

Planter i Aquaponics – Rapport til prosjekt «Utnyttelse av oppløst og partikulært avfall fra smoltproduksjon i et resirkulasjonssystem»



Utarbeidet av Silje Wolff, Senter for Tverrfaglig Forskning i Rommet: silje.wolff@ciris.no

Innhold

1	Introduksjon	2
2	Analyse av resultater fra AQP Vest i perioden 15. 11.11 – 4.12.12.....	2
3	Anbefalte Planter	6
3.1	Innspill til bruk av avløpsvann i liljeproduksjon ved Berge Gard og Gartneri	6
3.2	Utvelgelse av kulturplanter til vannkultur system ved NIVA	6
3.2.1	Miljøforhold.....	7
3.2.2	Næringsløsningen.....	8
3.2.3	Spiring og oppal.....	9
3.2.4	Produksjonsfasen	10
4	Referanser	10

1 Introduksjon

Aquaponics kombinerer akvakultur og planteproduksjon ved å utnytte næringsrikt avløpsvann fra fiskeoppdrett til veksthuskulturer. Plantene vil sammen med assosierte nitrifikasjonsbakterier danne et naturlig biofilter for å rense avfallsvann fra fiskeproduksjon. Grønnsaker og andre nyttevekster kan i tillegg være et sekundærprodukt som bidrar til å øke avkastningen på systemet. Basert på en analyse av innholdet av næringssalter i avløpsvannet fra et kommersielt resirkuleringsanlegg for laks, tar denne rapporten sikte på å gi *anbefalinger for relevante plantearter for integrert produksjon av fisk og planter*. Dette inkluderer utvelgelse av kulturplanter og *beskrivelse av deres dyrkingsforhold og næringskrav*.

2 Analyse av resultater fra AQP Vest i perioden 15. 11.11 – 4.12.12

Generelt regner man med at 16 elementer er essensielle for alle planter, der man deler inn i makro- og mikroelementer. Hydrogen (H), Oksygen (O) og karbon (C) tas opp fra lufta, mens de resterende 13 må tas opp fra jorda eller næringsløsningen. Makroelementene inkluderer Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Kalsium (Ca), Svovel (S) og Magnesium (Mg). Mikronæringsstoffene inkluderer Jern (Fe), Klor (Cl), Mangan (Mn), Bor (B), Sink (Zn), Kopper (Cu) og Molybden (Mo). Enkelte arter akkumulerer også andre elementer selv om de ikke er essensielle for vekst. Det gjelder Silisium (Si), Nikkel (Ni), Aluminium (Al), Kobolt (Co), Vanadium (V), Selen (Se) og Platina (Pt). Avfallsvannet fra smoltproduksjon inneholder høye verdier av natrium (Na) og klorid (Cl), så disse er også tatt med i analysene.

Konsentrasjonen av næringsstoffer i vannprøver fra AQP vest, sammenliknet med anbefalte verdier for plantedyrking i vannkultur er vist i tabell 1. Ved vurdering av innholdet av næringsstoffene som er nødvendige for planten, forekommer følgende elementer i for lav konsentrasjon: nitrogen, fosfor, jern, kalium, mangan, kobber, molybden og sink. Kun kalsium finnes i tilstrekkelig mengde i de fleste prøvene. For at plantene skal vokse og trives må stoffene som mangler tilføres avløpsvannet. Et alternativ kan være å gjødsle på blad.

I perioder da fisken smoltifiserte, ble anlegget driftet med unormalt høy saltholdighet (16 promille). Dette har påvirket tre prøveuttak tatt ut i perioden 29.02.12- 28.03.12, og vannprøvene tatt ut i denne perioden inneholder nivåer av Na og Cl som er toksiske for de aller fleste plantesorter. Unntak er ekstremt salttolerante arter som normalt vokser i områder med hyppig sjøsprøyt, men som ikke vil bli vurdert da de vurderes som uegnede i denne sammenheng. Ved de øvrige prøveuttakene ligger Na og Cl nivåene på hhv. 220-800 mg/L og 340-2400 mg/L. Som vist i tabell 2, ligger natriumnivåene også her over den generelle grensen for plantetoksisitet, og vannet må derfor tynnes ut eller behandles før det kan tilføres plantene for å unngå vekstreduksjon pga. høye natriumverdier. Når det gjelder Cl verdiene vil også disse

være toksiske for mange plantesorter. Unntaket er svært tolerante planter. Grenseverdier for plantetoksisitet for Na, Cl og total saltholdighet (konduktivitet) er vist i tabell 2. Disse verdiene varierte noe mellom ulike kilder og er derfor ment som en veiledning. Innholdet av magnesium, som også sannsynligvis stammer fra den høye andelen av sjøvann, var også over tilstede i skadelige konsentrasjoner i nesten alle prøvene. Det samme gjelder for bor, men her er det stor variasjon mellom plantesorter og nivåene kan tåles av moderat tolerante og tolerante sorter som salat og tomat.

