

Ullpellets som gjødsel

NORSØK RAPPORT | VOL. 7 | NR. 6 | 2022



Kirsty McKinnon (NORSØK), Anne-Kristin Løes (NORSØK), Olav Martin Synnes (NLR Vest) og Egil Kvalsund (Kvalsund gartneri)

TITTEL

Ullpellets som gjødsel

FORFATTERE

Kirsty McKinnon, Anne-Kristin Løes, Olav Martin Synnes og Egil Kvalsund

DATO:

05.12.2023

RAPPORT NR.

Vol. 7 nr. 6

Åpen

PROSJEKT NR.:**ISBN:**

978-82-8202-146-3

ISSN:**ANTALL SIDER:**

34

ANTALL VEDLEGG:

2

OPPDRAUGSGIVER:

Regionalt forskningsfond Møre og Romsdal

KONTAKTPERSON NORSØK:

Kirsty McKinnon

kirsty.mckinnon@norsok.no

STIKKORD:

Ull ullpellets gjødsel

Wool wool pellets fertiliser

FAGOMRÅDE:

Landbruk

Agriculture

SAMMENDRAG:

Det er estimert at i overkant av 400 tonn ull ikke leveres inn til norske ullsentraler. I en nasjonal spørreundersøkelse ble sauebønder blant annet spurt om hvordan de håndterer og bruker ullen. Av de som svarte at de ikke leverer til mottak, var det 46 % som svarte at ullen enten brennes eller graves ned. Det betyr at store mengder ull kunnet vært nyttet på en mer bærekraftig måte. Ull er et næringsrikt materiale og derfor en god kilde til gjødsel, spesielt for næringsstoffene nitrogen og til dels kalium og svovel. Som en strategi for bedre sirkulærøkonomi er det gode grunner for å tilbakeføre ull til landbruksjord. Ull kan i prinsippet brukes ubehandlet som et jordforbedringsmiddel eller gjødselkilde da ull brytes forholdsvis raskt ned i kontakt med jord.

Økende etterspørsel etter gjødselprodukter som er lette å håndtere og produkter som kan brukes i økologisk produksjon, gjorde det aktuelt å prøve ut ullpellets som gjødsel. I prosjektet ble ullpellets testet til veksthusplanter (hagepelargonium og busktomat) og som gjødsel til eng. I tillegg ble det gjennomført et inkubasjonsforsøk for å undersøke nedbrytningshastigheten til ull og samtidig registre hvor raskt næringsstoffer (i hovedsak nitrogen) blir tilgjengelig. En hovedkonklusjon for alle testene var at ullpellets ikke frigjør næring raskt nok til kortvarige kulturer, men at ullpellets kan ha verdi som en langsomtvirkende gjødseltype. En annen utfordring med ull er at næringssammensetningen er ubalansert for mange vekster p.g.a. lavt fosforinnhold. Forslag til videre utviklingsarbeid med ull som gjødsel, er å undersøke muligheter for å lage pellets av

blandinger av ulike materialer, f.eks. makroalger som kan tilføre kalium, og fiskebein som kan tilføre fosfor. Ulike blandinger med ull kan da tilpasses ulike veksters behov. Det kan også være aktuelt å utføre risikoanalyser ved bruk av ull til matproduksjon ettersom det finnes begrensede kunnskaper om de hygieniske, helse- og miljømessige sidene ved bruk av ull og ullprodukter i jord- og hagebruk.

SUMMARY:

It is estimated that just over 400 tonnes of wool are not delivered to Norwegian wool collecting centers. In a national survey, sheep farmers were asked, among other things, how they handle and use their wool. Of those who responded that they do not deliver wool to collecting centers, 46 % answered that the wool is either burned or buried. This means that large quantities of wool could have been used in a more sustainable way. Wool contains a wide range of plant nutrients and is therefore a good source of fertiliser, especially for the nutrients nitrogen and partly potassium and sulfur. As a strategy for a better circular economy, there are good reasons for returning wool to agricultural land. In principle, wool can be used untreated as a soil improver or fertiliser as wool breaks down relatively quickly in contact with soil.

Increasing demand for fertilisers that are easy to handle and products that can be used in organic production made it relevant to try out wool pellets as fertiliser. In the project, wool pellets were tested for greenhouse plants (garden pelargonium and bush tomato) and as fertiliser for gras production. In addition, an incubation experiment was carried out to investigate the degradation rate of wool and at the same time register how quickly nutrients (mainly nitrogen) become available. A main conclusion for all the tests was that wool pellets do not release nutrients fast enough for short-lived cultures, but that wool pellets can have value as a slow-acting fertiliser. Another challenge with wool is that the nutrient composition is unbalanced for many crops due to low phosphorus content. Further research with wool as fertiliser might be to investigate possibilities for making pellets from mixtures of various materials with wool, e.g., macroalgae that can add potassium, and fish bones that can add phosphorus. Different mixtures of wool can then be adapted to the needs of different crops. It may also be appropriate to carry out risk analyses when using wool for food production, as there is limited knowledge about the hygienic, health and environmental aspects of wool and wool products in agriculture and horticulture.

LAND:	Norge
FYLKE:	Møre og Romsdal
KOMMUNE:	Tingvoll

GODKJENT	PROSEKTLER
Turid Strøm	Kirsty McKinnon
NAVN	NAVN

Forord

Norsk senter for økologisk landbruk (NORSØK), Norsk Landbruksrådgivning Vest (NLR Vest), Kvalsund Gartneri og Ull-dorado Biogjødsel AS har samarbeidet om gjennomføring av forprosjektet *Lavverdiull til planteproduksjon – utprøving av ullpellets som gjødsel* finansiert av Regionale forskningsfond Møre og Romsdal. I prosjektet har vi prøvd ut og vurdert ullpellets som gjødsel i eng og til hagepelargonium og tomat i veksthus. I tillegg ble det utført et inkubasjonsforsøk for å undersøke mengde frigjort nitrogen over en gitt tidsperiode.

Prosjektgruppen har bestått av Kirsty McKinnon, prosjektleder (NORSØK), Olav Martin Synnes (NLR Vest), Egil Kvalsund (Kvalsund Gartneri) og Karin Flatøy Svarstad (Ull-dorado biogjødsel AS).

Marion Tviland (Norilia) og Rose Bergsli (Tingvoll Ull) har vært ressurspersoner og vi takker for gode diskusjoner og innspill.

Vi håper at arbeidet i dette prosjektet bidrar til økt ressursutnytting og at ull som er nedklassifisert og som ellers ofte blir kastet, kan få økt verdi gjennom produktutvikling for eksempel som gjødsel.



Bilde 1. Prosjektgruppen. Fra venstre: Kirsty McKinnon, Olav Martin Synnes, Egil Kvalsund og Karin Flatøy Svarstad

Tingvoll, 05.12.23

Kirsty McKinnon

Innhold

1	Innledning.....	3
2	Utprøvingene	4
3	Utprøving 1: Hvordan egner ullpellets seg som gjødsel til potteplanter med blomster og tomat?..	5
3.1	Materiale og metode	5
	Pelargoniumtesten	6
	Tomattesten.	7
3.2	Resultat	7
3.2.1	Pelargonium.....	7
3.2.2	Tomat.....	10
4	Utprøving 2: Korleis høver ullpellets som gjødsel til fleirårig eng?.....	14
4.1	Material og metode	14
4.2	Resultat	14
5	Utprøving 3: Hvor lang nedbrytingstid har ullpellets, og hvor raskt blir næringsstoffer tilgjengelig?	17
5.1	Materiale og metode	17
5.2	Resultater	18
6	Diskusjon og konklusjon.....	24
	Litteratur	26
	Vedlegg.....	27
	Vedlegg 1 Analyserapport for ullpellets.....	27
	Vedlegg 2 Varedeklarasjon for Gartnerjord fra Tjerbo	28

1 Innledning

Det er estimert at i overkant av 400 tonn ull ikke leveres inn til ullsentraler (Uldal & Grøva, 2022). I prosjektet VerdifULL ble det gjennomført en nasjonal spørreundersøkelse der sauebønder blant annet ble spurt om hvordan de håndterer og bruker ullen. Av de som svarte at de ikke leverer til mottak, var det 46 % som svarte at ullen enten brennes eller graves ned. Samme tendens ble bekreftet i en spørreundersøkelse blant sauebønder i Fosenregionen i prosjektet *All ull er verdifull* (McKinnon m.fl. 2019 a). I undersøkelsen kom det frem at ullen fra 24 % av sauene behandles som avfall (kastes, brennes, graves ned eller blir liggende på bakken), estimert til i overkant av 6 tonn for Fosenregionen. I en undersøkelse utført av Tingvoll Ull (Lyche, upublisert) fremkommer det at det finnes i overkant av 6000 pigmenterte sauer i Møre og Romsdal, noe som betyr at det produseres om lag 37 tonn pigmentert ull i fylket per år. Mye av denne ullen kommer i kategori «nedklassifisert» eller er ikke-tilskuddsberettiget og gårdbrukeren får lite eller ingenting betalt for den. Mange gårdbrukere opplever at det koster mer å pakke og sende ullen enn det de får igjen, noe som kan være en grunn til at ull kastes. Andre grunner kan være manglende kunnskap og erfaring med å bruke ull til ulike formål, for eksempel i landbruket, eller at det er begrensede muligheter for å omsette ullen i alternative kanaler som småskala tekstilbedrifter/spinnerier. Ull er et næringsrikt materiale (McKinnon, 2019) og derfor en god kilde til gjødsel, spesielt for næringsstoffene nitrogen, kalium og svovel. Fra et bærekraftsperspektiv og som en strategi for bedre sirkulærøkonomi er det gode grunner for å tilbakeføre ull til landbruksjord. Ull kan i prinsippet brukes ubehandlet som et jordforbedringsmiddel eller gjødselkilde da ull brytes forholdsvis raskt ned i kontakt med jord (McKinnon, 2019, 2022). Den kan også brukes i talle (McKinnon m.fl., 2019).

