

Noregs miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgåve 2020 60 stp

Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

Opptak av næringsstoff i *Triticum aestivum*.L gjennom ein vekstsesong, opplyst av jord og planteanalyse- Eit Veksthusforsøk

Nutrient uptake in *Triticum aestivum*.L through a growing season illuminated with soil and plant analyzes- A greenhouse pot experiment

Lina A. Haugen Herstad

Miljø og Naturressursar
Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

Innholdsfortegnelse

Abstrakt.....	2
introduksjon.....	3
Ekstraksjonsmetodane.....	5
Problemstilling	5
Material og Metode	5
Material.....	5
Veksthusforsøk.....	6
Uttak	7
Lab analyse.....	7
Ekstraksjon metoder og næringsanalyse	8
Korrigerings	8
Resultat	9
Planteinnhold	9
Jordanalyse	12
pH.....	12
Plantetilgjengeleg næringsstoff	12
Korrelasjon og korrigerings	17
Fosfor (P).....	17
Kalium (K).....	19
Magnesium (Mg).....	21
Diskusjon.....	24
Konklusjon.....	26
Anerkjenning.....	27
Referansar.....	27

Abstrakt

I dette forsøket blir AL-metoden og CaCl_2 samanlikna med kvarande og med planteopptak i vårkveite (*Triticum aestivum*) for Fosfor (P), Kalium (K) og Magnesium (Mg), i et forsøk på å finne korrelasjon med buffernæring, intensitet i jorda og planteopptak i en vekstsesong. Uttak ble tatt på sju ulike tidspunkt i vekstperioden for å vise planteopptakk. To ulike sedimenta blei bruk for får differensiere effekten av fysiske eigenskapar i jorda og kunne representere typisk landbruksjord. Forsøket ble utført i et veksthus, med tre behandlingar for å forklare jorda intensitet og adsorpsjon i en vekstsesong; fullgjødsling og vårkveire, fullgjødsel utan vårkveite og ubehandla jord. Korrelasjonen mellom AL- og CaCl_2 – verdiane frå dei sju uttaka viser at best til dårligast R^2 i dyrka jord: K-letteleire > K-Sandig letteleire > Mg-letteleire > Mg-sandig letteleire > P-sandig letteleire > P-letteleire. Forskjellen mellom verdiane i «kontroll gjødsla» og «dyrka jord» i begge jordartane med begge metodane kan tyde på at endringa P-K og Mg-buffer og intensitet i i jorda over en vekstsesong ikkje kunn kan skyldast næringsopptak i planten men andre prosessar og mikroorganismar som binde og bruke næring i jorda som kan påvirke forholdet mellom metode og planteopptak

In this experiment, the AL method and CaCl_2 are compared with quarantine and with plant uptake in spring halibut (*Triticum aestivum*) for Phosphorus (P), Potassium (K) and Magnesium (Mg), in an attempt to find a correlation with buffer nutrition, intensity in the soil and plant uptake during a growing season. Withdrawals were taken at seven different times during the growth period to show plant uptake. Two different sediments were used to differentiate the effect of physical properties in the soil and could represent typical agricultural soil. The experiment was performed in a greenhouse, with three treatments to explain the soil intensity and adsorption in a growing season; complete fertilization and spring halibut, complete fertilizer without spring halibut and untreated soil. The correlation between AL and CaCl_2 values from the seven extractions shows that the best to worst R^2 in cultivated soil: K-light clay > K-Sandy loam > Mg light clay > Mg-sandy loam > P-sandy loam > P-light clay. The difference between the values in «control fertilizer» and «cultivated soil» in both soil types with both methods may indicate that the change PK and Mg buffer and intensity in the soil over a growing season cannot be due to nutrient uptake in the plant but other processes and microorganisms that bind and use nutrients in the soil that can affect the relationship between method and plant uptake.

introduksjon

I Norge er det forskrift om gjødselplanlegging, der formålet er å optimalisere avling og redusere forureining frå landbruket. § 3. Gjødslingsplan seier at ein gjødselplan må være forberedt før kvar vekstsesong. Gjødslingsplanen skal være basert på representative jordprøver, som skal takast kvart 4-8 år. I Noreg er AL-metoden (Egner et al., 1960) standardisert analyse av jordprøver (Krogstad, 1992). Al metoden blir brukt for å bestemme lettløseleg fosfor (P), kalium (K), Magnesium (Mg) og kalsium (Ca). Til gjengjeld måler AL-metoden eit potensielt lager som er plantetilgjengeleg i en vekstsesong. Nederland brukar CaCl_2 ekstraksjon for multi-nærings jordanalyse og er meir økonomisk og ein AL-metoden (Houba et al., 2000). CaCl_2 måler intensiteten av et næringsstoff i jordløysinga. Jordanalyse er betrakta som en analyse av kjemiske og fysiske eigenskapar i jorda som brukast i jord klassifisering, gjødselplanlegging, evaluering av produktivitet og forureining (westerman 1990) . Jordanalyse har derfor ein generelt termologi sidan den «betraktar» innhald i jord som brukas i evaluering. Sidan oppsettet i dette forsøket er jordanalyse som kan brukast i ein gjødselplan er målet å finne optimal korrelasjon mellom næringsinnhold i jord og næringsopptak i planten. Der Al er egna som en måling på bufferlagring og CaCl_2 er en intensitet måling an næring løyst i jordvæske som er umiddelbart tilgjengeleg næringsstoffa (Nye, 1966). Jordanalyse gjennomgår omfattande prosess for å kunne brukas i ein gjødselplan; Ekstraksjonsmetoden skal ha ein signifikant måling av plantetilgjengeleg næringsstoff, og optimalt fleire næringsstoff skal kunne analyserast med same metode. Veksthusforsøk gjer det mogleg å evaluere korrelasjon mellom metodar og plantevekst i et kontroller system (Westerman & Soil Science Society of, 1990) kontrollerte system -potte forsøk i veksthus- og laboratoriet forsøk kan en finne fram ekstraksjonsmetoden som korrigerer med plantetilgjengelege næringsstoff i jorda. (Westerman & Soil Science Society of, 1990) Jordanalyse korrelasjon fastslår om det er eit forhold mellom næringsopptak i planten og mengde næringsstoff ekstrahert av ein jordanalyse. (Soil Test Procedures: Correlation, 1987)

Når ein evaluere korrelasjon mellom jordanalyse kombiner med planteopptak gjer det mulig å vurdere totalt opptak av et gitt næringsstoff i en gitt avling i en vekstsesong. Innhald av næringsstoff in planten endrar seg raskt med tid og fysiologisk utvikling . Dette er i respons til

aukande plantematerialet og dermed en fortynning av næringsstoff. Planteanalyse bekrefte opptak av næringsstoff og utnytting.(Westerman & Soil Science Society of, 1990).

Innhald av målte element, næringsstoff og metalar reflektere tilgjengelegheita ved jorda sin relevante pH, sidan ekstraksjonen (CaCl_2) ikkje er ein bufferløysning som betyr at metoden vil ikkje endre den ordinære pH verdien tilhøyrande jorda. Denne metoden kan brukast som eit multi-element ekstraksjonsløysning (tung metalar, løyseleg organisk C, N, P, S). Desse komponentane kan være nødvendige for å evalueringa av mikrobiologisk transformasjonar(Houba et al., 2000). Forskjellen mellom metodane er tolka i en gjødselplan

Metodane er Tolka forskjellig i en gjødsel plan: CaCl_2 – som måle intensitet av næringsstoffet i jorda korrelere med innhaldet i planten ved hausting ((Wuenschel et al., 2016). Men for at CaCl_2 -verdiar skal kunne brukast, burde den korrelerast med bufferkapasiteten til jorda, for å kartlegge jorda sitt potensial til å løyse ut plantetilgjengelege næringsstoff

Al-metoden har motsatte effekt, sidan verdien kjem til å blir redusert i løpet av en vekstsesongen, Al-metoden har då et sterkare forhold med planteinnhald ved primærgjødsling

Desse to metodane er godkjente for å estimer plantetilgjengeleg Mg, K, P, Na. I tillegg Ca-AL. Dei begge respondere til auka produksjon med auke gjødsling. Fordelen med CaCl_2 er at den er kostnadseffektiv i forhold til Ammoniumlaktat. Bruken av kunn ein ekstraksjon metode på ein lab er ein attraktiv arbeidsløysning, sidan det då kan vere fleire målingar samtidig for fleire parameterar i ein analyse . Det vil i då auke produktivitet for kvar analysemetode/maskin som laben eige (Induktiv kopla plasma og nærinnfrarød spektroskopi). Ein jordanalyse er ikkje aleine nok til en behandlingsforslag eller en gjødselplan: Opphavsmateriale, klima, produksjon, og eksterne kjelda til næringsstoff. (Westerman & Soil Science Society of, 1990) Mange forsøk har sterk fokus på næringsopptak ved ulike dosar; kva dose gir størst produksjon og når er dosen optimal og ikkje overgår opptak i planten slik at avrenning og erosjon blir eit miljøproblem. Dette forsøket antar at næringsinnhaldet er tilstrekkeleg og at det ikkje er nødvendig med en seinare gjødsling og at planten ikkje viser mangelsymptomar . Her skal det kunn takast i betraktning opptaket i planten over tid i vekstsesongen.

Ekstraksjonsmetodane

CaCl₂

konseptet bak 0.01 M CaCl₂ –ekstraksjon og Nær-infrarød spektroskopi (NIRS) som blir brukt i Wageningen, Nederland . Denne metoden blir brukt i gjødselplanlegging for å angi Intensiteten i jorda med 0.01 M CaCl₂, som er umiddelbart plantetilgjengeleg næringsstoff: løyst organisk Nitrogen (DON), NO₃ , NH₄ , S, P, K, Mg, Na, fleire makronæringsstoff og pH. Ideen bak CaCl₂-metoden er at den har en tilsvarende ionestyrke som saltkonsentrasjonen en finne i jord, og kan derfor brukast til en “intensitet” multinærings analyse i jord.

NIRS blir brukt for å analysere total næringsinnhald av N-total, S-total, P-total, K-CEC og jordeigenskapar; TOC, SOM, SOC, CaCO₃, leire, silt, sand og CEC. Sammen kan desse to karakterisere intensitet-buffer-kapasitet i en gjødselplan. som en fleire-nærings jordanalyse, er dette en kjapp og billig metode å gjennomføre og kan bli lett tatt i bruk av fleire land og laboratorium (Houba et al., 2000)

AL-metoden

AL metoden (Egner et al., 1960) er den mest brukte metoden for jordanalysar og gjødselplanlegging i Norge. I Praksis har Norske bønder tilgang til dataprogrammet “skifteplan” som er et verktøy for gjødselplanlegging, plantevernjournal, miljøplan. Skifteplan brukar AL-verdiar i gjødselplanlegging.

Problemstilling

Er næringsintensitet av P, K og MG målt av svak saltløysing (CaCl₂) en god analyse for plantetilgjengelege næringsstoff i jorda og har AL ekstraksjonen av same næringsstoff en god korrelasjon med planteopptak gjennom ein vekstsesong. Desse metodane blir samanlikna med kvarande. En vidare vurdering var om det er prosessar i jorda utanom plantevekst som blir registrert av jordanalyse som burde takast i betraktning når en vurderer plantetilgjengelege næringsstoff.

Material og Metode

Material

Triticum aestivum er brukt som en referanse plante for næringsopptak ved sju vekststadia; Busking, Flagblad, Skytting ,blomstring, mjølk/deigdanning, pre-modning og hausting. Uttaket

av jord og paling tok sted når dei sju utviklingsstadiar kunne identifiserast i plantene i begge jordtypene. To jordtypar som er typisk dyrka landbruk; morene og marinleire, blei bruk i forsøket. Leirejorda «kjerringjordet», eit forsøksfelt ved NMBU. Morenejorda ble tatt frå veigraving på Vollebekk. Analyserapportane frå Nederland og Tyskland klassifisere marineleira som en lettleire og morenejorda er en sandig lettleire.