Tabell 1. Anbefalte verdier for næringsløsning og innhold av plantenæringsstoffer i vannprøver tatt ut ved AQP Vest i perioden 15.11.2011 – 04.12.2012.

Element	Anbefalt nivå	15. nov	29. feb	14. mar	28. mar	20. jun	09. jul	25. jul	15. aug	04. sep	19. sep	06. nov	04. des
Nitrogen (N)	200	24,00	26,00	18,00	14,00	30,00	39,00	54,00	22,00	71,00	20,00	20,00	19,00
Fosfor	40	3,20	4,00	2,20	0,71	1,70	3,80	3,90	2,60	4,80	2,20	2,80	2,80
Kalium (K)	200	15,00	140,00	96,00	140,00	17,00	17,00	14,00	22,00	22,00	16,00	20,00	32,00
Kalsium (Ca)	150	58,00	220,00	210,00	200,00	70,00	130,00	140,00	100,00	130,00	64,00	82,00	92,00
Magnesium (Mg)	35	44,00	550,00	510,00	470,00	42,00	46,00	26,00	63,00	60,00	45,00	57,00	99,00
Jern (Fe)	3	0,03	0,51	0,17	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Mangan (Mn)	1	<0,001	0,01	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Bor (B)	0,3	0,18	2,10	1,60	1,60	0,15	0,16	0,01	0,20	0,23	0,16	0,18	0,34
Kobber (Cu)	0,1	0,00	<0,001	0,00	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Molybden (Mo)	0,1	<0,001	<0,005	<0,005	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00	<0,001	<0,001	0,00
Zink (Zn)	0,3	0,01	0,04	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Klor (Cl)	<75	840,00	9400,0	2700,0	6900,0	660,0	650,00	340,00	970,00	920,00	620,00	810,00	1400,
Natrium (Na)		360,00	4700,0	4500,0	3900,0	350,0	380,00	220,00	520,00	480,00	350,00	460,00	800,00
Kondukt. (mS/m)		244,00	2450,0	2360,0	1980,0	233,0	263,00	175,00	297,00	326,00	208,00	290,00	462,00

Generelt viser den høye konduktiviteten på vannprøvene at avfallsvannet fra smoltproduksjonen bør fortynnes og blandes med næringsløsning før det tilføres plantene om man ønsker å oppnå god vekst og friske planter. Na, Cl og B er for øvrig de mest vanlige forurensninger i grunnvann. Plantenes toleranse for saltstress og høy konduktivitet påvirkes av mange faktorer som sort, vekststadium, og type vekstmedium benyttet i produksjonen.

Tabell 2. Grenseverdier for toksiske verdier av Na i næringsløsning og tålegrense for Cl innhold og totalt saltinnhold hos planter med ulik sensitivitet.

Toksisitet	Na (mg/L)	Sensitivitet	Cl (mg/L)	Konduktivitet (mS/m)
Ingen	> 70	Sensitiv	<178	0-90
Økende	> 100	Moderat sensitiv	178-355	90-270
Betydelig	> 200	Moderat tolerant	355-710	270-635
Alvorlig	> 230	Tolerant	>710	635-2365

Kilde: Robert Morris and Dr. Dale Devitt, "Sampling and interpretation of landscape irrigation water", University of Nevada, A Guide to Interpreting Irrigation Water Analysis (http://www.spectrumanalytic.com/support/library/pdf/guide_to_interpreting_irrigation_water_analysis.pdf) and the Australian Water Quality Guidelines for Fresh & Marine Waters (ANZECC).