En stadig økende andel småskala dyrkere med kjøkkenhage, skolehage, andelslandbruk eller markedshage, mange i urbane strøk, etterspør gjødselprodukter som er lette å håndtere. Mange i denne gruppen «nye» småskala dyrkere uttrykker ønske om å dyrke miljøvennlig med naturlige driftsmidler. Det samme gjelder for økologiske dyrkere. I økologisk landbruk er det stort behov for gjødselmidler som tilfredsstiller kravene for økologisk produksjon. Det gjelder spesielt i driftssystemer uten husdyr (gartnerier, grønnsak-, bær-, og urteproduksjon). Ull i form av pellets kan derfor være aktuell som gjødsel. Det er imidlertid behov for å vite mer om hvordan og hvor raskt næringsstoffer brytes ned og omsettes i ullpellets. Dette har betydning fordi ulike produksjoner og ulike planter har forskjellig behov. To nyetablerte bedrifter i Møre og Romsdal, Ull-dorado biogjødsel AS og Tingvoll Ull AS, beskriver begge i sine forretningsplaner at de ønsker å øke verdien av nedklassifisert /frasortert ull/ikke-tilskuddsberettiget ull gjennom å skape nye produkter. Målet er å utnytte alle fraksjoner av ullen for å utvikle alt fra kvalitetstekstiler til gjødsel- og kompostprodukter. I dette ett-årige prosjektet ønsket vi å bidra til å nå dette målet ved å teste ut ullpellets i ulike planteproduksjoner i tillegg til å undersøke nedbrytningstid og nitrogenfrigjøring over tid. Å bruke ull på denne måten kan bidra til å skape nye arbeidsplasser, gi bedre økonomi for sauebønder, bedre ressursutnyttelsen i landbruket og derved øke samfunnets bærekraft.

2 Utprøvingene

I prosjektet *Lavverdiull til planteproduksjon – utnyttning av ullpellets som gjødsel* var det definert tre forsøksspørsmål som utgjorde tre utprøvinger i prosjektet:

1. Hvordan egner ullpellets seg som gjødsel til potteplanter med blomster og tomat?
2. Hvordan egner ullpellets seg som gjødsel til flerårig eng?
3. Hvor lang nedbrytningstid har ullpellets og hvor raskt blir næringsstoffer tilgjengelig?

Hver av utprøvingene er presentert separat med *materiale og metode* og *resultat* for hver utprøving. I kapittelet *Diskusjon og konklusjon* behandles utprøvingene sammen.

Ullpelletsen som ble brukt i de tre utprøvingene var laget av ca 1/3 helårsull fra gammelnorsk sau, (noe av den var sammenfiltret og forurenset med plantemateriale) fremskaffet av Ull-dorado A/S og 2/3 klasse C2S-ull fra Førde ullstasjon. C2S-klassifisert ull er pigmentert ull av crossbred-/krysnings-/pels-/spæl-type, uten lengdekrav. All pigmentert ull som ikke oppfyller kravene til første klasse, havner også her. C2S kan derfor inneholde mange ulike typer ull.

Pelletsen ble produsert i Østerrike etter oppdrag fra Ull-dorado biogjødsel AS i samarbeid med Norilia. I prosessen ble ullen klippet til 4 mm, tørket ned til 14 % fuktighet, varmet opp før pelletering og til slutt varmet opp til 80-90 °C i 1 time (hygieniseringsprosess). Ullpelletsen inneholder ca. 11 % nitrogen, 0,06 % fosfor, 3,3 % kalium og 2,2 % svovel. Analyserapport: se vedlegg 1

3 Utprøving 1: Hvordan egner ullpellets seg som gjødsel til potteplanter med blomster og tomat?

3.1 Materiale og metode

Testene ble utført som potteforsøk i et produksjonsveksthus ved Kvalsund gartneri, Nerlandsøy på Sunnmøre.

I testen var det ett forsøksoppsett med hagepelargonium, sort 'Moonlight Corali', (heretter kalt pelargoniumtesten) og ett med busktomat, sort 'Heartbreaker' (heretter kalt tomattesten).

Vekstmediet som ble brukt i begge testene var ugjødslet, kalket torv fra Tjerbo (spesialbestilt til forsøket, heretter kalt torv). Som referanse ble det brukt Gartnerjord fra Tjerbo, et torvbasert, kalket og gjødselt dyrkingsmedium (heretter kalt G-jord) (innholdsfortegnelse, se Vedlegg 2).

Beregning av mengde ullpellets i de ulike behandlingene (heretter kalt forsøksledd eller ledd) var basert på innholdet av totalnitrogen i G-jord oppgitt til 0,9 g nitrogen/liter. Ledd 1 ble tilsatt lik mengde nitrogen = 9 g ullpellets/l, ledd 2, 3 og 4 ble tilsatt dobbelt mengde = 18 g ullpellets /l og ledd 6 (i tomattesten) ble tilsatt firedobbel mengde = 36 g ullpellets/l.

I forsøksledd 4 (Tabell 1) i begge testene ble det tilsatt struvitt (produkt «Crystal Green», ammonium-magnesium fosfat utfelt fra avløpsvann av selskapet Ostara, Canada) for å kompensere for lavt innhold av fosfor i ull. Mengde næringsstoffer oppgitt på produktbeskrivelsen: 5 % nitrogen, 28 % fosfor og 10 % magnesium (Ostara, 2022). Det ble tilført samme mengde fosfor til ledd 4 som mengde fosfor i leddet med G-jord, beregnet til 0,1 g struvitt/l. Mold fra engareal ved gartneriet ble tilsatt ledd 3 (Tabell 1) for å teste om poding med jordorganismer i torvsubstrat ville virke inn på omdanning av ullpellets. 1 teskje mold ble strødd over ullpellets og blandet før det ble tilsatt torv og blandet i en bøtte.

Tabell 1. Forsøksleddene i testene. 1-5 ble brukt i pelargoniumtesten, 1-7 i tomattesten. Vanlig praksis (VP) henspiller på praksisen som brukes til vanlig ved gartneriet med hensyn til type jord (Gartnerjord) og vanningsregime.

Forsøksledd		Benevning	
		Pelargonium	Tomat (T)
1	Torv, ullpellets (U) mengde 1 (nitrogennivå som vanlig praksis, 9 g pellets per liter torv).	U1	TU1
2	Torv, ullpellets mengde 2 (dobbelt nitrogennivå i forhold til vanlig praksis, 18 g pellets per liter torv).	U2	TU2
3	Torv, ullpellets mengde 2 + mold (M), (dobbelt nitrogennivå i forhold til vanlig praksis, 18 g pellets + 1 ts mold per liter torv)	U2M	TU2M
4	Torv, ullpellets mengde 2 + fosfor (P), (dobbelt nitrogennivå i forhold til vanlig praksis + 0,1 g struvitt per liter torv).	U2P	TU2P
5	Vanlig praksis (VP): Gartnerjord	VP	TVP
6	Torv, ullpellets mengde 3 (fire ganger nitrogennivå i forhold til vanlig praksis, 36 g pellets per liter torv)		TU3
7	Torv uten tilsetning		T0

Pelargoniumtesten ble startet opp 4. mai 2021 og avsluttet 5. juli 2021. Det var 5 forsøksledd, to gjentak og 6 pottar i hver forsøksenhet. Innkjøpte stiklinger ble plantet i grå 1-liters pottar, én plante i hver potte, i G-jord eller torv tilsatt ullpellets og andre tilsetninger etter oppsatt forsøksplan (Tabell 1). De seks pottene i hver forsøksenhet ble satt sammen i hvite brett med kant. Brettene ble satt i veksthuset på et bord i tilfeldig rekkefølge, og ble ikke flyttet på i forsøksperioden. Vann til vanning ble hentet i elven p.g.a. høy pH-verdi i springvannet. Første vanning var 5. mai der 1 liter ble fordelt på de seks pottene på hvert Brett. Vanningsbehovet ble vurdert etter skjønn, og samme mengde vann tilført hvert Brett ved hver vanning så lenge plantene utviklet seg ganske likt i hvert ledd. Det ble gitt 1 liter per Brett per uke frem til 12. juni. I starten var det undervanning, men fra 20. mai ble vannet gitt ovenfra for å oppnå oppfukning av ullpellets øverst i pottene. Etter 12. juni varierte vannbehovet mellom leddene. Spesielt plantene i ledd 5, «vanlig praksis» hadde behov for mer vann. 2. juni ble alle blomsteranlegg fjernet fra alle plantene for å stimulere vegetativ vekst.

Registreringer: Det ble gjort visuelle observasjoner av hvert ledd ved avslutning av forsøket 5. juli 2021. Ferskvekt, tørrvekt og % tørrstoff ble registrert. Plantene ble kuttet ved jordoverflaten og samleprøver fra hvert ledd (6 planter) i hvert gjentak (2 Brett) ble tørket ved 105 °C i 48 timer.

Tomat testen. Tomat ble sådd 12. mai og alet opp i G-jord i pluggbrett (78 plugg). Plantene ble pottet om den 7. juni i grå 1-liters pottar i G-jord eller torv tilsatt ullpellets og andre tilsetninger etter oppsatt forsøksplan (Tabell 1). Det var 7 forsøksledd, to gjentak og 4 pottar i hver forsøksenhet. De 4 pottene i hver forsøksenhet ble satt sammen i hvite brett med kant. Brettene ble satt i veksthuset på et bord i tilfeldig rekkefølge og beholdt samme plass gjennom forsøksperioden. Plantene ble pottet om i 3-liters pottar 6. juli og tilført 2 liter G-jord eller torv per potte og mengder ullpellets og andre tilsetninger etter oppsatt forsøksplan (per liter G-jord eller torv) (Tabell 1). Det ble vatnet etter behov med elvevann og justert i forhold til plantevekst. Testen ble avsluttet 31. august 2021.

Registreringer: Det ble gjort visuelle observasjoner 5. juli og ved avslutning 31. august 2021. Ved avslutning ble lengden på hver plante målt, fra første røtter til siste bladfeste/blomsterklasefeste. Tomatene på hver plante ble plukket og veid (samlet), og antall tomater ble registrert for hver plante i tre kategorier der 1 = røde tomater, 2 = røddoransjegrønne (kalt «overgang») og 3 = grønne tomater. For registrering av ferskvekt, tørrvekt og % tørrstoff, valgte vi å slå sammen plantene i hvert ledd og behandle dem som én forsøksenhet. Prøvene ble tørket ved 105 °C i 52 timer.

Ved oppstart av begge testene ble tre sekker med torv og tre med G-jord blandet godt i separate baljer. Derfra ble G-jord og torv veid opp og blandet med beskrevet mengde pellets og eventuelt struvitt og mold for hver potte. Brett med pottar for hvert ledd ble plassert (randomisert) på plantebord i veksthuset og ikke flyttet på underveis i forsøksperioden. Gjentak 1 og gjentak 2 av leddene var gruppert. Dette gjorde det mulig å regne statistikk på forsøksresultatene.

