del av enzymsyntesen som är ansvarig för kvävefixering och energitransport. I akvaponik är järnbrist den vanligaste mikronäringsbristen – detta leder till interkostal kloros. Järnbrist är vanligast hos bladgrönsaker som sallad och spenat samt vissa fruktbärande grönsaker som tomater och paprika.

ZINK (Zn)
Zink är en kofaktor för flera enzymer som är involverade i DNA-transkription och hormonreglering (auxiner). Det spelar en viktig roll för att upprätthålla cellmembranens integritet och kolhydratmetabolism. Zink är också involverat i syntesen av klorofyll och vissa kolhydrater; zinknivåer påverkar växtens upptag och användning av vatten. Syntesen av tryptofan regleras av zink, vilket är en föregångare till auxiner. Brister i zink minskar växternas tillväxthastighet, snedvrider bladen och förkortar internodernas förlängning. Beroende på växtart kan zinkbehovet variera, växter som bönor, majs och vete har högre zinkbehov för optimal skörd.

SVAVEL (S)
Svavel spelar en viktig roll i växternas tillväxt, metabolism och allmänna hälsa i akvaponik. Det är nödvändigt för syntesen av aminosyror, proteiner, vitaminer och koenzymer som är avgörande för växtutveckling. Detta ämne är viktigt för bildandet av klorofyll och fotosyntesprocessen. Svavel hjälper också växterna att effektivt använda näringsämnen, särskilt kväve, och förbättrar grödornas smak, doft och förmåga att bekämpa sjukdomar. Vid brist på svavel kan det leda till kloros, som innebär gulning av unga blad, samt hämmad tillväxt och nedsatt blomningsprocess. Regelbunden övervakning och balanserad näringshantering är avgörande för att upprätthålla växthälsa och optimera skördarna i akvaponik. Svavel kommer från fiskfoder, tillskott som innehåller sulfat och nedbrytande organiskt material.

MANGAN (Mn)
Mangan är ett viktigt grundämne som deltar i fotosyntesen; det spelar en direkt roll i processen där vatten klyvs under fotosyntesen. Mangan aktiverar flera enzymer som är viktiga för växternas ämnesomsättning, exempelvis enzymer involverade i kväveupptag och syntes av fettsyror. Lignin, en strukturell cellväggskomponent, bildas också med hjälp av mangan. Grödor som soja, vete och havre är särskilt beroende av tillskott av mangan. Brist på mangan kännetecknas av interkostal kloros, särskilt på unga blad.

BOR (B)
Bildandet av cellväggar och deras stabilitet regleras av bor – det hjälper till med korslänkning av pektin (en typ av polysackarid som finns i växter). Bor är involverat i transport och metabolism av kolhydrater. Bor spelar också en betydande roll i regleringen av växthormonnivåer, frö- och fruktutveckling samt pollengroning. Brist på bor yttrar sig som utvecklingsproblem i cellväggarna, vilket leder till sköra stjälkar, missformade frukter och frösterilitet eller deformation. Bor är särskilt viktigt för rotfrukter, fruktbärande grönsaker och baljväxter.

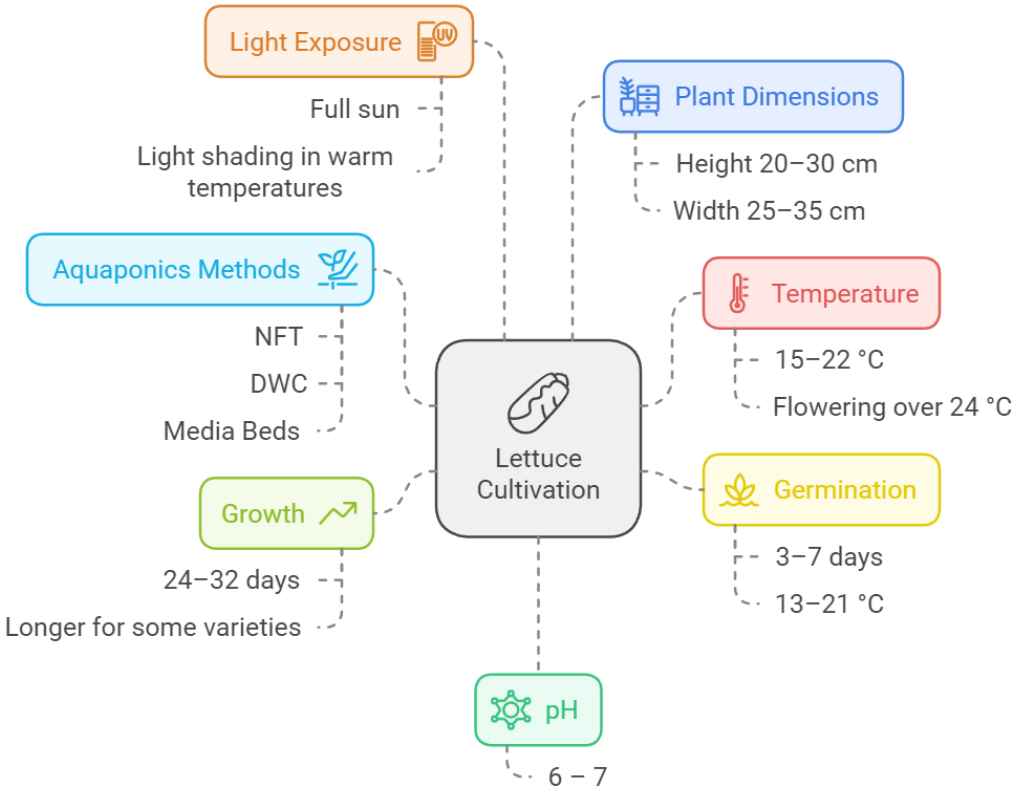
KOPPAR (Cu)
Koppar är ett viktigt mikronäringsämne som är nödvändigt för elektrontransportkedjan. Koppar är involverat i aktiviteten hos flera enzymer, särskilt de som är involverade i fotosyntes och respiration. Ligninsyntes sker också i närvaro av koppar, vilket stärker kärlvävnaden. Växtens försvarssystem mot skadedjur och produktionen av sekundära metaboliter (fenolföreningar) regleras av enzymer som aktiveras av koppar. Kopparbrist kan orsaka förvridna blad, vävnadsdöd på bladspetsarna, störd blomning och ökad känslighet för svampsjukdomar. Koppar är särskilt viktigt för spannmål och baljväxter där sjukdomsresistens är mycket viktig.

MOLYBDEN (Mo)
Molybden är involverat i växternas kvävemetabolism – det är en komponent i nitratreduktas och nitrogenas. Det hjälper också vid syntesen av aminosyror, byggstenarna i proteiner. Om molybden finns i låg koncentration eller inte är tillgängligt för växterna, särskilt baljväxter, kan kvävefixeringen störas vilket minskar tillväxthastigheten. Växter som blomkål eller broccoli kan också visa tydliga tecken på molybdenbrist genom att bladen får en förvriden form.

4. Urval av växter

4.1. Bladgrönsaker

Sallad



Odling av sallad i akvaponik

Sallat har ett lågt näringsbehov och är en gröda med hög efterfrågan, vilket gör den lämplig att odla för kommersiella ändamål. Sallad är en vintergröda, vattentemperaturer över 26 ◦C ger en bitter smak. Processen består av tre faser: groning, transplantation och underhåll/vård. Mediet bör vara fuktigt snarare än vått eftersom det är den typ av miljö som frön föredrar.

Groning & omplantering

Sallad bör ta mellan 3 till 7 dagar att gro i temperaturer mellan 13 till 21 ◦C. När salladsplantorna är ungefär tre veckor gamla och har 2 till 3 riktiga löv, är det säkert att transplantera dem till den akvaponiska enheten. Det är lämpligt att ge dem lite extra fosfor under den andra eller tredje veckan innan du överför dem. Detta kommer att ge dem lite mer rottillväxt och kommer att "härda" växterna så att de inte blir stressade. När du odlar utomhus är det bra att gradvis utsätta salladsplantorna för normala odlingsförhållanden, såsom kallare temperaturer och direkt solljus ,3 till 5 dagar innan du officiellt transplanterar dem. Detta bör ge dem gott om tid att anpassa sig till elementen. Dessutom resulterar växthärdning, genom att utsätta plantor för kallare temperaturer och direkt solljus, i 3–5 dagar före transplantation i högre överlevnadsgrad. När du transplanterar sallad i varmt väder, lägg en lätt solskydd över plantorna i 2–3 dagar för att undvika vattenstress.

Fig 1. Sallad odlad i akvaponik med deep water culture.

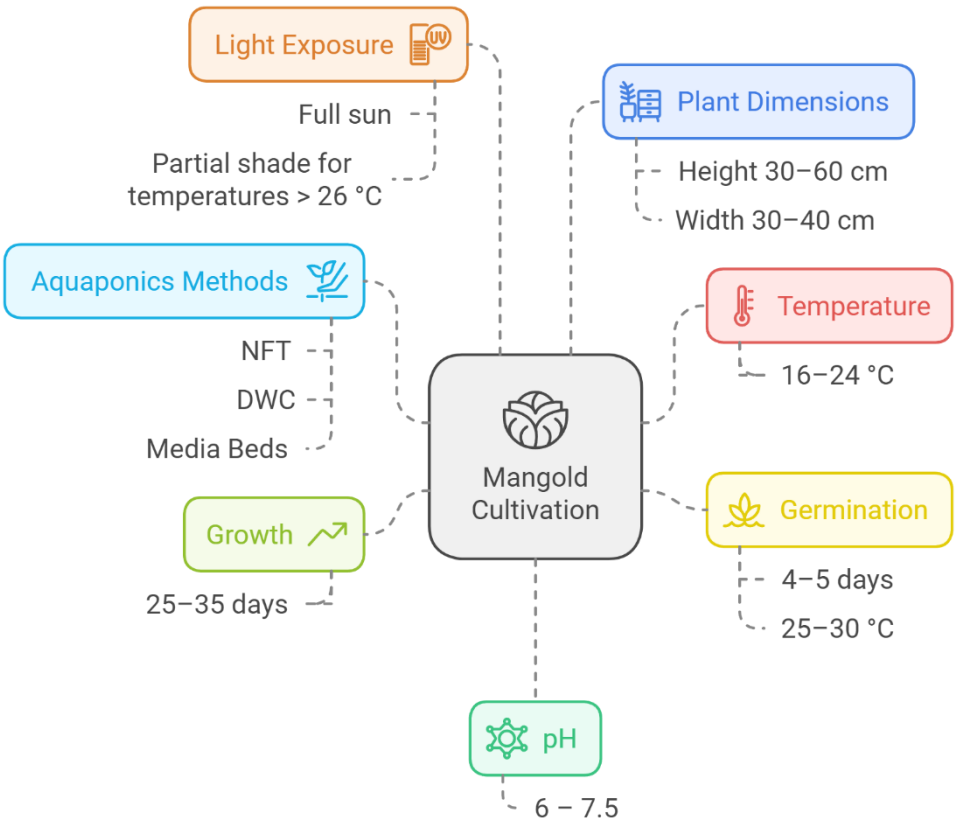
Underhåll och skötsel

För att få sallad som är både krispig och söt är det nödvändigt att odla växter i snabb takt genom att säkerställa förhöjda nitrathalter i odlingsmiljön. När temperaturen på både luft och vatten stiger under hela säsongen, är det lämpligt att använda bultsäkra (sommar) sorter. Vid odling i mediabäddar är det lämpligt att plantera ny sallad i områden där de kommer att få halvskugga från högre angränsande växter.