Veksthusforsøk

Jorda ble fylt i 3 liter pottar med 2 cm klarering frå jordlaget og kanten på potta. Leirejorda rommet då 3.3 kg og Morenejorda 3.5 kg i pottene. Feltkapasitet ble målt i vekt, ved å mette begge jordtypene med vatn og la jorda drenere i to dagar. Vekta etter drenering er berekna som jordas feltkapasitet. 60 % vatn av feltkapasiteten er rekna som optimal vatntilgjengelegheit. Derfor skal leirejorda og morenejorda ha følgande ein gjennomsnittleg vekt på 3.8 kg og 3.9 kg ut heile vekstforsøket. For å unngå endring eller tilsetning av nye næringsstoff ble det vatna kunn med de-ionisert vatn. Det ble kunn gjort ein primærgjødsling Jorda i pottene ble godt blanda med forhand før og etter gjødsla ble tilsett. Det er laga til to typar kontroll pottar utan planter med og utan gjødsel. Dette er for å identifisere endring av næringsinnhald i jorda utanom næringsopptak i *T. aestivum*. For same grunn som tidlegare nemnt er det bere gjort en primær gjødsling i forsøket.

Gjødslinga ble gjort i etter til Aasen og Johansen 2015 gjødselnorm for følgande næringsstoff. Fosfor: 13 mg/kg, Kalium: 53 mg/kg, Nitrogen: 53.1 mg/kg. Magnesium 7.7 mg/kg. Jern 4 mg/kg. Molyben 0.1 mg/kg. Mangan 2.3 mg/kg. Kobbar 3 mg/kg. Bor 0.1 mg/kg. Sink 1 mg/kg.

Det er tre gjentakningar ved kvart uttak i dei sju vekststadane og av kontroll pottene med gjødsel. Kontroll potte utan plante og gjødsel blir kunn prøvetatt ved første og siste uttak.

To veker etter forsøket ble det laga til 6 pottar med jord m/gjødsel av kvar jordtype, for å ha nok jord ut heile forsøket.

Forsøket varte i 122 dagar ei eit veksthus. Temperaturen i veksthuset blir satt på eit minimums grense 18 °C. (Den gjennomsnittlege temperaturen i forsøket var 17.33 C (standaravvik:- 2.4)). Tilleggslyset i veksthuset er var på 200W/m², med 16 fotoperiode og 8 timar mørke. Frå såing

til spiring ble plantene vatna kvar 4 dag., deretter ble det vatna 2-3 dag fram til forsøket ble avslutta. kombinert med vanlig sollys når det ikkje var overskya»

Under forsøket var det en «angrep» av bladlus og mjøldogg i enkelte pottes. Plantene med mjøldogg ble tatt ut først. Bladlus var fysisk bekjempa og godt visna blad ble plukka ut for å fjerne bladlussegg.

Uttak

Uttaket av jord og plante-prøver tok sted når dei sju utviklingsstadiene kunne identifiserast i plantene i begge jordtypene. Ved kvart uttak ble vekststadiet i kvar potte klassifisert med zadoc skalaen (ref) . Vekststadiet i dei tre pottene blir vist som et gjennomsnittet i uttaket

Heile planten ble tatt ut ved vekststadiet nemnt ovanfor. Frå og med blomstring blir aks og halm analysert separert. I alle uttak utanom busking ble tørrvekta på røtene veid, der mesteparten av jorda ble ristet av å resterande jord ble skylt med ione-destillert vatn. Plantemateriale ble veid med 0.01 mg nøyaktighet.

I Uttaket ble *T. aestivum* L kuttet 2 cm over jorda for å unngå jord forureining i planteanalyse. Plantene ble klipt opp og lagt i pose med kjent vekt på tre desimal. Frå blomstring har aksene vekst fram og ble klipt av og analysert separat frå resten av plantemateriale.

Det er mange forsøk som samanlikna analysemetodar og samhaldet med planteinnhald, der planteinnhald ofte er referert som planteopptak. I dette forsøket er det jordanalyse og planteanalyse ved sju stadia, derfor blir planteinnhald og plantopptak brukt forskjellig. Planteopptak er innhald ved et spesifikt stadie/uttak i vekstsesongen og planteinnhald er totalt innhald ved hausting (dag 122). I samheng med metodane i resultat og diskusjon blir planteopptak samanlikna med AL-metoden og totalt-planteinnhald bli samanlikna med CaCl_2 -metoden

Lab analyse

Planteanalyse

Alle planteprøvene ble tørka på 60 °C på samme dag som uttak. Prøvene blir deretter malt opp i ein morter. Materialet ble deretter analysert for næringsstoffinnhald ved Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry ICP-MS (agilent 8800)

Ekstraksjon metodar og næringsanalyse

Jordprøvene ble sendt til Tyskland for AL-analyse (egner 1960) og til Nederland for CaCl_2 - og NIRS analyse (Soil analysis procedures using 0.01 M calcium chloride as extraction reagent) (

CaCl_2 -metoden: Lufttørka-jord (< 2 mm fraksjon) er lagt i ekstraksjonsløyisinga 0.01 M CaCl_2 i en 1:10 (W/V), ved 20 celcius og 2 tima risting, når løyisinga har nåd equilibrium. PH blir målt først når suspansjonen sedimentere og deretter blir en del av løyisinga er sentrifugert eller filtrer. En alikvote av supernatanten er forsura for å forhindre adsorpsjon til glass og vekst av bakteriar, å kan no bli brukt i manuel eller automatisk analyse av element, metal og andre eventuelle substansa. En detaljer forklaring for alle elementane og metalla ved bruk av 0.01 M CaCl_2 finne en i

AL-metoden: For å måle lettlyselig innhald av fosfor, kalium, kalsium, magnesium og natrium, som er plantetilgjengelig i en vekstsesong. Ekstaksjonsløyisinga er ein blanding av 0.1 M ammoniumlaktat + 0.4 M eddiksyre. Prinsippet med løyisinga er at ammonium bytte ut kation (K, Ca og Mg) frå jordpartiklane, mens laktat dannar kompleks med Fe og Al i løyising som frigjer fosfatar. (krogstad 1992)

Korrigerig

Når resultata ble samla ble det oppdaga en klar forskjell på verdiane i dyrka og kontroll gjødsla behandling målt av begge metodane. AL og CaCl_2 i dyrka jord blir påverka av planteopptak, men det er moglegheita for at metodane måle andre prosessar i jorda uavhengig frå planteopptak. Ideen er om korrigerig for prosessar i jordanalyse kan forsterke korrelasjonen mellom metodane og planteanalyse.

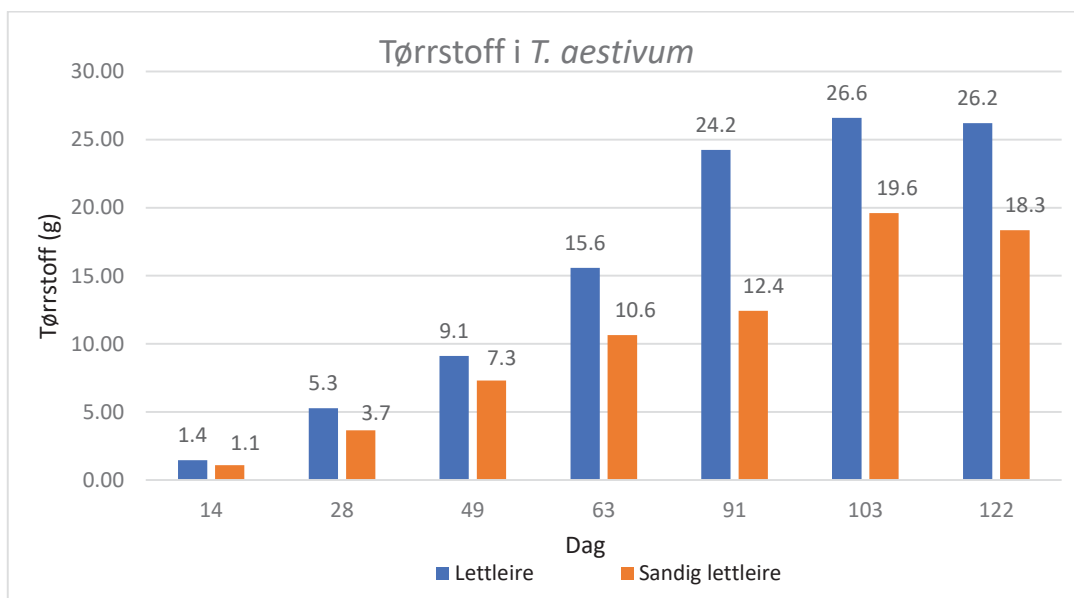
For å estimere en reell måling på planteopptak i jorda blei gjennomsnittet av AL og CaCl_2 - metodane sin måling i Dyrka behandling korrigerig med målingane i kontroll gjødsla. Det er forventa en reduksjon i dyrka behandling pga planteopptak, mens kontroll gjødsla er et estimat

på binding og mineralisering uavhengig frå planteopptaket. I korrigeringa blei forskjellen i kontroll gjødsla og dyrka jord mellom to uttak steggvist trekt i frå den gjennomsnittlege verdien i dyrka jord på dag 14. dette blei gjort for begge metodane.

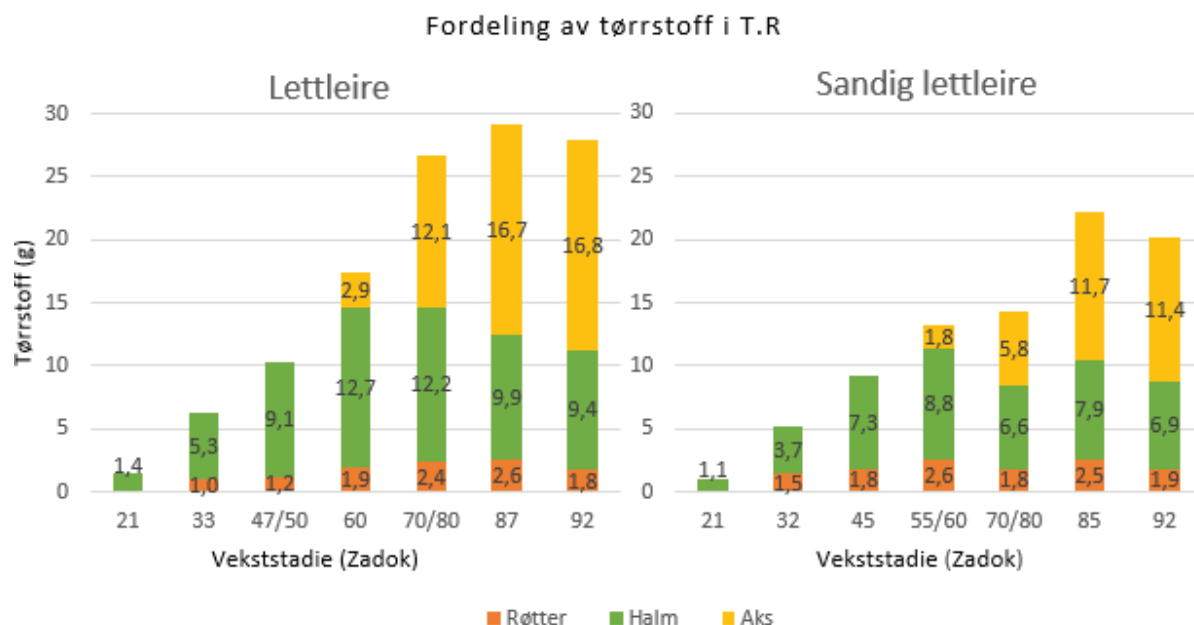
Resultat

Planteinnhald

Veksten av *T. aestivum* er vist i figur 1, med tørrmateriale (g) på y-aksen og uttaksdag langs x-aksen. Lettleire har høgere tørrstoff innhald en sandig lettleire. Aukinga av tørrstoff skjer gradvis og stoppa på dag 103. Fordelinga av tørrstoff i aks og halm for begge jordartane gjennom vekstsesongen er framstilt i figur 2