For resultater der det var en observasjon per gjentak, ble det undersøkt ved hjelp av variansanalyse (GLM, Minitab) om det var sikre forskjeller mellom ledd. Hvilke ledd som var sikkert forskjellige, ble så undersøkt ved Tukey t-test, med et signifikansnivå på 95%.

3.2 Resultat

3.2.1 Pelargonium

For pelargonium var det ingen av behandlingene som kunne måle seg med kontrollen (VP) med tanke på produksjon av plantemasse (blad, stengler og blomster) (Figur 1 og Bilde 2). Det var bedre vekst med tilsetning av fosfor og mold til dobbel mengde ullpellets (U2P, U2M) enn med bare ullpellets (U2), og det var bedre vekst med dobbel mengde ullpellets enn med enkel (U2 vs. U1) (Bilde 3). Tørrstoffinnholdet var betydelig lavere i kontroll-leddet VP enn i de øvrige forsøksleddene. Det høye tørrstoffinnholdet viser at næringstilgangen til disse plantene ikke var optimal, og bekrefter det vi ser av fotografiene.

Det var mørkere og jevnere farge på planter som var tilført fosfor (U2P) og friskere farge på U2P sammenlignet med U2M.

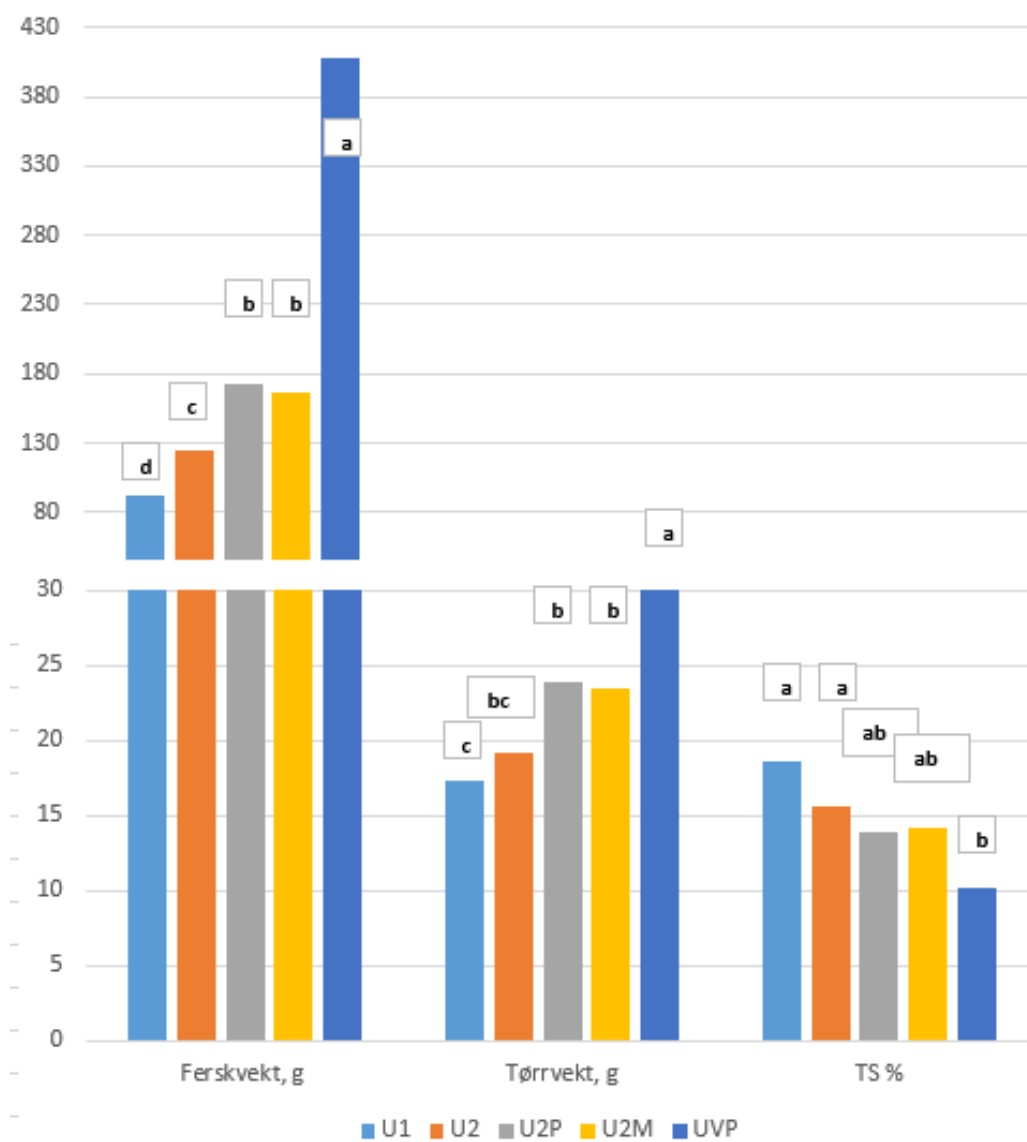


Bilde 2. Pelargoniumplanter ved begynnende blomstring. Øverst til venstre et brett med VP-planter (vanlig praksis) som er de eneste plantene med tilfredsstillende utvikling. Øverst til høyre er U2-planter (ullpellets mengde 2), nede til venstre, U1 (ullpellets mengde 1) og nede til høyre U2P-planter (ullpellets mengde 2 tilsatt struvitt). Foto: Egil Kvalsund



VP	U1	U2M	U2	U2P
U2M	U2	U2P	VP	U1

Bilde 3. Pelargonium-planter ved avslutning av testen 5. juli 2021. Tabellene viser leddenes plassering på bordet (2 gjentak). Mange av plantene har følgeskader etter stress p.g.a. næringsmangel.



Figur 1. Ferskvekt, tørrvekt og tørrstoffinnhold i overjordiske deler av pelargonja-planter ved avslutning av forsøket 5. juli 2021. Gjennomsnittsverdier for to gjentak x 6 planter per forsøksledd (U1 = 9 g ullpellets/potte U2= 18 g ullpellets/potte U2P=18 g ullpellets + struvitt/potte, U2M= 18 g ullpellets + 1 teskje moldjord per potte; VP= gjødslet, kalket torv som vanligvis brukes i gartneriet). Merk at Y-aksen har et brudd mellom 30 og 80 g for å kunne vise variasjonen mellom forsøksledd for alle variabler i samme figur. For hver variabel (ferskvekt, tørrvekt, TS %) er det sikker forskjell mellom forsøksledd med ulike bokstaver a, b, evt. c, d.

Visuelle registreringer ved avslutning 5. juli 2021

Vanlig praksis-plantene (VP) hadde den største og frodigste veksten i begge gjentakene. Dårligst utvikling hadde plantene med minste mengde ullpellets (U1). Plantene med tilskudd av fosfor (U2P) og tilsatt mold (U2M) hadde frodigere vekst enn leddet med samme mengde ullpellets, men ingen tilsetninger (U2). Stress på plantene, f.eks. som følge av ubalansert gjødsling, kan gi følgeskader (Bilde 2 og 3). Det kan f.eks. være sopp med påfølgende visne blader, eller angrep av hærmygg. Visne blader ble observert på planter i alle ledd unntatt VP, mest på U1-planter etterfulgt av U2-planter.

Variasjon innenfor ledd skyldes at følgeskadene kommer litt raskere på enkelte planter. Det kunne derfor forventes at det bare var et tidsspørsmål før alle plantene innenfor samme ledd ville få samme symptomer.

Ved avslutningen av forsøket var det synlige ullpellets på overflaten av alle pottene hvor pellets var tilsatt (Bilde 4)



Bilde 4. Det var synlige ullpellets både oppå og innblandet i torven ved avslutning av testen 5. juli 2021.

3.2.2 Tomat

Ved visuell registrering av tomatplantene 5. juli (før ompotting 6. juli) hadde VP-plantene jevn farge helt ned til rotfestet og hadde utviklet seg tilfredsstillende. Det var synlig forskjell på plantene i ledd uten ullpellets (T0) og ullpellets nivå 1 (TU1) der TU1-plantene var frodigere og hadde mer bladmasse. Dette gjaldt også for TU2-plantene. Det viser at det har vært noe frigjøring av næringsstoffer selv om det på langt nær var nok. Det var lite forskjell på klasetall på TU1- og TU2-plantene ved ompotting, men mange blomster hadde ramlet av. TU3-plantene (høyeste nivå med ullpellets) hadde god farge og god utvikling (Bilde 5) men med antydning til klorose (Bilde 6). I utvikling ellers var de ganske like VP-plantene (vanlig praksis) (Bilde 5). Det var bedre utvikling på blomsterklasene som var flere og kraftigere enn på TU1- og TU2-plantene. Det så ut som tilførsel av mold ga positivt utslag.



Bilde 5. Ved registrering 5. juli 2021 (før ompotting) var TVP-plantene (vanlig praksis) og TU3-plantene (mengde 3 ullpellets) ganske like.



Bilde 6. Blad på TU3-plante (mengde 3 ullpellets) med antydning til klorose 5. juli 2021.

Registreringer ved avslutning, 31. august 2021

Visuelle observasjoner viste at TU1 plantene hadde flere modne frukter, men flere visne blader enn T0. Vanlig praksis-plantene (VP) hadde alle stadier av fruktutvikling fra blomster til høstklare frukter. Nest etter VP-plantene, var det plantene med dobbelt mengde ullpellets og tilsatt struvitt (TU2P) som hadde best utvikling. Det var også synlig bedre utvikling av planter med høyeste gjødselnivå (TU3) og der det var tilsatt mold (TU2M) sammenlignet med gjødselnivå 1 og 2 uten tilsetninger (Bilde 7). Mange av plantene hadde visne blader eller var helt visne (unntatt TVP), uten at det var tegn til soppangrep.



