



Dyrkingsbetingelser for *Lemna minor*

Rapport fra dyrkingsforsøk med andemat i veksthus

Anne Langerud og Randi Wikdahl, Bioforsk Midt-Norge

Dyrkingsbetingelser for *Lemna minor*

Rapport fra dyrkingsforsøk med andemat i veksthus

Anne Langerud og Randi Wikdahl, Bioforsk Midt-Norge Kvithamar

Bioforsk FOKUS blir utgitt av:
Bioforsk, Frederik A. Dahls vei 20, 1432 Ås
post@bioforsk.no
Ansvarlig redaktør: Forskningsdirektør Nils Vagstad

Denne utgivelsen:
Bioforsk Midt-Norge
Fagredaktør: Erik Revdal

Bioforsk FOKUS
Vol 7 nr 3 2011
ISBN nummer: 978-82-17-00878-1

Forsidefoto: Anne Langerud

www.bioforsk.no

Innhold

■ Innhold.....	5
■ Sammendrag.....	6
■ Innledning.....	6
■ 1. Vannkvalitet.....	7
■ 2. Konsentrasjon av zink og kobber i vekstmediet.....	12
■ 3. Næringskonsentrasjon.....	14
■ 4. Nitrogenkilde.....	15
■ 5. Produksjonspotensialet for andemat.....	16
■ Litteratur.....	19

Sammendrag

Det ser ut til at en kan dyrke andemat i næringsløsninger med samme sammensetning som de en vanligvis bruker til veksthuskulturer. En nitrogenkonsentrasjon på 40-50 ppm ga bedre resultat enn høyere og lågere konsentrasjoner. Ei standard løsning med dette innholdet av nitrogen vil ha en fosforkonsentrasjon på 8 ppm og en kaliumkonsentrasjon på 40 ppm. En må være oppmerksom på at konsentrasjonen av zink og kobber kanskje bør senkes i forhold til hva som er i

standard blandinger for veksthuskulturer. Zinkkonsentrasjonen bør ikke overstige 0,5 ppm. Kobberkonsentrasjonen må være enda lågere. Det antas at en konsentrasjon på 0,05 ppm kan være tilstrekkelig for begge. Andematen vokste raskere med nitrat enn med ammonium som nitrogenkilde. Den høyeste vekstraten som ble oppnådd i forsøkene, var 0,168 g/g tørrvekt og dag.

Innledning

Lemna spp. tilhører Andematfamilien (*Lemnaceae*) og er frittflytende, flerårige vannplanter. Plantene har form som små skiver og er ikke differensiert i organer som blad og stengel. Plantene blomstrer sjelden, og formerer seg oftest ved knoppskyting. I Norge har vi to viltvoksende arter: Andemat (*Lemna minor* L.) og krossandemat (*Lemna trisula* L.). I forsøkene her er det *L. minor* L. som er brukt. Denne arten har skiver som er 2-5 mm i diameter, og ofte henger to eller flere av disse skivene sammen. Den vokser i næringsrikt vann, oftest i vannpytter, grøfter eller tjern (Lid & Lid 1998).

Det høye proteininnholdet gjør at andemat egner seg godt som fôr til både pattedyr og fisk (Bjørndahl 1985). Det er derfor av interesse å prøve å utvikle en god dyrkingsmetode slik at en kan produsere store

mengder andemat til dette formålet. I den forbindelse har det i 2005 og 2006 blitt gjennomført flere forsøk med dyrking av andemat (*Lemna minor* L.) ved Bioforsk Midt-Norge Kvithamar (BFMN). Målet med forsøkene var først og fremst å finne et egnet dyrkingsmedium for arten. På Kvithamar har det over flere år blitt forsøkt dyrket andemat i flytende næringsløsning uten at en har lykket særlig godt. Årsaken til dette er usikkert, og i forsøkene som ble gjennomført var derfor både vannkilde, næringskonsentrasjon og pH av interesse å undersøke.

Resultatene fra de fem forsøkene er lagt fram i kronologisk rekkefølge i denne rapporten.

1. Vannkvalitet

Materiale og metode

Før dyrkingsforsøkene ble satt i gang, ble det innsendt en prøve av vatn fra grøfter i de oppdyrka myrene på Smøla, der det naturlig er god vekst av andemat. Prøven ble analysert for innhold av totalnitrogen, nitrat/nitritt, ammoniumnitrogen, kalium og totalfosfor. I tillegg ble pH på vannet bestemt. Prøven ble analysert hos LabNett AS.

I det første veksthusforsøket ble det dyrket andemat i 7 ulike medier. Alle 7 mediene ble repetert 2 ganger, dvs. det var 14 dyrkingskar. Hvite plastbokser med volum på 0,5 l ble brukt som dyrkingskar.

Mediene:

1. Springvatn
2. Lonebytta vatn
3. Lonebytta vatn + Superba™ Plus og Calcinit™ tilsvarende 20 ppm N
4. Lonebytta vatn + Superba™ Plus og Calcinit™ tilsvarende 100 ppm N
5. Vatn fra dammen i Bolkåsen, Kvithamar
6. Vatn fra dammen i Bolkåsen + Superba™ Plus og Calcinit™ tilsvarende 20 ppm N
7. Vatn fra dammen i Bolkåsen + Superba Plus™ og Calcinit™ tilsvarende 100 ppm N

Det ble brukt vatn fra dammen i Bolkåsen fordi det der vokser andemat naturlig. pH i dette vatnet varierer om sommeren mellom 6 og 8. I tillegg ønsket vi å sammenlikne vatn fra renseverk (springvatn) med lonebytta vatn fordi en har lurt på om vatn fra vann-

verk kan inneholde rester fra kalkings- og renseprosessen som påvirker andematen negativt.

I medier tilsatt 100 ppm nitrogen får en i tillegg ca. 132 ppm kalium og ca. 15 ppm fosfor. Med tilsatt av 20 ppm nitrogen følger henholdsvis ca. 32 og 4 ppm kalium og fosfor. I begge behandlingene er ca. 95 % av nitrogenet gitt som nitrat. I hvert dyrkingskar var det 20 individer andemat i 2,5 dl dyrkingsmedium da forsøket startet. Andematen var henta fra dammen i Bolkåsen. pH ble registrert ved start og hver dag fram til forsøket ble avsluttet etter ei uke. Ved avslutning ble antall individer i hvert kar registrert.

I det andre forsøket brukte vi de samme dyrkingsmediene som i første forsøket. I tillegg hadde vi alle mediene stående uten andemat oppi. Dette ble gjort for å undersøke om evt. pH-endringer skyldtes planta sjøl, eller om pH endret seg uavhengig av om det var andemat i mediet eller ikke. pH ble registrert omtrent annenhver dag. Ved avslutning etter 14 dager registrerte vi antall levende og antall døde individer.

I begge forsøkene stod dyrkingskarene i veksthuset uten tilleggsvarme eller -lys. Når temperaturen i huset gikk over 25 °C, ble det luftet. Under det første forsøket var dag- og nattetemperatur i gjennomsnitt henholdsvis 21,5 og 15,3 °C. I det andre forsøket var tilsvarende temperaturer henholdsvis 20,5 og 16,7 °C.