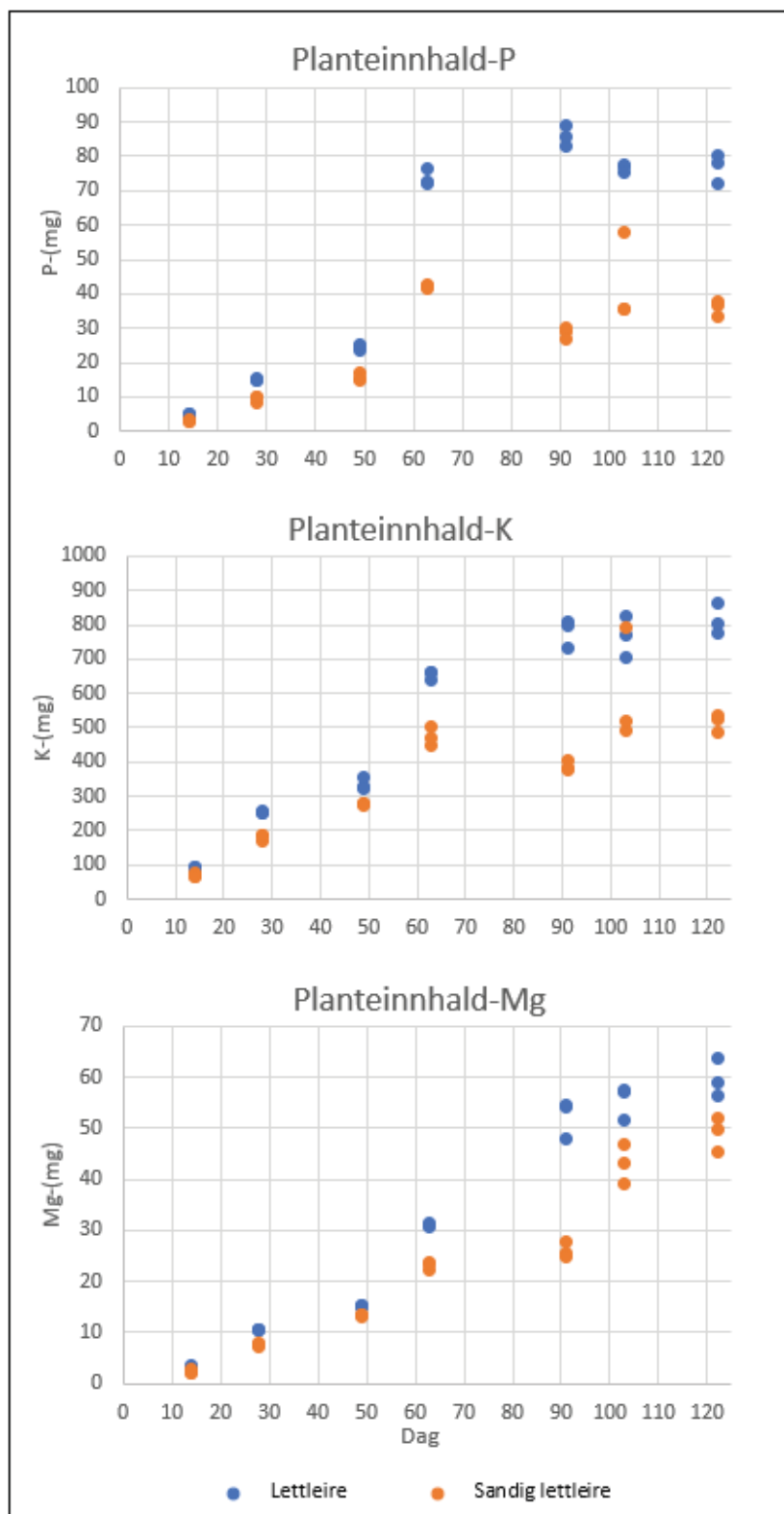
Figur 1 Gjennomsnittleg Tørrmateriale (g) frå Lettleire og sandig lettleire ved kvart uttak



Figur 2: Fordeling av tørrmateriale i røtter, halm og aksedanning frå dag 63. X akesen er Zadok veksstadiet ved uttaket.

Figur 2 viser også klassifiseringa av vekststadiet i *T. aestivum* ved uttaket (x-aksen). Fram til dag 63, som er identifisert som blomstring i *T. aestivum* har aksen vekt fram. Tørrinnhaldet i aksen auka mens halm blir mindre. Dette er en naturlig progresjon forårsaka av mobile næringsstoff i eldre blad blir flytta til nye celler under aksedanning og kornutvikling. Frå andre uttak ble det tatt vekt på rot-danninga i jordartane (figur 2). Sandig lettleire har en større rotmasse en lettleire, men dette kan være på grunn av mindre leireinnhald som gjorde separering av rot frå jord lettare og med mindre skade på røttene. På dag 91 (zadok 70/80) er halm-tørrmateriale og rotmasse i sandig lettleire ganske lågt. Når en samanlikna dette med same uttak i lettleire der halm er blitt lågare frå forgje uttak men høgare en neste uttak.

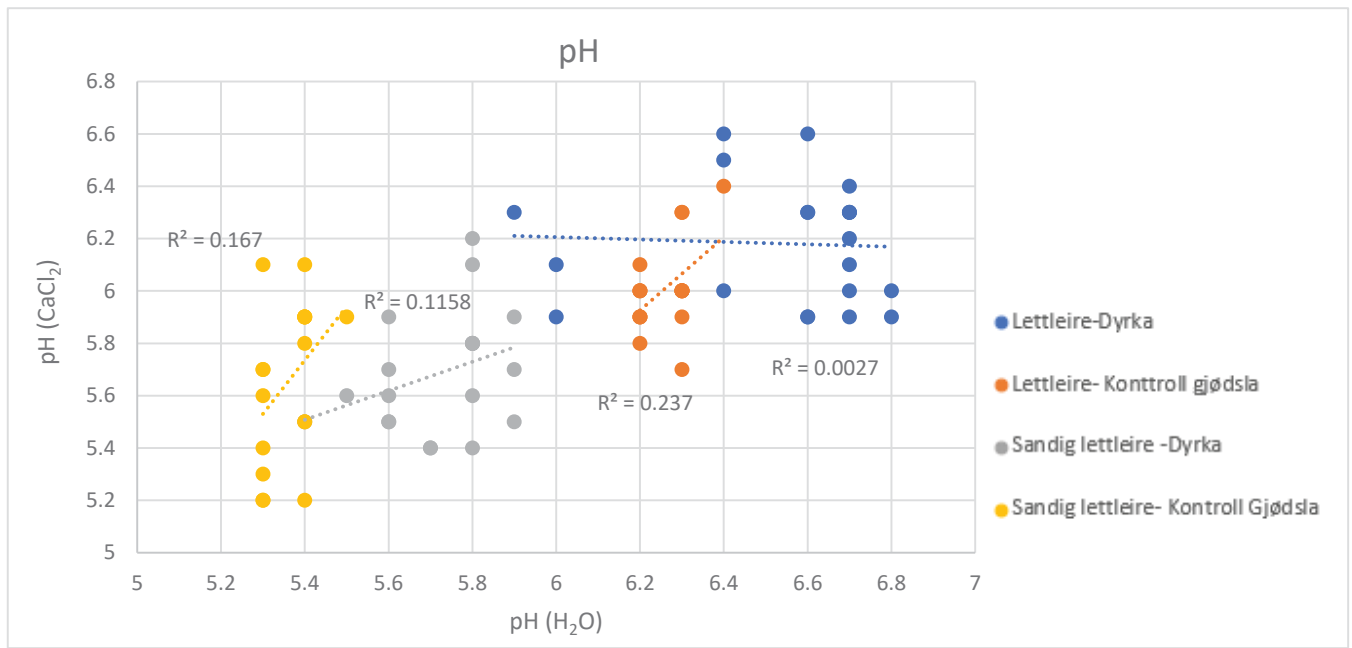
Næringsinnhaldet av P, K og Mg er vist i figur 3. Samsvarande med tørrstoff i kvar jordart, so er P og K innhaldet større *T. aestivum* dyrka i lettleire en i sandig lettleire. P innhaldet i *T. aestivum* lettleire er nesten dobbelt so stor som sandig lettleire på dag 122. Mg i *T. aestivum* har ikkje en like tydeleg forskjell mellom jordartane, men innhaldet er høgare i lettleire. P og K har en stor auking mellom uttak 49 og 63 som deretter starta å stagnere. Mg i *T. aestivum* har en lineær auking gjennom heile vekstsesongen.



Figur 3 P, K og Mg innhald i planten (g) ved kvart utakk (dag) i begge jordartane.

Jordanalyse

pH



Figur 4. pH målt med vant og CaCl(2) i jordartane og behandlingane

pH_{vatn} har ein konstant pH innan behandlinga for dei to jordartane. Mens pH_{CaCl} måler store forskjellar i pH innan systema i begge jordartane (figur 4). I heilheit ser det ut til å være eit lineært samanheng mellom pH_{vatn} og pH_{CaCl} . Men for kvar jordart og behandling er det en konstant trend med stabil pH_{vatn} og en stor spredning av pH_{CaCl} . Men det er tydeleg at begge pH metodane lettleire har høgare pH en sandig lettleire, og at dyrka behandling har en høgare pH en kontroll gjødsla

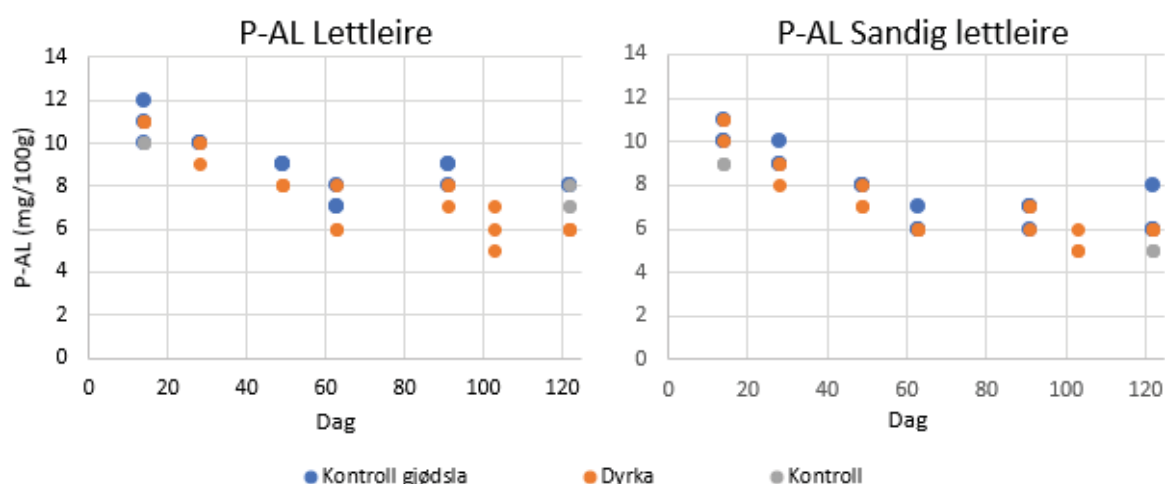
Plantetilgjengeleg næringsstoff

Resultata frå kvar lab med sin egen metode, Tyskland brukar AL-metoden og Nederland brukar CaCl_2 blir presentert i dette delkappitelet. Ekstraksjonane av Fosfor, Kalium og Magnesium-verdiane blir presentert etter jordtype og metode. Grafane for Lettleire (L) er plassert til venstre, Sandig lettleire (SL) er plassert til høgre og ekstraksjonsmetodane er plassert side om side. X-aksen viser dag, mens Y-aksen vise konsentrasjons-verdi frå metoden oppgitt i mg/100g. Lettleire og Sandig lettleire brukar same skala på Y-aksen med respekt til ekstraksjons-metode, for å visualisere konsentrasjonsforskjellar mellom jordart. Grafane i dette delkappitelet brukar

same fargekode for behandling; orange er «dyrka» jord som er gjødsla og såd, blå er «kontroll gjødsla» med gjødsel og ikkje såd, grå er «kontroll» jord som ikkje ble behandla.