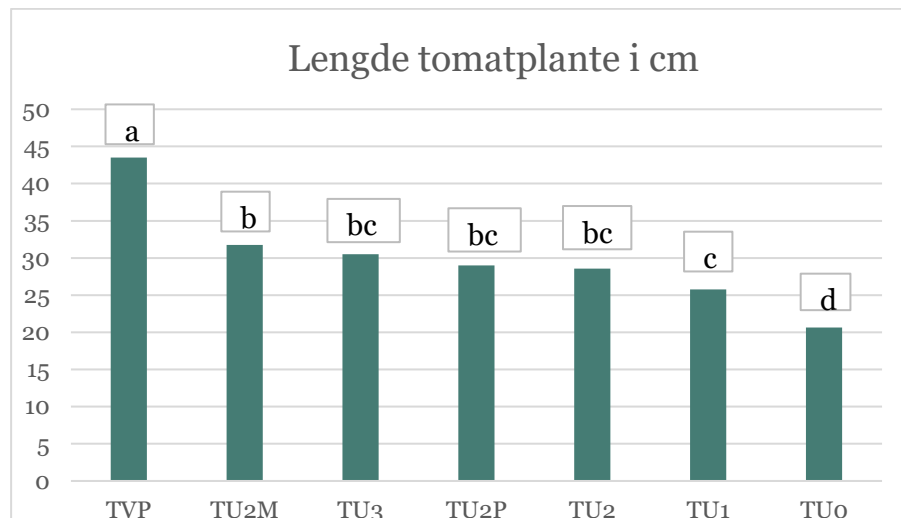
Bilde 7. Én representativ plante fra hvert forsøksledd ved avslutning av testen 31. august 2021

Registreringer viste at det var klart mer plantemasse (stengel og blad) for kontroll-leddet TVP (vanlig praksis) enn for øvrige ledd (Tabell a). Plantene i ugjødslet torv (TU0) hadde ekstremt høyt tørrstoffinnhold og var svært små. Planter dyrket med ullpellets kom i en mellomstilling mellom gjødslet (TVP) og ugjødslet torv (TU0) (Tabell 2).

Tabell 2. Ferskvekt, tørrvekt og tørrstoffinnhold (TS %) for fire planter av tomat etter fjerning av selve tomatene ved avslutning av forsøket 31. august 2021, gjennomsnittverdier for to gjentak, avrundet til hele tall. Forklaringer til forsøksledd er vist i tabell 1.

Ledd	Ferskvekt (g)	Tørrvekt (g)	TS (%)
TU1	90	17	26
TU2	98	18	24
TU2M	127	25	24
TU2P	183	32	20
TU3	153	25	20
TU0	55	11	36
TVP	730	108	15

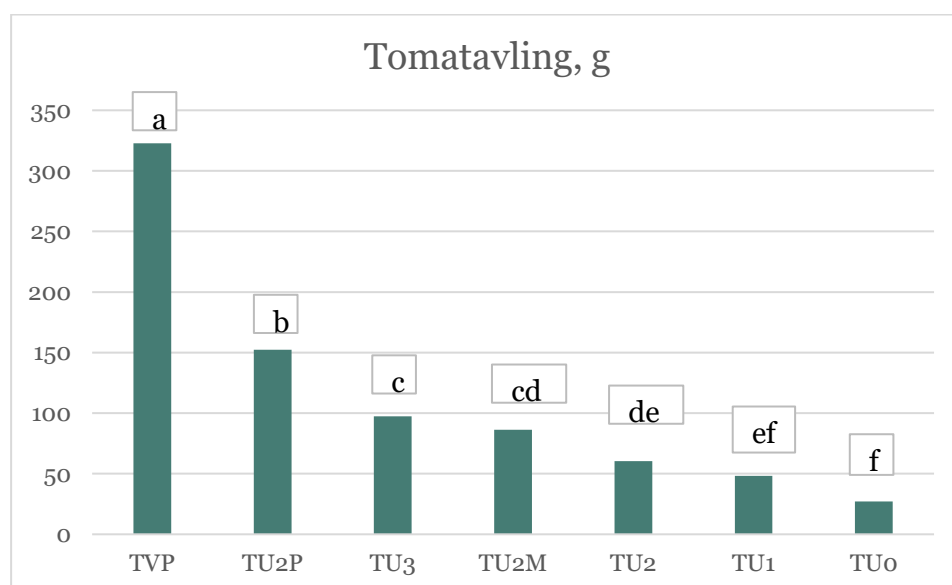
Tilsvarende forskjeller mellom forsøksledder kom til syne i øvrige registreringer som ble gjort av tomatplantene.



Figur 2. Lengde på tomatplanter (fra rotfeste til feste for øverste blomsterklase) ved avslutning av forsøket 31. august 2021. Gjennomsnittsverdi for fire planter per ledd, 2 gjentak. Ledd som ikke deler bokstav (a-d), er signifikant forskjellige. Forklaringer til forsøksledd er vist i tabell 1.

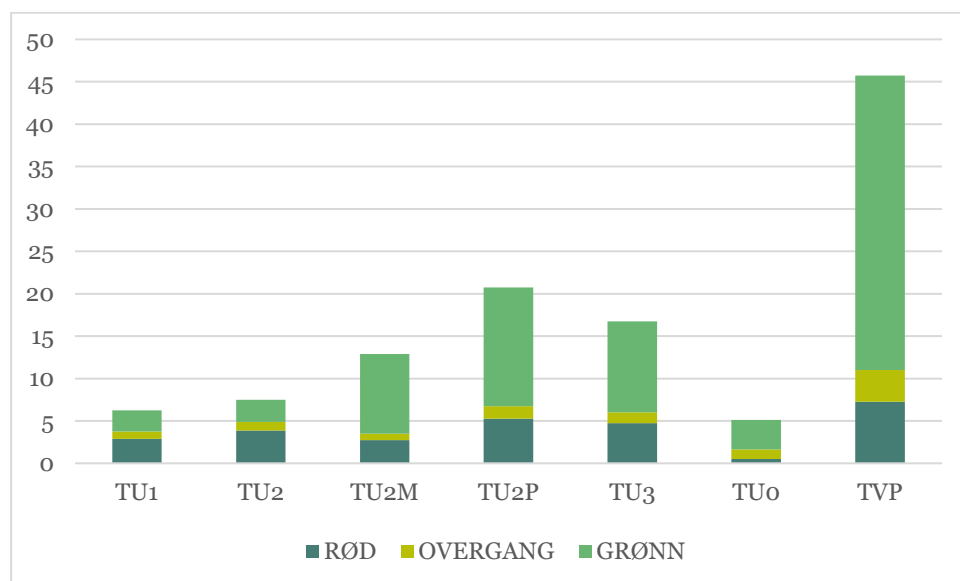
Ved avslutningen av tomat-forsøket hadde kontroll-leddet med Gartnerjord (TVP) betydelig høyere planter enn alle øvrige ledd (Figur 2). over 40 cm høye. Leddet med ugjødslet torv hadde svært korte planter (ca 20 cm). Leddene med dobbel mengde (TU2M, TU2P, TU2), eller fire ganger enkel mengde med ullpellets (TU3) hadde noe høyere planter enn leddet med laveste mengde ullpellets (TU1), men forskjellen var statistisk sikker bare mellom TU2M og TU1.

Forskjellen i tomatavling var enda større enn for plantehøyde. TVP-plantene hadde ca. 330 g tomater per plante, mens ledd med ullpellets hadde mellom 50 og 150 g (Figur x). I ugjødslet torv ble det ca. 20 g tomater per plante. Tilskudd av fosfor i struvitt økte avlingen betydelig (TU2P vs. TU2M og TU2) (Figur 3).



Figur 3. Tomatavling per plante ved avslutningen av forsøket 31. august 2021. Gjennomsnittsverdier for fire planter per ledd, 2 gjentak. Ledd som ikke deler bokstav (a-f), er signifikant forskjellige.

Når tomatene ble sortert etter farge (Figur 4) var det klart flest røde tomater i alle ledd unntatt TU1 og TU2. TU2M, TU2P og TU3 hadde flere frukter generelt, og flere røde tomater enn TU1, TU2 og TU0, men ingen av leddene med ullpellets kom i nærheten av vanlig praksis-leddet TVP (Bilde x). Dette bekrefter inntrykket av at ullpellets ikke ga samme gode utvikling av tomatplantene som Gartnerjord. Likevel var det flere røde tomater med dobbel mengde ullpellets, sammenliknet med ugjødslet torv. Tilsetning av struvitt ga noe flere røde tomater.



Figur 4. Antall tomater per plante i ulike forsøksledd ved avslutningen av forsøket 31. august 2021, fordelt på røde, grønne og overgang mellom grønn og rød. Gjennomsnittverdier for fire planter per ledd, 2 gjentak, avrundet til hele tall.



Bilde 8. Tomater fra hvert forsøksledd ved avslutning av testen 31. august 2021. Fra venstre: TU0, TU1, TU2, TU2M, TU2P, TU3 og TVP. Forklaring på forsøksledd, Tabell 1.

4 Utprøving 2: Korleis høver ullpellets som gjødsel til fleirårig eng?

Denne testen ble gjennomført og beskrevet av Olav Martin Synnes, NLR Vest

4.1 Material og metode

Eit forsøksfelt vart lagt ut i god eng siste veka i april, hos Egil Kvalsund på Nerlandsøya i Herøy. Jordarten er siltig mellomsand med 10-20 % organiske materiale. Feltet hadde 6 ledd og tre gjentak, og vart hausta to gongar i 2021. Stigande mengder ullpellets er samanlikna med ugjødsla ledd og normale mengder med mineralgjødsel. Det er også eit ledd med kombinasjon av ullpellets og nitrogen-svovelgjødsel. Ledd med ullpellets, ledda 2-5, er tilført 2 kg fosfor og 8 kg kalium per dekar om våren. Etter første slått vart det tilført 1 kg fosfor og 4 kg kalium per dekar på dei same ledda. For lågt innhald av desse næringsstoffa i ull (etter norm for gras) skal såleis ikkje hemme veksten hos plantane. Ullpelletsen inneheld ca. 11 % nitrogen, 3,3 % kalium og 2,2 % svovel. Innhaldet av fosfor er lågt, 0,06 %. OPTI NS inneheld 27 % nitrogen og 4 % svovel. Fullgjødsel F18-3-15 inneheld 17,6 % nitrogen, 2,6 % fosfor, 14,6 % kalium og 3,6 % svovel.

Tabell 3. Forsøksledd 2021. Vårgjødsling vart gjort 23. april, første slått 15. juni. Ledd med ullpellets vart tilleggsgjødsla med Superfosfat P8 og Kaliumklorid om våren tilsvarende 2 kg fosfor (P) og 8 kg kalium (K) per daa. Etter første slått vart det tilleggsgjødsla med 1 kg P og 4 kg K per dekar. Tilført mengde nitrogen (N) i kg/daa.

Ledd	Vårgjødsling, kg/daa	N/da a (kg)	Etter 1. slått, kg/daa	N/da a (kg)
1 EU	Ugjødsla	0	Ugjødsla	0
2 EU1	50 kg Ull	5,5	25 kg Ull	2,8
3 EU2	100 kg Ull	11	50 kg Ull	5,5
4 EU4	200 kg Ull	22	100 kg Ull	11
5 EU2+NS	100 kg Ull + 20 kg OPTI NS (4S)	16,5	50 kg Ull + 10 kg OPTI NS (4S)	8,3
6 EVP	77 kg F18-3-15	12	39 kg F18-3-15	6

4.2 Resultat

Avling og tørrstoffinnhald vart registrert rutevis. Det er utført statistisk analyse av avlingstala frå dei to slåttane. Mot slutten av sesongen vart det gjort notatar for etterverknad av gjødslinga.