Skörd

Det är möjligt att börja skörda när huvuden eller bladen har uppnått tillräcklig storlek för konsumtion. När man riktar in sig på marknader rekommenderas att man tar bort hela plantorna och rötterna när man uppnått önskad marknadsvikt (250 – 400 g) under skördeprocessen. Ta bort rötterna och lägg dem i en kompostbehållare. Det är lämpligt att börja skörden tidigt på morgonen när löven är krispiga och innehåller rikligt med fukt, följt av snabb kylning.

Mangold

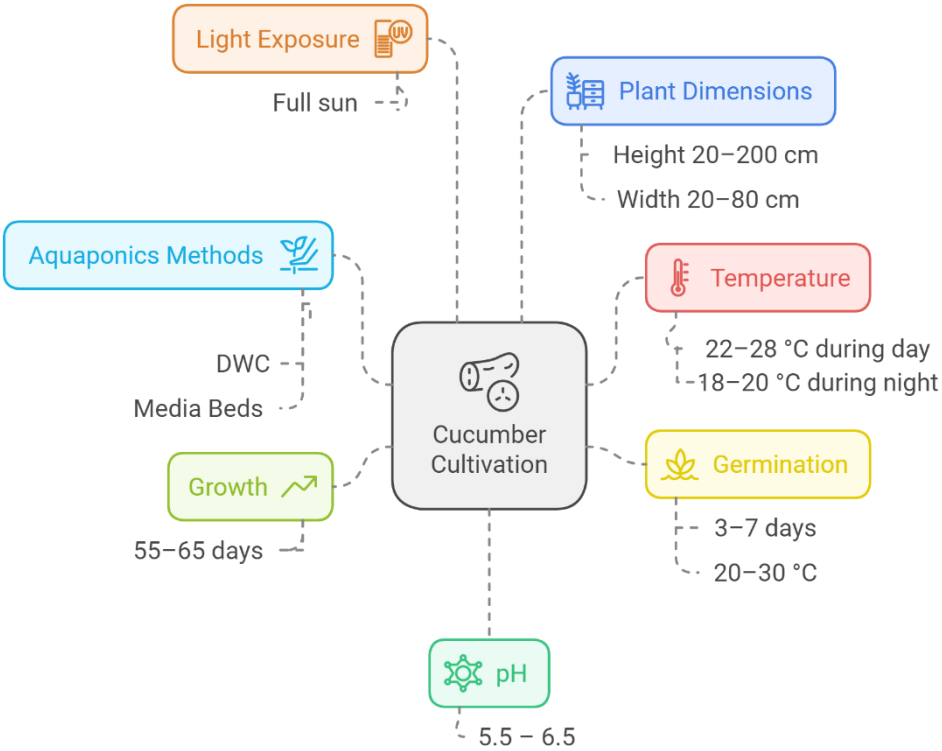


Odling av mangold Mangoldfrön producerar mer än en planta, därför är det nödvändigt att gallra när fröplantorna börjar växa. När plantorna växer och blir gamla under säsongen kan äldre blad tas bort för att främja ny tillväxt.

Skörd
Mangoldblad kan kontinuerligt skördas så snart de har nått lämplig storlek. Att ta bort de större bladen underlättar utvecklingen av nya. Undvik att skada växtpunkten i mitten av plantan vid skörden.

Fig. 6. Mangold odlas i ett akvaponiskt mediesystem med expanderad lera.

4.2. Gurkor



Att odla gurkor i akvaponik
Gurkor trivs med långa perioder av hög temperatur, hög luftfuktighet, rikligt med solsken och varma nätter. De idealiska växttemperaturerna ligger mellan 24 och 27 °C under dagen, med en relativ luftfuktighet på 70 till 90 %. En substrattemperatur på cirka 21 °C är lämplig för tillväxt. Vid temperaturer mellan 10 och 13 °C avstannar tillväxten och produktionen. Gurkor kräver stora mängder kväve och kalium; därför bör valet av växtantal ta hänsyn till de näringsämnen som finns i vattnet och biomassa hos fiskbeståndet. Att odla gurkor i akvaponik involverar en serie steg från omplantering till skörd.

Det är också viktigt att ge rätt växtvård, inklusive korrekt beskärning, pollinering och skadedjursbekämpning.

Fig. 2. Gurka odlad i hydroponiska tillväxtkanaler med näringsfilmteknik.

Omplantering

Gurkplantor kan omplanteras i det akvaponiska systemet när de är 2-3 veckor gamla, vanligtvis vid 4-5 bladstadiet. Vid detta stadium är de tillräckligt robusta för att inte drabbas av stress vid övergången och börjar dra nytta av näringsämnena i det akvaponiska systemet.

Växtinstruktioner

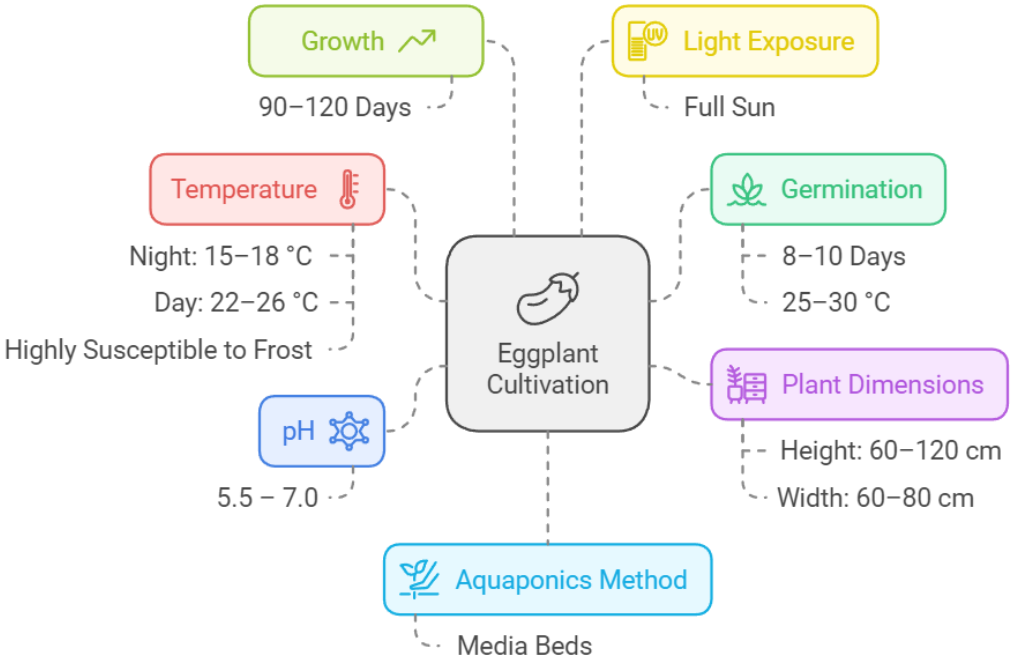
Gurkplantor växer mycket snabbt, och det är en bra praxis att begränsa deras vegetativa styrka och styra näringsämnen till frukterna genom att klippa av de apikala topparna när stammen är två meter lång; att ta bort laterala grenar gynnar också ventilationen. Subsequent växtförlängning kan uppnås genom att behålla endast de två mest distala knopparna som växer ut från huvudstammen. Växterna stimuleras att öka avkastningen genom systematisk skörd av frukter som når en marknadsstorlek (> 180 g för skivade typer). Förekomsten av pollinerande insekter är avgörande för effektiv befruktning och fruktsättning. Gurkplantor kräver stöd för optimal tillväxt, vilket också säkerställer tillräcklig ventilation för att minska risken för bladmögel som mjöldagg och gråmögel. På grund av den höga förekomsten av skadedjur i gurkplantor är det viktigt att planera lämpliga integrerade skadedjursbekämpningsstrategier och att samplantera växterna med arter som är mindre påverkade av de möjliga behandlingarna.

Skörd

När de väl är omplanterade kan gurkor börja producera efter 2–3 veckor. Under optimala förhållanden kan växterna skördas 10–15 gånger. Skörda var tredje dag för att förhindra att frukterna blir för stora och för att gynna tillväxten av de följande.

4.3. Potatisväxter (Solanaceae)

Aubergine



Att odla auberginer i akvaponiska system

Aubergine är en sommarfruktande grönsak som växer bra i mediesängar tack vare det djupa rotsystemet. Växterna kan producera 10–15 frukter, med en total avkastning på 3–7 kg. Äggplantor kräver höga nivåer av kväve och kalium, vilket gör att noggrant hantering av mängden plantor som odlas i varje akvaponisk enhet är nödvändig för att förebygga näringsobalanser.

Fig. 8. Aubergine odlad i hydrokultur med droppsystem.

Odling instruktioner

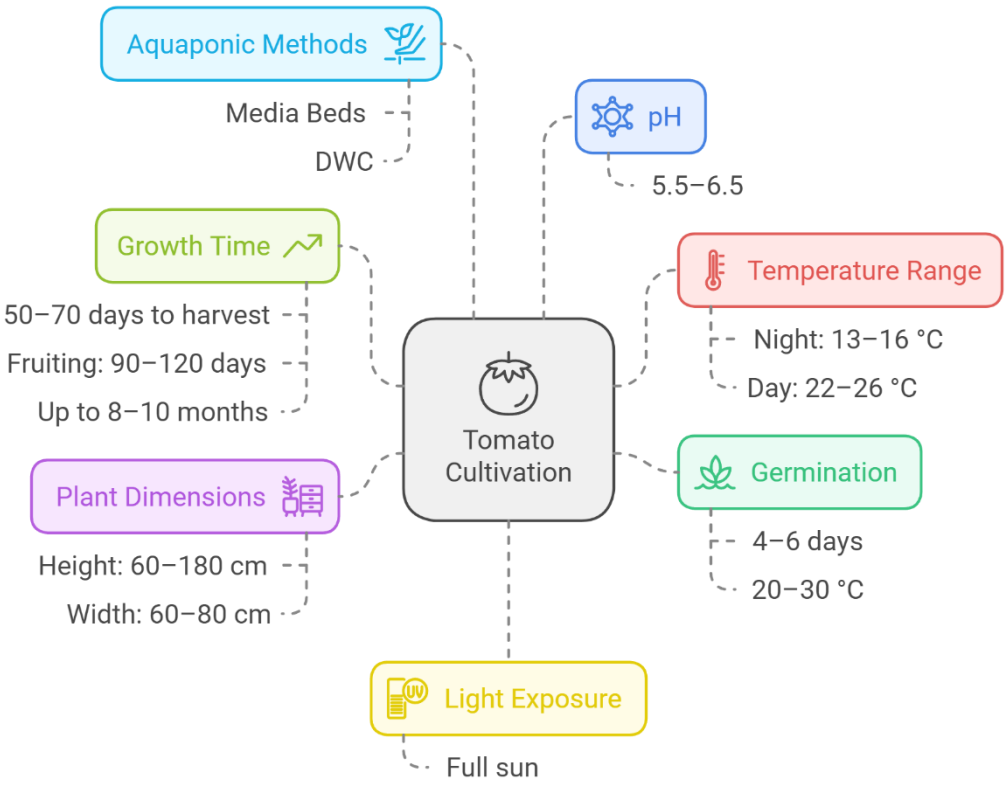
Fröna gror på 8–10 dagar vid varma temperaturer (26–30 °C). Plantorna kan transplanteras när de har 4–5 blad. De kan transplanteras när temperaturen stiger på våren. Mot slutet av sommarsäsongen bör du börja knipsa av nya blommor för att främja mognaden av de befintliga frukterna. I slutet av säsongen kan plantorna beskäras kraftigt till 20–30 cm genom att lämna bara tre grenar. Denna metod avbryter skörden utan att ta bort plantorna under ogynnsamma säsonger (vinter, sommar) och låter skörden återuppta produktionen senare. Plantor kan odlas utan beskärning; dock kan hanteringen av

grenarna under begränsade utrymmen eller i växthus underlättas med stödpinnar eller vertikala snören.