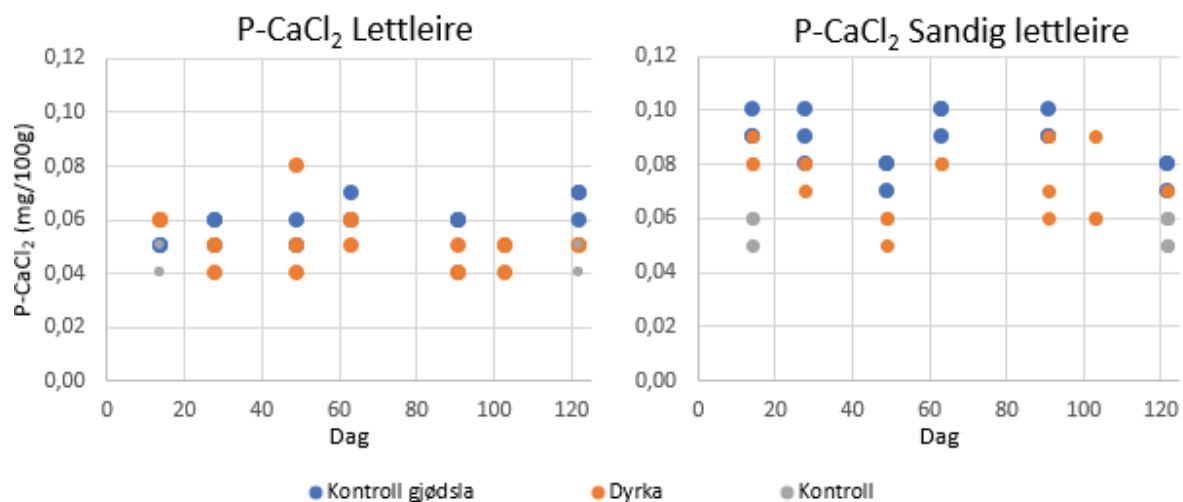
Fosfor (P)

P-AL verdiane i lettleire og sandig lettleire (figur 5), har en lineær reduksjon frå dag 14 til 63 i både dyrka og kontroll gjødsla, som deretter stabilisera seg. Kontroll behandlinga i begge jordartane har også falt i løpet av vekstsesongen. Kontroll gjødsla og dyrka- jord har overlappende verdier, men kontroll gjødsla har et litt høgare gjennomsnitt en dyrka-jord. So i løpet av vekstsesongen har P-AL har en tydelig reduksjon uavhengig av behandling og jordart.



Figur 5. P-AL(mg/100g) verdier i kvar jordart og behandling ved kvart uttak

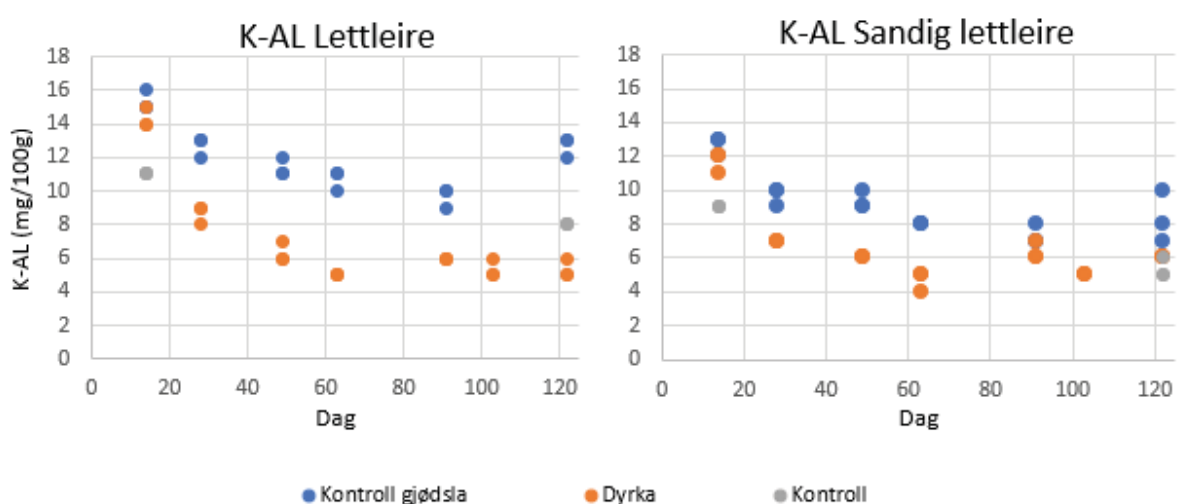
P-CaCl₂ verdiane er forskjellig mellom jordartane, der i figur 5 kan ein sjå at lettleire har lågare verdier en sandig lettleire i både, kontroll, Kontroll gjødsla og dyrka behandling. For begge jordartane er det målt høgare verdier i kontroll gjødsla en i dyrka jord. Kontroll behandlinga i begge jordartane har ikkje endra seg frå dag 14 til 122, men i motsetning til lettleire har sandig lettleire fått høgare P-CaCl₂-verdi etter gjødsling. P-CaCl₂ i dyrka lettleire har stabile målinga på 0.05-0.06 mg/100g ut vekstsesongen. Kontroll gjødsla lettleire stige i gjennomsnitt frå 0.05 til 0.07 mg/100g. Sandig lettleire har i gjennomsnitt en reduksjon av P-CaCl₂ i dyrka behandling frå 0.08 til 0.06 mg/100g, mens kontroll gjødsla held seg relativt stabil på 0.08-0.1 mg/100g gjennom vekstsesongen.



Figur 6 P-CaCl₂ (mg/100g) verdier i kvar jordart og behandling ved kvart uttak

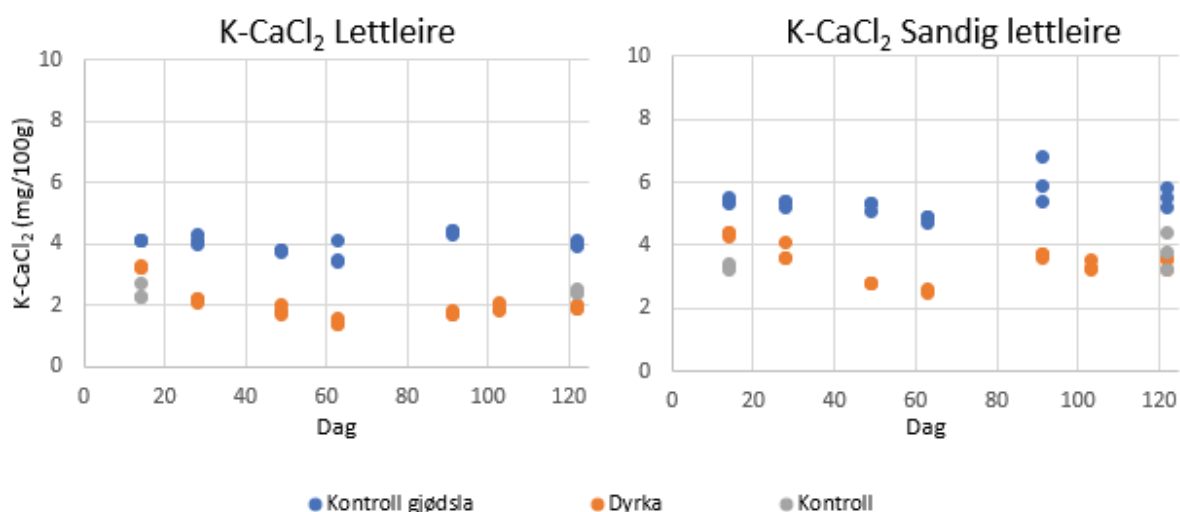
Kalium (K)

Buffer-tilstanden for plantetilgjengeleg K (K-AL) i lettleire og sandig lettleire ved kvart uttak er vist i figur 7. K-AL er høgast i lettleire en i sandig lettleire. K-AL i dyrka behandling i begge jordartane har en lineær reduksjon frå dag 14 til 63 som deretter stabilisera seg på 5-6mg/100g. Dyrka behandling har lågare K-AL -verdier en Kontroll gjødsla i begge jordartane. K-AL verdien i kontroll gjødsla lettleire går ned frå dag 14 (15 mg/100g) til dag 91 (10 mg/100g) , men har stige igjen på dag 122 (13 mg/100g). i sandig lettleire K-AL i kontroll gjødsla gått frå 13 mg/100g på til 8 mg/100g i løpet av vekstsesongen.



Figur 7 K-AL (mg/100g) verdier i kvar jordart og behandling ved kvart uttak

Intensitet verdiane for kalium (K-CaCl₂) i vekstsesongen for lettleire og sandig lettleire er framstilt i figur 8. Sandig lettleire har høgare verdier lettleire i alle behandlingane, der kontroll gjødsla ligg over dyrka behandling ved alle uttaka. I kontroll gjødsla frå dag 14 til 63 er det en svak reduksjon i K-CaCl₂ -gjennomsnittet, men på dag 122 er gjennomsnittet likt til dag 14. Lettleire held seg rundt 4 mg/100g og sandig lettleire 5.4 mg/100g. (En liten andel som av verdien som ikkje er forsaka av plante opptak). I begge jordartane blir K-CaCl₂ redusert i dyrka behandling frå dag 14 til dag 63, som deretter stige i dei tre siste uttaka. Reduksjonen i Lettleire går frå 3.2 – 1.5 mg/100g og stige til 1.9 mg/100g. I Sandig lettleire går K-CaCl₂ gjennomsnittet frå 4.4 – 2.6 mg/100g og stige til 3.4 mg/100g. I løpet av vekstsesongen er har dyrka lettleire blitt redusert med 2.1 K-mg/100g og sandig lettleire 2 K-mg/100g. K-CaCl₂ i kontroll behandlinga går ikkje betydeleg ned eller opp frå dag 14 til 122, men i sandig lettleire har K-CaCl₂ fått en større variasjon på dag 122.