Noen av næringsstoffene som mangler i avløpsvannet finnes i slammet som skilles ut som en egen fraksjon fra avløpsvannet, så det kan vurderes å blande slam inn i avløpsvannet før tilførsel til plantene. Nivået av de ulike næringssaltene varierte sterkt mellom de ulike prøveuttakene. Slammet inneholder imidlertid også høye konsentrasjoner av flere av «problemforbindelsene» i vannet som natrium, klorid og magnesium, og vil slik øke konsentrasjonen av disse ytterligere. Næringsinnholdet i slammet (vist i tabell 3) er vanskelig å kvantifisere fra et plantebiologisk ståsted da volumvekt ikke er oppgitt. Det anbefales derfor å utføre en såkalt Spurwayanalyse fra LMI (se <http://www.lmiab.com/index.php/analyser/dagens-analyser/jordanalys-spurway> og <http://www.lmiab.com/> for mer info) for å vurdere den næringsmessige verdien på slammet.

Tabell 3. Innhold av plantenæringsstoffer (grønn farge) og andre metaller (brun farge) i slamfraksjon fra AQP Vest.

Element	Konsentrasjon (mg/kg tørrstoff)
Nitrogen (N)	2,1 - 7,4
PO4-	33 - 3700
Kalium (K)	230 - 640
Kalsium (Ca)	240 - 240000
Magnesium (Mg)	3200 - 13000
Jern (Fe)	830 - 2400
Mangan (Mn)	85 - 190
Bor (B)	5,4 - >52
Kobber (Cu)	3,4 - 11
Molybden (Mo)	0,46 - 3,4
Zink (Zn)	380 - 800
Klorid (Cl)	496 - 5840
Aluminium (Al)	180 - 450
Krom (Cr)	1,1 - 47
Natrium (Na)	2100 - 4900
Kadmium (Cd)	1,0 - 2,2
Bly (Pb)	1,1 - 3,6
Nikkel (Ni)	2,1 - 17

3 Anbefalte Planter

3.1 Innspill til bruk av avløpsvann i liljeproduksjon ved Berge Gard og Gartneri

Dersom avløpsvannet skal benyttes direkte til produksjon anbefales det å blande i materie fra slamfraksjonen for å øke innholdet av fosfor, kalium, jern, kobber, molybden og sink. Det mest begrensende næringsstoffet som da vil mangle er nitrogen, og det anbefales å tilsette nitrogen fra en ekstern kilde da dette vil øke sannsynligheten for å lykkes med friske planter betraktelig. Liljene ved Berge Gard og Gartneri dyrkes i jord/torv, et vekstmedium som har god bufferkapasitet og som i seg selv inneholder plantenæring. Dette muliggjør direkte bruk av avløpsvannet uten at dette trenger å ha negativ innvirkning på plantene.

3.2 Utvelgelse av kulturplanter til vannkultur system ved NIVA

En grei sort å dyrke for forskningsøyemed, som er mye brukt i hydroponikk systemer og som har kort kulturtid, homogen biomasse og der det finnes mye informasjon om forventet vekst og utvikling, er salat. Frillice (vist i figur 1a, også kalt Vestfoldsalat el. Crispi) er en meget populær og utbredt sort i Norge. Frillice er en eikebladlignende sort med sterkt grønne blad. Den utvikles tidlig og vokser raskt. Den er vanligvis resistent mot bladlus, meldugg og salat mosaikk virus. Den er også tolerant mot nekrose og storkrenning (utvikling av blomsterstengel før matnyttig del). Da saltinnhold i vannet kan vise seg å være et problem anbefales det i tillegg å dyrke en sort med høyere salttoleranse enn salat. Sølvbete (*Beta vulgaris cicla*, også kalt bladbete og mangold, vist i figur 1b) er en moderat salttolerant sort med rask vekst og kort kulturtid, og som generelt går for å være en sort med høy stresstoleranse. Sølvbete md hvit stilk går for å ha raskere vekst og være mer hardfør enn andre sorter. Sorten `Fordhook Giant` anbefales da den er mer utprøvd enn andre sorter. Begge sorter frø kan kjøpes på <http://www.impecta.se/sv/artiklar/gronsaker/index.html>.