Skörd

Börja skörda när auberginer är 10–15 cm långa. Skalet ska vara skinande; ett matt och gult skal är ett tecken på att auberginen är övermogen. En fördröjd skörd gör frukterna osäljbara på grund av närvaron av frön inuti. Använd en vass kniv och skär av aubergine från plantan, och lämna minst 3 cm av stammen kvar på frukten.

Tomater



Odlingsinstruktioner

Sätt upp pålar eller stödstrukturer innan omplantering för att förhindra rotskador. Omplantera fröplantorna i enheter 3–6 veckor efter groningen när fröplantan är 10–15 cm och när nattemperaturerna ständigt ligger över 10 °C. Vid omplantering av fröplantorna, undvik vattenmättade förhållanden runt växtkragen för att minska risken för sjukdomar. När tomatplantorna är ungefär 60 cm höga, börja bestämma växande metod (buske eller enstammig) genom att beskära de onödiga övre grenarna. Ta bort bladen från de nedersta 30 cm av huvudstammen för att gynna bättre luftcirkulation och minska svampförekomsten. Beskär alla auxiliar- skott för att gynna frukttillväxt. Ta bort bladen som täcker varje fruktgren strax innan mognad för att gynna näringsflödet till frukterna och för att påskynda mognaden.

Fig. 9. Tomater odlade i tillväxtkanaler med näringsfilmteknik.

Skörd
För den bästa smaken, skörda tomater när de är fasta och helt färgade. Frukterna kommer att fortsätta mogna om de plockas halvmogna och tas inomhus. Frukterna kan enkelt förvaras i 2–4 veckor vid 5–7 °C under 85–90 % relativ luftfuktighet.

Potatis

pH: 5.5 – 6.5
Temperaturintervall: 15-20 °C
Tillväxttid: 70 - 90 dagar

Potatis ingår i denna rapport eftersom de kan odlas aeroponiskt. Det är viktigt att välja rätt potatisvariant som kan trivas i ett aeroponiskt system för ett bra resultat. Dessa varianter är utformade för att växa i jordfria miljöer och ger en bättre avkastning än den traditionella jordbaserade metoden.

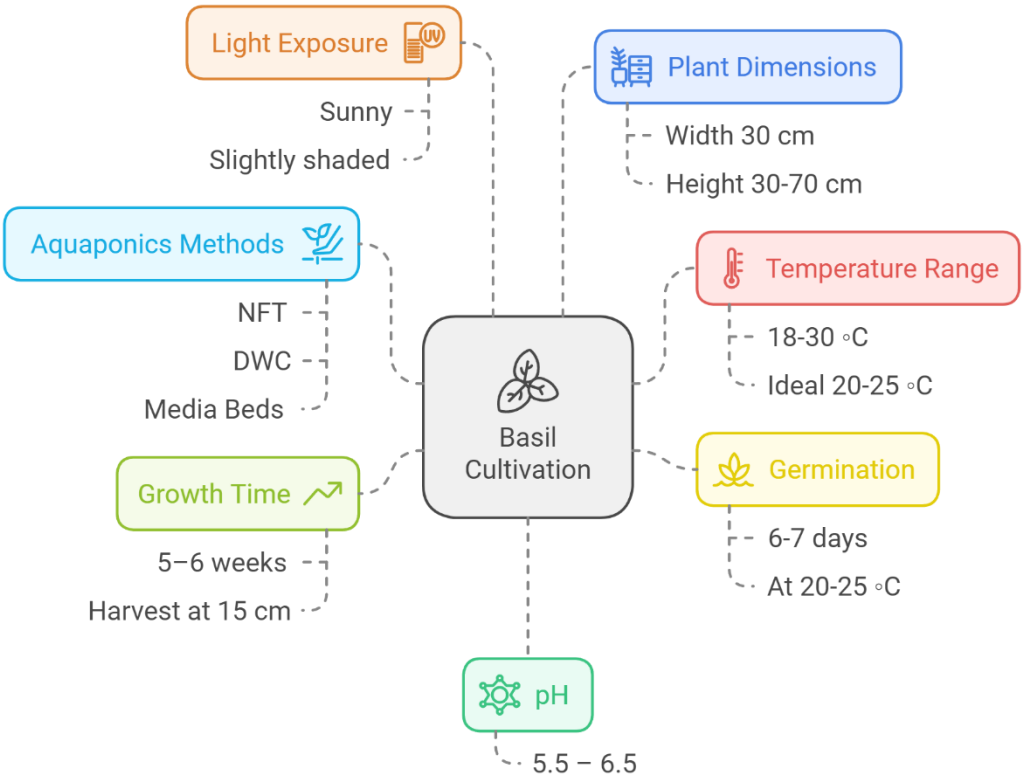
Underhåll och skötsel

Det är viktigt att hålla alla komponenter i systemet rena för att förhindra skadliga bakterier och sjukdomar. Vanliga potatisangrepp, såsom bladlöss, skalbaggar och vita flugor, bör hanteras och kontrolleras på rätt sätt.

Skörd
Den ideala tiden att skörda potatis är när växterna börjar gulna och vissna. Skördningsprocessen är mycket enkel. Ta helt enkelt bort växten från systemet och plocka potatisarna från rötterna. Efter skörd bör potatisarna kuras för att förbättra smaken och hållbarheten. Denna process innebär att placera potatisarna i ett svalt, mörkt och välventilerat område i 10 till 14 dagar.

4.4. Örter och Kryddor

Basilika



Odling av basilika i akvaponik
Processen består av tre faser: groning, omplantering och underhåll/skötsel. Mediet bör vara fuktigt snarare än blött, eftersom det är den miljö som frön föredrar.

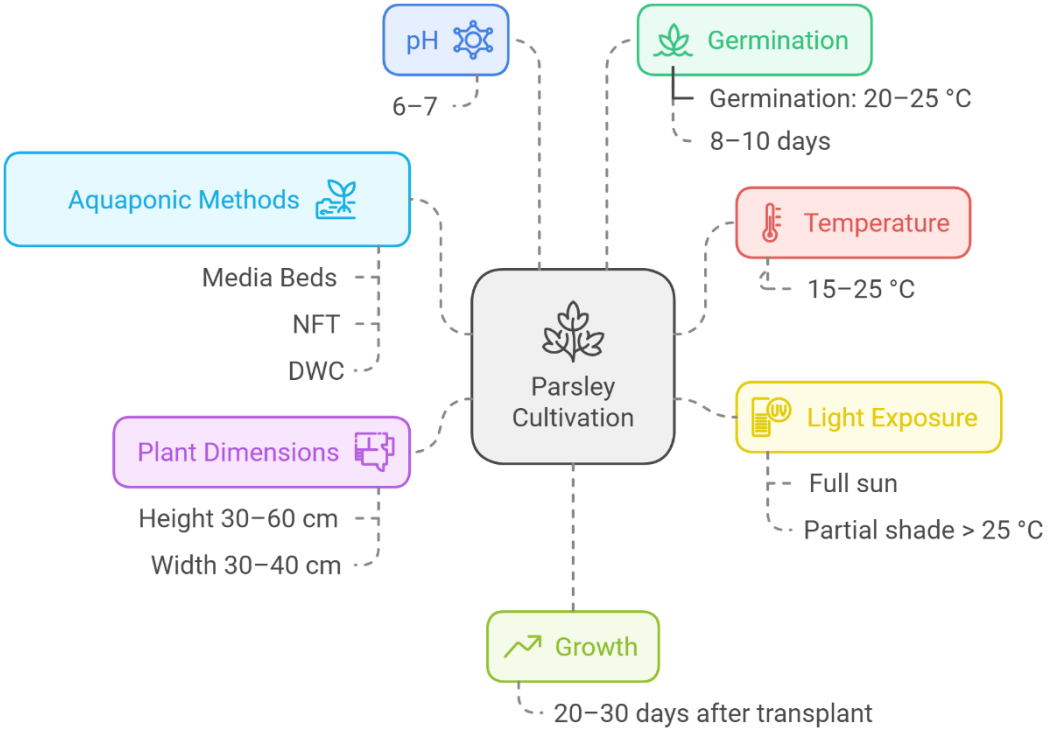
Groning och omplantering
När du använder frön, sätt dem i ett odlingsmedium (stenull, kokosfibrer, naturlig svamp, torv). Vid 20–25 °C bör fröna gro inom 6-7 dagar. Plantor kan omplanteras när de har 4-5 riktiga blad.

Underhåll och skötsel
Basilika trivs i varma temperaturer och kan placeras direkt i solen. Men när dagstemperaturen överstiger 27 °C bör plantorna ventileras och/eller täckas med skuggnät för att förhindra att bladtopparna bränns. Basilika kan drabbas av olika svampsjukdomar, inklusive Fusarium-vissnesjuka, gråmögel och svarta fläckar, särskilt under ogynnsamma temperaturer och hög luftfuktighet. God luftventilation och vattentemperaturer över 21 °C, dag och natt, hjälper till att minska stress hos plantorna och förekomsten av sjukdomar.

Fig. 10. Basilika odlad i deep water culture.

Skörd
Skörden av blad börjar när plantorna når 15 cm i höjd och fortsätter i 30–50 dagar. För att göra detta ska man klippa cirka 5 mm ovanför en nod. Var försiktig när du hanterar bladen vid skörd för att undvika att de blir blåmärken eller svarta.
Det rekommenderas att ta bort blomknoppar under växtens utveckling för att förhindra bitterhet i bladen och främja förgrening. Basilikablommor lockar pollinerare och nyttiga insekter, så att låta några plantor blomma kan förbättra trädgårdens hälsa och ge en kontinuerlig tillgång på basilika frön.

Persilja



Odling av persilja i akvaponiska system
Persilja är en mycket vanlig ört som odlas i både hushålls- och kommersiella akvaponiska system, tack vare sitt näringsinnehåll (rik på vitamin A och C, kalcium och järn) och sitt höga marknadsvärde. Persilja är en lättodlad ört eftersom näringsbehoven är relativt låga jämfört med andra grönsaker.

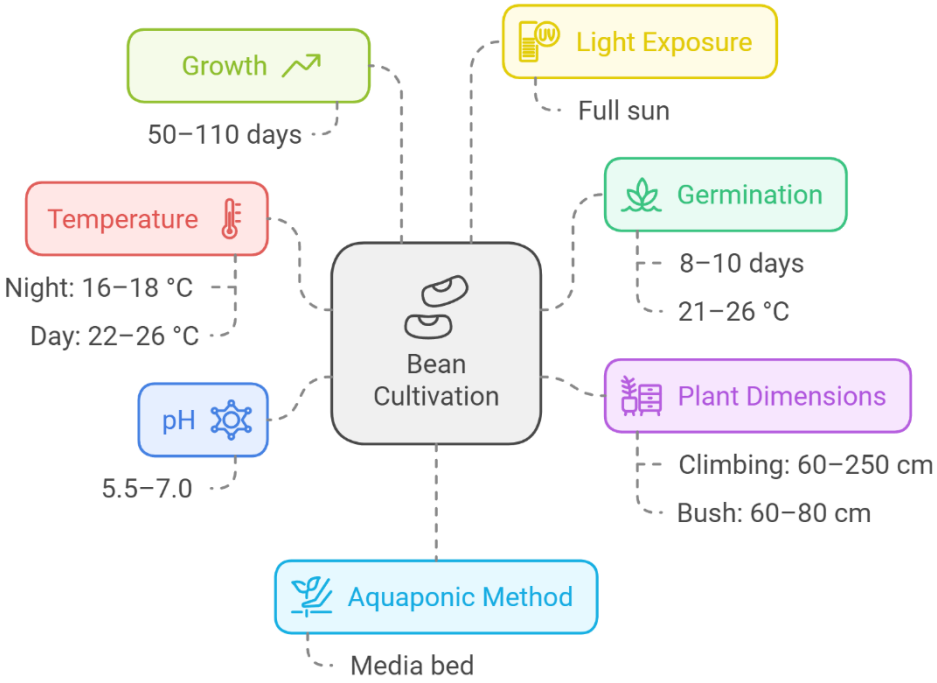
Odlingstips

Den största svårigheten vid odling av persilja är den initiala groningen, som kan ta 2–5 veckor beroende på hur färska fröna är. För att påskynda groningen kan fröna blötläggas i varmt vatten (20–23 °C) i 24–48 timmar för att mjuka upp fröskalen. Därefter töms vattnet och fröna planteras i odlingstråg. De första skotten kommer att likna gräs och har två smala hjärtblad som sitter mitt emot varandra. Efter 5–6 veckor kan plantorna transplanteras till det akvaponiska systemet tidigt på våren.