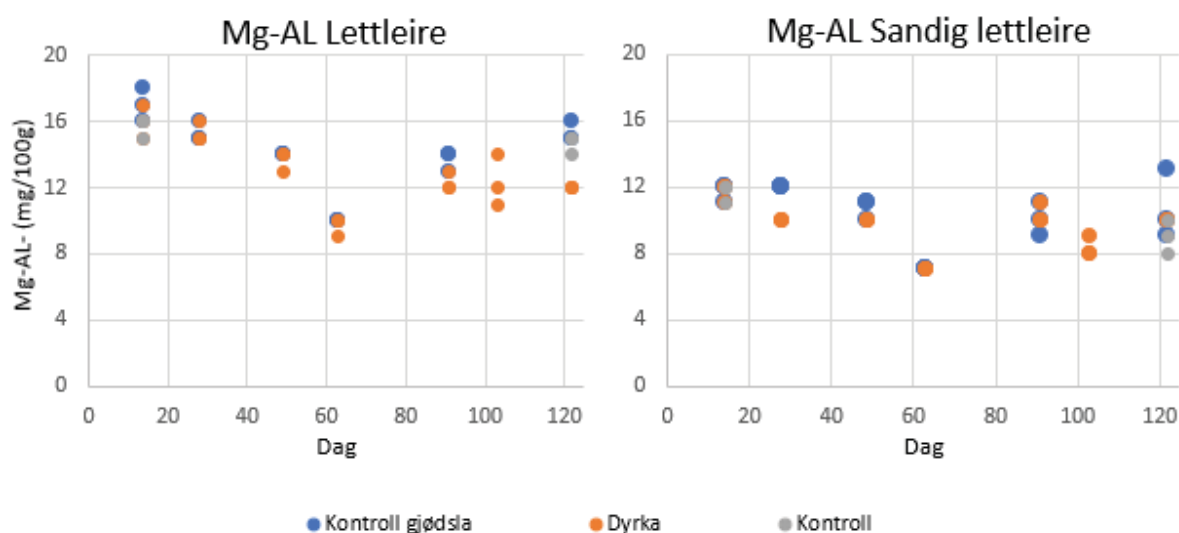


Figur 8 K-CaCl₂ (mg/100g) verdier i kvar jordart og behandling ved kvart uttak

Magnesium (Mg)

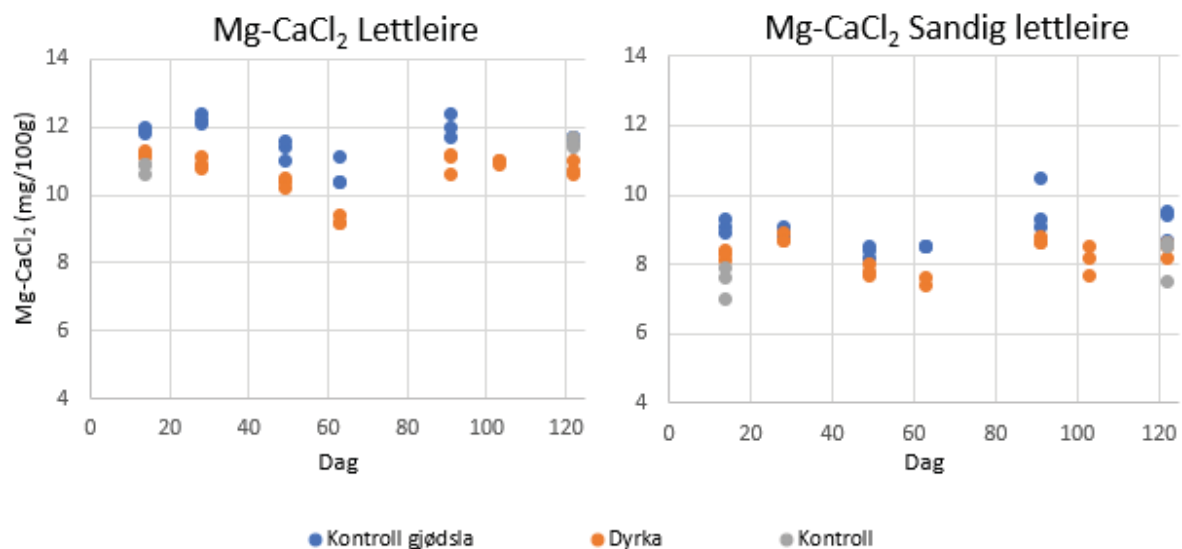
Bufferlageret for Magnesium (Mg-AL) i figur 9 og Mg-intensiteten (Mg-CaCl₂) i figur 10 viser at lettleire har størst innhald av plantetilgjengeleg Mg. i vekstsesongen har kontroll gjødsla- og dyrka- behandling overlappende Mg-AL verdier i begge jordartane. Sandig lettleire har ikkje fått et auka innhald av lagra Mg etter gjødsling, sidan Mg-AL -målingane er lik i alle behandlingane. Ved første uttak har Mg-AL i lettleire en gradvis overlapping av behandlingane, men kontroll har lågare verdier en kontroll gjødsla og dyrka jord. Mg-AL har en reduksjon frå dag 14 til 63,

som deretter stige. e. I lettleire blir det en differanse mellom kontroll gjødsla (15 mg/100g) og dyrka jord (12 mg/100g) på slutten av vekstsesongen. Sandig lettleire har overlappende Mg-AL verdier i kontroll gjødsla og dyrka behandling i heile vekstsesongen, på dag 122 er Mg-AL i desse to behandlingane 10 mg/100g og kontroll jord 9 mg/100. Dyrka behandling er redusert med 4 Mg-mg/100g i lettleire og i sandig lettleire er reduksjonen 2 Mg-mg/100g, so lettleire har et større «tap» av buffer-Mg en sandig lettleire. Sandig lettleire har nesten ikkje en forskjell i Mg-AL (mg/100g) mellom behandlingane, som kan tyde på at jorda ikkje blei gjødsla med magnesium, men dette er et usannsynleg scenario, fordi det betyr at same feil har skjedd to gangar på ulike tidspunkt i same jordart.



Figur 9 Mg-AL (mg/100g) verdier i kvar jordart og behandling ved kvart uttak

Intensiteten av Mg i Dyrka lettleire og sandig lettleire har også en reduksjon frå dag 14 til dag 63 som deretter stige til ein relativ stabil konsentrasjon i dei resterande uttaka på dag 91, 103 og 122. kontroll gjødsla har høgare Mg-CaCl₂- verdier en dyrka jord, men det er en større forskjell mellom behandlingane i lettleire en i sandig lettleire. I lettleire er Mg-CaCl₂ i dyrka gått frå 11.2 til 10.8 mg/100g i løpet av vekstsesongen og sandig lettleire går frå 8.3 til 8.4 mg/100g. So Mg-CaCl₂ har ikkje en premanent endring etter reduksjonen frå dag 14 til dag 63.

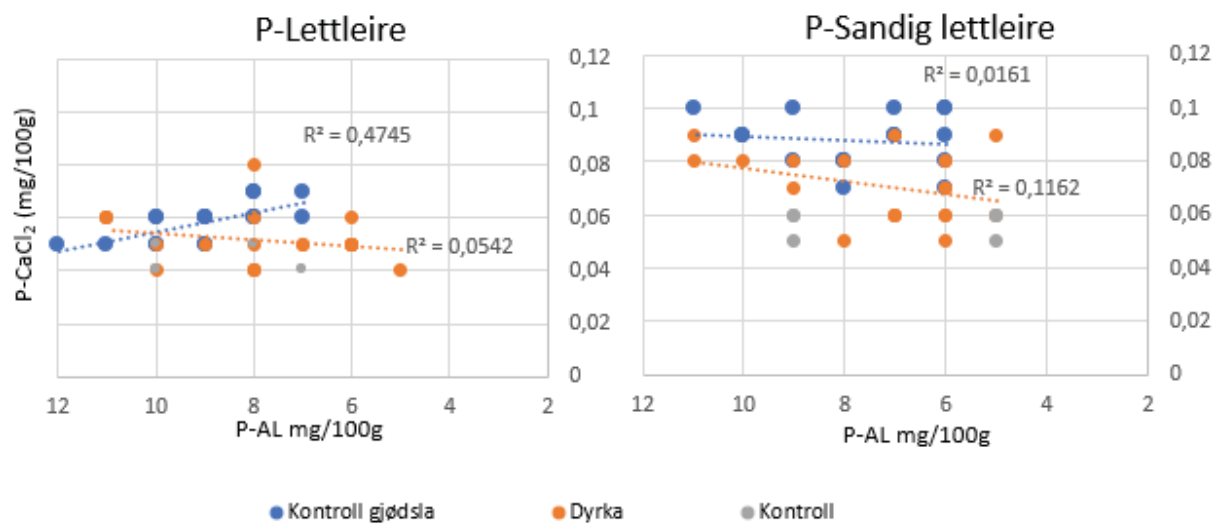


Figur 10 Mg-CaCl₂ (mg/100g) verdier i kvar jordart og behandling ved kvart uttak

Korrelasjon og korrigering

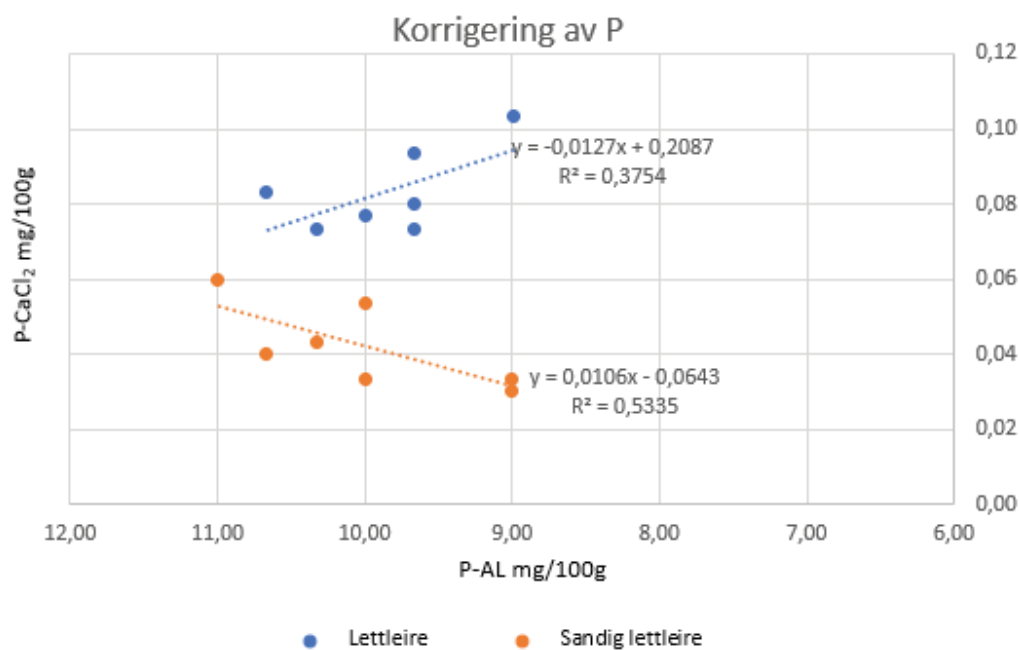
Fosfor (P)

Korrelasjonen mellom P-Al/PCaCl₂ figur 11 kan en tydeleg sjå høgare P-CaCl₂ -verdier i sandig lettleire en i lettleire, mens Al-verdiane er relativt like. Når P-AL i «dyrka» går likt ned i begge jordartane, er Lettleire P-CaCl₂ relativt stabil, mens i sandig lettleire blir det større variasjonar og lågare P-CaCl₂-verdier ut vekstsesongen. Dette skapa en litt sterkare korrelasjon i «dyrka» sandig lettleire ($R^2 : 0.11$) en i lettleire (0.05). Kontroll gjødsla har ulike respons mellom jordartane. Lettleire får en høgare P-CaCl₂ -verdi ettersom P-Al går ned ($R^2 : 0.47$). I Sandig lettleire er det ingen respons i P-CaCl₂ når P-AL går ned ($R^2 0.01$)