Resultater og kommentarer

Analyse av vatnet

Se tabell 1.

Tabell 1. Analyseresultater av vannprøve fra Smøla. I dette vatnet er det naturlig god vekst av andemat.

Parameter	Metode	Resultat
Total nitrogen	NS 4743	74,9 mg N/l
Nitrat + nitritt	S 4745 J	17,0 mg N/l
Kalium ICP-AES	ICP-AES	47,5 mg K/l
Total fosfor	NS 4725	13,2 mg P/l
pH, surhetsgrad	NS 4720	6,1
Ammonium-nitrogen	NS 4746M	8,71 µg NH ₄ -N

Vatnet som er analysert har i følge grunneieren godt tilsig fra dyrket og gjødslet mark. Dette vises også på analyseresultatene med et relativt høyt innhold av både nitrogen og kalium. Mye av nitrogenet finnes i organisk form, bare en tredjedel av det totale innholdet finnes i mineralisk, lett plantetilgjengelig, form. Men i følge Björndahl (1985) er andematen i stand til å nytte enkle organiske forbindelser som N-kilde. Det ser derfor ut til at andematen vil ha god tilgang til både nitrogen og andre næringsstoffer i dette vatnet.

pH

I det første forsøket steg pH i alle behandlinger, til dels betydelig i enkelte. Blandingen med ionebytta vatn tilsatt 20 ppm nitrogen var mest ekstrem med en endring i pH fra 6,6 til 10,5 på 7 døgn. Den mest stabile blandingen var ionebytta vatn tilsatt 100 ppm nitrogen. Her steg pH fra 5,9 til 6,9 i samme periode (figur 1).

I det andre forsøket steg pH i kar både med og uten andemat i de fleste behandlinger, og endringen i pH var uavhengig av om det var andemat oppi eller ei (tabell 2). Også i dette forsøket var det i behandlingen med ionebytta vatn tilsatt 20 ppm nitrogen hvor pH steg mest (6,2-9,2). Mest stabile var springvatn og ionebytta vatn. En kunne i dette andre forsøket se en tendens til nedadgående pH mot slutten av 14-dagers perioden i flere av behandlingene. Ser en på de to forsøkene samlet, ser en at pH jevnt over stiger i de første 6-7 dagene, deretter synker den.

I følge Björndahl (1985) tolererer andemat en pH på mellom 4,7 og 7,6. Det betyr at i siste perioden av begge forsøkene lå nærmest alle mediene utenfor toleranseområdet når det gjelder pH.

Dersom en skal diskutere hvorvidt andematen sjøl bidrar til økt pH, må en studere mediene der veksten har vært god. Gjør en det, vil en se at behandlingen med vatn fra Bolkåsen tilsatt 20 ppm N har hatt en relativt sterk og rask økning i pH sammenliknet med samme medium uten andemat. Det samme kan sies om ionebytta vatn tilsatt 20 ppm N. Ut fra disse resultatene kan det se ut som om andematen hever pH. På den andre siden ser en at det var god vekst av andemat også i mediene tilsatt 100 ppm N, men her var ikke økningen i pH særlig forskjellig fra samme medium uten andemat. Dette kan forklares med at

medier med høyere innhold av næring bufrer bedre.

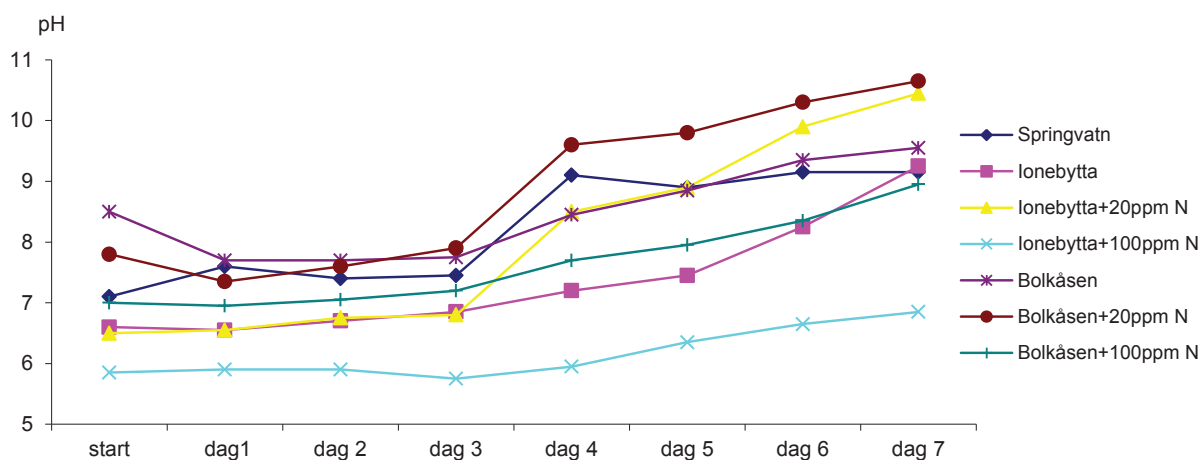
Når andematen tar opp næringsstoffer, vil dette også påvirke pH. Om planta tar opp næringsstoffene som anioner, vil dette heve pH. For eksempel vil opptak av nitrat (NO_3^-), ulike sulfater og fosfater heve pH, mens bl.a. opptak av ammonium (NH_4^+) og kalium (K^+) vil senke pH i næringsløsningen (Mengel & Kirkby 2001). Om en dyrker planter i et lukket system, som et kunstig basseng eller kar vil være, må en derfor uansett regne med at pH vil endre seg dersom en ikke bufrer med base eller syre.

En annen faktor som kan påvirke pH, er fordampingen av vatn underveis i forsøket. I kar uten andemat, eller i kar der andematen ikke forbruker næring, vil fordampingen gi økt konsentrasjon av salter. Dette påvirker pH, både fordi pH er en funksjon av saltkonsentrasjonen, og fordi økt saltkonsentrasjon gir bedre bufring.

Produksjon og vekst

Produksjonen i dette forsøket er målt ved at en har regnet antall individer ved avslutning av forsøket. En bedre metode hadde kanskje vært å beregne produksjonen i tørrvekt. Årsaken til at det ble valgt antall var at en antok at mengden andemat var så liten at en knapt fikk utslag på vekta. I ettertid ser en at en antakelig hadde fått vektforskjeller mellom de beste og de dårligste behandlinger ved å bruke tørrvekt. En observerte også store fargeforskjeller på andematen i de ulike behandlingene, men dette kommer ikke fram i resultatene (figur 2).