Det er teke leddvise grasprøver frå utvalde ledd, ledda 2, 4, 5 og 6, frå første og andre slått. For kvart av ledda er tørka grasprøver frå 3 gjentak slått saman til ei analyseprøve. Resultat er vist i tabell 4 og 5.

Tabell 4. Avling, tørrstoffinnhald i % (TS %) og legde ved to slåttar i 2021. Avlingstala er gitt i kg/tørrstoff/daa. Første slått 15. juni, andre slått 29. juli. Rutevise notatar for etterverknad er gjort 1 månad etter andre slått. Gjenvekst etter 2. slått vart vurdert etter skjøn, der avlinga på ugjødsla ledd er sett lik 1.

Ledd	Avling 1. slått	TS %	Legde %	Avling 2. slått	TS %	Legde %	Avling 1. + 2. slått	Etter- verknad 31. aug.
1 EU	230	24	0,3	104	29	0	334	1
2 EU1	244	22	3,7	174	25	0	418	2,2
3 EU2	266	22	2,3	192	22	1,7	458	3
4 EU4	261	22	3,7	271	21	7,7	532	4,7
5 EU2+NS	422	20	10	302	21	8,3	724	3,8
6 EVP	605	16	73	323	20	11,7	928	2,2
Lsd 5 % 10 df	45			29			50	

Det var tørt i mai 2021. Nedbryting av ullpellets og frigivinga av N gjekk seint. Ved første slått låg framleis mykje av ullpelletsen att synleg på jordoverflata. Det ser ein av avlingstala i første slått. Det var berre ein svak tendens til høgare avlingar på ruter med ullpellets, samanlikna med ugjødsla ruter. Ledd med mineralgjødning hadde betre vekst. Berre ledd 6, med vanleg mengde F18-3-15, gav «normal» avling i første slått. Her var det også kraftig legde og lågare tørrstoff-innhald.

I slutten av juni var det lite restar av ullpelletsen å sjå. Det verka som ho var nedbroten. Det var normale nedbørmengder i juni. Det var god og sikker verknad av ullpelletsen, i forhold til ugjødsla ruter. Innhaldet av protein seier noko om opptaket av nitrogen i plantane (Tabell 5). Det var høgast innhald på ledd 4 med største mengde ullpellets. Dette skuldast venteleg tilgang til N både frå vårgjødslinga og overgjødslinga.

Ull inneheld forholdsvis mykje svovel, og har tilført plantane like mykje svovel som mineralgjødning. Forsøk har vist at det bør vere minst 2 g S/kg tørrstoff for å gi full avling hos gras. På ledd med ull vart det også tilført ca. 0,9 kg S/daa i fosforgjødsel OPTI P 0-20-0.

Notering av etterverknad ein månad etter andre slått, syner at det var mykje plantetilgjengeleg nitrogen i jorda om hausten, og mest på ruter med største mengde ullpellets (Bilde 9).

Tabell 5. Kjemiske analysar av grasprøver i ledd 2, 4, 5 og 6 i 1. slått og 2. slått. For kvart ledd er det teke prøver frå tre gjentak, til ei samleprøve. Tala er g/kg TS.

Ledd	Slått	Protein	P	K	S	Ca	Mg	Cl
2	1	78	2,4	20,8	1,7	2,6	1,1	10,6
4	1	83	2,3	20,6	1,6	2,8	1,1	10,1
5	1	69	2,4	22,9	1,5	2,6	1,1	10,6
6	1	97	2,0	21,0	1,7	3,0	1,5	15,0
2	2	113	3,0	29,8	3,3	3,2	1,5	13,0
4	2	184	4,1	38,2	3,8	4,0	2,0	15,6
5	2	141	3,1	31,2	3,4	4,1	2,0	12,8
6	2	163	2,8	29,0	2,7	4,6	2,3	17,5

Ein reknar med at innhaldet av kalium (K) i grasplantar bør vere minst 20 g/kg tørrstoff for å oppnå full avling. Innhaldet av svovel (S) bør vere minst 2 g/kg tørrstoff.



Bilde 9. Etterverknad av gjødsel ein månad etter andre slått, syner at det var mykje plantetilgjengeleg nitrogen i jorda om hausten, og mest på ruter med største mengde ullpellets. Foto Olav Martin Synnes

5 Utprøving 3: Hvor lang nedbrytingstid har ullpellets, og hvor raskt blir næringsstoffer tilgjengelig?

5.1 Materiale og metode

Utprøvingen ble gjennomført som et inkubasjonsforsøk, der ulike mengder ullpellets var tilført hagejord eller kalket torv og plassert i åpne plastpotter i et klimaskap (TERMAKS, Bacterial chamber, series B8000) fra 30. april 2022 til 21. juni 2022 (om lag 7 uker). Det ble brukt 2-liters plantepotter i svart plast, med hull i bunnen. Den 29. april 2022 ble to 80 liters sekker med kalket torv fra Tjerbo blandet i en dunk og tilsatt vann til torven var vurdert som passelig fuktig for bruk som såjord. Tre 10-liters bøtter med moldholdig, siltig mellomandsand fra et økologisk drevet hageanlegg på Tingvoll Gard, Nordmøre ble blandet i en dunk (heretter kalt hagejord). Ved oppstart av testen, 30. april, ble egenvektene til torv og hagejord registrert. Et litermål fylt med hagejord eller torv ble dunket hardt mot arbeidsbenken, deretter fylt på nytt (gjentatt to ganger) og veid. Torv veide 540 g/l og hagejord 1260 g/l. Prøver av hagejord og torv ble tatt ut til analyse og frosset ned før innsending til laboratorium 22. juni. Prøvene ble analysert for jordart, volumvekt, moldklasse, leirklasse, glødetap, pH, P-AL, K-AL, Mg-AL, Ca-AL, Na-AL (Eurofins Agri, Pakke 1 jord). Det var 7 forsøksledd (Tabell 6) med 7 potter i hver behandling, merket a-g for hvert ledd.

Tabell 6. De 7 forsøksleddene i inkubasjonsforsøket med benevninger.

Forsøksledd		Benevning
1	Hagejord (H) uten pellets.	1 H0
2	Torv (T) uten pellets.	2 T0
3	Hagejord, ullpellets (U) mengde 2 (som ledd 2 i pelargonium- og tomattester, 18 g pellets per liter jord).	3 HU2
4	Torv, ullpellets mengde 2 (som ledd 2 i pelargonium- og tomattester, 18 g pellets per liter torv).	4 TU2
5	Torv, ullpellets mengde 2 + hagejord, (som ledd 2 i pelargonium- og tomattester, 18 g pellets + 1 ts jord per liter torv)	5 TU2H
6	Torv, ullpellets utrørt i vann (V), mengde 2, (som ledd 2 i pelargonium- og tomattester, 18 g pellets per liter torv).	6 TU2V
7	Torv, ullpellets mengde 3 (som ledd 6 i tomattesten, 36 g pellets per liter torv).	7 TU3

I hver 2-liters potte med hagejord var det 2520 g jord pluss angitt mengde ullpellets per liter (Tabell 6), i 2-liters potter med torv var det 1080 g torv pluss angitt mengde ullpellets og eventuelt hagejord per liter torv som angitt i Tabell 6. Behandling nummer 6 ble tilberedt ved å bløtlegge pellets i 2 dl

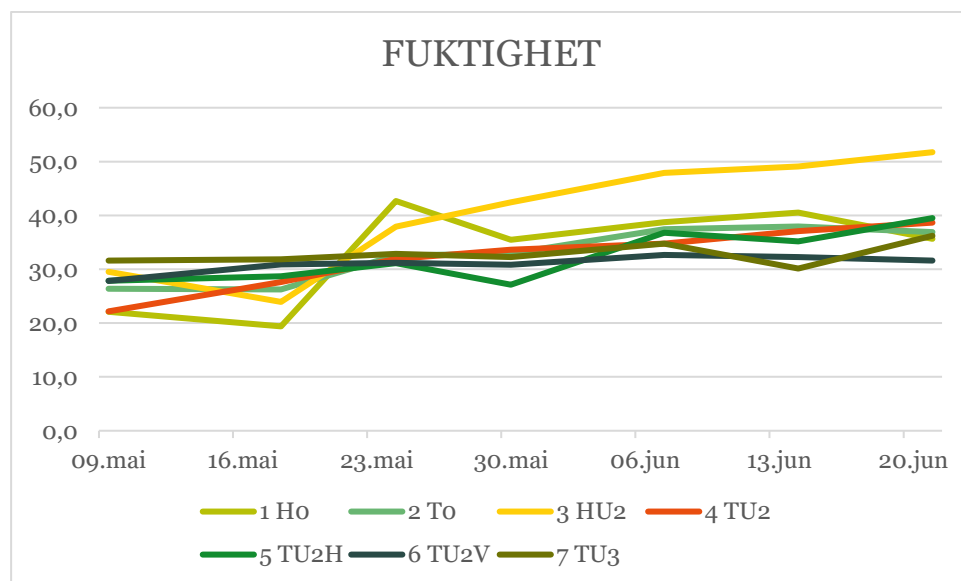
vann (per potte) i en halv time og deretter ble det rørt rundt med en gaffel. Pottene i de andre behandlingene ble tilsatt 2 dl vann for å sikre lik fuktighet.

Klimaskapet var innstilt på 18 °C. Ved ukentlige registreringer ble skaptemperaturen notert. Temperaturene varierte noe, fra 17,5 – 21,5 °C. Ved oppstart av forsøket tok vi to målinger av pH i torv (4,9 og 5) og to av hagejord (5,9 og 6) med et håndholdt pH-meter. Samme måler (Bluelab Soil pH pen, [Bluelab Soil pH Pen | Bluelab Norway](#)) ble brukt til målinger i forsøkspottene gjennom forsøksperioden. I tillegg ble jordtemperatur, konduktivitet (ledetall, målt som cS/m) og fuktighet (volumetrisk, %) målt med en Scanntronic sensor ([Scanntronik Mugrauer GmbH - Soil Analysis Sensor - Sensor for soil moisture, electrical conductivity and temperature](#)). Målinger ble gjort ukentlig i alle pottene, i alt 7 ganger, i perioden 30. april – 21. juni. Målingen ble gjort midt i pottene, ca. 5 cm dypt. Prøver ble tatt ut 25. mai for analyse av mineralsk nitrogen (Eurofins Agri). 1 dl fra hver potte ble tatt ut med teskje ulike steder i pottene ca. halvveis nedi potten. Deretter ble det laget samleprøver for hver behandling. Ved avslutning 21. juni ble det tatt ut prøver til analyse av pottene a, b og c for hver behandling. Jord/torv fra hver potte ble blandet godt i en bolle før ½ l ble tatt ut og analysert ved Eurofins Agro for mineralsk nitrogen og jordart, volumvekt, moldklasse, leirklasse, glødetap, pH, P-AL, K-AL, Mg-AL, Ca-AL, Na-AL (Jordpakke 1). Pottene ble visuelt observert ved ukentlige målinger og ved avslutning.