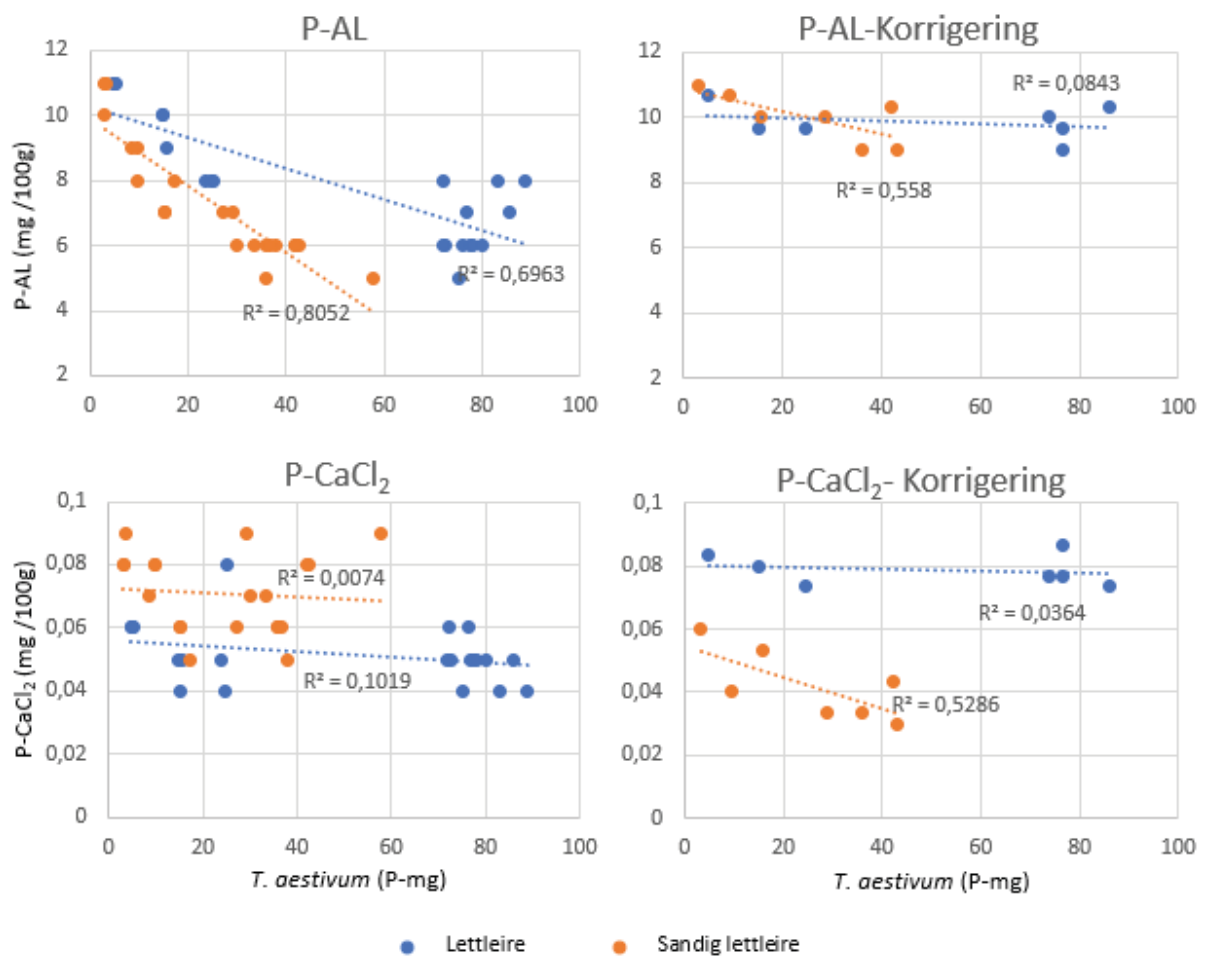
Figur 11 korrelasjonen mellom P-AL (x-aksen) og P-CaCl₂ (Y-aksen)

I begge jordartane har «kontroll» en reduksjon i P-AL, mens P-CaCl₂ ikkje endra seg, so det blir antatt at det ikkje er en korrelasjon. R^2 er ikkje brukt for å beskrive responsen mellom metodane fordi det er for lite data til å kunne være påliteleg. Etter korrigering av P i dyrka behandling med kontroll gjødsla (figur 12) har korrelasjonen mellom P-AL og P-CaCl₂ blitt endra. Korrelasjonen i sandig lettleire har auka frå R^2 0.11 til 0.53. Mens i lettleire har korrelasjonen gått ned frå R^2 0.47 til 0.37.



Figur 12 korrelasjon av mellom korrigert P-Al (x-aksen) og P-CaCl₂ (y-aksen)

Korrelasjon mellom metodane og planteinnhald i figur 13, viser at P-AL har best korrelasjon med planteopptak, en korrigerer P-AL. P-CaCl₂ har som forventa ingen korrelasjon med opptak, men etter korrigering har P-CaCl₂ i sandig lettleire blitt lågare. Dette gir en betre forklaring på et lågare P innhald i planten

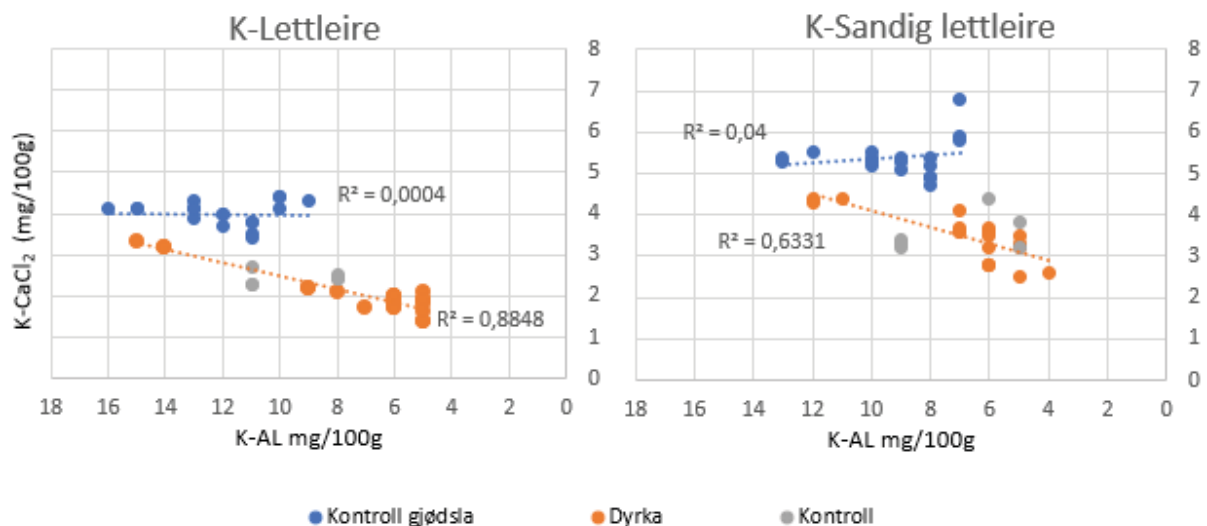


Figur 13 korrelering med P i *T. aestivum* og ekstraksjonsmetode på venstre side og korrigert metode til høgre

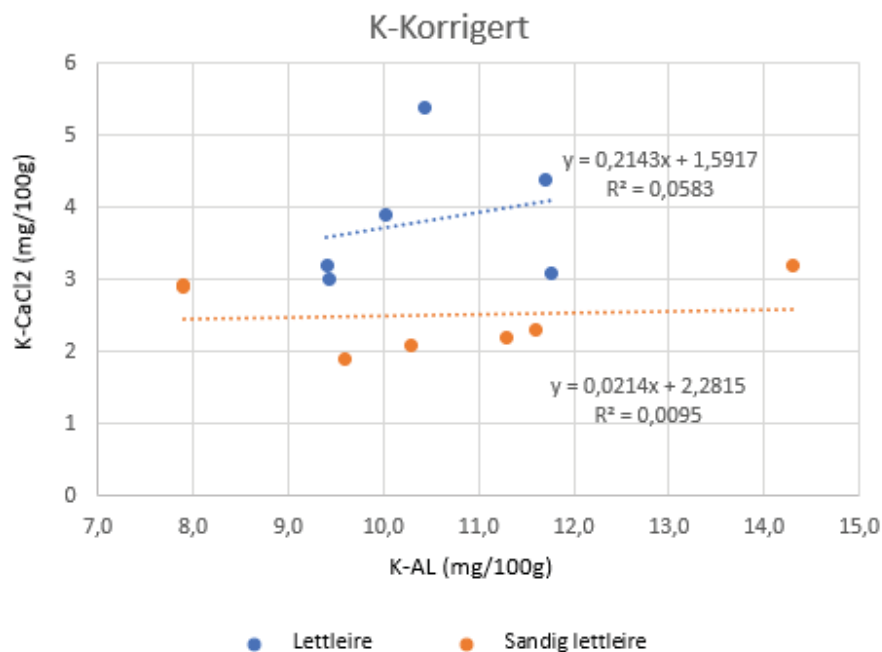
Kalium (K)

Korreleringa mellom K-AL og K-CaCl₂ -verdiane i figur 14, visen den tydelege forskjellen mellom behandligane. For å vise korrelasjonen K-AL og K-CaCl₂ i figur 14 i samanheng med reduksjoen av K i vekstsesongen (fig 7), so går X-aksen i motsatt rekkefølge.

Det er en tydeleg forskjell i korrelasjon mellom behandlingane. Dyrka jordart har en god korrelasjon mellom K-AL og K-CaCl₂-metodane. I lettleire (R² 0.88) har en sterkare korrelasjon—verdi en Sandig lettleire (R² 0.63). Kontroll gødsla vise ingen korrelasjon i begge jordartane; K-CaCl₂ er stabil, mens K-AL blir redusert i vekstsesongen. Etter korrigering av K-AL og K-CaCl₂ (fig 15) er det ikkje et forhold mellom metodane.

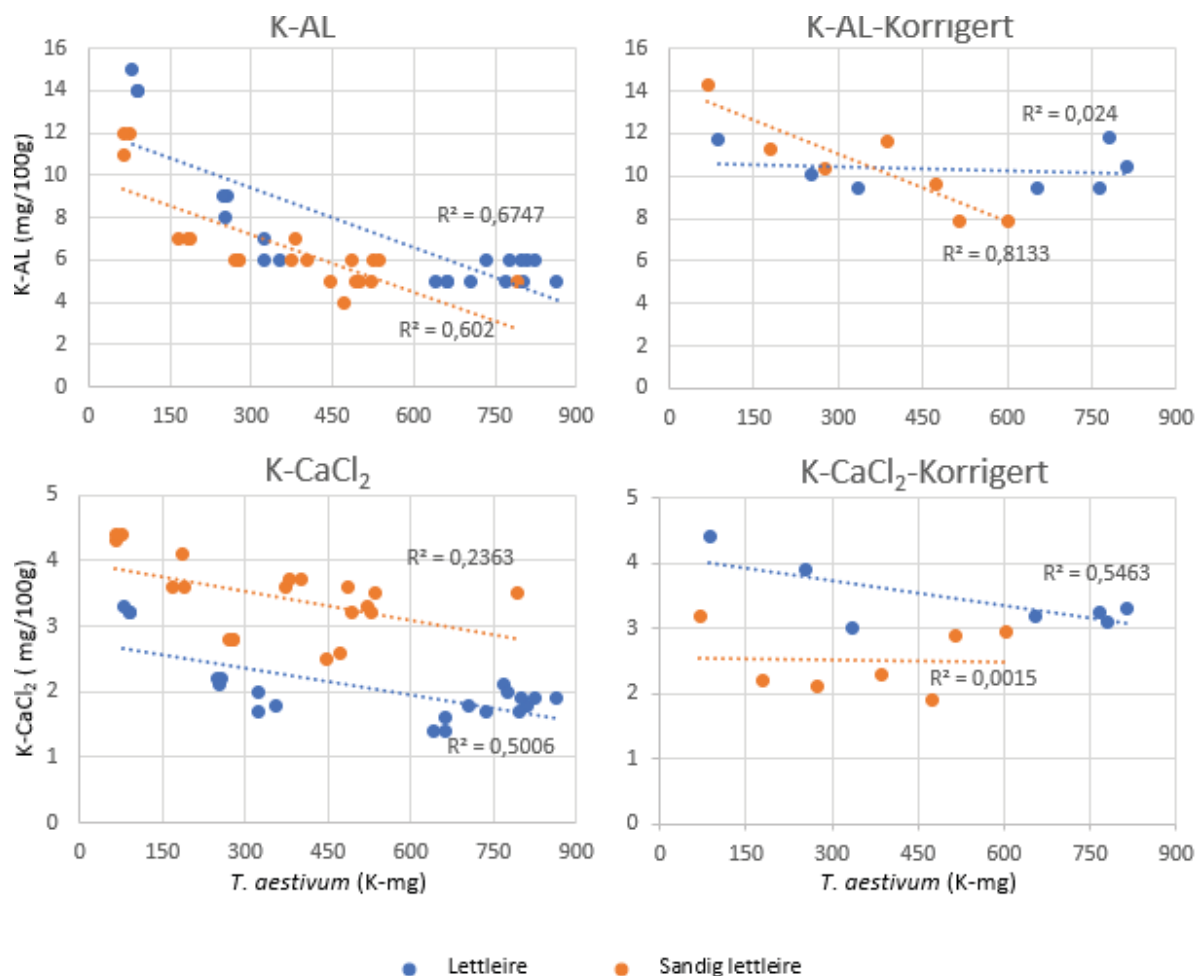


Figur 14 korrelasjonen mellom K-AL (x-aksen) og K-CaCl₂ (Y-aksen)



Figur 15 korrelasjon av mellom korrigert K-AL (x-aksen) og K-CaCl₂ (y-aksen)

Samanhenge mellom K-innhaldet i *T. aestivum* og ekstraksjonsmetodane gjennom vekstsesongen har gode R^2 -verdiar. Men K- *T. aestivum* og K-AL vist i (figur 16) har sterkare R^2 verdiar en K- CaCl_2 . Lettleire har best korrelasjon K-innhaldet i *T. aestivum* og K-AL (R^2 0.67) og K- CaCl_2 (0.50). K- *T. aestivum* i Sandig lettleire har best R^2 korrelasjon med K-AL (0.60), mens K- CaCl_2 har den svakaste R^2 (0.236).