a) Frillice



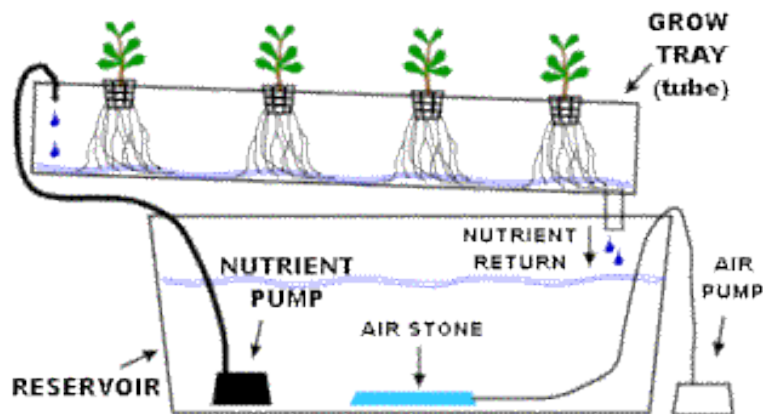
b) Sølvbete



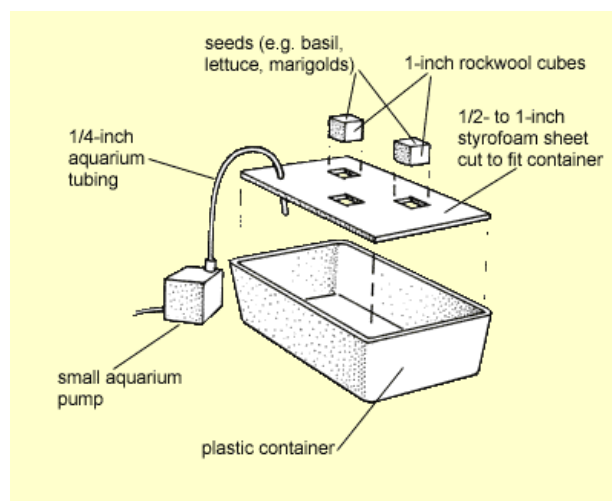
Figur 1. Salatsortene som anbefales for forsøkene ved NIVA; a) Frillice, og b) sølvbete cv. `Fordhook giant`.

Sortene kan dyrkes under samme vekstforhold og en kan se for seg en 50/50 fordeling av hver sort i hvert oppsett (test og kontroll). Begge sorter vil trives i Nutrient Film Technique (NFT) så

vel som i vannkultur (floating raft, deep water culture). En enkel skisse av hhv. Et NFT system og vann kultur system er vist i figur 2 og 3. En rekke ferdig lagede systemer kan kjøpes på nettet hos f. eks <http://www.hydroponics.eu/> eller <http://www.hydrogrow.no/>.



Figur 2. Skisse av et NFT system.



Figur 3. Eksempel på et enkelt vannkultur system av typen «floating raft».

3.2.1 Miljøforhold

Temperatur. Salat vokser best ved moderate dagtemperaturer (15-25°C) og kjølige netter (10-15°C) med en daglengde på 16 timer. Ved høyere temperaturer kan salaten gå i stakk, for høy temperatur hindrer dessuten også spiring. Plutselige endringer i temperatur kan også føre til sykdomsutvikling.

(Jonas Viken, pers.komm.) (Grubben, 2004).

Luftfuktighet. Salat trenger en relativ høy fuktighet for å vokse optimalt. En relativ fuktighet (RH) på 75-85 % er anbefalt i veksthusproduksjon. Opptaket av visse næringsstoffer har sammenheng med luftfuktighet, dette gjelder først og fremst kalsium, magnesium, kalium, nitrat og fosfor (Bævre og Gislerød.1999).

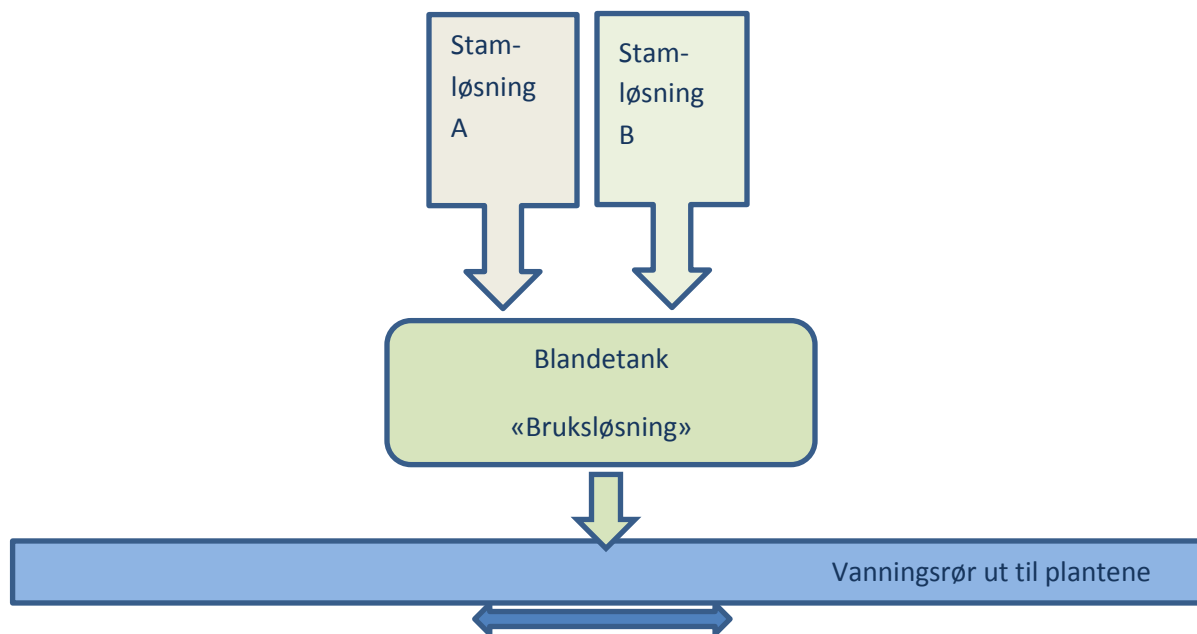
Lys. Anbefalte lyskilder er CWF (cool white fluorescent) lamper eller HPS (High Pressure Sodium / høytrykk-natriumdamplys). Sistnevnte kjennetegnes ved sitt gule natriumlys der de gule- og gulgrønne bølgelengdene dominerer. Økt strekningsvekst har vært et problem ved dyrking av salat om vinteren ved bruk av disse lampene, man må derfor øke belysningsstyrken for å kompensere for de negative effektene (Bevre og Gislerød, 1999). I tillegg må lampene monteres på en slik måte at varmen fra lampene ikke forstyrrer spiring eller påvirker settpunktet for temperatur i rommet. Anbefalt lysmengde under forsøket er 250-300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ og en uniform distribusjon over hele vekstområdet. Lysintensitet anbefales å ligge noe lavere under spiring (50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) og deretter på ca. 250 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (Wheeler et al.1994).

Vekstmedium. Valg av vekstmedium avhenger av ønskede egenskaper. Torv vil ha større bufferkapasitet og holde bedre på fuktighet enn for eksempel leca og pimpstein, mens leca og pimpstein har fordel i at det ikke påvirker pH eller bringer organisk materiale inn i systemet. Ferdigpressede «klosser» av steinull eller den organiske varianten «perfect starts» har også vist seg å fungere bra i hydroponikk systemer (et utvalg av ulike vekstmedier finnes på www.futuregarden.com). *Her må jeg få komme tilbake med mer input når dere har valgt hva slags system dere skal bruke.*

3.2.2 Næringsløsningen

pH. Næringsløsningens pH bør ligge mellom 5.6 -6.0. Litt avhengig av vekstmedium kan det forventes at pH vil stige utover produksjonsperioden. pH kan enkelt reguleres ved tilførsel av salpetersyre (HNO_3) til næringsløsning. pH regulerer tilgjengeligheten av nærings saltene i løsningen og det er derfor viktig å regulere den til riktig nivå.

Gjødsling. Ved gjødsling av planter i vannkultur tilføres næringsløsningen gjennom vanningsanlegget. Bruksløsning er den løsningen som blir tilført plantene, mens stamløsning er en konsentrert løsning av ett eller flere gjødselstoffer som etter en fortykning er med på å danne en bruksløsning. Stamløsninger lages ved å løse salter i vann og ionene dissosierer i vannet. Hvis stamløsningen har for høy konsentrasjon kan enkelte stoffer reagere med hverandre og man får en utfelling. Dette gjelder spesielt stoffene kalsium og sulfat. Disse to kan derfor ikke blandes i samme stamløsning (Resh, 1995). Et gjødslingssystem ser derfor omtrent slik ut;



Figur 4. Grafisk fremstilling av gjødslingssystem for planter i vannkultur

Følgende typer vannløselig gjødsel anbefales benyttet til salat og sølvbete (etter anbefalinger fra LOG):

Stamløsning 1: Superex grønnsaker (Kekkilä, LOG)

Stamløsning 2: Calcinit (Yara, LOG)

Disse løses i vann (i hver sin respektive tank) til en stamløsning på 10 %. Denne konsentrasjonen skal ikke overskrive 12,5 %, da man vil få utfellinger (Terje Wikmark, LOG, pers.komm).). Alternativt kan man tilføre gjødselen på en enklere måte ved å lage en stor tank med ferdig bruksløsning, som etterfylles ved behov. Dette anbefales til mindre systemer som forsøksanlegget planlagt ved NIVA.

Ledningsevnen eller konduktiviteten forteller om den elektriske ledeevnen til en løsning og brukes til å måle konsentrasjonen på gjødselblandingen (Bævre og Gislerød, 1999). Salat anbefales å ha et ledetall på rundt 2-2,5 i produksjonsfasen (Morgan, 1999).

3.2.3 Spiring og oppal

Salat og sølvbete såes typisk i pluggbrett. Mediet vannes før frøet legges på eller rett under overflaten og ytterligere vanning er ikke nødvendig før frøet har spirt. De to første dagene dekkes frøene av en transparent plast, for å holde luftfuktigheten oppe (95 %) rundt frøene i spirefasen. Etter at plasten tas bort, anbefales det lys 22 timer per døgn og luftfuktighet på ca.

70-80 %. Når frøplantene har utviklet to frøblad, kan plantene få en fortynnet næringsløsning med ledetall på ca. EC 0.5-1.6 mS/cm. Samme gjødsel som til planter i produksjon kan benyttes, bare i fortynnet form. Dette vil gjøre planterøttene bedre i stand til å tilpasse seg de mye høyere ledetallene når de settes i produksjon (Morgan, 1999).

For å hemme lengdevekst og få en tettere og mer robust plante, er det en fordel om plantene under oppal blir tilført lys med større innslag av blått lys (ser hvitt ut) enn under produksjon. Denne typen lys kan tilføres ved å bytte ut noen av de vanlige HPS lampene med metallhalogenpærer under oppalsperioden.

Etter ca. 2 uker utføres en visuell inspeksjon for å utelukke frø som ikke har spirt eller planter som ikke vokser normalt. Frøplantene blir så flyttet over i rennene for neste fase; produksjonsfasen (Wheeler, 1994) (Jonas Viken, pers.komm).

3.2.4 Produksjonsfasen

Etter oppalsperioden på ca. 2 uker overføres salatplantene til NFT/vann kultur systemet for den videre produksjonsfasen som varer fra 4-6 uker. Plantene står i samme pottes som i oppalsperioden og plasseres i plastrenner el.l.

For å sikre salatplantene nok lys, anbefales det å beregne ca. 20 planter per m² ved produktvekt 250-330 g per hode ved høsting. Lysmengde i produksjonsfasen reguleres nå opp til ca. 200-250 μmol/m²/s og konsentrasjonen på gjødselen økes fra et ledetall på ca. 0.5-1.6 til rundt 2.5 mS cm⁻¹(Both, 2001).

Det anbefales vanning ca 6 ganger per døgn, litt avhengig av hvilket vekstmedium som velges, for at plantene skal få tilstrekkelig fuktighet og næring, samtidig som det tilføres nok oksygen. Hvis man tilfører luft gjennom systemet kan man sirkulere vannet kontinuerlig. Hyppigheten på vanningen kan justeres underveis dersom det er nødvendig.

4 Referanser

Both, (2001):

<http://www.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/lab551/vegetable/culturalpractice/ten%20years%20of%20hydroponic%20lettuce%20research.pdf>

Bævre, O.A. og Gislerød, H.R. (1999). Plantedyrking i regulert klima. Landbruksforlaget.

Dragland, S. (2003). God dyrkingspraksis for hagesalat i veksthus- og frilandsdyrking med sikte på redusert nitratinnhold, Grønn kunnskap Vol.7 Nr.133 – 2003

Grubben, G.J.H. (2004). Lactuca sativa L. [Internet] Record from Protabase. Grubben, G.J.H. & Denton, O.A. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands. < <http://database.prota.org/search.htm>>.

Morgan, L. (1999). Hydroponic Lettuce Production. Caspar publications Pty Ltd.

Resh, H.M., (1995), *Hydroponic Food Production*, Woodbridge Press Publishing Company

Wheeler, R.M., Mackowiak, C.L., Sager, J.C., Yorio, N.C., Knott, W.M (1994). Growth and Gas Exchange by Lettuce Stands in a Closed, Controlled Environment. J.Amer. Soc. Hort. Sci. 119(3):610-615. 1994.