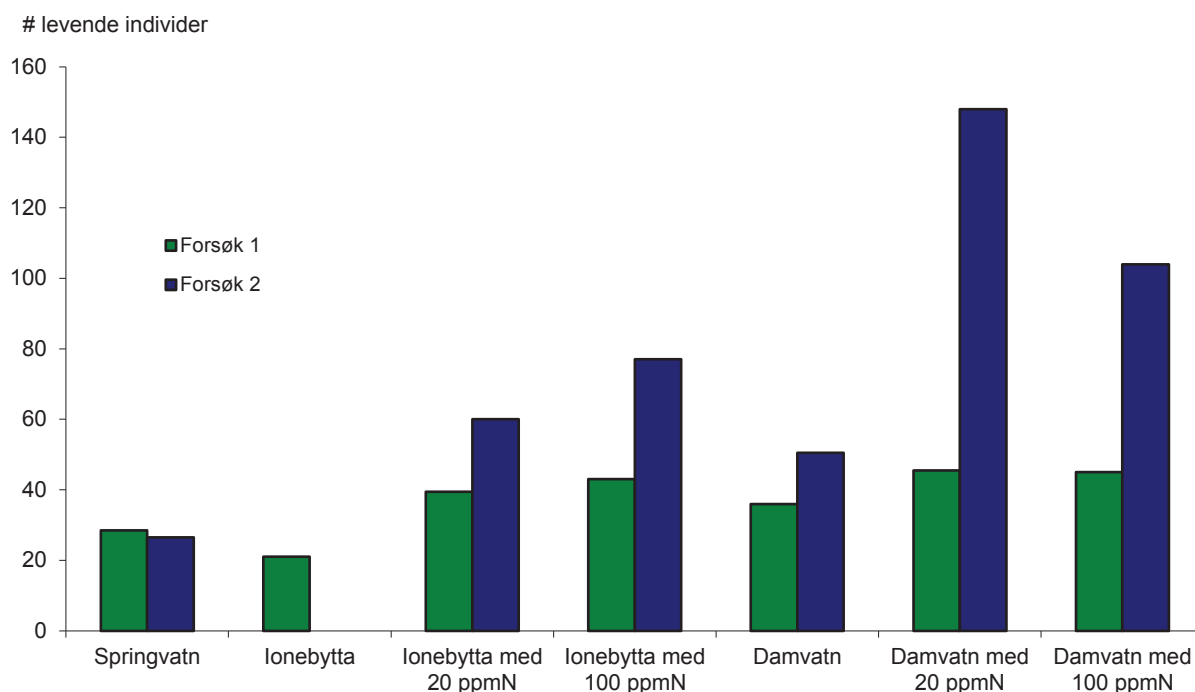
Ikke overraskende var det i mediene tilsatt næring en fikk den største økningen i antall individer. Flest levende individer var det i vatnet fra Bolkåsen tilsatt 20 ppm nitrogen (figur 2). Resultatet tyder på at tilsats av 20 ppm N ga tilstrekkelig med næring i vatnet fra Bolkåsen. I dette vatnet kan en anta at det var noe næring fra før. I det ionebytta vatnet ble det større produksjon da en tilsatte 100 ppm N enn 20 ppm N, men likevel betraktelig lavere enn i Bolkåsenvatnet.



Figur 1. Endring i pH over en sjudagers periode i ulike dyrkingsmedier med andemat. Verdiene er et gjennomsnitt av to kar.

Tabell 2. Endring i pH over en 14-dagers periode i ulike medier. De fargelagte radene er fra medier der det ble dyrket andemat, de andre er samme medium som har stått uten andemat. Verdiene er et gjennomsnitt av medium fra to kar.

Medium	pH						
	Start	Dag 2	Dag 4	Dag 6	Dag 8	Dag 11	Dag 14
Springvatn	7,8	8,0	8,1	8,2	8,1	8,0	8,0
Springvatn	7,8	8,0	8,5	9,2	9,0	8,3	7,8
lonebytta vatn	7,4	7,1	6,9	6,9	7,0	7,1	7,4
lonebytta vatn	7,4	7,2	7,2	7,4	7,4	7,6	7,7
lonebytta+20 ppm N	6,2	6,7	7,0	8,1	10,0	10,1	9,2
lonebytta+20 ppm N	6,2	6,3	6,6	6,8	7,0	9,6	9,0
lonebytta+100 ppm N	5,5	6,1	6,2	6,7	7,4	8,7	8,4
lonebytta+100 ppm N	5,5	5,9	5,8	6,3	7,7	9,7	9,2
Bolkåsen	7,7	7,8	8,0	8,8	9,0	8,5	8,1
Bolkåsen	7,7	7,6	7,8	8,1	9,7	9,5	8,3
Bolkåsen+20 ppm N	7,5	7,9	8,1	9,3	10,5	10,6	9,7
Bolkåsen+20 ppm N	7,5	7,6	7,8	8,0	8,8	9,8	9,8
Bolkåsen+100 ppm N	6,8	7,2	7,6	8,2	9,3	9,4	8,6
Bolkåsen+100 ppm N	6,8	7,2	7,3	7,9	9,1	9,3	8,5



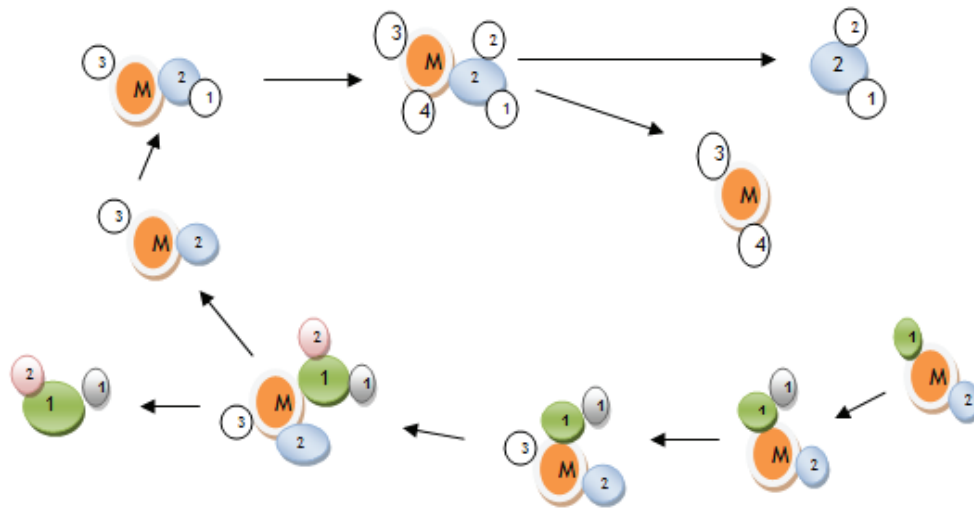
Figur 2. Antall individer av andemat ved avslutning av forsøkene. I begge forsøk startet en med 20 individer. Forsøk 1 ble avsluttet etter 7 dager, forsøk 2 etter 14 dager.

For å opprettholde en viss produksjon bør næringstilgangen være god, men en skal være oppmerksom på at en del mikronæringsstoffer som for eksempel kobber, blir toksisk på svært lavt nivå. Bjørndahl (1985) refererer til forsøk som har vist at en kobberkonsentrasjon på 1 ppm ga toksisk effekt og all vekst stoppet. Samtidig avtok veksten ved 0,5 ppm på grunn av kobbermangel. Det betyr at avstanden mellom ønsket og toksisk kobberkonsentrasjon er svært liten.