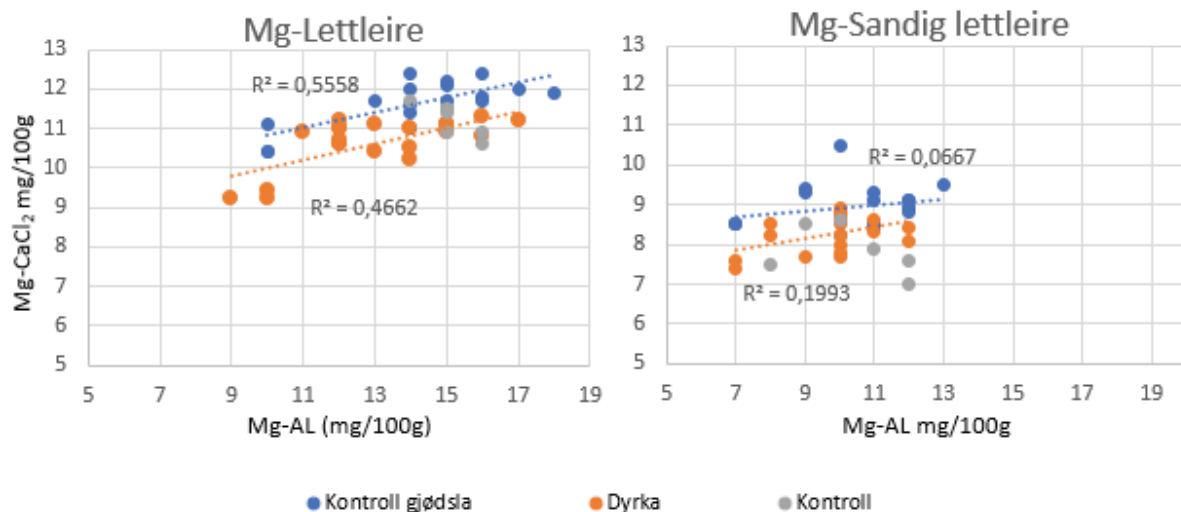


Figur 16 korrelering med K i *T. aestivum* og ekstraksjonsmetode på venstre side og korrigert metode til høgre

Magnesium (Mg)

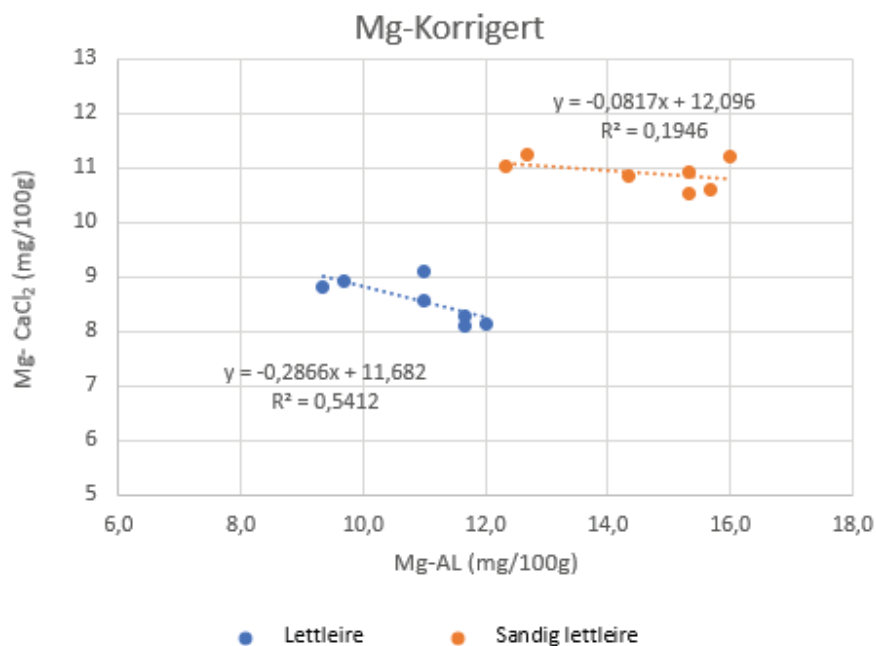
Korrelasjonen mellom Mg- CaCl_2 og Mg-AL (figur 17) er sterkast i lettleire: kontroll gjødsla (R^2 : 0.55) og dyrka (R^2 :0.46). Den svakare korrelasjonen i dyrka lettleire kan skyldast lågare innhaldet av tørrmateriale på dag 91, som gir lågare Mg-innhald en forventa. Sandig lettleire har ikkje en betydeleg korrelasjon i kontroll gjødsla (R^2 : 0.06). I Dyrka sandig lettleire er

korrelasjonen ($R^2:0.19$) større. Kontroll behandlinga i begge jordartane Kontroll behandling har motsatt trend, der Mg-CaCl₂ går ned når Mg-AL stige, men det er ikkje nok verdier til en påliteleg korrelasjon.



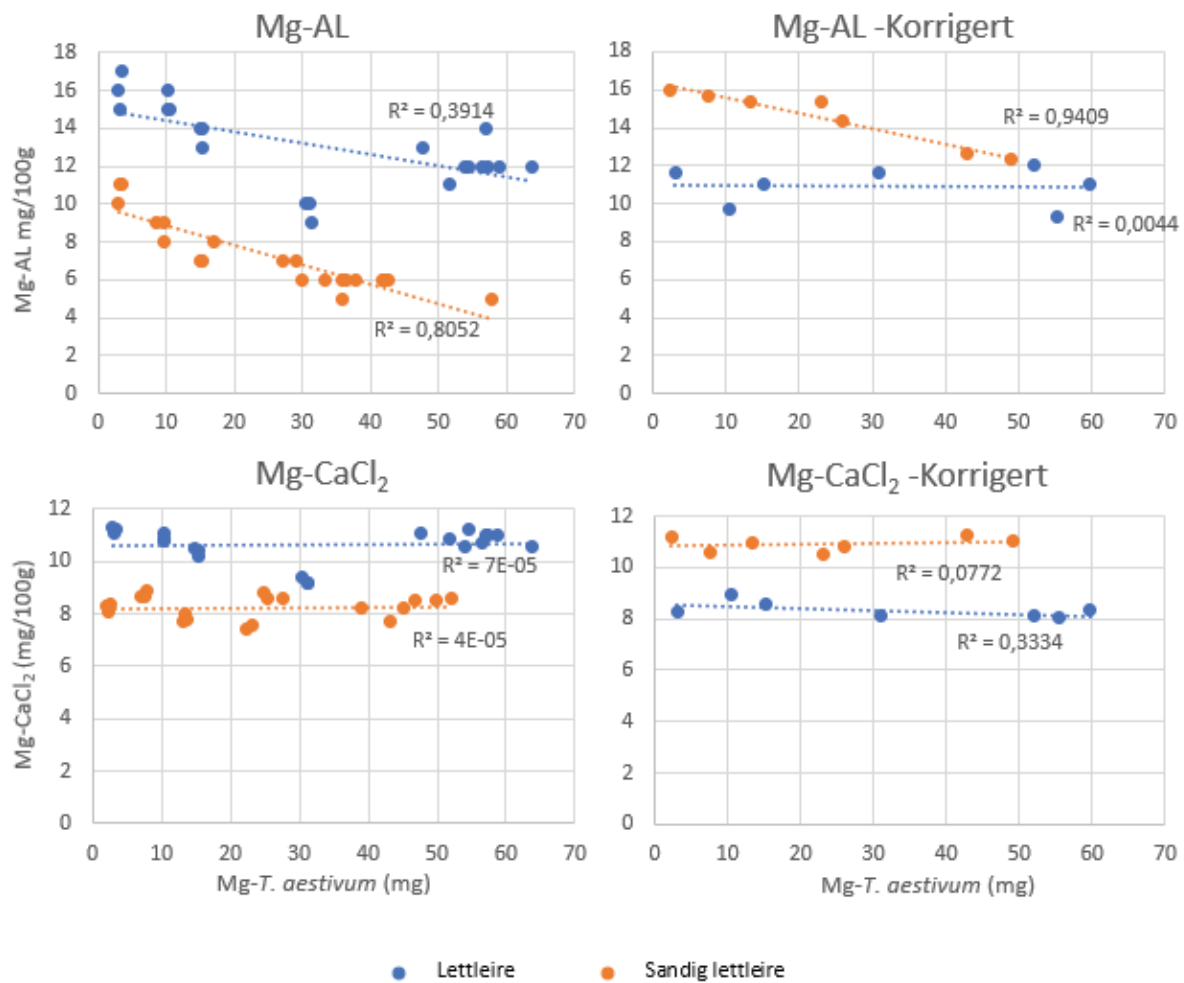
Figur 17 korrelasjonen mellom Mg-AL (x-aksen) og Mg-CaCl₂ (Y-aksen)

Korrigerings av Mg-AL og Mg-CaCl₂ (figur 18) forbetra ikkje forholdet frå figur x. Lettleire har fått motsatt reaksjon. Der auka Mg-AL, senke P-CaCl₂ som en respons. En svak versjon av dette skjer også i sandig lettleire.



Figur 18 korrelasjon av mellom korrigert Mg-Al (x-aksen) og Mg-CaCl₂ (y-aksen)

Korrelasjonen mellom Mg-opptak og Mg-jord (figur 19) har signifikant korrelasjon med Mg-Al-korrigert i sandig lettleire (R^2 0.94) etterfulgt av Mg-Al i sandig lettleire (R^2 : 0.80). Lettleire har en korrelasjon mellom Mg-Al og Mg-Opptak (R^2 :0.39) som er svakere sandig lettleire. Mg-CaCl₂ ikkje en korrelasjon med Mg-opptaket i T. aestivum der R^2 i begge jordartane er tilsvarande null. Mg-CaCl₂ - korrigert har auka estimatet av plantetilgjengeleg-Mg i sandig lettleire og senke estimatet i lettleire.