5.2 Resultater

Fuktighet

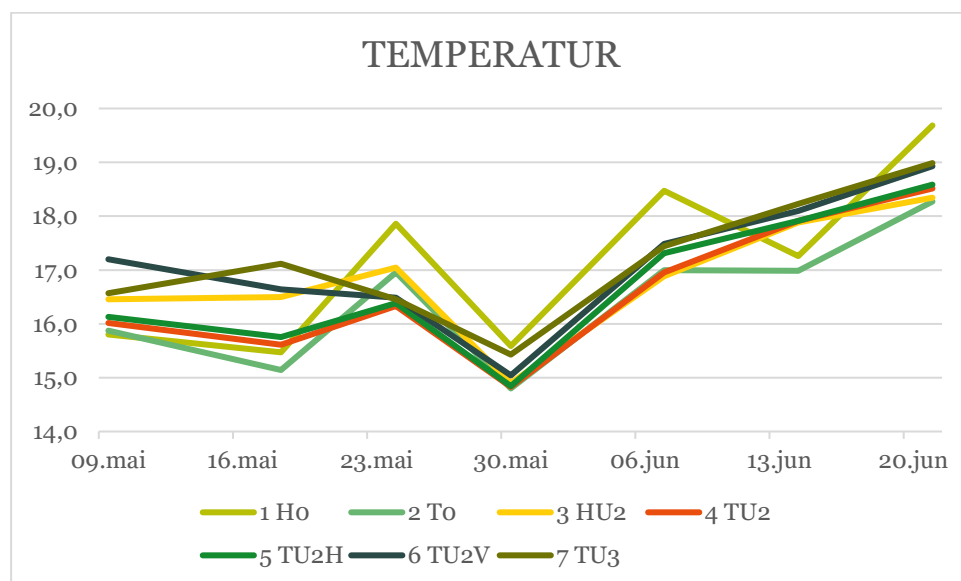
Det var et mål å holde fuktigheten i pottene mest mulig konstant gjennom forsøksperioden ved å veie dem og tilføre vann så vekten ble lik startvekt. Dette lyktes rimelig bra i leddene med torv (2 T0, 4 TU2, 5 TU2H, 6 TU2V), men var litt mer utfordrende i hagejord (1 H0) og spesielt i leddet 3 HU2 hvor fuktigheten økte en god del gjennom forsøksperioden (Fig 5).



Figur 5. Vanninnhold (volumetrisk, %) i sju forsøksledd med ulike blandinger av hagejord (H), ugjødslet torv (T) og ullpellets (U). Gjennomsnittverdier av sju pottes per forsøksledd.

Temperatur

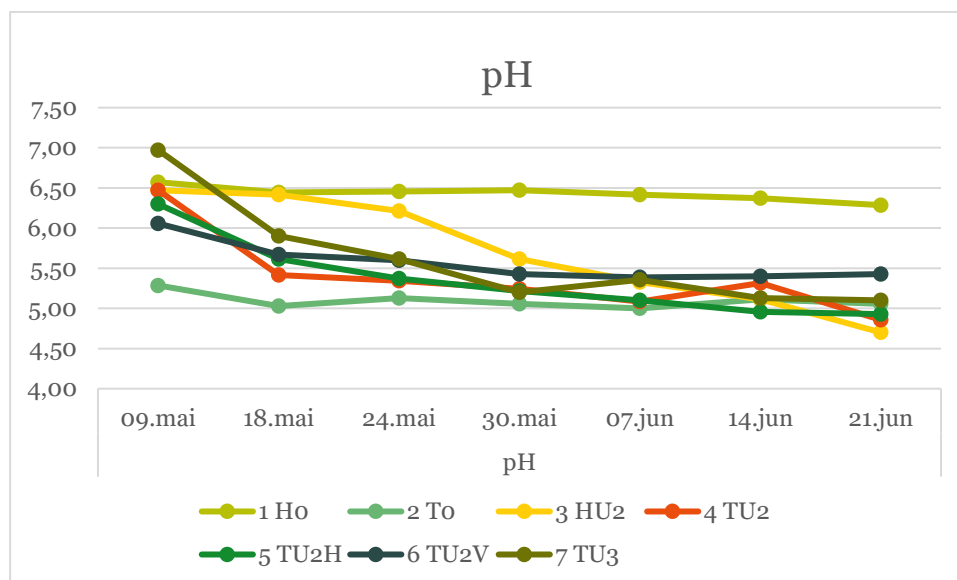
Jordtemperaturen skulle også holdes konstant gjennom forsøksperioden, og skapet var innstilt på en temperatur på 18 °C. Det var en del svingninger i temperaturen i slutten av mai, og mot slutten av forsøksperioden økte temperaturen noe i alle behandlingene (Figur 6). Temperaturen lå mellom 15 og 19 grader i alle forsøksleddene. Det er ingen forsøksledd som skiller seg vesentlig ut med tanke på temperatur. Det kan ikke utelukkes at den svake temperaturøkningen mot slutten av forsøket kan skyldes biologisk aktivitet i materialet.



Figur 6. Temperatur (°C) målt i sju forsøksledd med ulike blandinger av hagejord (H), ugjødslet torv (T) og ullpellets (U). Gjennomsnittverdier av sju potter per forsøksledd.

pH

I kontrolleddene med ugjødslet torv (T0) og hagejord (H0) holdt pH seg ganske stabil gjennom hele forsøket (Fig 7), med en svak nedadgående tendens mot slutten av forsøket. Tilsetning av ullpellets økte pH i torv, men ikke i hagejord. Alle gjødslede ledd hadde en betydelig nedgang i pH i løpet av forsøket. Nedgangen gikk raskere der ullpelletsen var blandet med torv (4 TU2, 5TU2H, 6 TU2V, 7 TU3) enn med hagejord (3 HU2). Hagejord med ullpellets (3HU2) fikk imidlertid svært lav pH mot slutten av forsøket, lavere enn ugjødslet torv (T0), og dette kan henge sammen med det høye vanninnholdet (Figur 7).



Figur 7. pH i sju forsøksledd med ulike blandinger av hagejord (H), ugjødset torv (T) og ullpellets (U). Gjennomsnittverdier av sju pottar per forsøksledd.

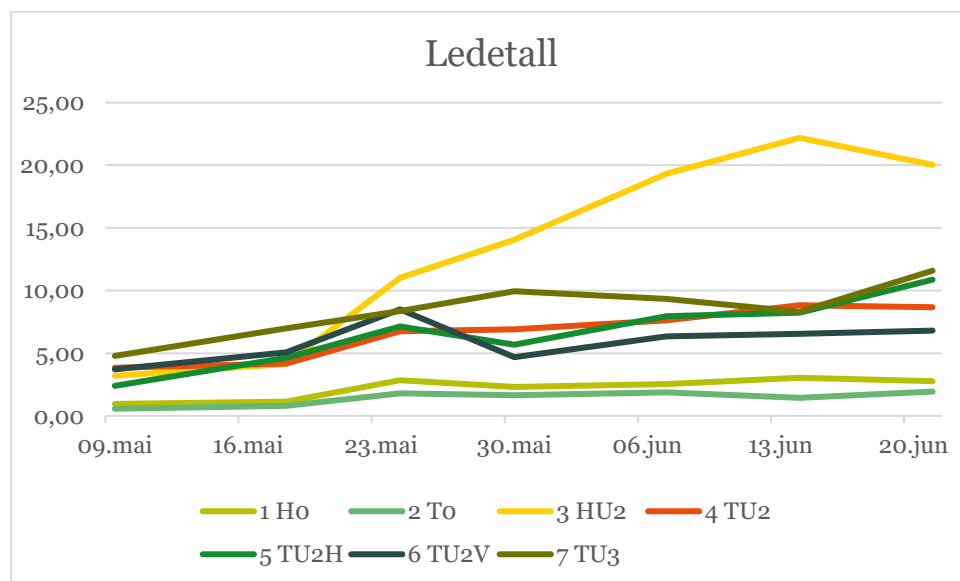
pH ved avslutningen av forsøket 21. juni 2022, målt hos Eurofins, viste et visst samsvar med pH målt med håndholdt pH meter (Figur 7 og Tabell 7), men verdien var gjennomgående 0,5-1 pH enhet lavere med håndholdt utstyr. I ett tilfelle ga håndholdt pH meter en høyere verdi (TU2H). pH målingene med håndholdt utstyr foregikk i våt jord, mens prøvene analysert hos Eurofins var lufttørket, og dette kan ha påvirket resultatet noe. Det var sikre forskjeller mellom gjennomsnittsverdiene fra tre prøver fra hvert forsøksledd målt hos Eurofins, slik at disse må vurderes som pålitelige. Resultatene tyder dermed på at håndholdt utstyr er mindre nøyaktig enn analyser gjennomført ved et laboratorium, men når samme instrument er brukt ved hver måling er det antakelig relevante forskjeller mellom behandlinger som er vist i Figur 7.

Tabell 7. pH verdier målt hos Eurofins av prøver tatt ut 21. juni 2022 (gjennomsnitt for pottene a, b og c) for hvert ledd sammenholdt med målinger gjort med håndholdt pH- meter i forsøkspottene (gjennomsnitt for pottene a, b og c) for hvert ledd 21. juni. 2022.