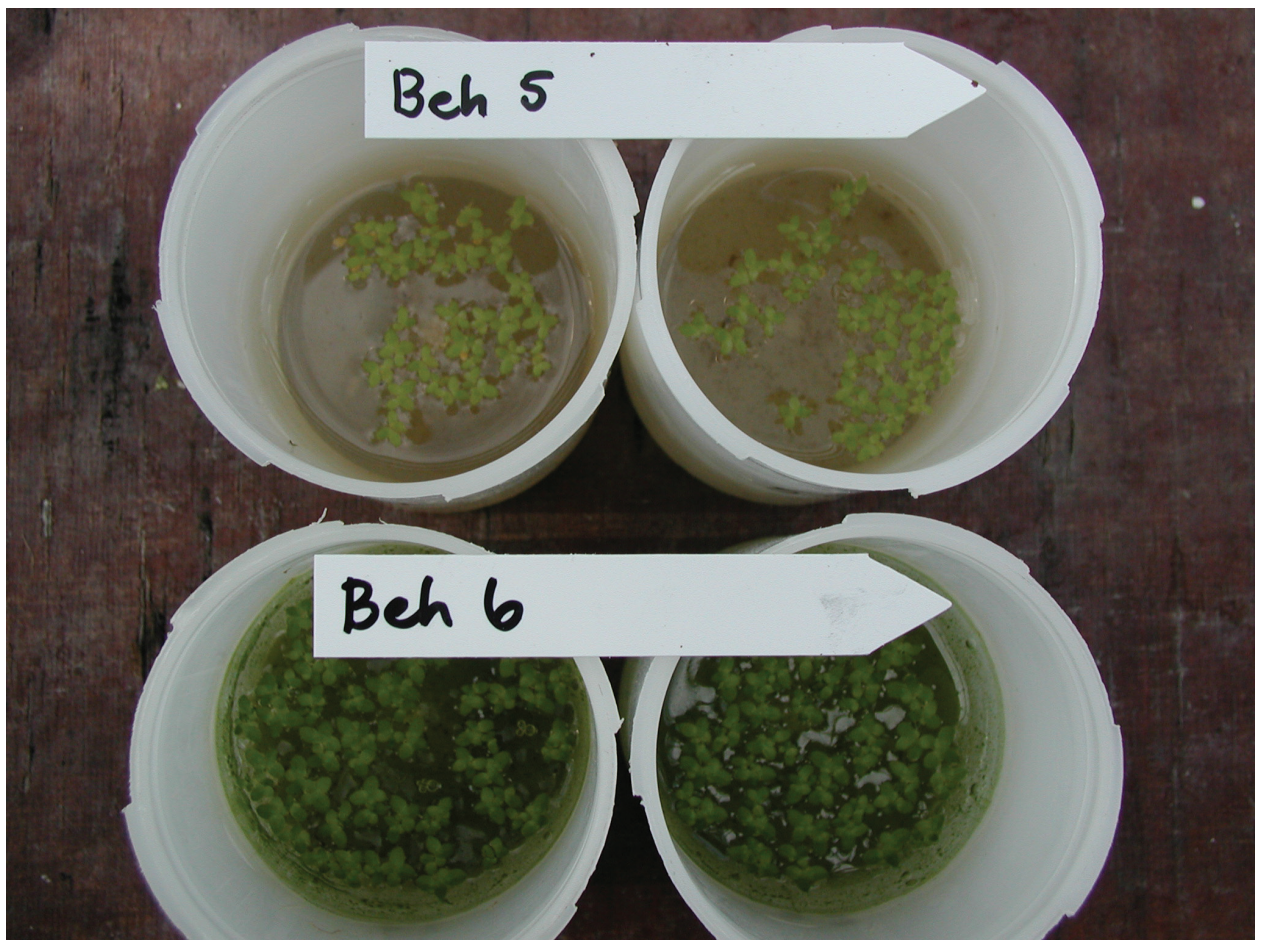
I det første forsøket var det betraktelig flere døde individer enn i det andre. Det betyr at tilveksten var høyere enn det antall individer ved avslutning skulle tilsi. Hva som er årsaken til dette er usikkert, men i følge Bjørndahl (1985) er det, sjøl i konstante omgivelser, funnet sykliske svingninger i veksten. Disse svingningene opptrer både med kortere (4-6 dager) og lengre (25-40 dager) sykluser. Sykluser som oppstår kan være et utslag av innsamlingen av individer.

En andematkoloni består av et morblad og hennes "døtre" (figur 3). Døtrene vokser ut fra mora og vil etter ei tid frigjøre seg og produsere egne døtre. Ca. 60 timer etter at et nytt morblad er dannet vil datter nr. 1 separeres fra. Etter nye 30 timer vil datter nr. 2 være eget individ, og ytterligere 40 timer senere vil

datter nr. 3 være separert fra mora. Ut fra dette ser det ut som at tida mellom separasjon av hver datter øker etter hvert. En koloni som dette vil være i eksponentiell vekst, men etter få generasjoner vil kolonien nå ei likevekt. En koloni i eksponentiell vekst vil ha ca. 60 % "førstedøtre", mens en koloni i likevekt vil ha ca. 39 % "førstedøtre" (Bjørndahl 1985). Det vil antakelig bety, om en tolker dette rett, at dersom en samler individer i en koloni i likevekt, vil det ta noe tid før denne kolonien går over til eksponentiell vekst. Samler en derimot fra koloni med stor andel "førstedøtre" kan en forvente eksponensiell vekst umiddelbart.



Figur 3. Andematens livssyklus. M står for morblad, mens tallene 1-4 angir hvilket nummer i rekka datteren har. Etter Björndahl (1985).



Figur 4. Andemat dyrket i vatn fra Bolkåsen uten tilsats av næring (Beh. 5) øverst på bildet, og ved tilsats av 20 ppm nitrogen (Beh. 6) nederst på bildet. Bildet er tatt ved avslutning av forsøk 2, dvs. etter dyrking i 14 dager.

2. Konsentrasjon av zink og kobber i vekstmediet

Innledning

I forbindelse med litteratursøk fant en at mikronæringsstoffene kobber og zink virker toksiske på andematen ved svært lave nivå (Björndahl 1985). I den forbindelse ble det i desember 2005 gjennomført et forsøk med dyrking av andemat i ulike nivåer av kobber og zink i veksthuset ved BFMN.

Mål med forsøket: Klargjøre om hvor høye nivåer av hhv. kobber og zink andemat kan tåle uten at veksten hemmes.

Materiale og metode

I kobber- og zinkforsøket ble det dyrket andemat i 7 ulike medier. Alle 7 mediene ble repetert 3 ganger, dvs. det var 21 dyrkingskar. Hvite plastbokser med volum på 0,5 l ble brukt som dyrkingskar.

Mediene:

1. *Næringsløsning som gir 20 ppm N (kontroll)*
2. *Som beh. 1 + 0,5 ppm kobber tilsatt som kobbersulfat*
3. *Som beh. 1 + 1,5 ppm kobber tilsatt som kobbersulfat*
4. *Som beh. 1 + 2,5 ppm kobber tilsatt som kobbersulfat*
5. *Som beh. 1 + 1 ppm zink tilsatt som zinksulfat*
6. *Som beh. 1 + 3 ppm zink tilsatt som zinksulfat*
7. *Som beh. 1 + 5 ppm zink tilsatt som zinksulfat*

Med tilsats av 20 ppm nitrogen følger henholdsvis ca. 22 ppm kalium og 4 ppm fosfor. 95 % av nitrogenet er gitt som nitrat. Når det gjelder kobber og zink vil alle behandlinger få 0,003 og 0,016 ppm av henholdsvis kobber og zink i tillegg til det de eventuelt får gjennom den eksperimentelle behandlinga.

I forsøket var det 20 individer andemat i hvert dyrkingskar i 2,5 dl dyrkingsmedium da forsøket startet. Andematen var henta fra dammen i Bolkåsen. Ved avslutning ble tørrvekt andemat registrert i hvert kar. En har beregnet at 20 individer andemat har en tørrvekt på ca. 0,02 g.

Temperaturkravet i veksthuset var 20 °C dag og 18 °C natt, det ble luftet når temperaturen var mer enn 2° over setpunkt. Det ble gitt ca. 20 klux tilleggslys i 18 timer.

Resultater og kommentarer

Kobber

Ekstra tilsats av kobber førte til at andematen døde etter bare 2-3 dagers behandling. Andemat i kar der kobberkonsentrasjonen var hhv. 2,5 eller 1,5 døde i løpet av de første seks døgn av forsøket, mens andematen i den svakeste konsentrasjonen levde et par døgn lenger. Andematen i alle tre behandlingene med ekstra kobber bar tydelig preg av behandlingen allerede etter ett døgn (figur 6).

I planter generelt har kobber, bundet i ensymkompleks, betydning for en rekke reaksjoner. Høye kobberkonsentrasjoner i mediet senker fotosynteseaktiviteten ved at klorofyllinnholdet avtar. Det er stor forskjell på hvor høy konsentrasjon av kobber ulike planter kan tåle. De fleste arter som dyrkes i tradisjonelt landbruk vil bli hemmet dersom innholdet av kobber i bladene overstiger 20-30 $\mu\text{g g}^{-1}$ tørrstoff, mens enkelte spesielt kobber-tolerante arter (metalofytter) kan inneholde så mye som 1000 $\mu\text{g g}^{-1}$ tørrstoff (Marschner 1995). I andemat er det i tre tidligere forsøk funnet kobberkonsentrasjoner på henholdsvis 22-52, 0-110 og 33 $\mu\text{g g}^{-1}$ tørrstoff. Samtidig fant en at kobberkonsentrasjonen er høyere i plantevevet enn i mediet dersom konsentrasjonen av kobber i mediet er høyt (Björndahl 1985).

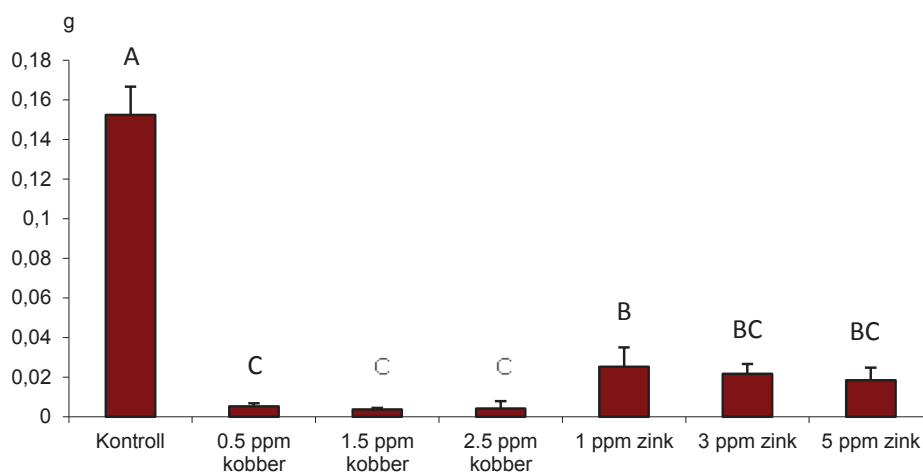
Björndahl (1985) refererer til forsøk som har vist at en kobberkonsentrasjon på 1 ppm ga toksisk effekt på andematen. I de samme forsøk refereres det om kobbermangel når kobberkonsentrasjonen var 0,05 ppm. Ut fra forsøket som ble gjennomført på Kvithamar bør grensa for maksimal kobberkonsentrasjon i hvert fall senkes til 0,05 dersom en vil unngå veksthemming og forgiftning. Det betyr at avstanden mellom ønsket og toksisk kobberkonsentrasjon er svært liten.

Zink

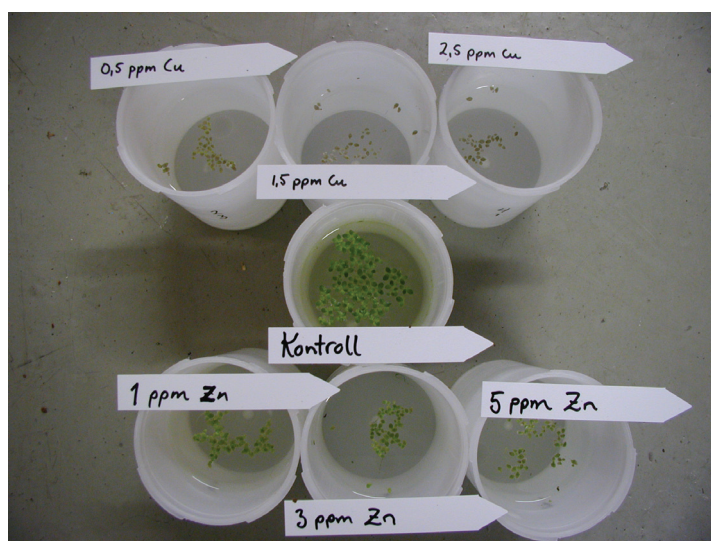
Ekstra tilsats av zink virket også negativt på andematplantene, men virkningen kom ikke så raskt som ved de tre kobberbehandlingene. Etter seks døgn var plantene i mediet med den sterkeste zinkkonsentrasjonen (5 ppm) døde, mens de to andre med henholdsvis 1 og 3 ppm zink var svekket, men fortsatt tilsynelatende levende. Ved avslutning av forsøket etter tolv døgn var alle de tre zinkbehandlingene betydelig dårligere enn kontrollen (figur 5).

Zink har både en funksjonell (katalytisk) og en strukturell rolle i enzymreaksjoner i levende planter. For mye zink hemmer fotosynteseaktiviteten.

En kunne også merke seg at særlig kobber, men tildels også zink, virket hemmende på algeveksten. Sammenligner en med kontrollen var det betydelig mindre algevekst i alle andre medier. I de to "sterkeste" kobbermediene var det ikke algevekst i det hele tatt, mens en i den svakeste konsentrasjonen kunne se antydning. I de tre zinkmediene kunne en se noe algevekst uansett konsentrasjon, men likevel avtagende algevekst med økende zink-konsentrasjon.



Figur 5. Tørravling av andemat i hvert kar for de sju behandlingene da forsøket ble avsluttet. Ved oppstart var det 20 individer i hvert kar. Tallene er et gjennomsnitt av tre replikasjoner. Behandlinger med ulik bokstav er signifikant forskjellig ($p < 0,05$). Standardavviket for tørravling er avmerket.



Figur 6. Andemat dyrket i medium med ulik konsentrasjon av hhv. Kobber og zink. Mediet som var kontroll hadde en konsentrasjon på 0,003 og 0,016 ppm av hhv kobber og zink. Bildet er tatt etter dyrking i 5 dager.

3. Næringskonsentrasjon

Mål med forsøket: Finne øvre og nedre grense for hvilken ione-konsentrasjon andematen tåler, samt prøve å finne det optimale nivået med hensyn på størst mulig produksjon.

Materiale og metode

I forsøket med ulik næringskonsentrasjon ble det dyrket andemat i 8 ulike medier. Alle mediene ble repetert 3 ganger, dvs. det var 24 dyrkingskar. I hvert dyrkingskar startet en med fem "sommerfuglindivider" (ei estimert tørrvekt per individ på 0,005 g). I behandling 1-6 ble næringsløsningen skiftet ut annenhver dag slik at næringsinnholdet var tilnærmet det samme gjennom hele forsøket. I behandling 7 og 8 ble næringsløsningen skiftet en gang hver uke. Ved avslutning av forsøket ble andematen tørket og veid. Tørrvekt andemat ble registrert for hvert dyrkingskar. Forsøket ble gjennomført fra 16.januar til 7.februar 2006.

Mediene:

1. Standard gjødselblanding med 5 ppm N
2. Standard gjødselblanding med 20 ppm N
3. Standard gjødselblanding med 50 ppm N
4. Standard gjødselblanding med 75 ppm N
5. Standard gjødselblanding med 100 ppm N
6. Standard gjødselblanding med 150 ppm N

7. Standard gjødselblanding med 20 ppm N

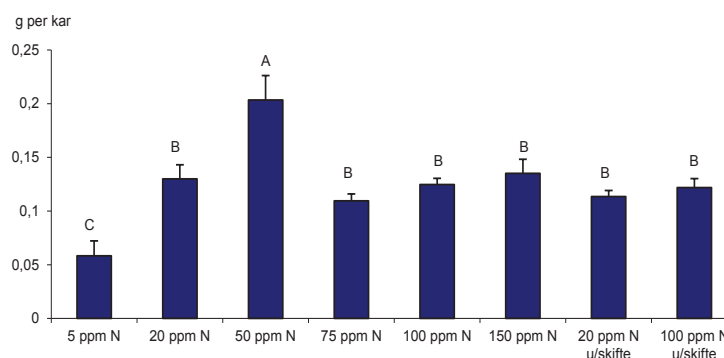
8. Standard gjødselblanding med 100 ppm N

Med tilsats av 20 ppm nitrogen følger henholdsvis ca. 22 ppm kalium og 4 ppm fosfor. Med 100 ppm nitrogen følger ca. 107 ppm kalium og ca. 21 ppm fosfor. 95 % av nitrogenet er gitt som nitrat.

Resultater og kommentarer

Mediet med 50 ppm nitrogen hadde signifikant større produksjon enn alle de andre mediene, mens mediet med 5 ppm N hadde signifikant lavere produksjon enn alle de andre ($p < 0,001$). Resultatene indikerer at en N-konsentrasjon på 75 ppm og høyere blir for sterk. Samtidig ser det ut til at produksjonen hemmes av lav næringstilgang ved 20 ppm N og lavere. I dette forsøket er den generelle næringstilgangen beskrevet gjennom nitrogenkonsentrasjon. Det betyr at en låg nitrogenkonsentrasjon, f.eks. 5 ppm, egentlig betyr en låg næringstilgang generelt. En kan derfor, ut fra disse resultatene, ikke si noe mer om andematen sitt nitrogenbehov enn behovet for andre næringsstoffer. Når nitrogenkonsentrasjonen nærmer seg 75 ppm er det derfor ikke nødvendigvis for mye nitrogen i mediet. Det kan like gjerne være for høg konsentrasjon av et annet næringsstoff som fosfor eller kalium, eller det kan skyldes at konsentrasjonen av næringsstoffer totalt i mediet er så høg at den hemmer produksjonen.

Figur 7. Tørravling av andemat i hvert kar for de åtte behandlingene da forsøket ble avsluttet. Ved oppstart var det 5 individer i hvert kar. Tallene er et gjennomsnitt av tre replikasjoner. Behandlinger med ulik bokstav er signifikant forskjellig ($p < 0,05$). Standardavviket for tørravling er avmerket.



4. Nitrogenkilde

Mål med forsøket: Finne svar på om andematen foretrekker nitrogenet som nitrat eller ammonium.

Materiale og metode

Behandlinger

1. Næringsløsning med ca 45 ppm nitrogen der 98 % blir gitt som nitrat.
2. Næringsløsning med ca 45 ppm nitrogen gitt som 65 % nitrat og 35 % ammonium.
3. Næringsløsning med ca 45 ppm nitrogen der ca 70 % blir gitt som ammonium.

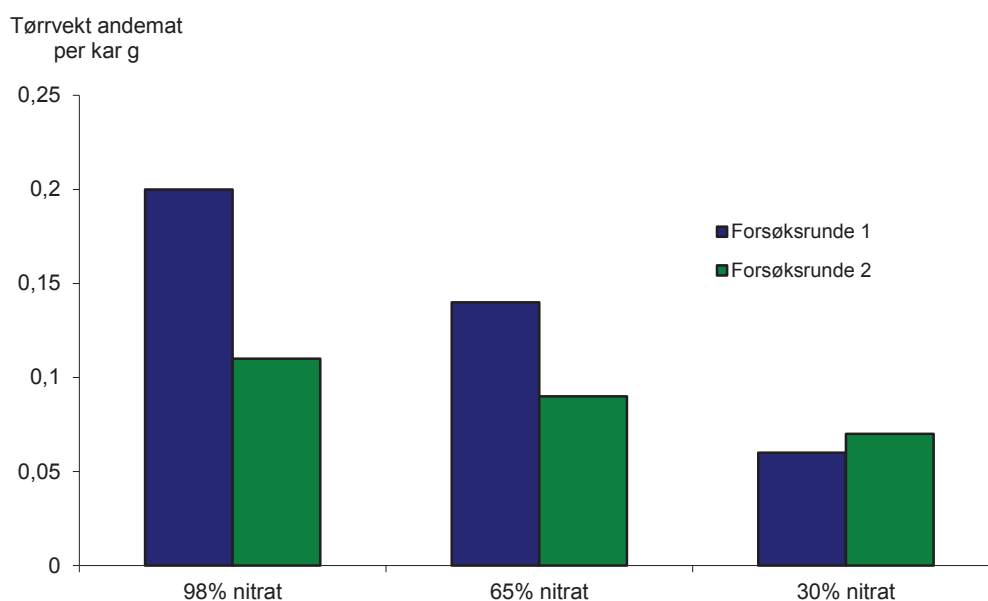
Alle behandlingene ble repetert tre ganger, dvs. en hadde totalt 9 dyrkingskar. I hvert dyrkingskar startet en med 20 "sommerfuglindivider" andemat (estimert tørrvekt på 0,02 g) i 2,5 dl dyrkingsmedium. Næringsløsningen ble skiftet annenhver dag slik at

innholdet var tilnærmet det samme gjennom hele forsøket. Næringsløsningene ble blandet umiddelbart før skiftet. I vatnet som ble skiftet ut, dvs. der andematen hadde vært de siste 2 døgn, ble pH registrert.

Ved avslutning av forsøket ble andematen tørket og veid for hvert dyrkingskar. Forsøket ble gjennomført i to runder, det første forsøket i 14 dager (24/3-7/4) og det andre i 11 dager (21/4-2/5).

Resultater og kommentarer

I begge de to forsøksrundene fant en den høyeste produksjonen i kar der 98 % av nitrogenet ble gitt som nitrat. Behandlingen der 30 % av nitrogenet var nitrat, ga lågest produksjon (figur 8). Produksjonen var signifikant forskjellig i de tre behandlingene i begge forsøksrundene ($p < 0,01$).



Figur 8. Tørravling av andemat i hvert kar for de sju behandlingene da forsøket ble avsluttet. Ved oppstart var det 20 individer i hvert kar. Figuren viser et gjennomsnitt av tre replikasjoner.

5. Produksjonspotensialet for andemat

Ut fra de to foregående forsøkene, så det ut til at en nitrogen-konsentrasjon på rundt 30-40 ppm var "optimalt" for planten og at andematen vokste minst like godt på nitrat som på ammonium. Med dette som utgangspunkt ville vi prøve å tallfeste produksjonspotensialet hos andemat.

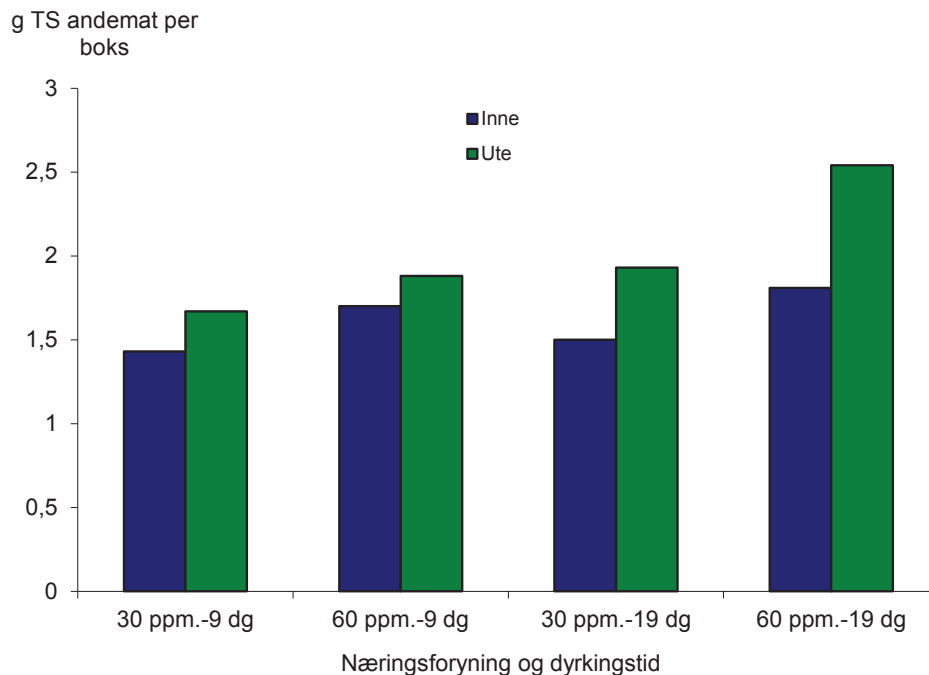
Materiale og metode

Forsøket hadde følgende faktorer:

- 2 lokaliteter (i veksthus og utendørs)
- 2 næringsforsyninger (30 ppm nitrogen med skifte av medium hver tredje dag og 60 ppm nitrogen uten skifte). I begge nivå var 80 % av nitrogenet gitt som nitrat.
- 2 høstetidspunkt (etter 9 dager og etter 19 dager)
- 3 repetisjoner

I forsøket ble det brukt bokser med et volum på 3,5 liter og et overflateareal på 324 cm².

Forsøket ble startet med 20 ml våt andemat i hver boks. Samtidig ble det tatt ut 3 x 20 ml til tørking for å kunne estimere en startvekt. Startvekta ble ut fra det estimert til 0,83 g. Hver boks ble fylt med 2 liter av dyrkingsmediet og altså 20 ml rå andemat. Boksene som stod utendørs ble gravd ned i bakken for å holde temperaturen i mediet nede. En boks var en repetisjon, dvs. det var 12 bokser utendørs og 12 bokser i veksthus (2 næringsforsyninger x 2 høstetidspunkt x 3 repetisjoner). Etter høsting av andematen ble den tørket og tørrvekt per boks ble registrert. Åtte dager etter oppstart av forsøket ble temperaturen registrert i mediet tre ganger i løpet av dagen.



Figur 9. Tørravling av andemat i hver boks da forsøket ble avsluttet. Ved oppstart var det 20 ml våt andemat (0,83 g tørrvekt) i hver boks. Figuren viser et gjennomsnitt av tre replikasjoner.

Resultater og kommentarer

Resultatene viste en signifikant større produksjon i boksene som stod utendørs enn i de som stod innendørs ($p < 0,01$) uansett om andematen vokste i 30 eller 60 ppm N. Det var også signifikant større produksjon av andemat i bokser med 60 ppm N enn i bokser med 30 ppm N på begge lokaliteter hver for seg og for lokalitetene samlet (figur 9). Utendørs ble det produsert noe mer andemat på 19 dager enn på 9 dager ($p < 0,005$), mens det innendørs ikke var noen signifikant forskjell på tørrvekt andemat ved de to høstetidspunktene.

Når det gjelder de to høstetidspunktene, burde en forvente en større mengde tørrstoff etter 19 dager enn etter 9 dager når begge behandlingene startet med samme mengde. Både utendørs og innendørs var det noe mer etter 19 dager, men mindre enn en kunne forvente. For behandlingen med 60 ppm N kan det skyldes at tilgangen på næring gikk ned etter hvert. En annen faktor kan være at det ble liten plass for andematen de siste dagene.

Temperaturen i mediet utendørs var betydelig lavere enn innendørs (tabell 3). Den høge temperaturen i mediet innendørs kan ha begrenset veksten.

Tabell 3. Temperaturen i mediet tre ganger i løpet av dagen. Verdiene er et gjennomsnitt av seks målinger.

Lokalisering	Tidspunkt	10.30	12.30	14.40
Utendørs		18,5 °C	22,5 °C	26,0 °C
Innendørs		23,7 °C	30,5 °C	31,7 °C

Tanker om andematproduksjon i praksis

I forsøket med ulike N-nivåer og i forsøket med to ulike N-kilder var vekstraten hhv. 0,168 og 0,164 g/g tørrvekt og dag for de to beste behandlingene. Dette er den beste vekstraten som ble oppnådd i forsøkene som har blitt gjennomført på BFMN. I forsøket med kobber og zink var vekstraten på kontroll-leddet 0,154 og i produksjonspotensial-forsøket var den 0,09 for beste behandling. Vekstraten er funnet med formelen

$$\ln W_2 - \ln W_1$$

$$t_2 - t_1$$

der W_2 og W_1 er hhv. tørrvekt andemat ved høsting og tørrvekt andemat ved forsøksstart. $t_2 - t_1$ er antall dager andematen vokste (Coombs et al. 1985).

Til sammenligning er vekstraten i ei "normal" eng med timotei, engsvingel og rødkløver anslått å være rundt 0,08 g/g tørrvekt og dag. Ei slik eng vil ha en produksjon på rundt 800-1000 kg/da/år.

Dersom en starter med 1 kg andemat, og regner ei vekstrate på 0,165g/g tørrvekt/dag, vil en etter dyrking i 14 dager ha 10 kg. Hver 14. dag kan en da altså i teorien høste ut 9 kg andemat. Dersom

produksjonen ikke skal hemmes av mangel på fysisk rom for andematen å vokse i, kan en anslå at en trenger 100 m² til 10 kg. Hvor stort areal som trengs er svært vanskelig å anslå. Produksjonen vil antakelig raskt avta i det plantene begynner å skygge for hverandre. Samtidig har en sett at det er produksjon sjøl om arealet tilsynelatende er fullt utnyttet. Forutsetter en at anslaget med 100 m² til 10 kg er sånn noenlunde rett, vil en med å høste ut 9 kg andemat hver 14.dag, i løpet av ett år kunne høste 235 kg andemat fra sine 100 m². Det gir en produksjon på 2,35 kg/ m² eller 2350 kg/da/år. For å oppnå en slik avling, kreves det at produksjonen går hele året. Her i landet betyr det at en må innendørs med både tilskuddsvarme og - lys i vinterhalvåret. Uten tilskudd av ekstra lys og varme vil en kanskje kunne produsere 1000-1500 kg/da/år.

I følge FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (<http://www.fao.org>) og El-Shafai et al. (2004), kan *Lemna minor* inneholde godt over 30 % råprotein i tørrstoffet, avhengig av dyrkingsforhold. Hvis vi igjen sammenligner med vår normale eng, og den er høstet til normal tid, er proteininnholdet i andemat høyt. I et engforsøk på BFMN i 2005 var innholdet av råprotein 14,9 % av tørrstoffet. Dette var et gjennomsnitt av alle tre slåtter, i alt 84 prøver. Se for øvrig tabell 4.

Tabell 4. Innhold av råprotein i utvalgte fôrtyper. Tallene er hentet fra UMB og Mattilsynets fôrtabell 2008.

Fôrtype	Råprotein % av tørrstoff
Rødkløver, tidlig høstet	17,0
Ettårig raigras, forsommer	20,6
Soya, ekstrahert	50,4
Encelleprotein, produsert av metangass	72,3
Fiskemjøl, Norsk LT-kvalitet, blandet vare	77,8

Når det gjelder proteinets aminosyresammensetning, viser analysetallene ingen store forskjeller mellom protein fra andemat og protein fra andre fôrtyper (tabell 5). Unntaket er arginin. Denne aminosyren

finnes det betraktelig mer av i andemat. En kan ellers merke seg at innholdet av lysin og metionin er lavere i andemat og de andre grønne proteinene enn i fiskemjøl.

Tabell 5. Innhold av utvalgte aminosyrer i proteinet for ulike fôrtyper. Verdiene er oppgitt i g/100 g råprotein. For andematen er tallene hentet fra 1. Yilmaz et al (2004) og 2. FAO sine nettsider. For de andre fôrtypene er tallene hentet fra UMB og Mattilsynets fôrtabell 2008. Fôrtypene er de samme som er vist i tabell 4.

Fôrtype	Aminosyre							
	Lysin	Metionin	Leucin	Isoleucin	Arginin	Glutamin	Tyrosin	Histidin
Andemat 1	-	1,0	3,8	2,8	-	6,6	1,6	1,2
Andemat 2	3,7	1,5	5,5	4,3	5,1	-	-	1,7
Rødkløver	5,9	1,5	5,6	4,2	5,4	13,4	3,4	2,6
Raigras	4,8	1,8	7,3	4,1	4,8	9,6	3,2	2,1
Ekstrahert soya	6,1	1,3	7,5	4,7	7,4	18,2	3,8	2,7
Encelleprotein	5,0	2,4	6,8	4,3	5,8	9,8	3,6	2,1
Fiskemjøl	8,2	3,0	7,9	4,7	6,2	12,6	3,2	2,5

Litteratur

Björndahl, G. 1985. Growth performance, nutrient uptake and human utilization of duckweeds (*Lemnaceae family*). The Phytotron, University of Oslo. ISBN 82-991150-0-0.

Coombs, J., Hall, D.O., Long, S.P. & Scurlock, J.M.O. 1985. Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis. 2nd edn. Pergamon Press Ltd., Oxford, England.

El-Shafai, S.A., El-Gohary, F.A., Verreth, J.A.J., Schrama, J.W., Gijzen, H.J. 2004. Apparent digestibility coefficient of duckweed (*Lemna minor*), fresh and dry for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). Aquaculture Research 35:574-586.

Lid, J. & Lid, D.T. 1998. Norsk Flora. R. Elven, 6. utg. Det Norske Samlaget, Oslo.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd edn. Academic Press, London.

Mengel, K. & Kirkby, E.A. 2001. Principles of Plant Nutrition, 5th edn. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Nederland.

Yilmaz, E., Akyurt, I. & Günal, G. 2004. Use of duckweed, *Lemna minor*, as a protein feedstuff in practical diets for common carp, *Cyprinus carpio*, Fry. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 4: 105-109.

<http://statisk.umb.no/iha/fortabell/index.php?env=Aminosyrer&fornr=326>

<http://www.fao.org/ag/againfo/resources/documents/DW/Dw2.htm>

Bioforsk FOKUS

Mat, miljø og muligheter

Bioforsk er et forskningsinstitutt med spisskompetanse innen landbruk, matproduksjon, miljø og ressursforvaltning. Bioforsk har også fokus på forskningsbasert innovasjon og verdiskaping. Bærekraftig ressursbruk er en grunnleggende premis.

Bioforsk skal levere faglig kunnskap som næring, forvaltning og samfunnet ellers etterspør og med relevans til store utfordringer, regionalt, nasjonalt og globalt, slik som klimaendringer, biomangfold, fattigdom og global handel.

Bioforsk har som mål å være en regional, nasjonal og internasjonal konkurransedyktig produsent av kunnskap, tjenester og løsninger.

Bioforsk er representert i alle landsdeler.

www.bioforsk.no