Skörd

Skörden börjar när plantans enskilda stjälkar är minst 15 cm långa. Skörda de yttre stjälkarna först, eftersom detta kommer att uppmuntra tillväxt under hela säsongen. Om endast de översta bladen klipps, kommer stjälkarna att förbli och plantan blir mindre produktiv. Persilja kan torkas och frysas väl. Om den torkas, kan plantan krossas för hand och förvaras i en lufttät behållare.

4.5. Bönor



Odling av bönor i akvaponiska system

Både klättrande och buskvarianter av bönor växer bra i akvaponiska system, men den förstnämnda rekommenderas för att spara utrymme och maximera användningen av odlingsbädden. Klättrande bönor kan producera 2 till 3 gånger fler baljor än buskvarianter. Bönor har låga krav på nitrat men ett måttligt behov av fosfat och kalium. Näringskraven gör bönor till ett optimalt val för akvaponisk odling, medan för höga nitrathalter kan hämma blomningen. Bönor rekommenderas för nybyggda system tack vare deras förmåga att reparera atmosfäriskt kväve på egen hand.

Odlingstips för störbönor

För bäddsystem med odlingsmedium, så direkt i odlingsbädden på ett djup av 3–4 cm (se till att klock-sifonen är avstängd så att vattennivån är hög under groningen). Bönor transplanteras inte väl, vilket gör dem svåra att odla i NFT-rör. Eventuella stödjepinnar bör sättas på plats innan fröna gror för att undvika skador på rötterna. Vid sådd bör man vara noga med att undvika framtida skuggning av andra plantor. Bönor är känsliga för bladlöss och spinnkvalster. Även om låga nivåer av sådana skadedjur kan kontrolleras med mekaniska åtgärder, bör man vara uppmärksam på valet av sällskapsväxter för att undvika korskontaminering om någon behandling måste utföras.

Skörd

Brytbönor (gröna eller gula vaxbönor) – Baljorna ska vara fasta och krispiga vid skörd; fröna inuti ska vara outvecklade eller små. Håll stjälken med en hand och baljan med den andra för att undvika att dra av grenar som kommer att producera vid senare skördar. Plocka alla baljor för att hålla plantorna produktiva.
Skalbönor (svarta, bondbönor eller favabönor) – Plocka dessa varianter när baljorna byter färg och

bönorna inuti är fullt utvecklade men inte uttorkade. Baljorna ska vara fylliga och fasta. Kvaliteten försämras om de lämnas för länge på plantan.
Torkade bönor (kidneybönor och sojabönor) – Låt baljorna torka så mycket som möjligt innan kyligare väder kommer eller när plantorna har blivit bruna och tappat de flesta av sina blad. När baljorna är mycket torra spricker de lätt, vilket gör det enkelt att avlägsna fröna.

5. Odlingstekniker

5.1. Substrat som används för plantor

Akvaponik är en hållbar jordbruksmetod som kombinerar vattenbruk och hydroponik. Den är beroende av noggrann skötsel av plantor för att främja en stark växtutveckling. Valet av substrat och kruktyp är avgörande under de inledande faserna av växttillväxt, eftersom det direkt påverkar rötternas hälsa, näringsupptag och hur lätt det är att transplantera plantorna. Detta kapitel är en analys av de olika substrat och kruktyper som ofta används i akvaponik. Syftet är att hjälpa utövare att fatta välgrundade beslut som optimerar plantornas hälsa och systemets effektivitet.

Kokosfiber

Kokosfiber kommer från kokosindustrin där insidan av kokosen separeras från det yttre skalet. Inom hydroponik och akvaponik används det tack vare sin fibrösa struktur, som säkerställer luftning av växternas rötter och förmågan att hålla kvar vatten. Kokosfiberns höga vattenhållningsförmåga gör att unga plantor kan hålla sig fuktiga och förhindrar att de unga rötterna torkar ut, medan luftningsförmågan hjälper rötterna att undvika vattenmättnad och rotröta.

Kokosfiber är ett relativt inert material, vilket innebär att det inte håller kvar mycket näring eller ämnen som förändrar pH-värdet. För att undvika detta är det viktigt att börja tillföra plantan de nödvändiga växtnäringsämnena – ofta används milda gödningsmedel eller vatten från akvaponiksystemet när det är lämpligt. Jämfört med andra substrat som är mineralbaserade, är kokosfiber ett hållbart material som är förnybart och fungerar som ett miljövänligt alternativ.

Kokosfiber är mycket lämpligt för en mängd olika plantor, särskilt de som är känsliga för övervattning. Substratets förmåga att upprätthålla en konsekvent fuktmiljö gör det anpassningsbart för akvaponiska system av olika storlekar, från små till medelstora. Kokosfiber för plantor finns vanligtvis i form av pluggar som säljs i stora mängder och måste hydreras före användning. I många hydroponiska och akvaponiska system är dessa pluggar det föredragna mediet för plantproduktion.

Kokosfiber är biologiskt nedbrytbart till skillnad från de mineralbaserade substraten. Trots att detta är det mest använda planteringsmaterialet bör man notera att fibrerna i pluggarna är lösa, och när tillräckligt starkt vattenflöde appliceras på krukan eller plantan kan det fibrösa materialet sköljas bort och spridas i hela systemet. I de fall där fibrerna sprids i systemet är det rekommenderat att installera ett mekaniskt filter för att avlägsna dem.

Fig. 11. Kokosfiber härrör från kokosnötsskal, kokospluggar för plantor.

Perlit

Perlit är ett lätt material med vulkaniskt ursprung, en glasliknande mineral som har expanderats genom upphettning. Materialet kännetecknas av hög porositet och fungerar därför som ett utmärkt medium för rotluftning. Dess lättviktiga och porösa struktur gör det till ett utmärkt substrat för plantor som kräver hög syresättning vid rötterna. Jämfört med kokosfiber, som är ett organiskt material, bryts perlit inte ner eller påverkar pH-värdet i den miljö det placeras i, vilket ger stabilitet över flera odlingscykler.

Perlit har dock låg vattenhållningsförmåga, vilket innebär att plantor som odlas i detta substrat kräver mer frekvent vattning eller konstant bevattning. För unga plantor som ännu inte har utvecklat ett ordentligt rotsystem kan detta vara en nackdel, eftersom det ökar risken för uttorkning och stress för plantorna. Under tillverkningsprocessen expanderas perlit genom upphettning och kan innehålla små dammpartiklar som kan vara farliga vid hantering av materialet – dammpartiklarna kan inandas. Dessa små partiklar kan också potentiellt täppa till filtren och skada vattenpumpar vid överdrivna mängder. För att undvika att sprida dammpartiklar inom systemet bör materialet tvättas noggrant före användning.

Perlit används bäst i kombination med andra substrat för att dra nytta av materialets porositet och luftningsegenskaper, exempelvis kokosfiber – detta skulle även ge fördelen av vattenhållning som kokosfibrerna bidrar med. Genom att kombinera olika substrat med perlit kan man stödja en mängd olika växtarter i de tidiga tillväxtfaserna.

Fig. 12. Perlit används för frögroning.

Vermikulit är en biotitmineral som, likt perlit, expanderas genom upphettning. Det är ett mycket använt substrat för plantor eller som en blandningskomponent för andra substrat, men det kan också användas som enda material. Vermikulit har utmärkta vattenhållningsförmågor, vilket säkerställer att plantornas rötter får en stadig tillgång till fukt och näring. Denna egenskap är särskilt viktig under de första tillväxtstadierna – den höga fukthalten gör att frön kan suga upp vatten och börja växa, och senare säkerställer den en tillräcklig utveckling av rotsystemet. Vermikulit har också förmågan att absorbera näringsämnen och släppa dem långsamt till plantan.

Vermikulit är ett lättviktigt substrat, men med tiden kan det brytas ner och börja kompakteras, vilket minskar rotens luftningspotential. Kompaktering gör materialet tätt och kan skapa anaeroba förhållanden, vilket kan kväva rötterna och orsaka röta. När vermikulit används som enda substrat för plantor är det viktigt att säkerställa korrekt dränering, eftersom vattenhållningen kan orsaka syrebrist. För att mildra effekten av kompaktering kan vermikulit blandas med perlit. Denna kombination ger en balanserad miljö som erbjuder både fukthållning och luftning för en hälsosam utveckling av plantor.

Fig. 3. Vermikulit används för plantor och vid transplantation i hydroponiska system.

Stenull

Stenull är ett konstgjort substrat som tillverkas av basaltsten och återvunnet slagg som spinns till fibrer vid extremt höga temperaturer. Detta substrat, på grund av sin enhetlighet och struktur, används ofta i storskaliga hydroponiska och akvaponiska system, samt inom byggindustrin. Stenullens förmåga att hålla kvar vatten minskar behovet av bevattning under plantstadiet, vilket möjliggör jämn växtutveckling. Eftersom substratet tillverkas vid så höga temperaturer är det i princip sterilt, vilket är en fördel då det är fritt från mikrobiella patogener och andra skadedjur som kan skada plantorna.

Stenull är ett lätt material som är lätt att hantera, men med tanke på substratets inneboende alkalinitet måste pH noggrant övervakas för att undvika näringsblockering. Transplantering av plantor som odlats i stenull är ganska enkel – stenullspluggar kan placeras i nätkrukor och sättas direkt i DWC- eller NFT-system för vidare växtutveckling. Stenull är inte biologiskt nedbrytbart och det finns för närvarande inga lösningar för dess återvinning; det kan inte återanvändas. Hantering av stenull, särskilt i stora mängder, kan orsaka hudirritation, eftersom små fibrer lätt kan lossna från pluggar och plattor vid hantering. På grund av stenullens fördelar används detta substrat i kommersiella tillämpningar för storskalig hydroponisk produktion.

Fig. 4. Stenullskuber används för förberedelse av plantor och transplantation i hydroponiska system.

Torv

Torv är ett substrat som skördas från torvmarker, en naturresurs som finns över hela norra halvklotet, till exempel i Skandinavien och Baltikum. Detta substrat har överlägsen vattenhållningsförmåga, vilket gör det till ett lämpligt material för frögroning. Torv innehåller i sig näringsämnen och är ett material som bildas av vitmossa (Sphagnum) under en lång tidsperiod. Dess näringsvärde för växter stöder de tidiga utvecklingsstadierna. Torv är naturligt sur och kan sänka pH-värdet i odlingsmiljön. När rå torv används bör den neutraliseras. Kommersiellt tillgängliga neutraliserade torvprodukter finns att köpa.

Växter som föredrar något surare jord odlas vanligtvis i torvsubstrat. Trots att detta material är ett populärt val för småskaliga odlare kan miljömässiga bekymmer uppstå – torvbrytning är en ohållbar process som kan skada torvmarksekosystemet. Detta är ett biologiskt nedbrytbart material och kan inte återanvändas. I ett cirkulerande akvaponiksystem kan en liten del torv täppa till pumpar och annan utrustning, så när detta substrat används bör särskilda filter installeras.

Fig. 15. Lös torv, torvkrukor och pluggar används för planttillväxt.

5.2 Typer av krukor för plantuppdragning och växttillväxt i akvaponik

Valet av krukor för plantuppdragning i akvaponik spelar en avgörande roll för enkel transplantation och den övergripande hälsan hos plantorna. Tre huvudsakliga typer av krukor används vanligtvis: nätkrukor, biologiskt nedbrytbara krukor och plasttråg, som alla erbjuder olika fördelar och utmaningar.

Nätkrukor

Nätkrukor är små plastkrukor med perforerade väggar som tillåter vatten och näring att flöda fritt runt plantans rötter. Nätkrukan har en öppen struktur som möjliggör fri luftning, vilket minimerar risken för rotsjukdomar och uppmuntrar tillväxt och utveckling av friska rötter. Nätkrukor kan återanvändas och steriliseras mellan odlingscyklerna, vilket ger ekonomiska fördelar. Fördelen med nätkrukor är deras enkelhet; plantor som förberetts i torv- eller kokospluggar eller stenullblock kan enkelt placeras i nätkrukan och flyttas till odlingssystemet. Rötterna växer lätt igenom de perforerade sidorna, och transplantationen skadar inte rötterna. Den öppna strukturen gör att rotsystemet snabbt kan utvecklas när krukan placeras i odlingsbädden, Nutrient Film Technique (NFT) eller Deep-Water Culture (DWC). Nätkrukor är särskilt lämpade för akvaponiska system med kontinuerligt vattenflöde, där hög rotluftning är nödvändig.

Fig. 5. Nätkrukor används i akvaponik och hydroponik i deep water culture och näringsfilmkanaler.

Biologiskt nedbrytbara krukor

Biologiskt nedbrytbara krukor är tillverkade av biomaterial som torv, kokosfiber och papper, och erbjuder ett miljövänligt alternativ för plantuppdragning. Dessa krukor kan naturligt brytas ner över tid, vilket minskar avfall och eliminerar behovet av att ta bort plantan vid transplantation. Biologiskt nedbrytbara krukor måste vara tillräckligt hållbara för att tåla vatten samtidigt som de tillåter rötterna att tränga igenom väggarna. Den största fördelen är deras ekologiska hållbarhet, men i fuktiga miljöer med hög mikrobiell aktivitet kan de brytas ner för snabbt. De är idealiska för plantor som ska transplanteras direkt i odlingsbäddar eller jord, särskilt i system som prioriterar minimal miljöpåverkan. Däremot bör dessa krukor undvikas i DWC- eller NFT-system där de lätt kan lösas upp.

Fig. 6. Nedbrytbara torvkrukor

Plasttråg för plantor

Plasttråg för plantor är uppdelade tråg som används för plantuppdragning. De är vanligtvis tillverkade av plast och kan återanvändas under flera odlingscykler. Trågen kan återvinnas när de inte längre håller tillräcklig kvalitet, och ibland tillverkas de av återvunnen plast. Dessa tråg är slitstarka och används ofta för högvolymproduktion där effektivitet och enhetlighet är viktiga. Genom att kombinera substrat som kokosfiberpluggar eller stenullblock med plasttråg kan en strömlinjeformad process för plantuppdragning skapas, vilket gör det möjligt att odla många plantor samtidigt. En av de främsta fördelarna med plasttråg är deras enkelhet i hantering och möjligheten att effektivt organisera och flytta trågen. Den begränsande faktorn är utrymmet i varje fack för rotutveckling, och om plantorna inte transplanteras i tid kan de bli rotbundna.

Fig. 18. Plasttråg används till frösådd och sticklingsetablering.

Att välja lämpliga substrat och kruktyper för plantuppdragning i akvaponik är ett komplext beslut som påverkas av många faktorer, såsom planttyp, systemets utformning och miljöhållbarhet. Material som kokosfiber och vermikulit föredras på grund av deras förmåga att behålla vatten, medan perlit och stenull ger god luftning av rötterna. Valet av behållare, som nätkrukor, biologiskt nedbrytbara krukor eller plasttråg, påverkar hur enkelt det är att transplantera plantorna och deras långsiktiga hälsa.

För att uppnå bästa resultat vid plantuppdragning rekommenderas det att använda en kombination av substrat som effektivt kan behålla fukt samtidigt som de ger tillräcklig luftning. Detta tillvägagångssätt möjliggör anpassning baserat på de specifika kraven hos olika växtarter. Ett exempel är att kombinera kokosfiber med perlit för att skapa ett substrat som både bevarar vatten och ger rotluftning. Likaså bör valet av kruka anpassas till odlingssystemet och miljöfaktorerna, såsom att välja biologiskt nedbrytbara krukor i system som prioriterar hållbarhet.

6. Typer av produktionssystem i akvaponik

6.1. Mediebäddar

I akvaponik är mediebäddar den huvudsakliga produktionstypen som möjliggör tillväxt och stabilisering av växternas rötter samt fungerar som ett biofiltreringsmedium. Mediebäddar är avgörande för växternas tillväxt och systemets hälsa, och kan fyllas med olika typer av substrat som expanderad lera, grus, lavasten och kokosfiber. Valet av substrat i mediebädden är viktigt för akvaponikutövare eftersom det har stor inverkan på vattenkvaliteten, växthälsan och underhållet av systemet. Vatten från fiskbehållaren pumpas till mediebädden i ena änden och flödar genom mediebädden på grund av en lutning, varpå vattnet återförs till sumpen eller fiskbehållaren via en samlare i slutet av en klockhävert eller ibland helt enkelt pumpas tillbaka. Mediebädden kan också installeras som ett ebb- och flodsystem där växten periodvis översvämmas och sedan dräneras, vilket gör att rötterna får luft (flod-dräneringscykler). Olika mediebäddsubstrat kan utvärderas utifrån deras fysiska egenskaper, påverkan på vattenkvaliteten, användarvänlighet, kostnad och övergripande prestanda i akvaponiska system.

Fig. 7. Mediebäddar fyllda med expanderad lera, lavasten, grus och blandningar av perlit och jord.

Expanderad lera (Lätt expanderat lermaterial – LECA)

Expanderad lera är det vanligaste odlingssubstratet i bäddar. Det tillverkas av lera som har upphettats till höga temperaturer, vilket gör att den expanderar och skapar en porös struktur. Detta material är ganska neutralt (pH), lätt att återanvända och används ofta i små till medelstora akvaponiska system.

Fördelar	Nackdelar
Lättvikt – LECA är lätt att hantera och flytta inom systemet	Kostnad – dyrare än andra substrat
Poröst – porerna i detta material möjliggör syresättning av rötterna och vattenretention	Damm – LECA innehåller mycket damm från produktionsprocessen, och måste tvättas noggrant innan användning för att undvika skador på pumpar och förorening av systemet
Neutralt pH – pH-värdet påverkas inte av detta substrat, även efter långvarig användning	Liten yta – även om det är poröst har det en mindre yta jämfört med andra substrat; mindre yta för bakterier att fästa på
Återanvändbarhet – genom att tvätta och desinficera (med varmt vatten) kan detta material återanvändas i flera odlingscykler	

Fig. 8. Expanderad lera används i mediebäddar för akvaponik.

Grus

Vanligt förekommande, billigt substrat för odlingsbäddar som består av krossad granit, kvarts, basalt eller andra mineraler. Används i större system utomhus och i växthus där hållbarhet är avgörande.

Fördelar	Nackdelar
Kostnad – billigt och lättillgängligt	Vikt – tungt substrat, kan kräva specialförstärkta odlingsbäddar
Yta – vissa mineraler har stor yta, vilket förbättrar tillväxten av nyttiga bakterier	Förändringar i pH – vissa typer av grus kan förändra pH-värdet, särskilt grus baserat på kalksten, vilket gör pH-övervakning viktigare
Hållbarhet – bryts inte ner efter flera odlingscykler och kan enkelt återanvändas	Skador på rötter – krossade stenar kan ha vassa kanter som potentiellt kan skada växtrötterna

Fig. 21. Olika typer av grus används i mediebäddar för akvaponik.

Lavarock

Lavarock är en naturligt förekommande vulkanisk sten som är mycket porös och lättare än grus. Används i medelstora till stora system.

Fördelar	Nackdelar
Vikt – lättare än grus, tyngre än LECA	Skador på rötter – vassa kanter, kan vara svårt att hantera
Porositet – stödjer biofiltrering	Damm – noggrann tvättning före användning behövs

Kostnad – billigare än LECA, större yta	Kvalitetskonsistens – kvaliteten kan variera beroende på källa, inte ett standardiserbart material
Neutralt – påverkar inte systemets pH	

Fig. 22. Lavasten används i mediebäddar för akvaponik.

Kokosfiber

Kokosfiber är ett fiberrikt material som skapas från kokosnötters skal och används som odlingsmedium för plantor samt i olika typer av odlingsbäddar. Det används främst för plantuppdragning, men ark av detta material kan också användas i akvaponiska system som producerar mikrogrönsaker.

Fördelar	Nackdelar
Förnybart – en biprodukt från kokosnötsindustrin, miljövänligt	Strukturellt stöd – tillräckligt stöd för plantor och små växter, men kan inte ensamt stödja större växter
Vattenretention – håller fukt bra	Nedbrytning – eftersom det är ett biologiskt material är det biologiskt nedbrytbart. Nedbrytningsprodukterna kan blockera delar av systemet
Neutralt – påverkar inte systemets pH	Salthalt – kan behöva tvättas före användning för att undvika onödiga mineraler i systemet
Vikt – lätt material, enkelt att hantera	

Perlit och Vermikulit

Perlit är en typ av vulkaniskt mineral (glas) som expanderar när det upphettas, medan vermikulit är ett magnesium-aluminium-järn-silikatmineral som upphettas för att expandera. Detta är ett lätt substrat som används i små system för frögroning, men det används inte i stora odlingsbäddar eftersom det lätt kan spridas genom systemet på grund av att det flagar och har små dammpartiklar.

Fördelar	Nackdelar
Lätt – mycket lätt material, enkelt att hantera	Erosion – materialet kan brytas ner i mindre bitar över tid och spridas genom systemet
Syresättning – växtrötterna blir väl syresatta	Kompaktering – med tiden kan materialet komprimeras, vilket minskar syresättningen; materialet är därför inte återanvändbart
Inert – påverkar inte pH-värdet eller näringsinnehållet i vattnet	Kostnad – trots att det är neutralt och lätt är materialet dyrare, särskilt när stora mängder behövs

Flera andra material för odlingsbäddar har föreslagits i vetenskaplig litteratur, men nackdelarna med vissa av materialen gör dem mindre lämpliga som substrat för verkliga lösningar. Till exempel är polonit ett mineral som används i vattenrening, särskilt för att avlägsna fosfor. Detta mineral har en alkalisk natur, vilket innebär att det kan höja pH-värdet i systemet till pH 9, vilket varken är lämpligt för fiskar eller växter. Även sand har föreslagits som ett möjligt material för odlingsbäddar, men sandens komprimering ger inte tillräcklig syresättning av växtrötterna, och vattenflödet begränsas.

6.2. Deep water cultures (Djupvattenodling)

Deep water culture (DWC) är ett odlingssystem där växter odlas på en flytande flotte, tillverkad av frigolit eller annat flytmaterial, i en stor vattentank. Växternas rotsystem är i denna typ av kultur nedsänkt i syre- och näringsrikt vatten. Vattnet i ett sådant system cirkuleras från ena änden av vattentanken till den andra, vilket säkerställer att vattnet i bassängen byts ut regelbundet. Vattnet från fiskbassängerna pumpas eller leds med gravitation till DWC-bädden och recirkuleras sedan tillbaka till fiskbassängen. Syresättningen av vattnet under DWC-flottarna säkerställs genom användning av diffusorer eller luftstenar. Växterna odlas först i substrat, placeras i nätkrukor och sätts sedan i hålen på den flytande DWC-flotten.

I detta system är växternas rötter helt nedsänkta i vattnet, vilket gör att konstant syresättning är avgörande för att undvika syrefria förhållanden. Vanligtvis placeras luftstenar eller diffusorer runtom i DWC-bassängen – brist på syresättning kan orsaka rotröta eller andra problem kopplade till syrebrist. Den ökade syresättningen som används i denna metod är fördelaktig inte bara för växterna, utan säkerställer också att vattnet är väl mättat med syre, vilket möter fiskarnas behov. Den stora vattenvolymen i detta system är fördelaktig vid näringssvängningar, då vattenmängden fungerar som en buffert. Eftersom rötterna är nedsänkta i vattnet får växterna ett konstant flöde av näring. Vanligtvis odlas olika typer av sallad med denna metod, men även tomater, gurkor och paprikor kan odlas tack vare det kontinuerliga näringsflödet.

DWC-system är relativt enkla sett till komplexitet, men underhållet kan vara mer krävande på grund av det ökade behovet av syresättning. Eftersom rötterna ständigt är i vattnet är systemet mer motståndskraftigt mot strömavbrott, och den stora vattenvolymen kan hålla växttillväxten igång under en viss tid. En nackdel kan vara den stora mängd vatten som krävs initialt för att starta systemet, samt den yta där avdunstning sker. Eftersom ett sådant system kräver omfattande syresättning är DWC mer

energikrävande än exempelvis näringsfilmstekniken, men när det underhålls och balanseras kan systemet ge högre skördar och möjliggöra odling av ett större utbud av växter.

DWC-systemet erbjuder en flexibel och robust miljö som passar olika typer av växter, inklusive större växter och sådana som producerar frukter. Syresättning kräver ytterligare vatten- och energiresurser, men det ger stabilitet och motståndskraft, vilket gör det till ett utmärkt val för odlarna som vill uppnå en bred variation av grödor eller för dem med större system.

Fig. 23. Akvaponiskt DWC-system.

6.3. Nutrient film technique (Näringsfilmsteknik)

Näringsfilmsteknik (NFT) är ett odlingssystem där växterna odlas i långa, smala kanaler, vanligtvis rör, med ett flöde av näringsrikt vatten som kontinuerligt rinner igenom rotsystemet i en svag ström. I detta system är växternas rötter endast delvis nedsänkta i vattnet, vilket gör att det mesta av rotsystemet hålls exponerat för luft. Vattnet från fiskbassängen (ibland från sumpen) pumpas in i NFT-rören och får rinna genom de lutande kanalerna tillbaka till sumpen och sedan återcirkuleras till fiskbassängen. Oftast används denna teknik genom att skapa en vertikal stapel av rör som pumpar vattnet till den högsta punkten och låter gravitationen leda vattnet till de lägre rören innan vattnet återvänder till sumpen eller fiskbassängen. Liksom i DWC placeras växterna i nätkrukor som är anpassade till hålen i toppen av flödeskanalen. Rötterna sträcker sig ner i kanalen där de kommer i kontakt med det strömmande, näringsrika vattnet. Användningen av NFT möjliggör en vertikal uppställning och är lättare att konstruera än DWC eller odlingsbäddar.

Rötterna i NFT-system är exponerade för luft, och endast en liten del av rotsystemet är nedsänkt i det tunna vattenskiktet i botten av kanalen. Vattnet måste också syresättas; dock är det inte lika avgörande som i DWC. Det rekommenderas att tillsätta extra luftstenar eller diffusorer vid sumpen eller vatteninsamlingsbehållaren efter NFT-kanalerna för att säkerställa att vattnet berikas med syre innan

det återvänder till fiskbassängen. Vattenflödet är mycket snabbare i NFT än det är i DWC, därför kan näringsupptaget av växterna anses vara ganska effektivt – vad som begränsar näringsupptaget är att endast en del av rötterna är nedsänkta i vattnet, vilket innebär att hela rotsystemet inte kan ta upp näringen. Jämförelsevis skulle tillväxttakten för NFT-växter vara något lägre än för de i DWC. Växter med mindre och grundare rotsystem skulle vara mer lämpliga för ett NFT-system, till exempel bladgrönsaker (sallad, spenat, örter). Större växter kan också odlas, men om NFT-kanalerna är smala kan rotsystemet snabbt växa över kanalen och blockera flödet och tillgången till näring för växter nedströms i NFT-kanalen.

NFT-system är relativt enkla och lätta att ställa in och underhålla, det finns mindre vatten samt pumpar eller syresättare att hantera. Men eftersom vattenskiktet är så tunt och varje störning i systemet skulle innebära att växternas rötter snabbt skulle torka ut, bör reservpumpar installeras tillsammans med en nödbatteriuppbackad strömförsörjning. NFT är mer vatteneffektivt än DWC och förlitar sig på snabbare recirkulation av vattnet inom systemet. Mindre avdunstning sker i detta system eftersom ytan av det exponerade vattnet är lägre. Med tanke på behovet av färre pumpar av olika slag är NFT också mer energieffektivt.

NFT är särskilt väl lämpat för odling av små, snabbt växande växter som bladgrönsaker. Det erbjuder en hög nivå av effektivitet och enkelhet, men det kräver övervakning för att förhindra rotuttorkning och näringsobalanser. Det är mest lämpligt för odlare med begränsat utrymme och för dem som vill odla specifika grödor.

Fig. 24. Näringsfilmkanaler i akvaponik.

6.4. Droppsystem

Droppsystemet är ett system där växten vanligtvis planteras i ett substrat, oftast mineralull. Ett rör med liten diameter är kopplat till en vattentank och ett automatiskt bevattningssystem är anslutet till det. En sond med ett vattenutlopp från näringstanken placeras i mineralullen nära växtens rötter. Droppbevattningen är inte kontinuerlig och aktiveras endast ett antal gånger i timmen. Överskottet av näringslösning droppar genom substratet och samlas för recirkulation. Jämfört med NFT och DWC är rötterna i detta system aldrig nedsänkta i vatten.

Droppsystem används i stor skala i hydroponiska växthus där grönsaker odlas kommersiellt. Kommersiellt tillgängliga lösningar för system med tusentals växter finns tillgängliga. Trots den beprövade effektiviteten hos droppsystem i hydroponiska växthus är detta system inte nödvändigtvis väl kombinerat med akvaponiksystem som en fristående lösning. Flödet i ett akvaponiksystem är mycket större än vad ett droppsystem kan ha. Å andra sidan kan flödet anpassas genom att öka antalet växter, men då skulle näringsbalansen vara otillräcklig för antalet växter. Att balansera ett sådant system är inte möjligt, därför kan ett sådant system användas i kombination med ett NFT- eller DWC-system, vilket utökar möjligheterna och variationen av växter som kan odlas med ett akvaponiksystem – även växter som inte gillar så mycket vatten kan odlas med droppsystem.

7. Växthälsa och sjukdomar

7.1. Integrerat växtskydd

Integrerat växtskydd, ofta kallat IPM, är en hållbar, allmänt antagen metod för att kontrollera skadedjur och integrerar en mängd strategier för att minimera de negativa effekterna på miljön, människors hälsa och akvaponiksystemet. Akvaponik är ett slutet system som består av växter, fiskar och mikroorganismer, och användningen av syntetiska kemikalier eller bekämpningsmedel kan störa delar av systemet och därmed negativt påverka livskraften i hela systemet. Sedan 2014 har professionella växtodlare uppmanats av Europaparlamentet att använda IPM för att minska användningen av bekämpningsmedel. IPM fokuserar på långsiktig förebyggande av skadedjur och de skador de kan orsaka på grödorna genom flera metoder – biologisk bekämpning, ekosystemmanipulation, modifiering av odlingsmetoder och användning av skadedjursresistenta växtsorter. I ett slutet system är IPM särskilt avgörande, eftersom skadedjur kan sprida sig snabbt om de inte åtgärdas. Akvaponik är generellt sett något mer motståndskraftig än hydroponik, eftersom en högre mikrobiell mångfald finns tillgänglig i systemet, vilket påverkar rhizosphären och ökar näringsupptaget. Återigen kan balansering av systemet kraftigt förbättra motståndskraften i hela systemet, hjälpa till att upprätthålla friska grödor och förbättra odlingsutbytet.

IPM består av flera ömsesidigt fördelaktiga lösningar som kan öka produktiviteten och motståndskraften i systemet, till exempel fysiska och mekaniska lösningar (fysiskt avskärma grödorna från möjliga påverkningar och införsel av skadedjur), bioteknikbaserade metoder (sorter som är resistenta mot de vanligaste sjukdomarna), biologisk skadedjursbekämpning (användning av organismer som är naturliga rovdjur av de aktuella skadedjuren) och i vissa fall, som en sista utväg, kemiska produkter. Till skillnad från ekologisk odling där endast naturliga produkter kan användas för kemisk kontroll (oorganiska ämnen, eteriska oljor, naturligt härledda beståndsdelar) kan i IPM också syntetiska bekämpningsmedel som inte är giftiga för andra delar av systemet (fiskar, växter, mikroorganismer) användas.

Oftast lider olika växter av mikrobiella skadedjur som orsakar mjöldagg, till exempel. Sådana sjukdomar förs in i systemet på grund av dålig hygien eller infekterade växter/plantor/fröer som används i systemet. När ett sådant utbrott inträffar är det mycket svårt att bekämpa utan att kassera växterna, så särskild försiktighet bör iakttas för att välja resistenta växtsorter och certifierade plantor/fröer från

pålitliga leverantörer. Insektsskador är problematiska på grund av det faktum att de orsakar direkt skada på växterna, och de kan fungera som vektorer (bärare) av olika växtsjukdomar, både virala och mikrobiella. Förekomsten av skadedjur i akvaponik- och hydroponiksystem gynnas av den starkt kontrollerade miljön inom odlingsutrymmet – de konstanta temperaturerna och fuktigheten. Å andra sidan möjliggör också denna miljö användningen av gynnsamma organismer som är naturliga rovdjur av de skadliga insekterna. Till exempel kan nyckelpigor användas som naturliga rovdjur mot bladlöss, flugparasiter kan användas mot vitfluga, gallmyggor kan användas mot bladlöss och flera entomopatogena nematoder, bakterier och svampsorter är fördelaktiga i hanteringen av skadedjursutbrott.

> På grund av tätheten av fiskar och växter i akvaponik kan spridningen av sjukdomar ske snabbt. Om sjukdomen eller spridningen av skadedjur inte har behandlats i tid, är det troligt att hela delen (fisk, växter eller mikrobiom) av systemet bör kasseras eller kemiskt behandlas. I sådana fall störs systemets balans, och det kan ta lång tid att återfå balansen, därför bör IPM tillämpas

Förebyggande metoder i IPM inkluderar –

→ Fysiska barriärer och fällor
  - Nät för att förhindra insekter från att röra sig inom växthuset/rummet där akvaponiskt systemet är uppsatt
  - Klisterfällor för flugor
  - Separera de olika delarna av systemet

→ Vattenbehandling
  - Användning av UV-ljus, ozonbehandling
  - Värmebehandling av vatten
  - För att främja växt-och mikroorganismtillväxt kan system försörjas med vattenlösliga gödningsmedel

→ Hygien
  - Sanering av utrustning
  - Personlig hygien för anställda
  - Klädsel för anställda
  - Hygienregler för besökare, skyddsklädsel
  - Desinfektion mellan grödrotationer
  - Desinfektion av utrustning

→ Miljöförhållanden
  - Justerad luftfuktighet för odling
  - Justerad temperatur för odling
  - Ventilation

→ Odlingsmetoder
  - Systembalans för att ge optimal näring till växter
  - Växtavstånd
  - Tolerant och certifierat frömaterial eller plantor
  - Separata rum för grodd och odling
  - Regelbundet övervakning av växter
  - Förädling

→ Organismer som motverkar sjukdomar och skadedjur
  - Systembalans för att stödja gynnsamma bakterier
  - Insekter som är naturliga rovdjur av skadedjur

- Samplantering av olika växter
- Användning av naturliga bekämpningsmedel vid behov

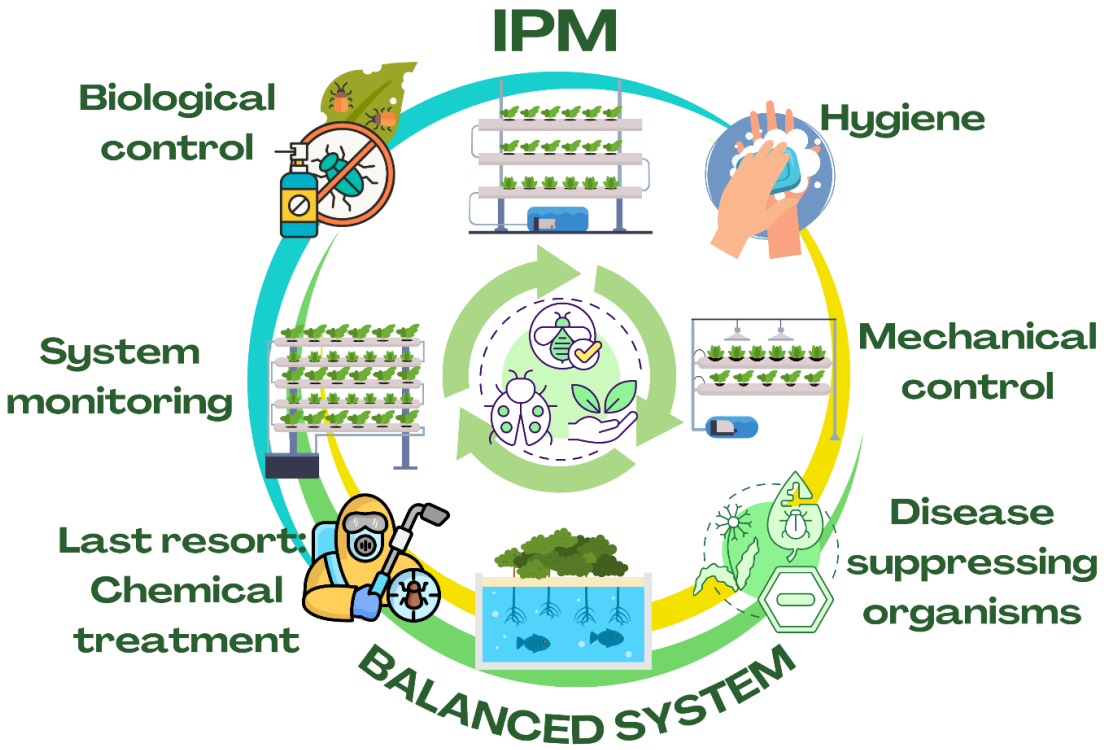


Fig. 9 - De viktigaste faktorerna för lyckad IPM

Åtgärder som innefattar kemiska produkter kan vara motiverade; dock måste strikta regler beaktas. Botaniska bekämpningsmedel bör prioriteras när det är möjligt, då de är hämtade från biologiska källor. Vissa extrakt från mikroorganismer är säkra för fisk och kan användas i akvaponik. Ett exempel är en toxisk substans från Bacillus thuringiensis, effektiv mot larver av fjärilar, bladvalsare och andra lepidopterlarver. Ett annat är Beauveria bassiana, en svamp som penetrerar insekternas ytskikt och är verksamt mot olika skadedjur, inklusive termiter, trips, vita flygare, bladlöss och skalbaggar. Många kemiska syntetiska fungicider och insektsmedel samt vissa produkter godkända inom ekologiskt jordbruk är giftiga och skadliga för vattenlevande organismer. En applicering rekommenderas endast för unga plantor innan de transplanteras till akvaponiska systemet. Om kemisk bekämpning är sista utvägen, måste produktens specifika toxicitet för fisk noggrant utvärderas. Akvaponik är ett sofistikerat ekosystem bestående av olika bakterier, svampar och högre organismer, vilket uppvisar betydande potential för naturlig resistens. Att bibehålla den naturliga balansen i denna miljö genom lämpliga förebyggande åtgärder, som tidigare beskrivits, är väsentligt. Detta bör minimera behovet av direkta skadedjursbekämpningsmetoder.

7.2. Skadedjur och sjukdomar

Växtskadegörare i akvaponik

Bladlöss (Aphidoidea)

Bladlöss är små, mjukkroppade insekter som ofta angriper akvaponiska system genom att suga näring ur växterna. De kan snabbt föröka sig och skapa stora kolonier som försvagar växterna genom att beröva dem viktiga näringsämnen. Bladlöss finns vanligtvis på bladens undersida eller på växande

skott. Bladlöss i akvaponik kan orsaka problem som spridning av växtvirus och hämning av växternas tillväxt. Effektiva bekämpningsmetoder innefattar introduktion av nyttodjur, som nyckelpigor, eller applicering av organiska insektsmedel i form av såpor, med hänsyn till att de är säkra för akvatiskt liv i systemet.

Fig. 26. Bladlöss på stammar och på undersidan av blad.

Vita flygare (Aleyrodidae)

Vita flygare är ett annat vanligt skadedjur i akvaponik, särskilt i varma och fuktiga förhållanden. Dessa små, bevingade insekter suger näring ur växterna och utsöndrar honungsdagg, vilket främjar utvecklingen av sotmögel. Angrepp av vita flygare kan leda till hämmad växttillväxt, kloros på bladen och minskad avkastning. De kan även fungera som vektorer för växtsjukdomar och sprida skadliga patogener mellan växterna. För att hantera vita flygare i akvaponik används klisterfällor, biologisk

bekämpning som parasitsteklar och tillräcklig luftcirkulation i odlingsområdet för att minska luftfuktigheten.

Fig. 10 – Vita flygare.

Spinnkvalster (familjen Tetranychidae)

Spinnkvalster är små spindeldjur som kan utgöra ett betydande hot mot akvaponiska system, särskilt i torra och varma miljöer, vanligtvis när växter som kräver högre temperaturer odlas. De bygger vanligtvis nät på bladens undersida, där de tar näring från växtceller genom att punktera vävnaden och suga ut cellinnehållet. Angrepp av spinnkvalster leder till att bladen blir fläckiga eller förvridna, vilket så småningom kan orsaka gulning och bladfall. Dessa skadedjur är svåra att hantera på grund av sin snabba reproduktionscykel. I akvaponik kan man använda naturliga fiender, som rovkvalster

(Phytoseiulus persimilis), och bibehålla en lämplig luftfuktighet för att skapa mindre gynnsamma förhållanden för deras spridning.

Fig. 11. Spinnkvalsterkolonier och deras nät på växtblad.

Tripsar (Thysanoptera)

Tripsar är små, avlånga insekter som livnär sig genom att punktera växtceller och suga ut deras innehåll. De är mycket rörliga och kan snabbt sprida sig i ett akvaponiskt system. Skador från tripsar visar sig som silverfärgade strimmor eller fläckar på bladen, och allvarliga angrepp kan hämma växternas tillväxt och minska avkastningen. Förutom att orsaka direkt skada är tripsar kända för att sprida växtvirus. För att hantera tripsar i akvaponik använder odlare ofta rovinsekter som rovflugor (Orius spp.) och reflekterande marktäckning för att avskräcka dem.

Fig. 12. Trips på stam och blad.

Sorgmyggor (Sciaridae)

Sorgmyggor är små, mörka flugor som ofta förekommer i akvaponiska system med höga fuktnivåer. Deras larver livnär sig på organiskt material, inklusive växtrötter, vilket kan hämma växttillväxt och öka mottagligheten för rotsjukdomar. Sorgmyggor kan sprida växtpatogener, såsom Pythium, som orsakar rotröta. För att hantera sorgmyggor är det viktigt att säkerställa god dränering, minimera ansamling av organiskt material och använda biologiska bekämpningsmedel som nyttiga nematoder (Steinernema feltiae).

Fig. 30 - Sorgmyggor på blad och klibbig insäktsfälla.

Minerarflugor (Agromyzidae)

Minerarflugor är larver från olika insekter, vanligtvis flugor, som tränger in i växternas blad och konsumerar vävnaden mellan skikten. Detta resulterar i tydliga, vågiga mönster eller fläckar på bladen, vilket kan minska fotosyntesen och påverka växtens vitalitet. Även om skador från minerarflugor sällan leder till att växterna dör, kan det påverka skördens kvalitet och avkastning. I akvaponiska system hanteras minerarflugor vanligtvis med biologiska bekämpningsmedel som parasitsteklar (Diglyphus isaea) eller neemolja, som är säker både för fisk och växter.

Fig. 31 - Skador från minerarfluga.

Växtsjukdomar i akvaponik

Mjöldagg (Erysiphales)

Mjöldagg är en svampsjukdom som kännetecknas av vita, pudriga fläckar på växternas bladytor. I akvaponiska system drabbar mjöldagg ofta växter som odlas under fuktiga förhållanden med otillräcklig luftcirkulation. Även om mjöldagg inte är omedelbart dödligt för växterna, kan det påverka deras vitalitet genom att störa fotosyntesen, vilket leder till minskad tillväxt och skörd. För att förebygga mjöldagg är det viktigt att reglera luftfuktigheten, säkerställa tillräckligt avstånd mellan växterna för optimal luftcirkulation och använda organiska svavelbaserade fungicider vid behov.

Introduktion av gynnsamma svampar som konkurrerar med mjöldagg kan också stärka akvaponiska system.

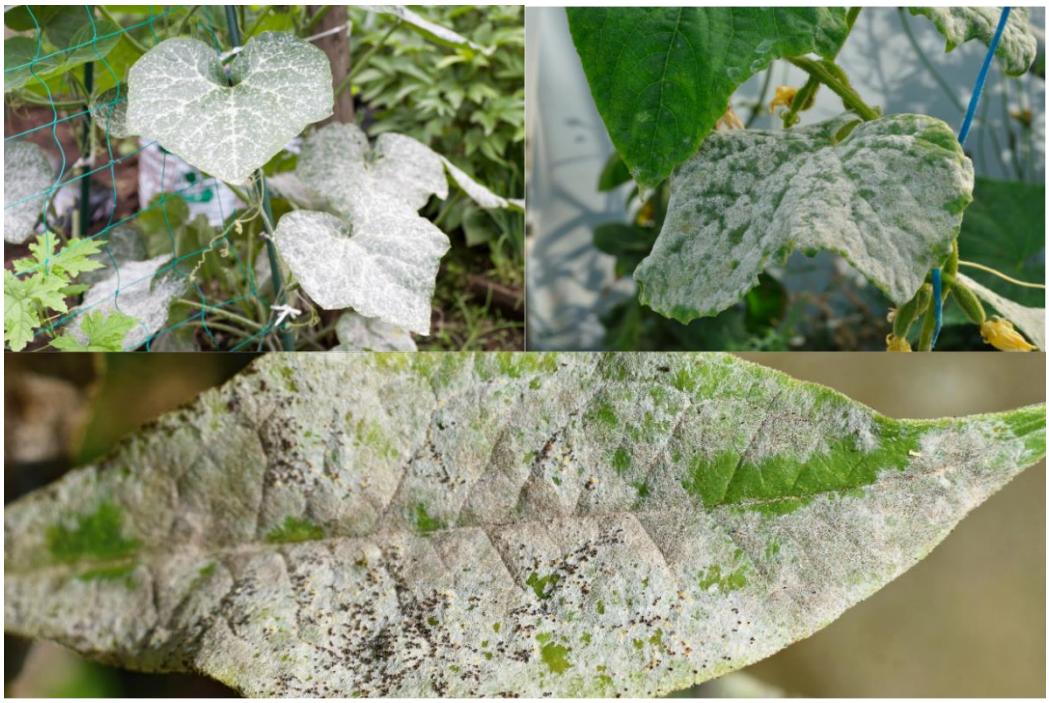


Fig. 13 – Blad drabbade av mjöldagg.

Rotröta orsakad av Pythium-arter

Rotröta, som ofta orsakas av vattenburna patogener som Pythium, är en av de allvarligaste sjukdomarna i akvaponik. Det uppstår när växternas rötter utsätts för alltför mättade förhållanden som leder till förfall. Smittade rötter blir bruna och skorviga, vilket resulterar i hämmad tillväxt och vissnande växter. Rotröta kan snabbt sprida sig genom ett akvaponiskt system och påverka flera växter samtidigt. Förebyggande åtgärder innefattar att upprätthålla optimal vattenkvalitet, säkerställa god luftning i rotzonen och undvika övervattning. Gynnsamma mikroorganismer som Trichoderma kan hjälpa till att hantera Pythium i akvaponiska system.

Falsk mjöldagg (familjen Peronosporaceae)

Falsk mjöldagg är en svampliknande sjukdom som påverkar akvaponiska grödor, särskilt bladgrönsaker som sallad och basilika. Den trivs i svala, fuktiga miljöer och uppträder som gulaktiga fläckar på bladens översida, följt av en luddig grå eller vit beläggning på undersidan. Falsk mjöldagg kan orsaka betydande skador på grödor, vilket leder till hämmad tillväxt och minskad avkastning. För att begränsa spridningen av sjukdomen innefattar hanteringen av falsk mjöldagg förbättrad luftcirkulation, minskad luftfuktighet och avlägsnande av smittade växtdelar. Kopparbaserade fungicider, som är säkra för akvaponiska system, kan hjälpa till att förebygga sjukdomsutbrott.

Fig. 33 - Falsk mjöldagg på blad och frukter.

Bakteriell bladfläck orsakad av Xanthomonas-arter

Bakteriell bladfläck är en sjukdom orsakad av bakterier från släktet Xanthomonas som drabbar olika växter, särskilt gröna blad och örter. Den visar sig som små, vattenmättade fläckar på bladen som så småningom blir bruna eller svarta. Sjukdomen kan sprida sig snabbt, särskilt under hög luftfuktighet, och påverkar växternas hälsa betydligt. I akvaponiska system kan bladfläck förebyggas genom att undvika överbevattning ovanifrån, ha tillräckligt avstånd mellan växterna för bättre luftcirkulation samt använda kopparbaserade baktericider. Regelbunden rengöring av systemet för att ta bort växtrester är avgörande för att förhindra bakteriell spridning.

Fig. 14 – Bakteriell bladflöck.

För att minimera risken för sjukdomar och skadedjur i akvaponik är det viktigt att hålla ekosystemet i balans och god hälsa. Detta börjar med korrekt utformning av systemet, inklusive tillräcklig ventilation, kontroll av luftfuktighet och ett lämpligt avstånd mellan växterna för att undvika spridning av luftburna och svamprelaterade infektioner. När vattenkvalitetsfaktorer som pH, ammoniak, nitriter och löst syre övervakas, undviks stress hos både växter och fisk, vilket i sin tur minskar deras mottaglighet för olika infektioner. För att effektivt kontrollera skadedjur utan att skada fisken eller växterna kan man använda integrerade bekämpningsstrategier (IPM). Dessa inkluderar introduktion av nyttodjur (som nyckelpigor eller rovkvalster) och användning av organiska behandlingar som neemolja. När det gäller att förebygga sjukdomsutbrott är regelbundna inspektioner av fisk och växter samt omedelbart borttagande av sjuka delar avgörande. Flera lösningar för att bekämpa de nämnda skadedjuren och sjukdomarna finns tillgängliga, men det måste noga utvärderas om användningen verkligen är nödvändig och om syntetiska bekämpningsmedel är certifierade för användning i ett akvaponiskt system. Karantän av nya växter och fiskar, underhåll av systemets renlighet och hantering av restavfall är andra viktiga insatser för att minska risken för sjukdomar och säkerställa att ett akvaponiskt ekosystem ger en blomstrande miljö.

Patogener som påverkar fisk

I akvaponik hotas växter av skadedjur och sjukdomar, medan de akvatiska organismerna i systemet också är sårbara för patogener. Fiskåkommor i akvaponik omfattar svampinfektioner, parasitangrepp (som Ich) och bakteriella sjukdomar som columnaris. Att upprätthålla optimal vattenkvalitet är avgörande för att minska stress hos fiskarna, vilket bevarar deras immunfunktion och minskar deras mottaglighet för sjukdomar. Vanliga förebyggande åtgärder inkluderar isolering av nyinförskaffad fisk, bibehållande av idealisk vattentemperatur och minimering av ammoniak- och nitritnivåer. Kontinuerlig observation av fiskarnas beteende och fysiska hälsa kan underlätta tidig upptäckt av sjukdomssymptom. Mer information om fiskpatogener finns i TransFarm-rapporten “ Fisk i akvaponik – urval, krav och begränsningar.”

Referenser

Baganz, G. F., Junge, R., Portella, M. C., Goddek, S., Keesman, K. J., Baganz, D., ... & Kloas, W. (2022). The aquaponic principle—It is all about coupling. Reviews in Aquaculture, 14(1), 252-264.

Bernstein S. (2011). Aquaponic Gardening: a step-by-step guide to raising vegetables and fish together. New Society Publishers, Canada.

Bittsánszky, A., Gyulai, G., Junge, R., Schmautz, Z. & Komives, T. (2015). Plant protection in ecocycle-based agricultural systems: Aquaponics as an example. In Proceedings of the International Plant Protection Congress (IPPC), Berlin, Germany Vol. 2427.

Bracino, A. A., Concepcion, R. S., Dadios, E. P., & Vicerra, R. R. P. (2020, December). Biofiltration for recirculating aquaponic systems: a review. In 2020 IEEE 12th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM) (pp. 1-6). IEEE.

Colt, J., Schuur, A. M., Weaver, D., & Semmens, K. (2022). Engineering design of aquaponics systems. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 30(1), 33-80.

Filep, R. M., Diaconescu, S., Marin, M., Bădulescu, L., & Nicolae, C. G. (2016). Case study on water quality control in an aquaponic system. Current Trends in Natural Sciences Vol, 5(9), 06-09.

Folorunso, E. A., Roy, K., Gebauer, R., Bohatá, A., & Mraz, J. (2021). Integrated pest and disease management in aquaponics: A metadata-based review. Reviews in Aquaculture, 13(2), 971-995.

Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K. V., Jijakli, H., & Thorarinsdottir, R. (2015). Challenges of sustainable and commercial aquaponics. Sustainability, 7(4), 4199-4224.

Goddek, S., Joyce, A., Kotzen, B., & Dos-Santos, M. (2019). Aquaponics and global food challenges. Aquaponics food production systems: Combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future, 3-17.

Gosh, K., & Chowdhury, S. (2019). Review of aquaponics system: searching for a technically feasible and economically profitable aquaponics system. Journal of Agricultural, Environmental and Consumer Sciences, 19, 5-13.

Joyce, A., Timmons, M., Goddek, S., & Pentz, T. (2019). Bacterial relationships in aquaponics: new research directions. Aquaponics food production systems: combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future, 145-161.

Junge, R., Antenen, N. (2020). Aquaponics textbook. AquaTeach.

Kasozi, N., Abraham, B., Kaiser, H., & Wilhelmi, B. (2021). The complex microbiome in aquaponics: significance of the bacterial ecosystem. Annals of Microbiology, 71(1), 1-13.

Kasozi, N., Tandlich, R., Fick, M., Kaiser, H., & Wilhelmi, B. (2019). Iron supplementation and management in aquaponic systems: A review. Aquaculture Reports, 15, 100221.

Krastanova, M., Sirakov, I., Ivanova-Kirilova, S., Yarkov, D., & Orozova, P. (2022). Aquaponic systems: Biological and technological parameters. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 36(1), 305-316.

Kushwaha, J., Priyadarsini, M., Rani, J., Pandey, K. P., & Dhoble, A. S. (2023). Aquaponic trends, configurations, operational parameters, and microbial dynamics: A concise review. Environment, Development and Sustainability, 1-34.

Lennard, W., & Goddek, S. (2019). Aquaponics: the basics. Aquaponics food production systems, 113.

Licamele, J. (2009). Biomass production and nutrient dynamics in an aquaponics system (Doctoral dissertation, The University of Arizona).

Maucieri, C., Nicoletto, C., Junge, R., Schmautz, Z., Sambo, P., & Borin, M. (2018). Hydroponic systems and water management in aquaponics: A review. Italian Journal of Agronomy, 13(1), 1-11.

Nichols, M. A., & Savidov, N. A. (2011, May). Aquaponics: a nutrient and water efficient production system. In II International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics 947 (pp. 129-132).

Okomoda, V. T., Oladimeji, S. A., Solomon, S. G., Olufeagba, S. O., Ogah, S. I., & Ikhwanuddin, M. (2023). Aquaponics production system: A review of historical perspective, opportunities, and challenges of its adoption. Food science & nutrition, 11(3), 1157-1165.

Resh, H.M. (2013). Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower (7th edition). CRC Press, Boca Raton.

Sallenave, R. (2016). Important water quality parameters in aquaponics systems. College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences.

Schmautz, Z., Graber, A., Jaenicke, S., Goesmann, A., Junge, R. & Smits, T.H. (2017). Microbial diversity in different compartments of an aquaponics system. Archives of Microbiology 199 (4): 613-620.

Shumet, A. (2021). Aquaponics: A Sustainable Solution for Health, Economy, and Society-A Comprehensive Review. Aquaponics, 1(2).

Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2014). Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and aquaculture technical paper, (589), I.

Stouvenakers, G., Dapprich, P., Massart, S., & Jijakli, M. H. (2019). Plant pathogens and control strategies in aquaponics. Aquaponics food production systems, 353-378.

Tezel M. (2009). Aquaponics common sense guide. Unknown publisher, United States of America.

The European Parliament and the Council of the European Union 2009. Directive 2009/128/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides. Official Journal of the European Union L 309/71.

Tyson, R. V., Simonne, E. H., White, J. M., & Lamb, E. M. (2004, December). Reconciling water quality parameters impacting nitrification in aquaponics: the pH levels. In Proceedings of the Florida State Horticultural Society (Vol. 117, pp. 79-83).

Veludo, M., Hughes, A., & Le Blan, B. (2012). Introduction to Aquaponics: A Key to Sustainable Food Production. Survey of Aquaponics in Europe. Water.

Villarroel, M., Mariscal-Lagarda, M. M., & Franco, G. (2021). 1. an introduction to aquaponics. Biology and Aquaculture of Tilapia.

Wirza, R., & Nazir, S. (2021). Urban aquaponics farming and cities-a systematic literature review. Reviews on environmental health, 36(1), 47-61.

Yavuzcan Yildiz, H., Robaina, L., Pirhonen, J., Mente, E., Domínguez, D., & Parisi, G. (2017). Fish welfare in aquaponic systems: its relation to water quality with an emphasis on feed and faeces—a review. Water, 9(1), 13.

Yep, B., & Zheng, Y. (2019). Aquaponic trends and challenges–A review. Journal of Cleaner Production, 228, 1586-1599.