Ledd	pH Eurofins	pH NORSØK
1 H0	6,73	6,3
2 T0	5,73	5,0
3 HU2	5,60	4,9
4 TU2	5,70	4,5
5 TU2H	5,30	5,2
6 TU2V	5,93	5,5
7 TU3	5,13	5,3

Ledetall

Når det tilsettes gjødsel til et vekstmedium som jord eller torv, vil ledningsevnen stige fordi det frigjøres ioner som gir vekstmediet økt evne til å lede strøm. Det var store forskjeller mellom forsøksleddene i hvordan ledningsevnen i substratene endret seg gjennom forsøksperioden (Fig 8). Stigningen var sterk i hagejord med ullpellets (3 HU2), og flatet ut etter 5 uker. I ugjødslet torv (2 T0) og hagejord uten ullpellets (1 H0) var ledningsevnen stabil gjennom hele forsøksperioden, og den var ikke nevneverdig høyere i hagejord enn i ugjødslet torv. Økning av mengde ullpellets (7 TU3 vs. 4 TU2) ga bare en svak økning i ledningsevnen. Å blande ullpellets med vann før tilsetning til torv (6 TU2V) reduserte økningen i ledningsevne. Å blande litt hagejord inn i veksttorv med ullpellets (5 TU2H) ga svært lite utslag på ledningsevnen.



Figur 8. Ledningsevne (cS/m) i sju forsøksledd med ulike blandinger av hagejord (H), ugjødslet torv (T) og ullpellets (U). Gjennomsnittverdier av sju pletter per forsøksledd.

Ved registrering 7. juni ble det observert mer sopputvikling på pellets i ledd 3 HU2 (hagejord med pellets) enn på pellets i ledd 4 TU2 (torv med pellets) (Bilde 10). Det kan bety at det var større biologisk aktivitet i hagejord enn i torv og derved raskere nedbryting av pellets og frigjøring av næringsstoffer. Dette samstemmer med ledetallnivåene som var høyere i ledd 3 HU2 enn 4 TU2 rundt 7. juni (Figur 8).



Bilde 10. Ved registrering 7. juni 2021 var det mer sopp utvikling i pottes med jord og pellets (3 HU2) (t.v.), enn i pottes med torv og pellets (t.h), (på bildet ledd 4 TU).

Jordanalyser

Jordanalysene hos Eurofins viste ellers sikre forskjeller mellom forsøksleddene for glødetap og AL-løselige næringsstoff (Tabell 8). Glødetapet var som forventet betydelig høyere i torv enn i hagejord. I hagejord økte glødetapet ved tilsetning av ullpellets, mens i torv ble glødetapet redusert ved slik tilsetning. Dette er også som forventet, da ullpellets inneholder mye mer organisk materiale enn hagejord, men mindre enn i torv. Hagejorda inneholdt mye av både fosfor (P) og kalium (K), med svært høye konsentrasjoner av begge disse næringsstoffene i hagejord uten ullpellets. Tilsetning av ullpellets ga ingen økning i P-AL hverken i hagejord eller i torv. Torv (2 T0) inneholdt svært lite av både P, K, Mg, Ca og Na. Tilsetning av ullpellets økte konsentrasjonen av AL-løselig K, og K-AL nivået økte med økende tilsetning av ull (7 TU3 vs. ledd med TU2). Tilsetning av ullpellets økte innholdet av AL-løselig magnesium (Mg), kalsium (Ca) og natrium (Na) i hagejord, men ikke i torv. Økningen i Ca-AL i hagejord var ikke statistisk sikker.

Tabell 8. Egenskaper ved substrater etter 7 ukers inkubasjonsforsøk, 21.6.2022. LOI = glødetap, AL= ammonium-acetat laktatløselige næringsstoff, mg/100 g lufttørt substrat. For P og K er verdier < 1 mg, for Mg og Na verdier mindre enn 2 mg og for Ca verdier mindre enn 10 mg/100 g lufttørt substrat satt lik 1, 2 eller 10 for å kunne beregne gjennomsnittlige verdier.

Ledd	LOI, %	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	Na-AL
1 H0	12,3 b	31,1 a	24,3 b	28,1 b	317 a	4 b
2 T0	92,3 a	1 b	1 e	2 c	10 b	2 c
3 HU2	13,9 b	31,0 a	84,7 a	31,3 a	327 a	9 a
4 TU2	84,7 a	1 b	3,3 de	2 c	10 b	2 c
5 TU2H	88,7 a	1 b	4,3 d	2 c	10 b	2 c
6 TU2V	91,9 a	1 b	4,3 d	2 c	10 b	2 c
7 TU3	89,7 a	1 b	7,7 c	2 c	10 b	2 c

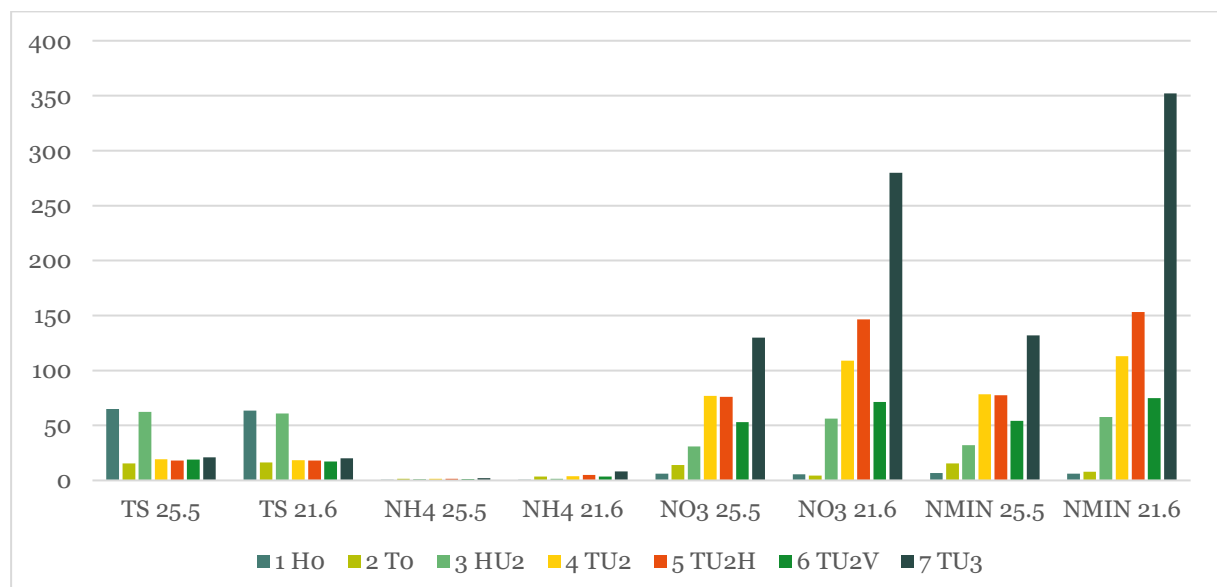
Nitrogenmineralisering

Etter 7 ukers inkubasjon, 21. juni 2022, var tørrstoffinnholdet svært likt slik det var 25. mai (25 dager etter oppstart (Figur 9). Ammoniuminnholdet hadde steget i alle forsøksledd med unntak av hagejord uten ullpellets (1 H0), hvor innholdet sank fra 0,57 til 0,50 mg/100 g tørr jord.

Ammoniuminnholdet utgjorde imidlertid en svært liten andel av totalinnholdet av mineralsk nitrogen. Nitrogen målt som nitrat pluss nitritt ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2$) utgjorde hoveddelen av samlet mineralsk N i alle forsøksleddene. Erfaringsmessig er det nitrat (NO_3) som utgjør hoveddelen av denne fraksjonen, og i det videre omtaler vi dette som nitrat. Det var en sterk økning i nitratkonsentrasjon fra oppstart til avslutning for alle ledd som fikk tilført ullpellets. Det ble høyere nitratkonsentrasjon fra starten av, og sterkere økning i nitratkonsentrasjon over tid, i torv enn i hagejord (se 4 TU2 vs. 3 HU2). Det ble også et tydelig utslag for økt mengde ullpellets (7 TU3). Det er interessant å se at tilsetning av hagejord (5 TU2H) økte nitratkonsentrasjonen ved avslutningen av forsøket betydelig mer enn i torv uten slik tilsetning (4 TU2).

I praksis er det mengden av nitrogen per volumenhet i en potte som er avgjørende for hva en plante får tilgang på av nitrogen. Volumvekta for torv er mye lavere enn for hagejord. Målt per vektenhet jord blir tallene derfor svært misvisende i fht hva som vil være tilgjengelig i praksis.

Det ble ikke analysert for total mengde nitrogen. Vi vet derfor ikke om en betydelig mindre økning over tid i nitratkonsentrasjon i hagejord enn i torv skyldes at noe nitrogen er tapt til lufta, eller om det er lagret inn organisk bundet nitrogen i jorden. Siden tilsetning av hagejord til torv økte nitratkonsentrasjonen i torv, viser det en høy biologisk aktivitet i hagejorden. Dette kan gi både denitrifikasjon med tap av nitrogengass til luft, og binding av nitrogen som organisk nitrogen i jord.



Figur 9. Tørrstoffinnhold (TS, %) og ulike fraksjoner av mineralsk nitrogen i 7 ulike substrat målt 25. mai (25 dager etter oppstart) og ved avslutning av inkubasjonsforsøket 21. juni 2021. $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ (inkludert NO_2) og sum mineralsk N (NMIN) er oppgitt i mg N per 100 g TS.

6 Diskusjon og konklusjon

Resultatene fra alle testene i prosjektet tyder på at ullpellets kan ha verdi som en langsomtvirkende gjødseltype. Det er spesielt høyt innhold av nitrogen, og dessuten noe kalium og svovel som gjør ull verdifull som gjødsel. Sein nedbryting og frigjøring av næringsstoffer, særlig i tørt og kjølig vær, betyr at ullpellets som gjødsel i størst mulig grad bør moldes ned i åker. Bruk av ullpellets på overflaten av eng gir sein frigjøring av næringsstoffer. Det øker sjansen for at rester av nitrogen i jorden om høsten vil gå tapt ved utvasking. Dette er særlig aktuelt i vått klima med milde, frostfrie vintre. Tørt vær i mai medvirket til sein nedbryting og svak gjødselvirkning tidlig i vekstsesongen. Forholdsvis lav pH i jorden på forsøksfeltet kan også ha spilt en avgrenset rolle.

Potteforsøkene med tomat og pelargonium viste at næringsfrigjøringen fra ullpellets var utilstrekkelig til veksthuskulturer. Til kortvarige kulturer som disse er det nødvendig at næringsstoffene frigjøres raskere. Potteforsøket ble avsluttet før en eventuell langtidseffekt av ullpellets kunne påvises. Samme erfaring ble gjort i et potteforsøk med ullpellets som gjødsel til basilikum dyrket i torv eller grøntkompost ved Sveriges Landbruksuniversitet. I konklusjonen ble det påpekt at forsøksperioden på fem uker sannsynligvis ikke var lang nok tid til å gi gjødslingseffekt (Hill, 2022). I engforsøket i dette prosjektet var det heller ikke tilfredsstillende næringsfrigjøring i starten av vekstsesongen frem til 1. slått (ca. 7 uker fra gjødsling til slått). Avlingstall for 2. slått og observasjoner i feltet 31. august viser imidlertid at ullpellets har en gjødseffekt over tid, noe som indikerer at ullpellets kan fungere som en langtidsvirkende gjødsel. I forhold til den betydelige mengden med nitrogen som ble tilført i ullpellets, var imidlertid nitrogen-utnyttelsen dårlig, noe som øker faren for at dette næringsstoffet går tapt til luft og vann gjennom høst og vinter. Det er mulig at ullpellets med kortere fibre ville blitt brutt raskere ned. Fiberlengde og nedbrytningstid er en aktuell problemstilling for nærmere undersøkelser.

I inkubasjonsforsøket i leddet med torv tilsatt litt hagejord (TU2H) hadde vi forventet at ledningstallet ville øke mer i forhold til ledd med torv og ullpellets uten hagejord (TU2) med tanke på hvordan leddet med kun hagejord og ullpellets skilte seg ut (Tabell 6, 3HU2). Det var tydeligvis ikke tilstrekkelig med 1 ts hagejord/l torv for å få fart på omdanningen av ullpellets. I potteforsøket med pelargonium- og tomat derimot, var planteutviklingen bedre i leddene med tilsatt mold enn i ledd uten. Positivt utslag på planteutvikling i pelargoniumtesten kan muligens tilskrives planterot-jordorganisme-samspill med hensyn til nedbryting av ullpellets og frigjøring av næringsstoffer, altså at det er raskere nedbryting av ull (og annet organisk materiale) der det er planter til stede, kontra uten (som i inkubasjonstesten). Ellers er det verdt å merke seg at det var raskere nedbryting av ullpellets i jord enn i torv. Det er mulig at planteutviklingen ville vært bedre for pelargonium og tomat dersom ullpellets var tilsatt jord og ikke torv.

I potteforsøket med tomat var det tydelig positivt utslag ved tilførsel av fosfor (struvitt) sammen med ullpellets. Fosfor styrker den generative delen av planten. Ull har lavt innhold av fosfor og er et ubalansert gjødselslag med hensyn til hovednæringsstoffer. Det heller ikke tilstrekkelig mye kalium i ullpellets til at det kan være eneste gjødselslag. Mange jordbruksvekster trenger minst like mye kalium som nitrogen. I potteforsøkene med pelargonium og tomat ble det i ett av leddene brukt struvitt som fosforgjødsel for å kompensere for det lave fosforinnholdet i ullpellets. Struvitt fra avløpsvann er tillatt brukt i konvensjonell dyrking i Norge og mange andre land, og ble nylig anbefalt

godkjent til bruk i økologisk produksjon. Forslag til videre utviklingsarbeid med ull som gjødsel, er å undersøke muligheter for å lage pellets av blandinger av ulike materialer, f.eks. makroalger som kan tilføre kalium, og fiskebein som kan tilføre fosfor. Ulike blandinger med ull kan tilpasses ulike veksters behov. Til gras for eksempel, vil det være mer behov for kalium og fosfor og en kombinasjon med ull/ullpellets og storfe- eller sauegjødsel kan være en aktuell kombinasjon å prøve ut.

Det kan også være aktuelt å undersøke ettervirkning av ullpellets som gjødsel i flerårige kulturer som frukt, bær eller urter med relativt høye nitrogen behov, men mindre behov for andre mineraler. Det er også aktuelt å undersøke råull og kompostert ull som gjødsel.

Hygieniske, helse- og miljømessige sider ved bruk av ull og ullprodukter i jord- og hagebruk finnes det begrensede kunnskaper om og det er derfor aktuelt å utføre risikoanalyser ved bruk av ull til matproduksjon. I et prosjekt der ullduker som jorddekke i hagebruk ble testet (McKinnon, 2022), ble det foreslått at slike spørsmål bør utredes nærmere. Samme vurderinger og analyser bør gjøres med eventuelle innblandinger i ullpellets eller tilleggsgjødsel. De hygieniske aspektene ved bruk av ullpellets er imidlertid godt ivaretatt i og med at ullen varmes opp i produksjonsprosessen. Hvorvidt det kan overføres rester av uønskede stoffer (eksempelvis pesticider eller medisiner) er usikkert og bør utredes nærmere for å sikre helsen til jordliv, dyr og mennesker.

Litteratur

- Bradshaw, T., Hagen, K., 2022. Wool Pellets Are a Viable Alternative to Commercial Fertilizer for Organic Vegetable Production. *Agronomy*, 12, 1210. <https://doi.org/10.3390/>
- Lyche, A., (upublisert), Forretningsplan – Opptur for lokalprodusert ull
- McKinnon, K., Lennon, A., og Andresen, B.L., 2019. All ull er verdifull. Kompostering av ull i talle og spørreundersøkelse om bruk av ull i Fosenregionen. NORSØK rapport, Vol 4, Nr 1, Norsk senter for økologisk landbruk, Tingvoll, 32 s.
- McKinnon, K., 2019. Bruk av restull i jord- og hagebruk, NORSØK rapport, Vol 4, Nr 12, Norsk senter for økologisk landbruk, Tingvoll, 20 s.
- McKinnon, K., 2022. Utpøving av jorddekkeduker i ull som erstatning for plast, NORSØK rapport, Vol 7, Nr 5, Norsk senter for økologisk landbruk, Tingvoll, 24 s.
- Hill, J., 2022. *Wool you look at that? - Sheep wool pellets as fertilizer in container - grown crops with short cultivation time.* Svensk tittel: Fårullspellet som gödselmedel i krukodling med kort kulturtid. Studentoppgave. Trädgårdsingenjör: Odling – Kandidatprogram SLU, Alnarp.
- Ostara, 2022. [About - Crystal Green](#) tilgjengelig 26.08.22
- Uldal, S. H. & Grøva, L., 2022. *Hvordan øke andelen førstesorterings ull?* Animaliarapport

Vedlegg

Vedlegg 1 Analyserapport for ullpellets

SINTEF NORLAB
Namdal

Prøvingsrapport



Norsøk
Gunnarsveg 6
Norsk senter for økologisk landbruk
Norwegian Centre for Organic Agriculture
6630 Tingvoll
Norway

Utstedt dato 2020-12-04
Prøve nr P2012282
Versjon 1
Rapport godkjent 2020-12-04
PO.nr/Ref.nr Ull-dorado biogjødsel

Gjelder: Ull-dorado biogjødsel

P2012282-01 Prøvested: Ullpellets

Merking

Prøvetaking	Prøvetaker	Mottak	Utført fra	Til	Objekt	Prøvetype
0000-00-00	Kunde	2020-11-20	2020-11-20	2020-12-04	Slam	Gjødsel

Parameter	Metode	Resultat	Enhet	Måleusikkerhet	Grenseverdi
E. coli	AFNOR BIO 12/13-02/05	<10	cfu/g		
Natrium	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	3200	mg/kg TS	±650	
Magnesium	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	620	mg/kg TS	±150	
Fosfor	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	500	mg/kg TS	±130	
Svovel	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	22000	mg/kg TS	±4500	
Kalium	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	33000	mg/kg TS	±6700	
Kalsium	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	1300	mg/kg TS	±200	
Krom	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	2.1	mg/kg TS	±0.42	
Mangan	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	30	mg/kg TS	±6.1	
Jern	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	790	mg/kg TS	±160	
Kobolt	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	0.31	mg/kg TS	±0.061	

Parameter	Metode	Resultat	Enhet	Måleusikkerhet	Grenseverdi
Nikkel	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	0.69	mg/kg TS	±0.21	
Kobber	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	6.2	mg/kg TS	±1.9	
Sink	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	360	mg/kg TS	±72	
Arsen	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	<0.37	mg/kg TS		
Molybden	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	0.49	mg/kg TS	±0.15	
Sølv	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	<0.085	mg/kg TS		
Kadmium	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	0.017	mg/kg TS	±0.0042	
Tinn	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	<3.8*	mg/kg TS		
Kvikksølv	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	<0.70	mg/kg TS		
Bly	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	0.71	mg/kg TS	±0.21	
Totalnitrogen (Kjeldahl)	Intern /Kjeldahl-N	120000	mg N/kg TS		
Tørrestoff	NS 4764	97	g/100 g	±6.8	
C:N-Forhold		3.5*			
Aske	Intern metode	9.3*	%		
Totalt organisk karbon, TOC, ^a	ISO 10694, mod./EN13137A	430000	mg/kg TS	±110000	

^a Utført av Fjellab, TEST 081

Vedlegg 2 Varedeklarasjon for Gartnerjord fra Tjerbo

VAREDEKLARASJON

Gartnerjord 50/80 liter

Varetype	Blandet dyrkingsmedium (jordblanding)
Bruksområde	Dyrkingsmedium
Sammensetning	86 vol.% sphagnumtorv H2-H5 10 vol.% sand 4 vol.% granulert leire
Tilsatt pr. m ³	4,0 kg kalksteinsmel 1,0 kg dolomittmel 1,0 kg multimax med mikronæring
Tørrestoff	160 g/l
Organisk innhold	45 % av tørrestoffet
Surhetsgrad*	pH 5,5-6,5
Elektrisk konduktivitet*	25 mS/m
Fosfor (P-CAT)	35 mg/L
Kalium (K-CAT)	190 mg/L
Total-N	900 mg/L
Volum	50/80 liter
Densitet	340 kg/m ³
Findelingsgrad	Middels til grov
Produksjonsnummer	Står bak på sekken
Anbefalt bruk	Ingen spesielle brukskrav

*pH og elektrisk konduktivitet er oppgitt ved produksjon og kan endres noe ved lagring.

Reg.nr. Mattilsynet: 4615



Norsk senter for økologisk landbruk, NORSØK er ei privat, sjølvstendig stifting.

Stiftinga er eit nasjonalt senter for tverrfagleg forskning og kunnskapsformidling for å utvikle økologisk landbruk. NORSØK skal bidra med kunnskap for eit meir berekraftig landbruk og samfunn. Fagområda er økologisk landbruk og matproduksjon, miljø og fornybar energi.

Besøks- /postadresse

Gunnars veg 6
6630 Tingvoll

Kontakt

Tlf. +47 930 09 884
E-post: post@norsok.no
www.norsok.no