Figur 19 korrelering med Mg i *T. aestivum* og ekstraksjonsmetode på venstre side og korrigert metode til høyre

Diskusjon

Det ikkje lineære forholdet mellom pH_{vatn} og $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ i jordartane og behandlingane, er observert i andre forsøk, (Aitken & Moody, 1991) (Little, 1992) og er knyta til variabel ladning i ulike jordartar og pH-metoden sin ionisk styrke burde korrigeraast med jordarten ((Aitken & Moody, 1991)). Variansen mellom metodane minkar med aukane elektronisk strømningssevne (EC). Dette forklara lågare variasjonar i $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ målt i lettleire en i sandig lettleire. Sidan *T. aestivum* i sandig lettleire har lågare innhald av P og K er det forventet en korresponderande respons til plantetilgjengeleg P og K i jorda. K-AL er større i lettleire, mens K-CaCl₂ er større i sandig lettleire. Men P-AL er ganske like i begge jordartane (ca 12-11 mg/100g) og har lik reduksjon av P i dyrka behandling, mens P-CaCl₂ er høgare i sandig lettleire. Det låge innhaldet av P og K i *T.*

aestivum i sandig lettleire til trass for tilstrekkeleg plantetilgjengeleg næring i jorda kan være forårsaka av pH (Mohebbi & Mahler, 1989) I forsøket er Lettleire innafor den anbefalte pH-verdien (6 -7.5) for plantetilgjengeleg næringsstoffar (Westerman & Soil Science Society of, 1990) (Aasen, 1997) mens sandig lettleire falle under denne anbefalinga. Dette kan forklare lågt tørrstoffet og innhald av P og K i T. aestivum dyrka i sandig lettleire. Magnesium mangel er å forvente i en sandig sur jord (Aasen, 1997) og i dette forsøket har sandig lettleire lågare pH en anbefalt for optimalt plantetilgjengeleg Mg. Men i motsetning til P og K i sandig lettleire, er Mg nesten likt til innhaldet funne i lettleire. Vist det då ikkje er pH som forårsaka redusert vekst i Sandig jord, so kan det være lågt innhald av plantetilgjengeleg N i sandig lettleire.

Korrelasjonen mellom ekstraksjonsemetodane variere mellom næringsstoffa. Fosfor som ikkje har en sterk korrelasjon når $P-CaCl_2$ i ikkje endra seg i respons til reduksjonen av P-Al i begge jordartane. P-Al som en buffer lager for plantetilgjengeleg-P kan forsyne P-intensiteten i jorda. (van Rotterdam et al., 2012) Dette forårsaka at $P-CaCl_2$ held seg stabil i vekstsesongen mens P-AL går ned. (van Middelkoop et al., 2016) Dette blir observer i forskjellen i $P-CaCl_2$ kontroll behandling mot dei to gjødsla behandlingane. I lettleire er det ingen effekt på P intensiteten, men i sandig lettleire har P-intensiteten auka etter gjødsling, og den synke gradviss ut vekstsesongen. $P-CaCl_2$ skal i teorien ha en god korrelasjon med totalt innhald i planten ved hausting (Wuenschel et al., 2016). Det større innhaldet av $P-CaCl_2$ i sandig lettleire er kunn halvparten av P-planteinnhaldet funne i lettleire, kan tyde på at konsentrasjonen ikkje er god noko for optimal vekst. Sandig lettleire har nok lågare sorpsjonskapasitet, som føre til at meir P er løyst i jorda, i tillegg til en lågare P-Buffer kan det føre til at mindre P er i løysing når det er aktivt planteopptak (Choudhary et al., 1996). Dette danna et essensielt forhold mellom P-Buffer og P-intensitet som påverke planteopptak (Choudhary et al., 1996) (Middelkoop et al., 2016; van Rotterdam et al., 2012). I kalkrik jord er P-olsen best egna til å vurdere P-buffer in jorda (Popovi et al., 2010) saman med $P-CaCl_2$ for å klassifisere plantetilgjengeleg-P. I kontroll gjødsla lettleire blir meir $P-CaCl_2$ frigjort når P-AL går ned. Slik kan lettleiren ha tilført umiddelbart plantetilgjengeligg-P, sjølv om buffer P blir mindre: i motsetning til $P-CaCl_2$ i sandig lettleire: som har en stabil $P-CaCl_2$ når P-Al går ned. Derfor kan korrigeringa av $P-CaCl_2$ Dyrka behandling blitt et meir realistisk refleksjon på P-planteinnhald.

Det lineære forholdet mellom K-AL og K-CaCl₂ samsvare med (Salomon, 1998) sin samanlikning av metodane og korrelasjonen av K-planteinnhald. Ved korrigering av K-AL og K-CaCl₂ er korrelasjonen mellom metodane blitt dårlegare; K-CaCl₂ er lineær, mens K-AL går ned, som teoretisk tydde på en utløysing av K i jordvæska frå K-bufferen i jorda. Teoretisk kunne en lenger periode med jordanalyse for K, vist et slikt forhold, fordi det blir observert en stigning av K-CaCl₂ etter dag 63. I tillegg er det ikkje en endring av K-CaCl₂ i Kontroll gjødsla når K-AL blir redusert i begge jordartane. Dette gir grunnlag for at K-AL er en buffer for K-intensitet. K-planteinnhald har god korrelasjon med K-AL og K-CaCl₂, men den beste korrelasjonen er oppnådd i korrigert K-AL i sandig lettleire

Korrelasjon mellom Mg-AL Og Mg-CaCl₂ er vist seg å være god i lettleire men ikkje i sandig lettleire. Forholdet i mellom metodane er avhengig av fraksjonane i jordarten (van Erp et al., 2001) Korrelasjonen mellom Mg-opptak og Mg-jord har sterkast korrelasjon med Al metoden og korrigert Mg-AL i sandig lettleire. Dette viser til at måling av plantetilgjengeleg Mg i jord ikkje alltid kan gjenspeile avlingspotensiale til jorda. (Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions). Som forventa er det ikkje en korrelasjon mellom Mg-CaCl₂, men i Mg-CaCl₂ - korrigert sandig lettleire er Mg-intensiteten blitt høgare som ikkje reflektere et lågare Mg-planteinnhald. Mg tilgjengelegheita i en vekstsesong ser derfor ut il å være avhengig av jordart (Gransee & Führs, 2013).

Konklusjon

Korrelasjonen mellom AL- og CaCl₂ – verdiane frå dei sju uttaka viser at best til dårligast R² i dyrka jord: K-lettleire > K-Sandig lettleire > Mg-lettleire > Mg-sandig lettleire > P-sandig lettleire > P-lettleire. Forskjellen mellom verdiane i «kontroll gjødsla» og «dyrka jord» i begge jordartane med begge metodane kan tyde på at endringa i næringsinnhaldet i jorda over en vekstsesong ikkje kunn skyldast næringsopptak i planten men andre prosessar og mikroorganismar som binde og bruke næring i jorda. Det var derfor et forsøk på å estimere P, K og Mg som kunn ble

fjerna av planteopptak, ved å trekke ifrå reduksjonen i «kontroll gjødsla» frå verdiane i «dyrka jord» i begge metodane.

CaCl₂ verdiane som en måling på intensitet av næringsstoffet i jord, har som forventa ikkje en korrelasjon med opptak i planten, utan om Kalium. Måle var å vise om Intensitet korrespondere med totalt planteinnhald. Når P-CaCl₂ og K-CaCl₂ ble korriger med kontroll gjødsla, fekk sandig lettleire ein lågare intensitet som kunne forklare et lågare innhald av P og K i planten. Dette ble ikkje oppnådd med Mg som er avhengig av fraksjonsfordelinga i jorda..

Al-metoden hadde god korrelasjon med planteopptak i vekstsesongen. Etter korrigert jordanalyse var det kunn Mg-sandig lettleire og K-sandig lettleire som hadde fått forbetra forhold med planteinnhald gjennom vekstsesongen. Dette kan tyde på at AL -metoden er best i jord med lågare absorpsjonskapasitet eller med lett utbyttbare kation for vurdering av planteopptakk.

Anerkjenning

Tusen takk til veileidar Tore Krogstad og Thorgeir Næss s

Referansar

- Aasen, I. (1997). *Mangelsjukdomar og andre ernæringsforstyrningar hos kulturplanter: årsaker - symptom - rådgjerder*. [Oslo]: Landbruksforl.
- Aitken, R. & Moody, P. (1991). Interrelations between soil pH measurements in various electrolytes and soil solution pH in acidic soils. *Soil Research*, 29 (4): 483-491. doi: <https://doi.org/10.1071/SR9910483>.
- Choudhary, O. P., Arora, B. R. & Hundal, H. S. (1996). Phosphate sorption isotherms in relation to P nutrition of wheat (*Triticum aestivum*). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 47 (2): 99-106. doi: 10.1007/BF01991541.
- Egner, H., Riehm, H. & Domingo, W. R. (1960). Untersuchungen über die Chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. *Kungl. Lantbrukshögskolans Annaler*, 26: 45-61.
- Gransee, A. & Führs, H. (2013). Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. *Plant and Soil*, 368 (1): 5-21. doi: 10.1007/s11104-012-1567-y.
- Houba, V. J. G., Temminghoff, E. J. M., Gaikhorst, G. A. & van Vark, W. (2000). Soil analysis procedures using 0.01 M calcium chloride as extraction reagent. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31 (9-10): 1299-1396. doi: 10.1080/00103620009370514.
- Krogstad, T. (1992). *Metoder for jordanalyser*. Ås: Norges landbrukshøgskole, Institutt for jordfag.
- Little, I. (1992). The relationship between soil pH measurements in calcium chloride and water suspensions. *Soil Research*, 30 (5): 587-592. doi: <https://doi.org/10.1071/SR9920587>.

- Middelkoop, J., Salm, C. V. D., Ehlert, P., Boer, I. & Oenema, O. (2016). Does balanced phosphorus fertilisation sustain high herbage yields and phosphorus contents in alternately grazed and mown pastures? *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 106: 93-111.
- Mohebbi, S. & Mahler, R. L. (1989). The effect of soil pH on wheat and lentils grown on an agriculturally acidified northern Idaho soil under greenhouse conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 20 (3-4): 359-381. doi: 10.1080/00103628909368088.
- Nye, P. H. (1966). The effect of the nutrient intensity and buffering power of a soil, and the absorbing power, size and root hairs of a root, on nutrient absorption by diffusion. *Plant and Soil*, 25 (1): 81-105. doi: 10.1007/BF01347964.
- Popovi, B., `eput, M., Loo arj, Z., Andrjai, M., Rbaj, D. & Karali, K. (2010). *Comparison of AL P and Olsen P test in calcareous soils in Croatia*.
- Salomon, E. (1998). Extraction of soil potassium with 0.01M calcium chloride compared to official Swedish methods. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 29 (19-20): 2841-2854. doi: 10.1080/00103629809370159.
- Soil Test Procedures: Correlation. (1987). I: *Soil Testing: Sampling, Correlation, Calibration, and Interpretation*, s. 15-22.
- van Erp, P. J., Houba, V. J. G., Reijneveld, J. A. & Van Beusichem, M. L. (2001). RELATIONSHIP BETWEEN MAGNESIUM EXTRACTED BY 0.01 M CALCIUM CHLORIDE EXTRACTION PROCEDURE AND CONVENTIONAL PROCEDURES. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32 (1-2): 1-18. doi: 10.1081/CSS-100102989.
- van Middelkoop, J. C., van der Salm, C., Ehlert, P. A. I., de Boer, I. J. M. & Oenema, O. (2016). Does balanced phosphorus fertilisation sustain high herbage yields and phosphorus contents in alternately grazed and mown pastures? *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 106 (1): 93-111. doi: 10.1007/s10705-016-9791-0.
- van Rotterdam, A. M. D., Bussink, D. W., Temminghoff, E. J. M. & van Riemsdijk, W. H. (2012). Predicting the potential of soils to supply phosphorus by integrating soil chemical processes and standard soil tests. *Geoderma*, 189-190: 617-626. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.07.003>.
- Westerman, R. L. & Soil Science Society of, A. (1990). *Soil testing and plant analysis*. 3rd ed. utg. Soil Science Society of America book series, b. 3. Madison, Wis: Soil Science Society of America.
- Wuenschel, R., Unterfrauner, H., Peticzka, R. & Zehetner, F. (2016). A comparison of 14 soil phosphorus extraction methods applied to 50 agricultural soils from Central Europe. *Plant Soil and Environment*, 61: 86-96.



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway