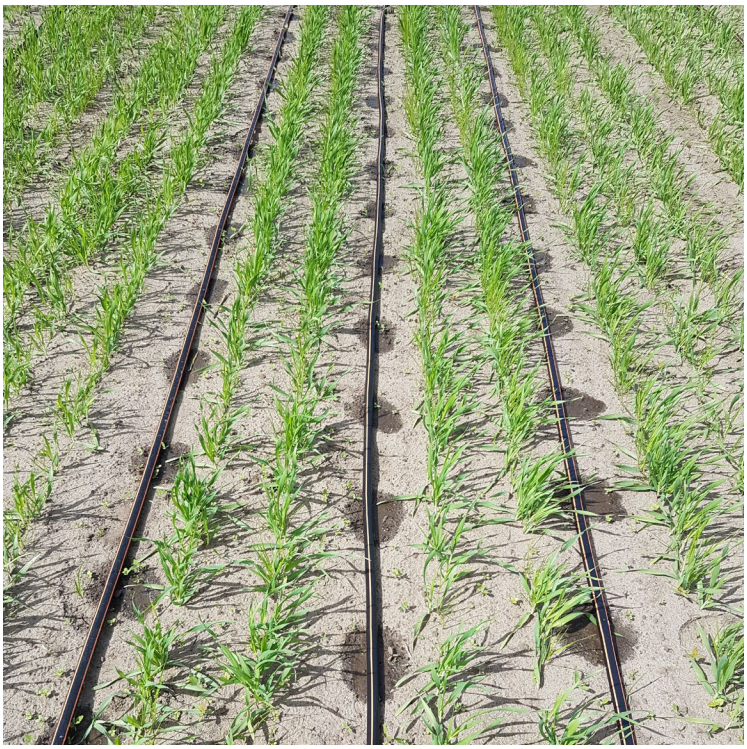
KUNSKAP FÖR LANDETS FRAMTID



Näringsbevattning med biogödsel

Del 1 och del 2, 2019

RAPPORT NR 2/2022

Anita Gunnarsson, Hushållningssällskapet Skåne, Odlingsutveckling, FoU (del 1 och 2)
Katarina Lindholm, Hushållningssällskapet Skåne, Odlingsutveckling, Fältförsök (del 1)

HIR Skåne

Hushållnings sällskapet
Projekt & Utveckling Skåne

Hushållnings sällskapet

Näringsbevattning med biogödsel

– del 1 och del 2, 2019

Anita Gunnarsson, Hushållningssällskapet Skåne
anita.gunnarsson@hushallningssallskapet.se

Katarina Lindholm, Hushållningssällskapet Skåne, Odlingsutveckling, Fältförsök
katarina.lindholm@hushallningssallskapet.se

Hushållnings
sällskapet

Förord

Del 1 av projektet är finansierat från Jordbruksverkets medel för Försök och utveckling (Jordbruksverkets diarienummer 4.1.18-/17026/18.

Del 2 finansierades av Region Skånes Utvecklingsmedel biogas. (Region Skånes Dnr: 1900313)

Projektet har möjliggjorts tack vare nära samarbete med Aquadrip och Norups gård. Under projektets gång har även Birgitta Båth, f.d. forskare på inst. för Växtproduktionsekologi, SLU varit till ovärderlig hjälp som vetenskaplig bollplan.

Stort tack till er alla!

Sammanfattning

I flera ekologiska kulturer skulle droppbevattning med kväverika fosforfattiga gödselmedel ha stor betydelse för att uppnå god skörd och kvalitet. Det saknas i dag lämpliga gödselmedel för droppbevattning till rimliga priser. Med de gödselmedel som testats tidigare har de rapporterats problem med igensättning av droppställen samt med ojämn fördelning av injicerad näring. Målet med de två nu redovisade delprojekten har varit att prova olika strategier och anpassningar av konventionell teknik för näringsbevattning för injicering av filtrerad biogödsel, samt att jämföra dem inbördes, för att på så sätt finna en teknik som kan användas i kommersiell skala – eller åtminstone komma framåt kunskapsmässigt i den riktningen.

Båda projekten genomfördes år 2019 med fältförsök med 45 m långa parceller med korn och rajgräs (del 1) eller bara rajgräs (del 2) som observationsgröda. Den biogödsel som användes var från Norups gårds biogasanläggning och hade först genomgått en gravimetrisk separation i ca 3 månader varefter den våtaste fasen filtrerades genom ett 30 µm påsfilter.

Sju strategier för droppbevattning studerades i delprojekt 1: 1) rent vatten, 2) injicering med konventionella gödslingssalter, 3-7) fyra strategier för 10 % injicering av filtrerad biogödsel enligt följande: a) utan extra åtgärd b) med 6 minuters efterbevattning med rent vatten, c) med efterbevattning plus tillsats av citronsyra för att sänka bevattningsvattnet före injiceringen från den ursprungliga nivå på pH 7,5-8 ner till ca pH 6, d) som c men till ca pH 5, e) som c men till ca pH 4.

Frågeställningarna i delprojekt 2 byggde vidare på kunskap som framkom i delprojekt 1. I delprojekt 2 studerades sex strategier för droppbevattning där efterbevattning ingick i alla: 1) injicering med konventionella gödslingssalter, 2) injicering med 5 % filtrerad biogödsel 3) injicering med 10 % filtrerad biogödsel, 4) som 2 men med myllade droppslangar, 5) som 2 men med droppslangar försedda med droppknapp och Compensated Non Leachage (CNL), 6) som 5 men med 10 % injicering.

Från delprojekt 1 framgick att det är nödvändigt att att smörja injektorn med silikon betydligt oftare vid injicering av filtrerad biogödsel än vad som rekommenderas för injicering med konventionella gödselmedel. Om man gör det fungerar biogödsel, av den kvalitet vi använt, för injicering. Man behöver dock göra en egen kalibrering för att veta hur mycket vatten som kommer ut från varje droppställe och även basera kalibreringen på analys av näringshalten i utdroppad vätska. Den utdroppad vätskemängden blir lägre vid injicering av biogödsel än vid injicering av konventionella gödselmedel för droppbevattning och det är en fördel med efterbevattning med rent vatten. Vi har dock visat att även injicering av konventionella gödselmedel ger mindre utdroppad vätskemängd än vad man teoretisk kan beräkna baserat på droppbevattningsteknikföretagets uppgifter om mängd vatten per tidsenhet och droppställe. Det droppade ut mindre vätska i slutet av droppslangarna än i början, avsett

vilket gödselmedel som injicerades och även med rent vatten men det var ingen skillnad i differensen mellan behandlingarna. Citronsyratillsats för att sänka pH i bevattningsvattnet före injicering hade ingen positiv effekt på vätskeflödet. Det fanns indikationer på NH_3-N-förlsuster från biogödseln men frågan studerades inte specifikt.

Från delprojekt 2 framgick att vi inte kunde påvisa sämre vätskeflöde när biogödsel injicerats än vid injicering av konventionella salter. Myllning av slangarna påverkade däremot vid enstaka tillfällen vätskeflödet jämfört med placering på markytan. Det fanns tecken på att slangar med droppknapp och CNL snarare gav bättre än sämre vätskeflöde än vanliga droppställen. Vid samma injiceringsgrad matades mer kväve ut i leden med droppknappar och vid ett par tillfällen var konduktiviteten högre med droppknappar.

Biomassan av rajgräs i slutet av projektperioden minskade med avståndet till injiceringsstället för biogödsel, dvs från början till slutet av de 45 m långa parcellerna.

Fortsatta frågor att studera och reda ut är:

- Hur stora är NH_3-N-förlusterna och hur kan man minimera dem utan att få störningar i vätskeflödet ut genom droppställena? Hur får man t ex myllade slangar att fungera (det finns teknik för det som används bl. a i Tyskland)
- Det behövs fältstudier med längre slangar där man säkerställer att tekniken med injicering av biogödsel även fungerar med betydligt längre slangar än de 45 m vi provat.
- Fördjupade studier behövs kopplat till våra resultat att droppknappar och CNL verkar ha fördelar med avseende på vätskemängd och fördelning av näring jämfört med de droppställen vi jämfört med och som är standard i dag för fältgrödor.

Innehåll

Inledning och bakgrund 1
Resultat i förstudie 2016 samt idéer till förbättring 2
Syfte och mål 2
Hypoteser del 1 3
Hypoteser del 2 3
Rapport för del 1 5
Material och metod del 1 5
Behandlingar 5
Biogödsel 8
Genomförande av droppbevattningstest 8
Komplikationer med bevattningstekniken 8
Insamling av grönmassaprover 9
Bevattningsteknik 10
Nederbörd och markfuktsmätning 11
Mätningar bevattning 11
Statistik och annan dataanalysmetod 12
Resultat och diskussion del 1 12
Utvattnad vattenvolym 12
Utvattnad kvävemängd 13
Konduktivitet 16
Biomassa korn och rajgräs 17
pH-mätningar på utdroppad vätska 24
Sammanfattning av resultaten – del 1 25
Slutsatser del 1 26
Rapport för del 2 27
Material och metod del 2 27
Behandlingar 27
Försöksfält, nederbörd, markfuktsmätning samt etablering och skötsel 28
Biogödsel 28
Genomförande av droppbevattningstest 28
Insamling av grönmassaprover 29
Bevattningsteknik 29
Mätningar bevattning 29
Statistik och annan dataanalysmetod 29
Resultat och diskussion - del 2 30
Utvattnad vattenvolym 30
Utvattnad kvävemängd 34
Konduktivitet 37
Biomassa rajgräs 41
Sammanfattning av resultaten i del 2 43
Slutsatser del 2 44

Referenser 45
Bilaga 1. Vätskevolym vid enskilda mättillfällen av bevattningar - delprojekt 1 47
Bilaga 2. Konduktivitet vid enskilda mättillfällen - delprojekt 1 50
Bilaga 3. Vätskevolym vid enskilda mättillfällen av bevattningar - delprojekt 2 53
Bilaga 4. Konduktivitet vid enskilda mättillfällen - delprojekt 2 54

Inledning och bakgrund

Marknaden för ekologiska produkter ökar för närvarande med ca 10 % per år globalt (Ekoweb.nu 2016). Sverige har goda möjligheter att odla ekologiska grönsaker, frukt och bär men efterfrågan ökar snabbare än produktionen vilket medfört en växande import. Odling av trädgårdsgrödor kräver stora investeringar och för att nå lönsamhet krävs höga skördar och hög produktkvalitet.

Att fördela gödslingsgivan på flera tillfällen är en viktig åtgärd i strävan att styra växtnäringstillgången i jorden vilket också påpekas av många odlare. Detta gäller inte minst tillgängligheten av kväve (N) ett för grödan centralt växtnäringsämne. I tomater ger t.ex. överskott på N försenad mognad och skörd (Homman et al. 2010). Svårigheten att styra växtnäringstillgången kan också leda till ökad salthalt i jorden (Gluck et al. 2013) och erfarenheter från ekologisk bärodling i tunnel pekar på att man med de gödselmedel man använder ofta får en obalanserad näringstillförsel (Albertsson et al. 2010)

Tilläggsgödsling i flytande form via bevattningssystemet ökar möjligheten att styra växtnäringstillförseln och därmed möjligheten att nå högre skördar samtidigt som förlusten av N minskar (Kennedy, 2013). Även arbetstidsåtgången minskar vilket förbättrar ekonomin avsevärt (pers. medd. Markus Söderlind). I en schweizisk studie i rotselleri gav gödsling med flytande biogödsel en tydlig ekonomisk fördel jämfört med kontrollen som gödslats med gödselmedel baserade på fasta gödselmedel i form av fjädermjöl, kycklinggödsel, kalimagnesia och ett pelleterat N-gödselmedel med 12 % N (Biorga N) (Fuchs et al, 2017). I denna studie tillfördes inte biogödseln med droppbevattning utan vattnades ut för hand med kannor.

Tillgången på kommersiellt tillgängliga flytande gödselmedel för ekologisk odling är begränsad (Ögren, 2016) och priset är ofta högt (Palmqvist, 2016).). Gunnarsson (2016) visade dock att biogödsel från hybridrötad vitklöverensilage (utförd i pilotanläggning på Norups gård) hade en intressant näringssammansättning. Biogödseln från pilotanläggningen hade dessutom en låg torrsubstanshalt (1,3 % ts) jämfört med många kommersiella gödselmedel för ekologisk odling som idag används för droppbevattning (Svensson, 2011).

Hög ts-halt kan innebära problem med igensatta droppställen (Hartz et al. 2010). Ett pågående schweiziskt arbete visar dock att problemet med igensatta droppställen skilde sig mellan olika munstyckstyper och även mellan olika biogödselursprung (Gille, Pers. medd. Nov 2018). Med rätt teknik för injicering med hjälp av droppbevattning skulle biogödsel kunna bidra till ett förbättrat investeringsunderlag för biogasproduktion i stället för att, som idag, utgöra ett hämmande kvittblivningsproblem.

Resultat i förstudie 2016 samt idéer till förbättring

Ett laboratorietest 2016 visade att den våta fasen av biogödsel från hybridrötad vitklöverensilage (beskriven i Gunnarsson, 2016 och Gunnarsson och Norup, 2018) gick bra att injicera med standardteknik för droppbevattning (pers. medd. Lars-Göran Larsson, Aquadrip). I ett delprojektet ”Lokalproducerade gödselmedel…” inom det nyligen avslutade Interregprojektet Biogas 2020 (www.biogas2020.se) har tekniken för injicering av nämnda våta biogödsel, från hybridrötad vitklöver, utvecklats i fältskala i en rajgräsgröda med 40 meter långa slangar utlagda. Efter ett antal modifieringar av sil- och filterteknik fungerade en injicering acceptabelt, med en 5 %-ig inblandning av biogödsel i bevattningsvattnet. Resultaten visade dock att innehållet av växtnäring och tillväxten av rajgräset minskade i droppslangarnas längdriktning. Utdroppad mängd näring var högre nära injiceringsstället än längre bort. Vi misstänkte att påväxning av mikroorganismer kan ha försämrat utmatningen av droppvätska och möjligen även påverkat näringens fördelning i droppslangarnas längdriktning.

När detta konstaterades var projekttid och finansiering slut - vi hade dock några idéer för hur problemen kunde lösas. Med det upplägg vi provade 2016 renspolades droppslangarna bara en gång per dygn men vi näringsbevattnade fyra halvtimmar per dygn – renspolningen gjordes alltså bara efter var fjärde näringsbevattning. Med hjälp av en förbättrad styrteknik kan droppbevattning med näring utföras så att varje bevattningsperiod automatiskt avslutas med en kort period av rent vatten utan injicering. I konventionell droppbevattning sänker man pH för att fälla ut kalcium och aluminium och förbättra tillgängligheten av bl.a. fosfor (P) och mikronäring i tillförda gödselmedel. I EU-ekologisk bärodling förekommer det att man tillsätter citronsyra för att sänka pH i näringsbevattning med kommersiella produkter. Det är inte självklart att detta är nödvändigt när man vattnar ut organisk näring men det är möjligt att sänkt pH kan ge en bättre fördelning av biogödseln i droppslangarna.

Syfte och mål

Projektet syftade att öka värdet på den våtaste och därmed, av transportskäl, mest kostsamma fraktionen av biogödsel genom att använda den för näringsbevattning inom frukt, bär och grönsaksodling. Projektets resultat kommer att vara av betydelse vid planering och projektering av biogasanläggningar, för kommuner och andra myndigheter samt lantbrukare som ska besluta om användning av biogödsel. Därför är det av största vikt att biogödselns egenskaper utvärderas grundligt i konventionella bevattningssystem.

Målet med projektets del 1 var att undersöka några tänkbara anpassningar i droppbevattningstekniken för att få samma mängd växtnäring att spridas längs med hela bevattningssystemet. Målet var vidare att efter avslutat projekt kunna ge välgrundade tekniska rekommendationer för användning av biogödsel som näringsbevattning (s.k. fertigation).

Målet med projektets del 2, var att utröna om det är mindre störningar vid utmatning av 5 än 10 % injicerad biogödsel och om det fungerar lika bra med droppknappar med droppreducering som med ”vanliga” droppställen samt om det fungerar att gräva ner slangarna ytligt för att minska risken för NH_3-förluster.

Hypoteser del 1

Vid designen av försöket arbetades det utifrån följande hypoteser:

1) Det kommer att komma ut mer vätska ut i droppslangar med injicering av konventionella gödselmedel än med injicering av biogödsel om ingen speciell åtgärd vidtas samt att tillförsel av citronsyra i efterbevattningen kan förbättra utmatningen av droppvätska vid biogödselinjicering. Hypotesen grundar sig på resultat från 2016 då biogödseln inte fungerade optimalt i droppbevattningen och på idén att citronsyras försurande egenskaper i efterbevattningen skulle hindra påväxt av mikroorganismer i slangen och därmed minska hindrande beläggningar från att bildas i slangen. Ytterligare specificering av hypotesen droppbevattningsfunktionen med biogödsel förbättrades om injicering med biogödseln konsekvent följdes av efterbevattning med rent vatten, så att hela systemet sköljdes igenom. Denna specificering bygger på idén att efterbevattning med rent vatten minskar beläggningen i slangarna orsakade av mikrobiell påväxt på biogödselrester.

2) Skillnader i vätskemängd i de droppslangsändar som är närmast injiceringen (Start) jämfört med långt ifrån injiceringen (Slut) är större för biogödsel än för konventionella salter men skillnaden minskar vid åtgärder i form av efterbevattning eller citronsyratillsats vid injicering av biogödsel.

3) Hypotesen 1 och 2 ovan speglas även i ledningstal och näringshalter.

4) Minskning av biomassa i korn och rajgräs i riktning från Start mot Slut av slangarna påverkas av åtgärder i form av efterbevattning eller citronsyratillsats.

Hypoteser del 2

Vid designen av försöket i del 2 arbetade vi utifrån följande hypoteser och frågeställningar:

1) Mer vätska kommer att droppas ut i led konventionella salter (Led 1) än med injicerad biogödsel
2) Mer vätska kommer att injiceras ut där slangarna ligger ovan jord än under (dvs mer i led 2 än i led 4) och differensen för mängden vätska som injiceras ut i bortre ändan jämfört med hitre är mindre om slangarna ligger ovan jord (led 2) än under (led 4)
3) Per tidsenhet kommer mer mängd vätska att droppas ut i led 2 och 5, med 5 % injicering av biogödsel, än i led 3 respektive 6 med 10 % injicering.
4) Droppknappar ger lägre mängd utvattnad vätska pga. större känslighet för igentäppning med biogödsel, än led med motsvarande mängd injicerad gödsel och

med slangar med vanliga droppställen; alltså lägre mängd vätska i led 5 än led 2 och lägre i led 6 än i led 4.

5) Kvävehalt i leden med 10 % injicering av biogödsel är högre än i de mer 5 % injicering dvs högre i led 3 och 6 än i led 2 och 5, men skiljer sig inte inom injiceringsnivå.
6) N-mängden som droppas ut är lägre led med 10 % inblandning än 5 % pga den, enligt hypotes 3, förväntade lägre vätskemängden där 10 % injicering.
7) Ledningstal i leden med 10 % injicering av biogödsel är högre än i de mer 5 % injicering dvs högre i led 3 och 6 än i led 2 och 5, men skiljer sig inte inom injiceringsnivå.
8) Biomassa av rajgräset minskar successivt i riktning från Start mot Slut av slangarna där biogödsel injicerats men inte där konventionella salter injicerats och minskningen är större där 10 än 5 % injiceringsgrad

Rapport för del 1

Material och metod del 1

Behandlingar

För att kunna utvärdera biogödselns egenskaper i och påverkan på droppbevattningssystem samt effektivitet som gödselmedel jämfördes behandlingar enligt Tabell 1.

Behandling 1 (enbart vatten) fungerade som kontroll ur två hänseenden. 1 att kunna jämföra ogödslad och gödslad grödas biomassaproduktion, 2 att kunna jämföra utvattnad vätskemängd i behandlingar med och utan någon form av tillsats, dvs. behandling 1, 2 och 3.

I behandling 2 injicerades de konventionella gödselmedlen Yaras Kristallon purple (innehåll i procent: 9,4 NO_3-N, 4,6 NH_4-N, 3,9 P, 21,2 K, 2 Mg, 4,1 S samt små mängder B, Cu, Fe, Mn, Mo och Zn) och salpetersyra (HNO_3). Stamlösningen, bestående av 3,95 kg Kristallon och 0,2 liter HNO_3/200 liter vatten, injicerades med 5 % in i bevattningsvattnet. Injektorn som användes hade ett inställningsintervall från 3 % - 10 %. Kristallon Purple är ett gödselmedel som används i konventionell odling och är speciellt utformat för olika typer av droppbevattningssystem (Yara, 2020). Salpetersyra, HNO_3, tillsattas för att öka kvävehalten och därmed göra näringsproportionerna lika de i biogödseln. Avsikten var att den totala N-tillförseln i kg/ha skulle motsvara NH_4-N-tillförseln i behandling 3 t.o.m. 7. På grund av ett misstag blev så inte fallet (se vidare nedan).

Tabell 1. Behandlingsöversikt del 1

Förkortning	Beskrivning
1. Vatten	Enbart bevattningsvatten (pH 7,5), inga tillsatser
2. Konv. gödselmed	Bevattningsvatten med tillsats av konventionella gödselmedel (Kristallon purple + HNO_3)
3. BG	Bevattningsvatten med 10 % tillsats av biogödsel
4. BG +ebev	Bevattningsvatten med 10 % tillsats av biogödsel med efterbevattning
5. BG+ ebev + Cs (pH 6)	Bevattningsvatten med 10 % tillsats av biogödsel och citronsyralösning (pH 6) med efterbevattning
6. BG+ ebev + Cs (pH 5)	Bevattningsvatten med 10 % tillsats av biogödsel och citronsyralösning (pH 5) med efterbevattning
7. BG+ ebev + Cs (pH 4)	Bevattningsvatten med 10 % tillsats av biogödsel och citronsyralösning (pH 4) med efterbevattning

<u>Behandling 3 t.o.m. 7 allmänt</u>

Avsikten var att biogödseln skulle injiceras med 5 % men ett olyckligt misstag begicks vid start och upptäcktes inte förrän vid bevattningstillfälle 7: injektorn hade ställts på 10 % inblandning i stället för på 5 %. Vi beslutade oss då för att hålla kvar vid 10 %-nivån. Om tekniken för behandling 3 t.o.m. 7 fungerat perfekt skulle alltså dubbelt så mycket

växttillgängligt N ha vattnats ut där jämfört med i behandling 2. Så blev det dock inte vilket beskrivs närmare under rubriken resultat.

Behandling 3: 30 min bevattning med bevattningsvatten med 10 % tillsats av biogödsel. Biogödseln injicerades i bevattningsvattnet med hjälp av samma typ av injektor som användes för behandling 2.

Behandling 4: 30 min bevattning med bevattningsvatten med 10 % tillsats av biogödsel och 6 min efterbevattning med rent bevattningsvatten. Den valda tiden för efterbevattning på sex minuter var anpassad för att, med god marginal säkerställa att hela systemet skulle hinna genomströmmas av vatten, alltifrån stamledningens start till den yttersta änden av droppslangen, längst bort ifrån injektorn.

Behandling 5, 6 och 7: Bevattningsvatten med 10 % tillsats av biogödsel och med citronsyralösning i olika koncentrationer tillsatt i efterbevattningsvattnet (6 min efterbevattning).

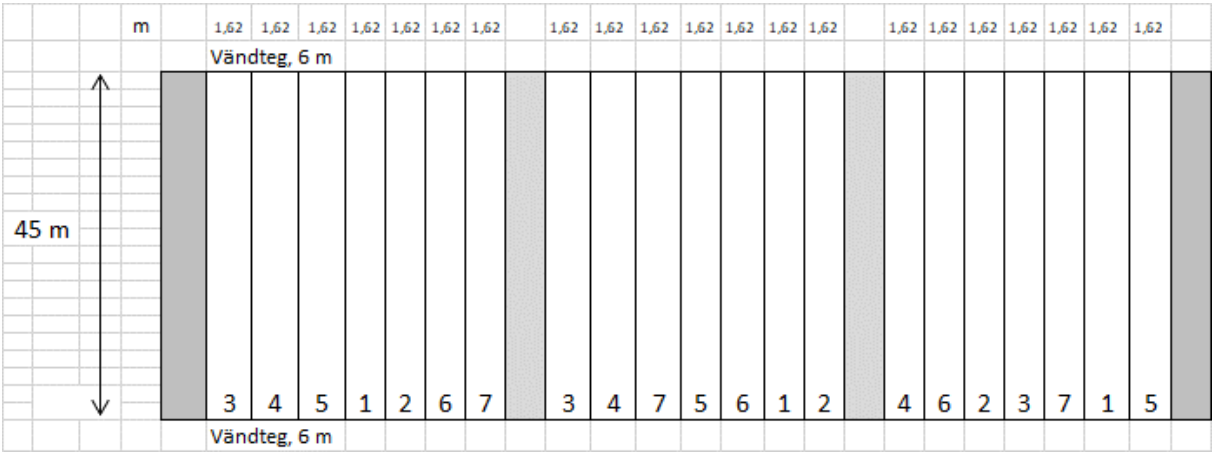
Försöksfält samt etablering och skötsel

Försöket placerades på ett för försöksupplägget lämpligt fält med väl genomsläpplig jordart i både matjordsskikt och alv vilket skulle vara till fördel vid en eventuellt nederbördsrik säsong. Matjordsanalysen visade: lerhalt 8, sand + grovmo 81, finmo + mjäla 11, mull 2,9. AL-lösliga ämnen (mg/100 g lufttorkad jord) var 21 P, 5 K, 9 Mg och 820 Ca. HCl-lösliga ämne var 110 P, 73 K och 11 Cu mg/100 g lufttorkad jord. pH (H_2O) var 8,1. Före sådd var mineralkväveinnehållet (NH_4-N + NO_3-N) i 0-30 cm nivån 32 kg/ha varav 18 i NH_4-form. I det nedre marklagret (30-60 cm) fanns 25 kg N/ha varav <1 kg som NH_4-N.

En 40 x 45 m yta med vårkorn (350 grobara frön/ha) med insådd av rajgräs (30 kg /ha) såddes den 26 april 2019 med 12 cm radavstånd. Såmaskinen som användes var en konventionell såmaskin av märket Kongskilde där enskilda såbillar stängdes av för att skapa de avstånd mellan grödraderna som krävdes för att få plats med droppslangarna. För att säkerställa raka grödrader såddes hela försöket med hjälp av GPS-styrning. De olika behandlingarna slumpades ut, 3 upprepningar gjordes av varje behandling (Figur 1).

Anledningen till att både vårkorn och rajgräs användes i försöket var att säkerställa maximal tillväxt under hela säsongen.

I juni när vårkornet kommit upp placerades droppslangar mellan raderna. Tre droppslangar för näringsbevattning placerades mellan kornraderna (Figur 4) i varje försöksruta. Avståndet mellan varje droppslang var 37,5 cm.



Figur 1. Försöksöksöversikt, de olika behandlingarna fördelades slumpvis i 3 block, delprojekt 1

Styrsystem för droppbevattningen monterades och testkördes med rent vatten. Systemet programmerades för bevattning i 30 min i samtliga led och för ytterligare 6 min efterbevattning i de led där denna behandling ingick. Varje led bevattnades var för sig, ett i taget enligt det förprogrammerade programmet som startades manuellt vid varje bevattningstillfälle. Försöksfältet var bemannat under alla bevattningar.

I två av försöksrutorna, en ruta i början av försöket och en i slutet, placerades markfuktsmätare (Figur 2). Mätarnas sensorer var placerade på 25 cm respektive 40 cm djup i båda rutorna. Mätarnas syfte var att övervaka markfukten i grödans rotzon respektive strax under rotsonen för att undvika att bevattning utfördes i vattenmättad mark. Markfuktsmätarna tillhandahölls av Sensefarm AB som också stod för montering och teknisk support.

Bevattningen startade den 7 juni, dvs. 42 dagar efter sådd. Då var kornet i bra tillväxt och de första stråna rajgräs hade börjat komma upp över markytan.

Figur 2. Markfuktsmätare

Biogödsel

Biogödseln producerades på Norups gård och var baserad på svinflyt blandat med en del ensilagerester. Gödseln fick först stå i en sedimentationsbehållare under tre månader varefter den filtrerades igenom påsfilter med 30 µm maskstorlek. Torrsubstanshalten i den filtrerade biogödseln var 1,4 % och näringsinnehållet i kg per ton var 4,79 total-N (Kjeldahl + Dewardas), 4,1 NH_4-N, 0,08 P, 1,7 K, <0,05 Mg, 0,71 Na och 0,11 S (total)

Den ofiltrerade biogödseln, före sedimentation, hade 4,9 % torrsubstans och näringsinnehållet i kg per ton var 5,48 total-N (Kjeldahl + Dewardas), 3,9 NH_4-N, 0,58 P, 1,7 K, 0,37 Mg, 0,73 Na och 0,51 S (total). Man kan alltså konstatera att NH_4-N, K- och Na-halten är i stort sett oförändrade efter sedimentation och filtrering medan P, Mg och S-halten sjunkit avsevärt.

Genomförande av droppbevattningstest

Totalt gjordes 10 bevattningar. De första fem gjordes innan kornets biomassa putsades ner och de följande fem gjordes till återväxten av rajgräset. Datum för bevattningarna var 7, 10, 12, 17 och 19 juni samt 5, 10, 12, 19 och 22 juli.

Behållaren med biogödsel fylldes på inför var tredje bevattningstillfälle. Biogödseltanken tömdes aldrig till mer än 2/3-delar - detta för att eventuella större partiklar skulle sedimentera och ligga på bottnen av tanken och på så sätt minska risken för igensättning i filter och injektorer.

Komplikationer med bevattningstekniken

Vid de 3 första bevattningstillfällena fungerade inte den konventionella gödselinjektorn tillfredsställande, varvid denna byttes ut. Detta fel var inte orsakat av den konventionella gödselblandningen utan var till fullo avhjälpt när ett annat exemplar av samma injektortyp hade installerats.

Vid bevattning 7, den 10 juli, uppstod ett tryckfall under pågående bevattning. Tryckfallet påverkade hela bevattningsnätet på försöksgården och orsakades inte av något kopplat till fältförsöket. Tryckfallet upptäcktes snabbt av fältpersonal som var på plats vid bevattningen och bevattningsprogrammen stoppades. Incidenten fick dock effekt på bevattningen i led 3 och 4 vilket tydliggörs i resultatdelen av rapporten.

Vid bevattning 8, den 12 juli, började injektorn till biogödseln suga ojämnt. Efter snabbt ingripande av försökspersonal och justeringar av injektorn kunde bevattningen återupptas. Dock uppkom samma problem även vid den 9:e bevattningen. Efter samråd med Aquadrips tekniker avhjälptes felet genom att smörja silikon i injektorns rörliga delar. Effekterna av driftstoppen kan dock spåras i bevattningsresultaten från dessa tillfällen.

Insamling av grönmassaprover

Provklippningen i kornet utfördes den 1 juli, 24 dagar från första bevattningstillfället. Dagen efter, den 2 juli, höggs all kvarvarande grönmassa i samtliga rutor i försöket av maskinellt och bortfördes. Kvar återstod då rajgräsplantor med en stubbhöjd om ca 2 cm.

Biomassaproverna i rajgräs togs den 13 och 14 augusti - 42 dagar efter bortforslingen av resterande biomassa och 67 dagar från första bevattningstillfället i försöket. Provtagningen i rajgräset följde samma rutin som den för provtagningen i korn. På grund av rådande väderförhållanden (regnrisk) delades provtagningen upp på två dagar för att undvika för hög fuktighet i proven vilket annars hade kunna vara en stor felkälla vid beräkningen av färskvikt.

Samtliga grödprov klipptes manuellt med sax (Figur 3). För att säkerställa att de klippta rutorna hamnade rätt i behandlingsrutorna användes måttband och markörsnöre. På så sätt hamnade alla klipprutor exakt lika långt ifrån starten av droppslangen dvs där droppslangen anslöt till en stamledning. Samma strategi användes både vid klippning av kornet och senare rajgräset. Provrutorna som klipptes var 0,25 m^2 och anpassades för att täcka in de 4 grödrader som fanns mellan droppslangarna i rutan (Figur 4). En stubbhöjd på ca 1 cm lämnades för att kunna samla ihop så mycket av grönmassan som möjligt utan att riskera att få med jord i provet. Den avklippta biomassan packades i en tät plastpåse som förslöts med en tätslutande påsklämma för att hindra avdunstning. Att hindra avdunstningen var viktigt då det annars kunde skapa stora variationer i färskvikt mellan de prover som klipptes under morgonen jämfört med de som klipptes under eftermiddagen. De förpackade proverna samlades ihop och lades i skydd för solen innan de fördes till fältförsöksavdelningens labb för vägning. Där vägdes grönmassan utan påse för att undvika felkällor. Vågen som användes hade en noggrannhet på 0,5 g.

Efter vägning placerades proverna i perforerade plastpåsar som förslöts med snöre och placerades i fältförsökens torkanläggning. Efter torkning gjordes en ny vägning av proverna och en torrvikt på respektive prov noterades.

Figur 3. Klippning av grönmassa

Bevattningsteknik

All bevattningsutrustning inkl. uppbyggnad och support av systemet tillhandahölls av Aquadrip i Växjö. I försöket användes droppslangar av typen Netafim Uniram RC 16x0,9/1,0, väl lämpade för frilandskulturer (Aqadrip, 2020). Droppslangarna hade droppställen placerade var 25 cm dvs. 4 droppställen per löpmeter. Droppslangens kapacitet uppgick till 1 liter/timme och droppställe, vilket med den aktuella tätheten på droppställen motsvarade 4 liter per timme och meter slang. Hur många mm det faktiskt vattnas ut är beroende av hur tätt slangarna ligger. Då slangarna i detta försök var placerade med 37,5 cm avstånd vattnade en meter slang en yta om 0,375 m^2. Den totala bevattningsgivan blev då 10,67 liter/timme och m^2 dvs 10,7 mm/timme. Varje droppställe bestod av ett särskilt membran monterat på insidan av slangen. Membranet fungerar som en labyrint för bevattningsvattnet som saktas ner och den utvattnade vätskemängden skall därför bli den samma från samtliga droppställen oavsett avståndet från pump/injektor.

Styrenheten som användes i försöket var av fabrikat Irritrol Total Control, ett 15-stationers system (Aguadrip, 2020). Styrenheten var kopplad till 5 olika injektorer; två större, med inställningsintervall från 3 % - 10 % injicering och tre mindre med inställningsintervall från 1 - 4% injicering. De två större injektorerna tillförde gödselmedlen medan de tre mindre användes till att injicera olika koncentrationer av citronsyralösningen till efterbevattningsvattnet för att på så sätt ge de olika pH-värdena i led 5, 6 och 7. Injiceringsgraden reglerades genom att skruva på en inställningsanordning på respektive injektor.

I samtliga tankar, från vilka injektorerna pumpade upp näringslösning eller citronsyra, satt det filter för att hindra större partiklar från att komma in i systemet och sätta igen droppställena. I tanken med biogödsel monterades det till storleken största filtret, som endast släppte igenom partiklar mindre än 200 µm. Biogödsel, konventionell näringslösning och citronsyra sögs alla upp ur tankarna uppifrån. I tankarna med konventionella gödselmedel och med citronsyra hängde sugslangsänden ner nästan till botten av tanken. I biogödseln användes en flytande sil som flöt på ytan och sög upp det översta lagret av biogödsel. Detta för att ytterligare minska risken för att större partiklar, vilka kunde vara mer förekommande i biogödseln än i de övriga blandningarna, skulle sätta igen droppställena. Den konventionell gödselmedelslösningen och citronsyralösningen var båda transparenta vätskor i motsats till den betydligt grumligare biogödseln som skulle ha kunnat innehålla skräp utan att det skulle gå att se med blotta ögat.

Efter injektorerna passerade bevattningsvattnet (efter tillsats av respektive lösning) ytterligare ett reningsfilter på 100 µm, som en sista försäkran om att inga stora partiklar kunde flöda ut i droppställena, innan det slutligen leddes ut i respektive stamledning och vidare ut i droppslangarna.

Nederbörd och markfuktsmätning

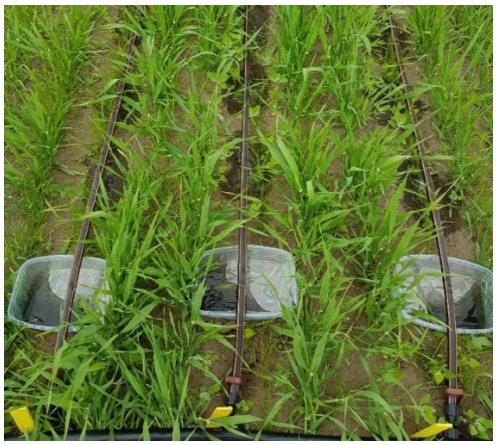
På två platser i försöket fanns analoga regnmätare som ett komplement till de digitala markfuktsmätarna. Inga bevattningar utfördes när det regnade, för att undvika störning av regnvatten vid mätning av utvattnad mängd vätska från droppställena.

Mätningar bevattning

Bevattningsvatten samlades in på två platser i försöket, dessa platser definieras som Start och Slut i resultatredovisningen. Starten var det första droppstället efter stamledningen som befann sig innanför gränsen på försöksrutan. I de flesta fall utgjorde detta droppställe det första droppstället på slangen, i några fall det andra. Slutet var det droppställe som var närmst placerat den linje som markerade 45 m från start. I samtliga fall valdes det droppställe som var innanför 45-metersmarkeringen. I samtliga fall fanns ytterligare några bevattningsställen utanför 45-metersgränsen innan slangen tog slut. Vid bevattningstillfälle 6 och 10 togs även ett prov ut i mitten av försöksrutan, ca 22,5 m ifrån start. Dessa har analyserats statistiskt men finns inte i rapporten då de inte tillförde ytterligare kunskap.

För att kunna kvantifiera den utvattnade mängden bevattningsvatten användes plasttråg avsedda för livsmedelsförvaring med en volym om 1 liter. Trågen placerades ut under droppställena (Figur 4) vid starten och i slutet av försöksrutan. Trågen placerades ut innan varje bevattningsomgång och tömdes efter varje bevattning. Trågen diskades med ljummet vatten och diskmedel (YES från Procter & Gamble Sverige AB) mellan varje mättillfälle. Bevattningsvattnet överfördes till en graderad bringare och mängden avlästes okulärt med 1 ml noggrannhet. Efter avläsning överfördes vätskan till en hink där ett samlingsprov från de tre droppställena i rutan blandades. Samlingsprovets konduktivitet och vid vissa tillfällen även pH-värde avlästes på plats i fält med hjälp av en handhållen konduktivitetsmätare avsedd för fältbruk (Multi-parameter PCTestr 35, Eutech Instruments). Vid tillfälle 9 och 10 mättes även pH med samma mätare. Samlingsproverna för konduktivitetsmätning, och vid tillfälle 9 och 10 även pH-mätning, utfördes på prover som var en kombination av det utvattnade gödselvattnet och efterbevattningsvattnet.

Vid tillfälle 10 togs även ett samlingsprov ut från Start respektive Slut från varje parcell och analyserades på samtliga växtnäringsämnen vid Eurofins laboratorium.



Figur 4. Tråg för uppsamling och mätning av utvattnad vätska

Statistik och annan dataanalysmetod

Behandlingarna jämfördes med envägs ANOVA (Minitab 16.1, Minitab Inc.; Anova, general linear model). Skillnader mellan behandlingar jämfördes även med Tukey's Honestly Significant Differences (HSD) test på 5 %-nivån.

För att studera samband mellan biomassa i korn och rajgräs och avstånd till starten av droppslangarna studerades R_2-värdet i linjär regression beräknad i Excel.

Resultat och diskussion del 1

Utvattnad vattenvolym

Summering av utvattnad mängd vatten under försöksperioden visar att mest vatten droppat ut i Beh. 1 och minst i Beh. 3 med biogödsel utan efterbevattning, medan Beh 2 med konventionells salter intog en mellanställning (Tabell 2). Beh. 4, 5 och 6 droppade ut 22–29 % mer vätska i medeltal för Start och Slut än Beh. 3. Om ökningen exakt skulle spegla den längre bevattningstiden skulle ökningen varit 20 % (6/30 = 0,2). Den något större skillnaden till Beh. 3 kan tolkas som ett tecken på att efterbevattningen gjort lite extra nytta för genomsläppligheten av vätskan genom dropphålen. Det fanns ingen skillnad i utvattnad vätskevolym mellan Beh. 4, utan citronsyra och behandling 5, 6 eller 7 med citronsyra i efterbevattningen.

Volym vätska var ca 70 - 120 cl större vid Start än vid Slut (Tabell 2) men differensen var inte större i behandlingarna med biogödsel än med konventionella salter eller rent vatten.

Resultaten styrker alltså delar av hypotesen 1 som berör vätskeflöde med injicerad biogödsel jämfört med konventionella salter samt en positiv effekt av efterbevattning men förkastar den del som avser betydelsen av citronsyra.

Resultaten tyder däremot på att hypotes 2 måste förkastas, dvs differensen i vätskemängd mellan Start och Slut av slangarna minskar inte vid åtgärder i form av efterbevattning eller citronsyratillsats.

Utvattnad vätskemängd vid enskilda tillfällen

Vid de 10 olika bevattningstillfällena varierade den utvattnade vattenmängden betydligt (Figur 5). Generellt ser man dock att Beh. 1 med rent vatten gett högst vätskemängd och Beh 3 med biogödsel utan efterbevattning gett minst vätskemängd. Detta styrker resultaten från den summerade vätskemängden presenterad i Tabell 2. För statistisk analys av utvattnad volym vid varje enskilt tillfälle hänvisas till Bilaga 1.

Figur 5 illustrerar även variationer orsakade av olika incidenter som inträffat under försöksperioden och som närmare beskrivs i Material och Metod under rubriken Komplikationer med bevattningstekniken. I det övre diagrammet i Figur 5 är sådana komplikationer inskrivna så att läsaren själv kan skaffa sig en uppfattning om betydelsen av dem. Inför varje bevattning avlästes trycket på vattnet med en manometer som satt monterad vid hydranten varifrån vattnet hämtades. Inga avvikande värden noterades.

Tabell 2. Utvattnad mängd summerat för mättillfälle 1 t.o.m. 6 plus 8 t.o.m. 10*. (cl/droppställe**). Start = mätning vid droppstället närmast stamledningen; Slut = mätning 45 m från start. Värden inom samma kolumn som följs av olika bokstäver är signifikant skilda på 5 %-nivån enligt Tukey's test

Behandling***	Start		Slut		Differens	
1. Vatten	453	A	366	A	87	A
2. Konv. salter	404	B	307	B	97	A
3. BG	298	D	227	D	71	A
4. BG + e.bev.	384	C	291	C	94	A
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	386	BC	278	C	108	A
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	375	BC	267	C	108	A
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	390	BC	272	C	118	A

* Tillfälle 7 exkluderad eftersom led 3 och 4 blev felvattnade pga. tryckfall i bevattningssystemet
** Omräkning till mm är, med aktuell täthet för droppställen och slangar, cl/droppställe x 0,107
*** Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 1, Material och Metoder.

Utvattnad kvävemängd

Vid bevattningstillfälle 10 då kvävehalten i droppvätskan mättes visade den sig vara lägst den konventionella gödslingsinjiceringen (Beh. 2) och högst vid injicering av biogödsel utan efterbevattning (Beh. 3) (Tabell 3). Halten i Beh. 4 t. o. m. 7 var ca 20 % lägre än i Beh. 3. Skillnaden motsvaras ungefär av utspädningseffekten av sex minuters efterbevattning (6/30=0,2) i Beh 4 t. o. m 7. Skillnaden i halt mellan Beh. 2 och 3 (konventionella gödselmedel jämfört med biogödsel utan efterbevattning) var i medeltal 76 % (378/215=1,76). Med tanke på att tillförseln med konventionella gödselmedel bara skulle

motsvarat hälften av tillförseln med biogödsel till följd av misstaget med injektorinställningen beskrivet i Material och Metod borde det varit dubbelt så hög kvävehalt i Beh. 3.

Vid bevattningstillfälle 10 droppades det vid starten ut 10,2 kg N/ha i den konventionella behandlingen och mellan 14,1 och 15,2 kg N/ha i behandlingarna med biogödsel (Tabell 4). I slutet (längst bort från injektorn) droppades det ut 2 - 3 kg N/ha mindre än vid starten. Differensen var lika stor i alla behandlingar. I både start och slut droppades det ut signifikant mer N i biogödselbehandlingarna än i den konventionellt gödslade behandlingen – i medeltal 35 - 48 % mer. Eftersom injiceringen, som redan påtalats, motsvarade dubbel N-tillförsel i biogödselbehandlingarna än i Beh. 2 är skillnaden i N-tillförsel mindre än förväntat. Det beror dels på att kvävehalten inte hade fördubblats i Beh. 3 jämfört med Beh. 2) (Visat i Tabell 3) och dels på att utvattnad vätskemängd vid tillfälle 10 var lägre i Beh. 3 än i Beh. 2 (Figur 5 samt i tabellen i Bilaga 1).

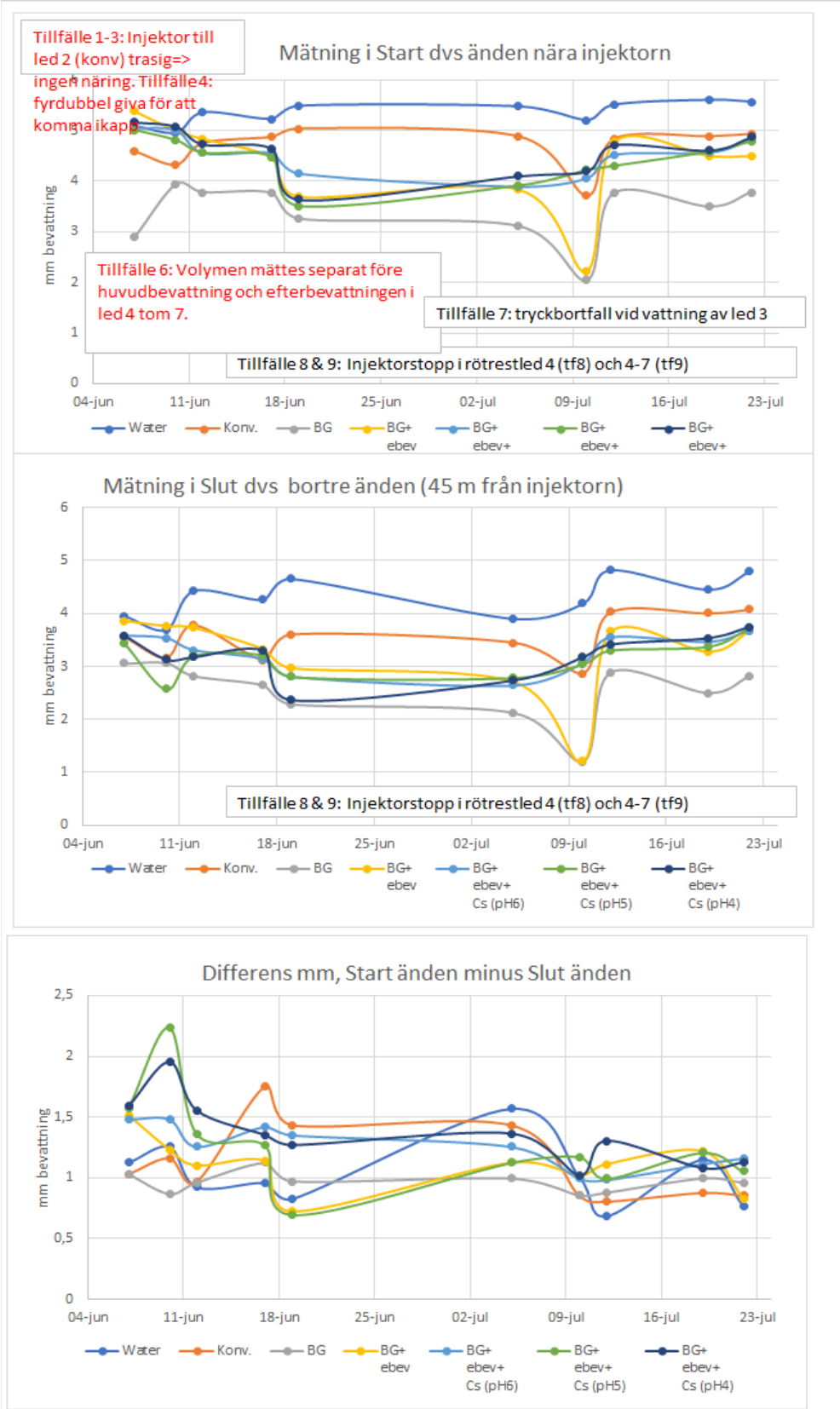
Tabell 3. N-halt (mg/liter) vid tillfälle 10 enligt Eurofins-analyser, NH4-N+NO3-N mg/l. Start = mätning vid droppstället närmast stamledningen; Slut = mätning 45 m från start. Värden inom samma kolumn som följs av olika bokstäver är signifikant skilda på 5 %-nivån enligt Tukey's test

Behandling*	Start		Slut		Differens	
1. Vatten						
2. Konv. salter	211	C	219	C	12	A
3. BG	387	A	370	A	37	A
4. BG + e.bev.	313	B	297	B	37	A
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	320	B	303	B	37	A
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	317	B	297	B	40	A
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	310	B	287	B	43	A

Tabell 4. Tillfört N vid bevattningstillfälle 10, kg N/ha. Start = mätning vid droppstället närmast stamledningen; Slut = mätning 45 m från start. Värden inom samma kolumn som följs av olika bokstäver är signifikant skilda på 5 %-nivån enligt Tukey's test

Behandling*	Start		Slut		Medel		Differens	
1. Vatten								
2. Konv. salter	10,4	B	8,7	B	9,6	B	1,7	A
3. BG	14,6	A	12,4	A	13,5	A	2,2	A
4. BG + e.bev.	14,1	A	12,0	A	13,0	A	2,2	A
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	15,5	A	12,9	A	14,2	A	2,6	A
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	15,2	A	12,4	A	13,8	A	2,8	A
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	15,1	A	12,1	A	13,6	A	3,0	A

* Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 1, Material och Metoder.



Figur 5. Översikt utvattnad vätskemängd vid samtliga 10 tillfällen

Konduktivitet

I medeltal för samtliga konduktivitetsmätningar utförda under perioden kunde ingen signifikant skillnad mellan behandlingarna ses i starten medan konduktiviteten i slutet visade på högst konduktivitet i Beh. 3 och lägst i Beh. 2 (Tabell 5). Konduktiviteten för konventionella salter borde vara högre än för organiska gödselmedel men eftersom mängden NH_4-N som injicerats i Beh. 3 var större förklarar det skillnaden. Den lägre konduktiviteten i Beh. 4 och 5 än i Beh 3 i slutet var väntade till följd av spädningseffekten av efterbevattningen. Varför konduktiviteten i Beh. 6 och 7 inte var lägre än den i Beh. 3 är svårt att förklara.

Vid analysen av de prover från sista bevattningen (tillfälle 10) som skickats till Eurofins för analys hittade ingen skillnad i konduktivitet mellan start och slut (Tabell 6). Resultaten stämde delvis överens med medeltalet för alla fältmätningarna gjorda med den handhållna fältmätaren (Tabell 5), Vid tillfälle 10 syntes dock mer entydiga och förväntade skillnader mellan Beh. 2, 3 och övriga både vid start och slut.

<u>Konduktivitet i utvattnad vätska vid enskilda tillfällen</u>

Vid de 10 olika bevattningstillfällena har konduktiviteten i allmänhet legat högst i Beh. 3 med biogödsel utan efterbevattning och lägst i Beh. 2 med injicering av konventionella gödselmedel (Figur 6). Figuren styrker därmed resultaten presenterade i Tabell 6, med medeltal för konduktivitet från samtliga bevattningstillfällen. Figur 6 illustrerar även variationer orsakade av olika incidenter som inträffat under försöks-perioden och som närmare beskrivs i Material och Metod under rubriken Komplikationer med bevattningstekniken. I det övre diagrammet i Figur 6 är sådana komplikationer inskrivna så att läsaren själv kan skaffa sig en uppfattning om betydelsen av dem. För statistisk analys av konduktivitet vid varje enskilt tillfälle hänvisas till Bilaga 2.

Tabell 5. Konduktivitet mätt i fält, medeltal för bevattningstillfälle 1 t.o.m. 10 exkl. 6*, mS/cm. Start = mätning vid droppstället närmast stamledningen; Slut = mätning 45 m från start. Värden inom samma kolumn som följs av olika bokstäver är signifikant skilda på 5 %-nivån enligt Tukey's test

Behandling**	Start		Slut		Diff.	
1. Vatten						
2. Konv. salter	1,93	A	2,19	C	-0,27	B
3. BG	3,18	A	3,04	A	0,15	A
4. BG + e.bev.	2,84	A	2,57	B	0,26	A
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	2,89	A	2,66	B	0,23	A
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	3,00	A	2,77	AB	0,23	A
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	2,98	A	2,73	AB	0,25	A
P						
R2, %						
SEM	0,103		0,076		0,761	
CV, %						

* Vid tillfälle 6 mättes konduktiviteten på prov uttaget utan efterbevattning i Beh 4. t.o.m 7 medan det för övriga tillfällen mättes med efterbevattning, där sådan tillämpades. Därför har tillfälle 6 tagits bort ur analysen av medeltal. Data från enskilda mätningar finns i Figur 6 och i Bilaga 2. (Skälet till att vi normalt sett mätte med efterbevattning är att efterbevattningen var programmerad att följa direkt på näringsinjiceringen – därmed blev det en blandning i uppsamlingskärlen.)

** Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 1, Material och Metoder.

Tabell 6. Konduktivitet (Eurofinsmätning) vid tillfälle 10 (22 juli), mS/cm. Start = mätning vid droppstället närmast stamledningen; Slut = mätning 45 m från start. Värden inom samma kolumn som följs av olika bokstäver är signifikant skilda på 5 %-nivån enligt Tukey's test

Behandling*	Start		Slut		Diff.	
1. Vatten						
2. Konv. salter	1,70	C	1,73	C	0,17	A
3. BG	3,77	A	3,83	A	0,13	A
4. BG + e.bev.	3,13	B	3,03	B	0,30	A
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	3,20	B	3,10	B	0,30	A
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	3,20	B	3,13	B	0,27	A
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	3,20	B	3,03	B	0,37	A

* Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 1, Material och Metoder.

Biomassa korn och rajgräs

Den statistiska analysen av färskvikt, torrvikt och torrsubstanshalt visar att det var skillnad mellan ogödslad och gödslad gröda (Tabell 7 och 8). Det var enbart torrvikten av vårkorn i behandlingen med injicering av konventionella gödselmedel som inte skiljde sig signifikant från ogödslat. Däremot fanns inga signifikanta skillnader i total biomassa mellan den konventionella behandlingen och biogödseln vare sig i vårkorn eller rajgräs (Tabell 9).

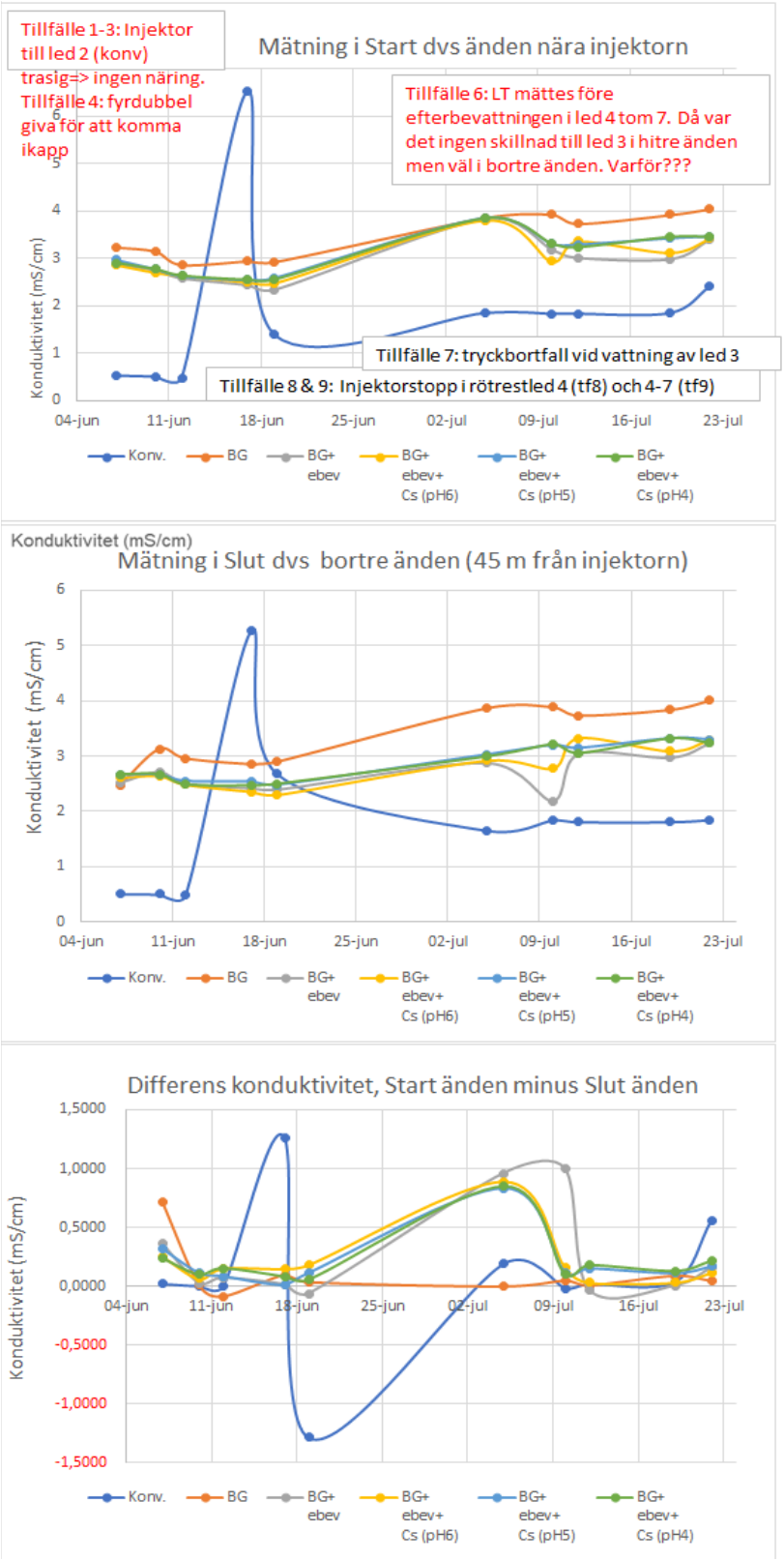
Det faktum att den torra biomassan i vårkorn i Beh 2 inte går att skilja från ogödslad (Beh 1) förklaras sannolikt av att tillförd mängden kväve i Beh. 2 var lägre än till Beh. 3 tom 7 (Tabell 6).

Biomassan i behandlingar med injicering av biogödsel blev inte högre än den med injicering med konventionella gödselmedel trots att tillförseln enligt inställningarna skulle ge dubbel N-tillförsel. I verkligheten blev skillnaden dock inte större än faktor 1,3-1,5, dvs 30-50 % mer utvattnat N (baserat på mättillfälle 10). Att biomassaskörden i biogödselbehandlingarna, trots högre N-tillförsel, inte var högre än i Beh 2 kan bero på att N-nivån var överoptimal. En annan förklaring kan vara att ammoniumkvävet från droppbevattningen gick förlorat som NH_3 när det kommit ut på markytan. En lösning skulle i så fall kunna vara att droppslangarna grävdes ner eller att, där så är möjligt, droppslangarna placeras under någon form av marktäckning.

Tabell 7. Biomassa i vårkorn före bortförsel (19 juni). Klippning 1 juli, dvs. 12 dagar efter bevattning vid Tillfälle 5. Värden inom samma kolumn som följs av olika bokstäver är signifikant skilda på 5 %-nivån enligt Tukey's test

Behandling*	Färskvikt, kg/ha		Torrvikt, kg/ha		TS-halt, %	
1. Vatten	12 578	B	3 611	B	28,8	A
2. Konv. salter	17 474	A	4 143	AB	23,7	B
3. BG	19 355	A	4 674	A	24,2	B
4. BG + e.bev.	19 239	A	4 635	A	24,1	B
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	18 885	A	4 509	A	24,0	B
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	19 391	A	4 611	A	23,8	B
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	19 093	A	4 689	A	24,5	B
P	0,000		0,005		0,000	
R2, %	89		77		87	
SEM	659		168		1	
CV, %	6		7		4	

* Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 1, Material och Metoder.



Figur 6. Översikt över fältmätt konduktivitet i utvattnad vätskemängd vid samtliga mättillfällen

Tabell 8. Biomassa i rajgräs 14 augusti, dvs. 23 dagar efter bevattning 10. Värden inom samma kolumn som följs av olika bokstäver är signifikant skilda på 5 %-nivån enligt Tukey's test

Behandling*	Färskvikt, kg/ha		Torrvikt, kg/ha		TS-halt, %	
1. Vatten	7 946	B	2 197	B	27,8	A
2. Konv. salter	18 352	A	4 260	A	23,2	B
3. BG	18 518	A	3 989	A	21,7	B
4. BG + e.bev.	16 423	A	3 730	A	22,7	B
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	17 998	A	3 794	A	21,1	B
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	17 360	A	3 769	A	21,7	B
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	18 010	A	3 945	A	21,9	B
p	0,000		0		0	
R2, %	89		91		88	
SEM	979		158		1	
CV, %	10		7		4	

* Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 1, Material och Metoder.

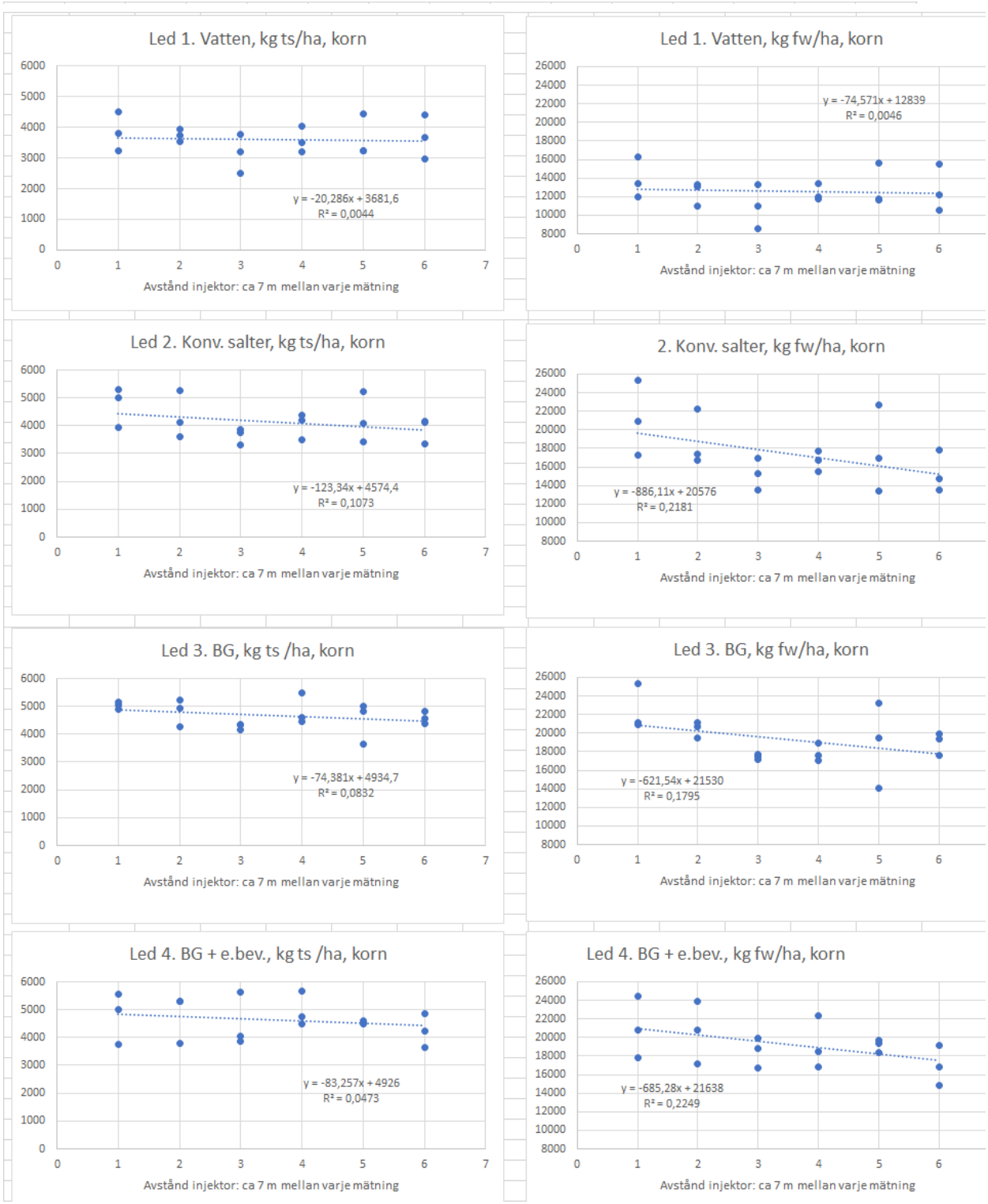
Tabell 9. Summa klippning korn (1/7) och rajgräs (14/8). Värden inom samma kolumn som följs av olika bokstäver är signifikant skilda på 5 %-nivån enligt Tukey's test

Behandling*	Färskvikt, kg/ha		Torrvikt, kg/ha		TS-halt, %	
1. Vatten	20 524	B	5 808	B	28,4	A
2. Konv. salter	35 827	A	8 403	A	23,5	B
3. BG	37 872	A	8 664	A	23,0	B
4. BG + e.bev.	35 662	A	8 365	A	23,5	B
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	36 884	A	8 303	A	22,6	B
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	36 751	A	8 380	A	22,8	B
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	37 103	A	8 634	A	23,3	B
p	0,000		0,000		0,000	
R2, %	90		89		92	
SEM	1 483		267		0	
CV, %	7		6		3	

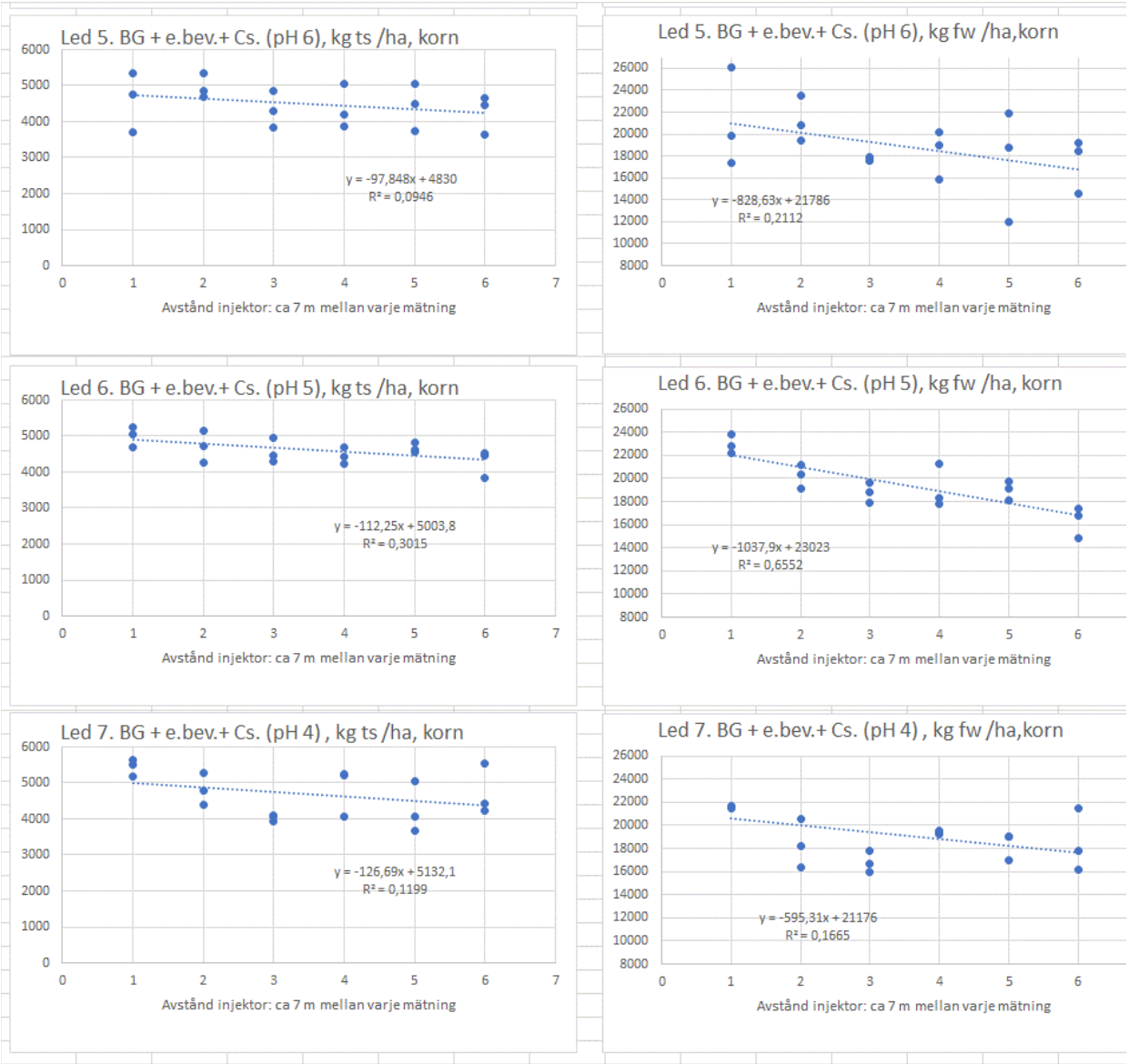
* Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 1, Material och Metoder.

Figur 7a och 7b visar svagt minskande färskvikter med avstånd från start i behandling 2 t o m 7 – men inte tydligare eller brantare i biogödselbehandlingarna jämfört med den konventionella behandlingen. R_2-värdena är dock inte högre än 0,18-0,22 med undantag för i Beh. 6 där R_2 är 0,66. Det är svårt att hitta en förklaring till varför just Beh. 6 skulle ha en kraftigare gradient. Baserat på torr biomassa har dock ingen behandling någon gradient i biomassa med högre R_2-värde än 0,3 varför gradienten så länge vi pratar om avstånd på 40 meter får betraktas som försumbar ur ett praktiskt perspektiv.

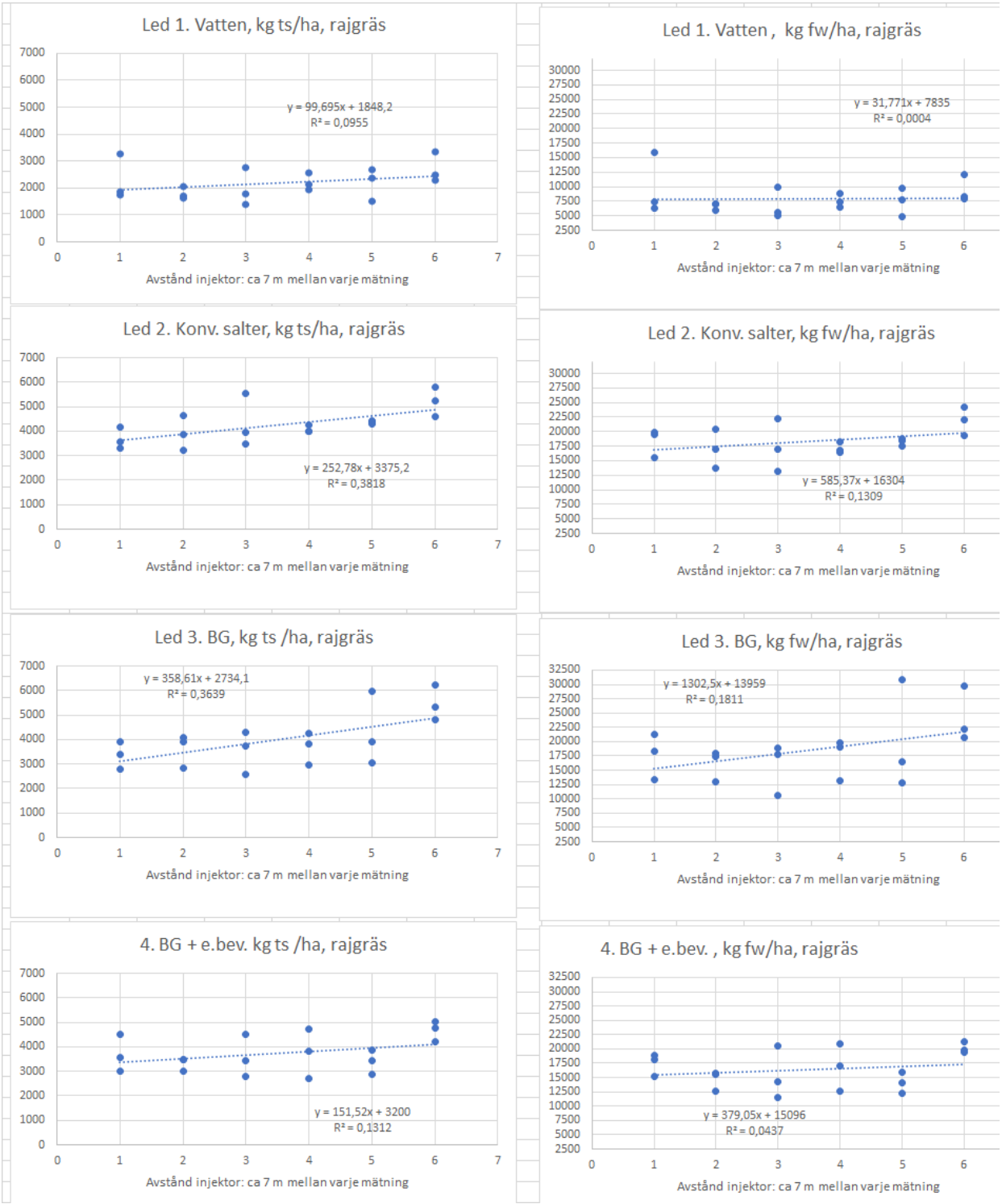
Intressant är att rajgräset uppvisar motsatt gradient än kornet: den högre biomassatillväxten (främst för torrvikt) har skett i slutet av rutorna i Beh. 2 och 3. Det förekommer dock inga R_2-värden över 0,4.



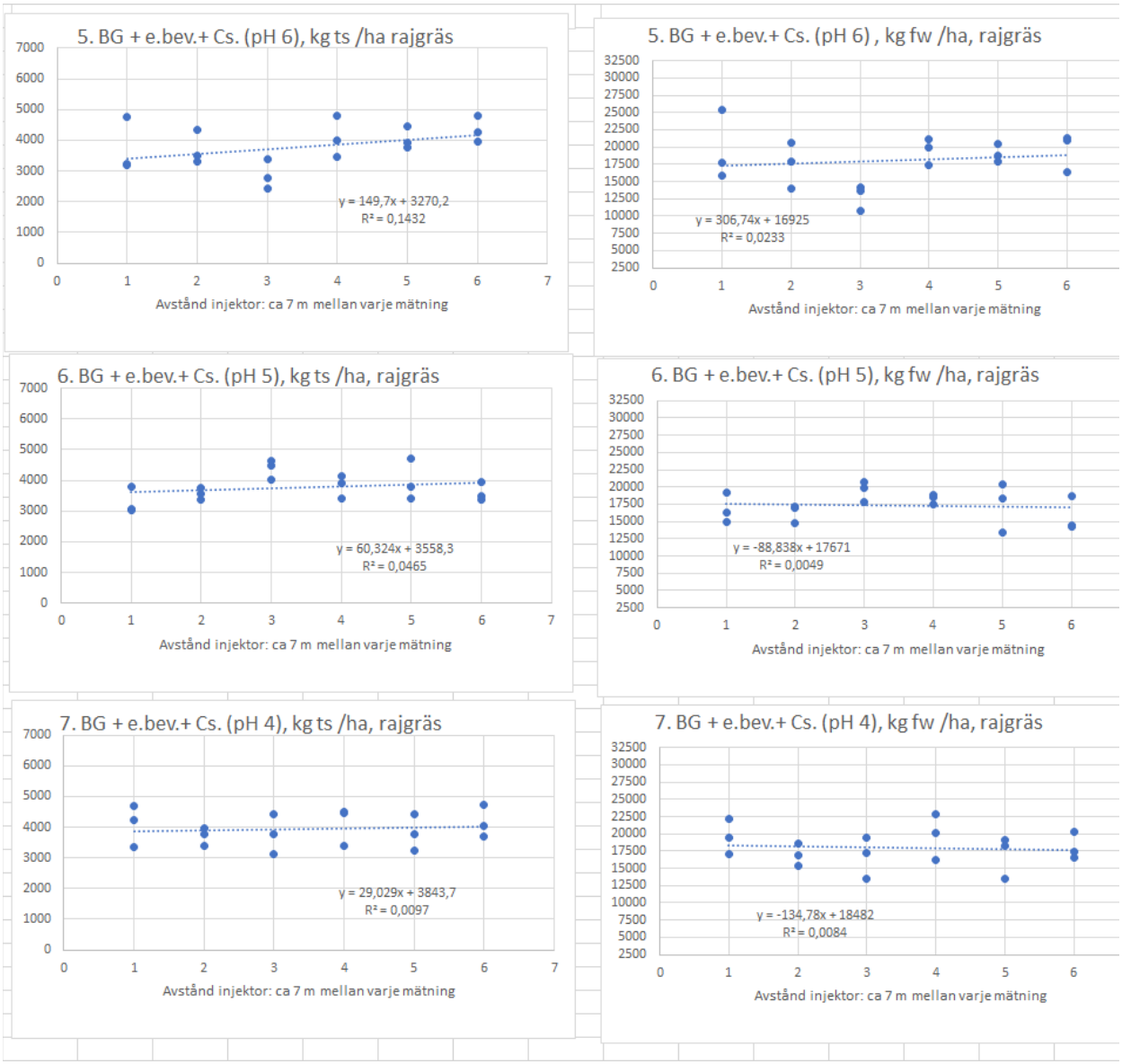
Figur 7a. Biomassa av vårkorn (torr (kg ts/ha) och färskvikt (kg fw/ha) i led 1 t o m 4 som funktion av avståndet till början av droppslangarna



Figur 7b. Biomassa av vårkorn (torr och före torkning) i led 5 t o m 7 som funktion av avståndet till början av droppslangarna.



Figur 8a. Biomassa av rajgräs (torr och före torkning) i led 1 t o m 4 som funktion av avståndet till början av droppslangarna.



Figur 8b. Biomassa av rajgräs (torr och före torkning) i led 5 t o m 7 som funktion av avståndet till början av droppslangarna.

pH-mätningar på utdroppad vätska

Vid bevattningstillfälle 9 och 10 kontrollerades bevattningsvattnets pH-värde (Tabell 10). Mätningarna visade tydliga skillnader i pH-värde mellan de tre behandlingar som var pH-reglerade med citronsyra, vilket var väntat. Vid tolkning av pH-mätningen ska det tas i beaktande att mätningarna utfördes på prover som var en kombination av det utvattnade gödselvattnet där pH inte reglerades och efterbevattningsvattnet som var pH-reglerat. Hade mätningarna utförts endast i det pH-reglerade efterbevattningsvatten där citronsyran var tillsatt hade pH-värdena förstås varit lägre. (Sådana mätningar har gjorts och de hamnade på de som finns i försöksplanen, dvs. pH 6, 5 respektive 4 i Beh 5, 6 och 7.) Trots den pH-reglerande tillsatsen kom inte pH-värdet i Beh. 5, 6 och 7, med citronsyra, ner i samma nivå

som pH-värdet i rent vatten eller i den konventionella behandlingen. Detta förklaras av det initialt höga pH-värdet i biogödseln. Biogödseln uppvisade dessutom kraftigt buffrande egenskaper vid förstudien i labb som gjordes för att finna den adekvata mängden citronsyra för att nå de olika pH-sänkningarna.

Tabell 10. pH-mätning i fält gjord vid tillfälle 9 och 10. Värden inom samma kolumn som följs av olika bokstäver är signifikant skilda på 5 %-nivån enligt Tukey's test

Behandling*	Tillfälle 9		Tillfälle 10	
1. Vatten	7,8	D	7,8	E
2. Konv. salter	7,2	E	7,3	F
3. BG	8,2	A	8,3	A
4. BG + e.bev.	8,2	A	8,2	B
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	8,2	A	8,2	B
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	8,1	B	8,1	C
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	8,0	C	7,9	D
P	0,000		0,000	
R2, %	100		100	
SEM	0		0	
CV, %	0		0	

* Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 1, Material och Metoder.

Sammanfattning av resultaten – del 1

Resultaten styrker delar av hypotesen 1 om att vätskeflöde blir sämre genom droppslangarna med injicerad biogödsel jämfört med konventionella gödningsmedel. Resultaten tyder dock på en viss positiv effekt av efterbevattning medan citronsyra i efterbevattningen inte haft någon positiv effekt på vätskeflödet.

Resultaten visar att hypotes 2 måste förkastas, dvs skillnad mellan vätskemängd i Start och Slut av slangarna minskar inte vid någon av åtgärderna efterbevattning med rent vatten eller med vatten med citronsyratillsats. Däremot kunde vi konstatera att det droppade ut mindre vätska i slutet av droppslangarna än i början oavsett vilket gödselmedel som injicerats och även med rent vatten.

Total näringsgödsling i behandlingar med biogödsel påverkas inte av åtgärder i form av efterbevattning eller citronsyratillsats.

Konduktiviteten påverkades på förväntat sätt av den spädning som efterbevattningen innebär.

Det fanns viss gradient för biomassan i grödan kopplat till avståndet till början av droppslangarna, dvs avståndet till injiceringen, men påverkan var i viss mån motsatt i korn och i rajgräs. Det var dessutom låga R_2-värden och inget som entydigt pekade ut injicering av biogödseln som mer problematisk än injicering av konventionella gödselmedel.

Biomassan i behandlingar med injicering av biogödsel blev inte högre än med injicering med konventionella gödselmedel trots att kvävetillförseln enligt mätningar var 30-50 % högre i biogödselbehandlingarna. Orsaken behöver utredas närmare. Vår studie var inte designad för den frågeställningen.

Slutsatser del 1

Slutsatsen av detta delprojekt är att det är nödvändigt att, genom att smörja med silikon, underhålla injektorn, betydligt oftare än vad som rekommenderas för injektorer för konventionella gödselmedel. Om man gör det fungerar biogödsel, av den kvalitet vi använt, för injicering. Man behöver dock göra en egen kalibrering för att veta hur mycket vatten som kommer ut från varje droppställe och även basera kalibreringen på analys av näringshalten i utdroppad vätska. Man bör även överväga om det finns möjlighet att minska risken för NH_3-förluster, men här behövs mer kunskap. Den utdroppade vätskemängden blir lägre vid injicering av biogödsel än vid injicering av konventionella gödselmedel för droppbevattning. Vi har dock visat att även injicering av konventionella gödselmedel ger mindre utdroppad vätskemängd än vad man teoretisk kan beräkna baserat på droppbevattningsteknikföretagets uppgifter om mängd vatten per tidsenhet och droppställe.

Rapport för del 2

Material och metod del 2

Behandlingar

För att kunna utvärdera biogödselns egenskaper i och påverkan på droppbevattningssystem samt effektivitet som gödselmedel jämfördes behandlingar enligt Tabell 11 i ett fältförsök med tre block.

Tabell 11. Behandlingsöversikt del 2. Efterbevattning med rent bevattningsvatten i samtliga led. N-tillförsel vid varje tillfälle var beräknad att vara lika i alla led med biogödsel (Led 2 t o m 6) om enbart NH_4-N i biogödseln beaktades. Kursiv text inom parentes är den som anges i resultattabellerna

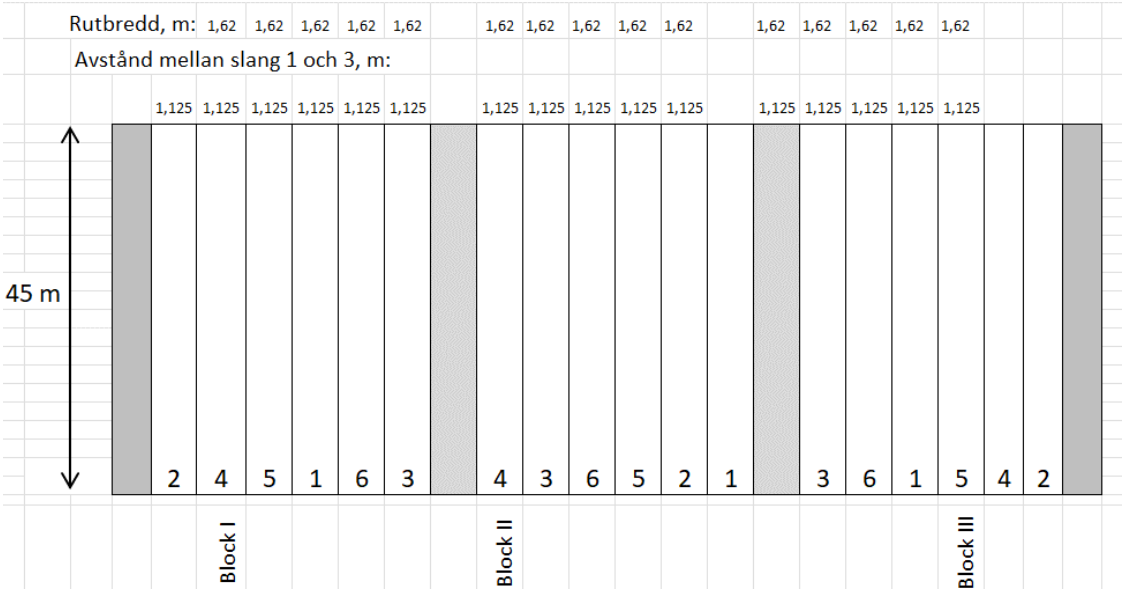
Led	Beskrivning*
1.	Bevattningsvatten med tillsats av konventionella gödselmedel; Kristallon purple + HNO_3. *(Konv göd.)*
2.	Bevattningsvatten med 5 % biogödsel injicerat i droppvätskan. *(Biog. 5 % inj.)*
3.	Bevattningsvatten med 10 % biogödsel injicerat i droppvätskan. *(Biog. 10 % inj.)*
4.	Bevattningsvatten med 5 % tillsats av biogödsel med efterbevattning. Slangarna ytligt nergrävda för att minska N-förluster via NH_3. *(Biog. 5 % inj. Myllad)*
5.	Som Led 2 men med droppknappar** och CNL***. *(Biog. 5 %; knapp & CNL)*
6.	Som Led 5 men med 10 % biogödsel injicerat i droppvätskan. *(Biog. 10 %; knapp & CNL)*

* Totalt 5 bevattningar i alla led => totalt 50 kg N utvattnat i alla biogasled om alla droppställen fungerade som de skulle, dvs 5 kg N/ha och gång. Utvattnad mängd med injicering motsvarade 5,33 mm nederbörd per tillfälle i led 1, 2, 4 och 5 och halva mängden i led 3 och 6. Därtill kommer efterbevattning motsvarande 1,07 mm. Summa: Total utvattnad mängd motsvarade 32 mm i led 1, 2, 4 och 5 och 18,7 mm i led 3 och 6. *OBS! Avsikten var att även led 1 skulle fått samma N-giva men av mätprogrammet (Tabell 13) framgick att led 1 måste blivit felgödslat sannolikt pga. en för hög koncentration av stamlösningen (alltså inte relaterat till tekniken utan den mänskliga faktorn) och därför har detta led fått högre tillförsel än de avsedda 50 kg N/ha*.
** Droppknappar kombineras oftast med droppinnar och används till kulturer på lite ojämnt plantavstånd, t ex hallon, frukt eller växthustomater. Med avseende på risk för igensättning är droppknappen den svaga punkten, varför vi valde att bara använda droppknappar utan att montera på droppinnar. Droppknapparna gav 1,3 L vatten per minut medan droppställena på övriga slangar gav 1 L vatten per minut. För att få samma mängd vatten och injicerad biogödsel i led 5 som i led 1, 2 och 4 anpassades tiden för bevattning med injicerad rötrest till 23 i stället för 30 minuter och efterbevattningstiden minskades från 6 till 5 minuter. I led 6 anpassades vattningen på motsvarande sätt så att utvattnad mängd vatten i led 6 och 3 var lika.
*** CNL står för Compensated Non Leachage. När CNL används förhindras efterdropp - slangarna hålls vattenfyllda även mellan vattningarna.

Foto är taget av Anita Gunnarsson den 23/8 2019 direkt efter myllning av slangarna i led 4.

Försöksfält, nederbörd, markfuktsmätning samt etablering och skötsel

Försöket placerades på samma fält som fältförsök 1 (jordart mm beskrivs i del 1 av denna rapport) men vid sidan om detta, dvs ca 800 m norr om Helgegårdens brukningscentrum (Koordinater N 56°02'; E: 14°07'). Rutstorlek samt rutornas inbördes placering framgår av Figur 9.



Figur 9. Försöksöksöversikt och rutstorlek samt de olika behandlingarna fördelades slumpvis i 3 block.

Tre droppslangar för näringsbevattning placerades i varje försöksruta. Avståndet mellan varje droppslang var 37,5 cm. Droppslangarnas placering i raderna framgår av Figur 4 och av fotot på rapportens framsida. Angående montering och styrning av droppbevattningen – se beskrivning i delprojekt 1. Liksom i delprojekt 1 placerades markfuktsmätare (Figur 2) ut i två av försöksrutorna - en ruta i vardera änden av försöket.

Under försökets genomförandeperiod kom totalt 71 mm regn med följande fördelning: fram till 25/8 (12 mm), 25/8-2/9 (9 mm), 2-9/9 (12 mm), 9-11/9 (16 mm), 11-23/9 (9 mm) och 23-3/10 (13 mm).

Biogödsel

Den biogödsel som användes var från samma parti som den i delprojekt 1.

Genomförande av droppbevattningstest

Totalt gjordes 5 näringsbevattningar: den 28 augusti samt 2, 4, 11 och 23 september. Mätning av utvattnad mängd vätska samt ledningstalsmätning gjordes i anslutning till samtliga fem tillfällen men mätdata från tillfälle 1 försvann tyvärr i molnet.

För beskrivning av hur uppföljningen gjordes: se del 1.

Insamling av grönmassaprover

Biomassamätning i rajgräs gjordes den 4 oktober dvs 11 dagar efter sista näringsbevattningen. Provtagningen i rajgräset följde samma rutin som i del dvs 6 klippningar per parcell fördelade i parcellernas längdriktning.

Bevattningsteknik

Samma styrenhet och bevattningsutrustning i övrigt användes som i delprojekt 1 med undantag för att alla droppslangar byttes ut mot nya i alla led samt att slangar med droppknappar och CNL användes i led 5 och 6 (Tabell 11). Intensiteten för slangar utan droppknapp och CNL var 1 L/timme och för slangar med droppknapp och CNL 1,3 L/timme. Avstånd mellan slangarna var 37,5 cm och avståndet mellan droppställena var 25 cm.

I leden med 10 % injicering (Led 3 och 6) vattnades näringen ut på halva tiden medan efterbevattningen var lika i alla led; 6 min efterbevattning på samma sätt i delprojekt 1 men för att få samma volym i led 5 och 6 sänktes tiden för efterbevattning där till 5 minuter. Tiden för näringsbevattning var 30 minuter i led 1, 2 och 4, 15 minuter i led 3, 23 minuter i led 5 och 12,5 minuter i led 6. Se även fotnoterna under tabell 1.

Mätningar bevattning

Samma princip för mätning av utdroppad volym samt ledningstalsmätning i fält tillämpades som i delprojekt 1 med undantag för att pH inte mättes. Vid tillfälle 5 togs även ett samlingsprov ut från Start respektive Slut från varje parcell och analyserades på samtliga växtnäringsämnen vid Eurofins laboratorium inklusive pH.

Statistik och annan dataanalysmetod

Samma som i del 1 plus att för biomassa i rajgräset relaterat till avståndet från parcellkanten dvs från injektorn, användes Pearson's P-värde för korrelation för att bedöma om korrelationen var signifikant.

Foto är taget av Anita Gunnarsson den 3/10 2019 dagen före biomassaklippning. Den mörkare parcellen i mitteln är led 1, block 3 med led 6, 5 i block 3 och åter led 1 i block 2 i riktning åt vänster och led 5, block 3 i riktning åt höger. Flaggan markerar var markfuktsmätaren står. Biden visar det som framgår av resultaten dvs att rajgräset växte bättre i led 1, vilket förklaras av att det ledet av misstag fått högre N-tillförsel än biogödselleden. Det vita är baldersbrå som ogräs.

Resultat och diskussion - del 2

Utvattnad vattenvolym

Volymen i samtliga resultattabeller kopplade till delrapport 2 är omräknad från cl per droppställe till mm baserat på att 1 L/m^2 utvattnad mängd motsvarar 1 mm nederbörd.

Volym vätska vid Start än vid Slut samt differens visas att (Tabell 12). Summering av utvattnad mängd vatten under försöksperioden visar att det sammanlagt, under fyra bevattningstillfällen, vattnades ut 0,8-5 mm mindre i slutet av slangarna än i början med det var inte någon statistiskt signifikant skillnad i differens mellan behandlingarna. I led 3 och 6 vattnades mindre mängd ut än i övriga led, både vid hitre och bortre droppstället, men skillnaden motsvarade ungefär skillnaden i bevattningstid (omräknad mängd inom parentes i Tabell 12). I led 4 (Biog. 5 %; Myllad) vattnades mindre mängd ut än i led 1 och 5 (Konv. göd. respektive Biog. 5 %; knapp & CNS) med konventionella gödselsalter medan led 2 (Biog 5%) intog en mellanställning.

<u>Utvattnad vätskemängd vid enskilda tillfällen</u>

Differensen mellan start och slut påverkades inte signifikant av behandlingarna vid något enskilt mättillfälle (Figur 10c samt för mer specificerad data Bilaga 3 Tabell C).

Vid mättillfälle 1 och 2[1] var utvattnad mängd vätska lägre i Led 3 och 6 än i de andra 4 leden vid hitre mätpunkten (Figur 10 a) medan även Led 2 och 4 hade lägre mängd vätska än led 1 i bortre mätpunkten (Figur 10 b).

Vid mättillfälle 3 hade Led 3, 4 och 6 lägre mängd utvattnad vätska än led 1 vid hitre mätpunkten medan det vid bortre mätpunkten bara var Led 3 och 6 som hade lägre mängd.

Vid tillfälle 4 vara utvattnad mängd störst i Led 5 med droppknapp och full bevattningstid, både vid hitre och bortre mätpunkten. Led 3 med 10 % injicering men utan droppknapp hade lägst mängd utvattnad vätska vid tillfälle 4 vid båda mätpunkterna

<u>Svar på hypotes 1 tom 4</u>

Hypotes 1[2] kan förkastas. När slangarna var placerad på samma sätt dvs ovan jord fanns ingen skillnad i utdroppad mängd dvs mängden var lika i led 1, 2 och 3 (Tabell 12, Figur 10 och Bilaga 3, Tabell C). Däremot var utdroppad vätskemängd större i led 1 än i led 4 men den

---

[1] Mättillfälle 1 motsvaras av vattning 2 och tillfälle 2 av vattning 3 osv. eftersom mätdata saknas från vattning 1.

[2] Hypotes 1: Mer vätska kommer att droppas ut i led konventionella salter (Led 1) än med injicerad biogödsel.

skillnaden beror ju inte enbart på vad som injicerats utan även på att slangarna var nergrävda i led 4 jämfört lagda ovan jord i de andra leden. Att led 3 och 6 hade lägre vätskemängd än led 1 kan vi bortse från för slutsatser kring hypotes 1, eftersom dropptiden i dessa led sänkts så att N-givan i leden med 5 % och 10 % injicering skulle vara lika.

Hypotes 2[3] kan förkastas om man enbart tittar på medeltal för alla mättillfällena. Vid mättillfälle 3, hitre mätstället, gav dock led 4 med nergrävda slangar, mindre mängd utdoppat vatten än led 2 med samma injiceringsgrad av biogödsel. Ett observandum måste göras för att led 4 (Biog. 5%; Myllad) både i medeltal för mättillfälle 1-4 och vid några enskilda mättillfälle gav signifikant lägre mängd vatten än led 1, samtidigt som led 1 och 2 inte skildes signifikant. Slutsatsen blir därför att man behöver titta vidare på risken för igensättning vid nedgrävning av slangar.

Hypotes 3[4] kan förkastas. När omräkning gjordes för kortare bevattningstid i led 3 och 6 fanns ingen skillnad i utdroppad mängd mellan led 2 och 3 eller mellan led 5 och 6 (Tabell 12).

Även hypotes 4[5] kan förkastas. I medeltal för de fyra mättillfällena fanns ingen skillnad led som bara skilde sig med avseende på droppknappar dvs. mellan led 2 och 5, eller mellan led 3 och 6. Vid sista mättillfället var tvärtom mängden vätska högre i led 5 och 6 med droppknappar än i led 2 och 3 utan.

---

[3] Hypotes 2: Mer vätska kommer att injiceras ut där slangarna ligger ovan jord än under (dvs mer i led 2 än i led 4) och differensen för mängden vätska som injiceras ut i bortre ändan jämfört med hitre är mindre om slangarna ligger ovan jord (led 2) än under (led 4)

[4] Hypotes 3: Per tidsenhet kommer mer mängd vätska att droppas ut i led 2 och 5, med 5 % injicering av biogödsel, än i led 3 respektive 6 med 10 % injicering.

[5] Hypotes 4: Droppknappar ger lägre mängd utvattnad vätska pga. större känslighet för igentäppning med biogödsel, än led med motsvarande mängd injicerad gödsel och med slangar med vanliga droppställen; alltså lägre mängd vätska i led 5 än led 2 och lägre i led 6 än i led 4

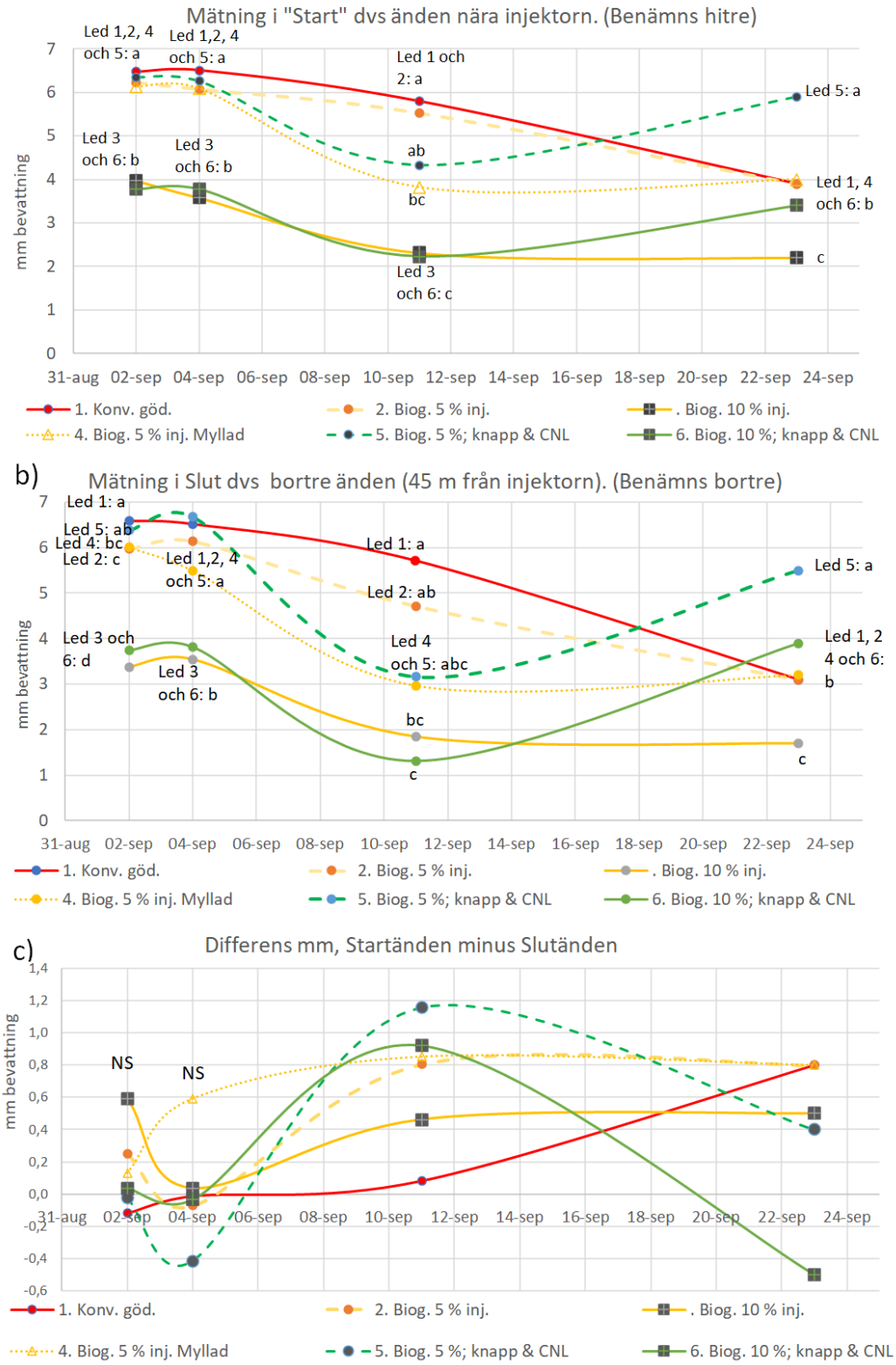
Tabell 12. Utvattnad mängd i mm* summerat för mättillfälle 1 t.o.m. 4 (2–23 september**). Start = mätning vid droppstället närmast stamledningen; Slut = mätning 45 m från start. Värden inom parentes för led 3 och 6 är omräknade mängder förutsatt att tiden varit lika som i de andra leden. Värden inom samma kolumn som följs av olika bokstäver är signifikant skilda på 5 %-nivån enligt Tukey's test.

Behandling***	Led	Start		Slut		Differens	
Konv. göd.	1	22,66	A	21,89	A	0,77	A
Biog. 5 % inj.	2	21,72	A B	19,97	A B	3,96	A
Biog. 10 % inj.	3	12,07 (20,67)	C(ab)	10,44 (19,97)	C (a)	5,03 (2,78)	A(a)
Biog. 5 % inj. Myllad	4	20,09	B	17,71	B	4,21	A
Biog. 5 %; knapp & CNL	5	22,89	A	21,75	A	4,06	A
Biog. 10 %; knapp & CNL	6	13,16 (22,54)	C(ab)	12,79 (21,92)	C (a)	1,45 (0,63)	A (a)
p-värde, behandling		0,000		0,000		0,905	
R^2, %		99		95		11	
LSD		2,033		4,041		13,32	
SEM		0,41		0,82		2,73	
CV, %		4		8		126	

*) Omräkning från mätenheten cl per droppställe görs med ledning av att 1 L/m^2 motsvarar en mm nederbörd och varje droppställe representerar 0,25 x 0,375 m^2 där 0,25 = avståndet i m mellan droppställena på slangarna och 0,375 motsvarar avståndet i m mellan slangarna.

**) Mättillfälle 1 motsvaras av vattning 2 och tillfälle 2 av vattning 3 osv. eftersom mätdata saknas från vattning 1

***) Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 11, Material och Metoder – del 2.



Figur 10. Översikt utvattnad vätskemängd vid mättillfälle 1 t o m 4. Mättillfälle 1 motsvaras av vattning 2 och tillfälle 2 av vattning 3 osv. eftersom mätdata saknas från vattning 1. Där bokstäverna är olika för olika behandlingar, inom ett enskilt mättillfälle, är värdena signifikant skilda på 5 %-nivån och NS visar avsaknad av signifikans (statistically Non-Significant) enligt Tukey's test. För mer specificerad data från statistisk analys för varje enskilt tillfälle, se Bilaga 3 Tabell C.

Utvattnad kvävemängd

N-halten i utdroppad vätska vid mättillfälle 4 var som väntat lika i de tre leden med 5 % injicering av biogödsel (led 2, 4 och 5) och knappt dubbelt så hög i leden med 10 % injicering (Tabell 13). Skillnaden överensstämmer väl med att tiden för vattning med samtidig injicering var halverad för leden med 10 % injicering medan efterbevattningen gjordes under lika många minuter oavsett injiceringsgrad.

Kvävehalten var ungefär dubbelt så hög i led 1 som i led 2, 4 och 5 (Tabell 13) trots att avsikten var att halten i led 1 skulle vara lika som i 2, 4 och 5. Andelen NH_4-N i led 1 var 37 % (data ej i tabellen) vilket överensstämde väl med andelen NH_4-N vid tillfälle 10 i delprojekt 1. Andelen utifrån blandningen av Kristallon Blue och salpetersyra skulle motsvara 31 % NH_4-N. Skillnaden kan vara att betrakta som inom en rimlig felmarginal. Att halten N i den utvattnade vätskan i led 1 var så hög tyder på en felblandning av försöksavdelningen – sannolikt har mängden näring blandats i hälften så mycket vatten som den skulle, och alltså gett ca dubbel N-tillförsel jämfört med avsikten. Det skedde ett injektorbyte mellan delprojekt 1 och 2 för injiceringen av vätskan med konventionella salter, vilket kan ha orsakat ett tankefel hos den som blandade. Någon annan rimlig förklaring finns inte. Lyckligtvis påverkar felet inte prövningen av uppsatta hypoteser.

Den totala N-tillförseln var högre i de båda leden med droppknapp och CNL (led 5 och 6) än i övriga biogödselled men lägre än tillförseln i led 1. Det fanns inga skillnader i den totala N-gödslingen mellan de tre biogödselleden med vanliga droppställen (led 2, 3 och 4).

<u>Svar på hypotes 5 och 6</u>

Hypotes 5[6] kunde styrkas, dvs. N-halten var som väntat högre i leden med 10 % injicering av biogödsel än de med 5 % men skilde sig inte inom samma injiceringsnivåer.

Hypotesen 6[7] måste däremot förkastas eftersom samma N-mängd kom ut oberoende av om 5 eller 10 % injicerats. Förklaringen är att hypotes 6 bygger på att hypotes 3 gäller, och hypotes 3 har förkastats, enligt ovan.

Överraskande var att mer kväve matades ut i led 5 och 6 än i övriga led med biogödselinjicering. Detta kan förstås om man beaktar att en större mängd utmatad vätska uppmättes i led 5 och 6 vid det mättillfälle då analyserna för N-bestämning togs ut.

---

[6] Hypotes 5: Kvävehalten i leden med 10 % injicering av biogödsel är högre än i de med 5 % injicering, dvs. högre i led 3 och 6 än i led 2 och 5, men skiljer sig inte inom injiceringsnivå.

[7] Kvävemängden som droppas ut är lägre led med 10 % inblandning än 5 % pga den, enligt hypotes 3, förväntade lägre vätskemängden där 10 % injiceras.

Tabell 13. N-halt (mg/liter) vid mättillfälle 4* enligt Eurofins-analyser samt summering i kg N/ha baserat på utvattnad volym i respektive parcell. Start = mätning vid droppstället närmast stamledningen; Slut = mätning 45 m från start. Värden inom samma kolumn som följs av olika bokstäver är signifikant skilda på 5 %-nivån enligt Tukey's test.

		mg NH_4-& NO_3-N/L***				kg NH_4--& NO_3-N/ha			
Behandling**	Led	Start	Slut	Diff	Medel	Start	Slut	Diff	Medel
Konv. göd.	1	327 a	317 a	10 a	322 a	12,7 a	9,7 a	3,0 a	11,2 a
Biog. 5 % inj.	2	180 c	150 c	30 a	165 c	7,0 c	4,7 c	2,3 a	5,9 c
Biog. 10 % inj.	3	277 b	233 b	43 a	255 b	6,1 c	3,9 c	2,2 a	5,0 c
Biog. 5 % inj. myllad	4	180 c	163 c	17 a	172 c	7,3 bc	5,3 bc	2,0 a	6,3 c
Biog. 5 %; knapp & CNL	5	170 c	147 c	23 a	158 c	10,1 ab	8,2 ab	2,0 a	9,1 b
Biog. 10 %; knapp & CNL	6	263 b	237 b	27 a	250 b	8,8 bc	9,3 a	-0,5 a	9,1 b
p-värde, behandling		0,000	0,000	0,659	0,000	0,000	0,000		0,252
R^2, %		99	92	31	97	89	90	44	96
LSD		17	70	69	37	2,5	2,9	4,7	7,8
SEM		3	14	14	8	0,59	0,59	0,967	0,34
CV, %		3	2	94	6	12	11	91	7

* Mättillfälle 1 motsvaras av vattning 2 och tillfälle 2 av vattning 3 osv. eftersom mätdata saknas från vattning 1.

** Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 11, Material och Metoder – del 2.

***) Av kvävet i led 1 var 123 mg/L NH_4-N i Start och 113 mg/L i Slut-mätstället. Resten var NO_3-N. Ammoniumdelen motsvarar 37 % av totala kväveinnehållet. Andelen utifrån blandningen Kristallon Blue och salpetersyra motsvarar 31 % NH_4-N och skillnaden kan bedömas vara inom felmarginalen. Andelen NH_4-N var samma som i led 2, med konventionella salter, i delprojekt 1. Den höga N-halten i led 1 är mer än vad som avsetts och kan bara förklaras av en felblandning av fältförsökspesonalen. Det förklarar varför gräset var grönare i led 1 och också varför biomassa vid slutklippningen var högre i led 1. I Led 2 t o m 6 med biogödsel uppmättes ingen NO_3-N, vilket överensstämde med förväntan.

Konduktivitet

I medeltal för samtliga konduktivitetsmätningar utförda under perioden var ledningstalet som väntat högre i Led 3 och 6, där injiceringsgraden var dubbel (egentligen x 1,71 eftersom efterbevattningen var lika) jämfört med led 2 och 5 (Tabell 14). Led 5, med droppknapp och CNL) hade högre konduktivitet än led 2 vilket är svårt att förklara. Möjligen är det en utspädningseffekt: det var ju icke-signifikant högre vattenmängd som droppades ut i Led 5 än i led 2.

Led A hade högre konduktivitet än behandlingarna med biogödsel, men det är ju två helt olika typer av gödselmedel. Det är ju väntat att salthalten, och därmed konduktivieten, är högre där gödningsämnena tillförts i ren saltform jämfört med i delvis organiskt bunden näring eller för N i ammoniakform. Vid analysen av de prover från sista bevattningen (tillfälle 5) som skickats till Eurofins för analys var konduktiviteten anmärkningsvärt nog inte högre i led 1 än i flertalet led med biogödsel – inte ens jämfört med de med 5 % injicering där ju vattenmängden var samma som i led 1. (Bilaga 2. Tabell E). Detta trots att kvävehalten (NH_4- + NO_3-N) var dubbelt så hög (Tabell 13). Undantaget var Led 5 där ledningstalet som förväntat var signifikant lägre än i Led 1.

Tabell 14. Konduktivitet mätt i fält, medeltal för mättillfälle 1 t.o.m. 4*, mS/cm. Start = mätning vid droppstället närmast stamledningen; Slut = mätning 45 m från start. Värden inom samma kolumn som följs av olika bokstäver är signifikant skilda på 5 %-nivån enligt Tukey's test.

Behandling **	Led	Start		Slut		Differens	
Konv. göd.	1	3,30	a	3,40	a	-0,10	a
Biog. 5 % inj.	2	1,90	c	1,90	c	0,00	a
Biog. 10 % inj.	3	2,90	b	2,70	b	0,20	a
Biog. 5 % inj. myllad	4	1,90	c	1,90	c	0,00	a
Biog. 5 %; knapp & CNL	5	1,80	d	1,70	c	0,10	a
Biog. 10 %; knapp & CNL	6	2,80	b	2,90	b	-0,10	a
p-värde, behandling		0,000		0,000		0,319	
R^2, %		100		98		52	
LSD		0,06		0,34		0,06	
SEM		0,01		0,07		0,07	

*exklusive konduktivitet i led 1 vid mättillfälle 3 som utgått pga tekniska problem. Mättillfälle 1 motsvaras av vattning 2 och tillfälle 2 av vattning 3 osv. eftersom mätdata saknas från vattning 1.
** Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 11, Material och Metoder – del 2.

<u>Konduktivitet i utvattnad vätska vid enskilda tillfällen</u>

I både den hitre och den bortre änden av parcellerna hade leden med 5 % injicerad biogödsel (Led 2, 4 och 5) med ett undantag lägre ledningstal än parcellerna med 10 % injicering (Led 3 och 6) (Figur 11 a och b). Detta var förväntade resultat. Endast vid mättillfälle 3 och bortre mätstället avvek mönstret genom att Led 3 med 10 % injicieringsgrad inte var skiljt från led 2 med 5 % injiceringsgrad.

Led 1, med konventionella salter, hade högre ledningstal än alla biogödselled vid mättillfälle 1 och 2. Vid tillfälle 4 hade Led 1 högre ledningstal än Led 2,4 och 5 vid hitre mätstället och högre än led 2 och 5 vid bortre mätstället. Fältmätning av ledningstal för led 1 mättillfälle 3 utgick pga. ett tekniskt fel som rättades till inför mätning av de övriga leden. Resultaten från fältanalys av ledningstal vid mättillfälle 4 skiljer sig något från de analyser som gjordes av Eurofins (Bilaga 2 Tabell E) men såväl nivåer som rangordning är i liknande.

Vid de fyra tillfällena där konduktivitet mättes ser man bara behandlingsskillnader i differensen mellan hitre och bortre mätstället vid tillfälle 3 (Figur 11 c). Vid det tillfället var ledningstalet i den hitre änden minus det i den bortre större i Led 3 och 5 än i Led 6. Alltså tycktes näringen inte följt med hela vägen till den bortre änden i led 5 med 5 % injicering som i led 6 med 10 % injicering (båda med droppknapp). Detta fenomen är svårt att förstå och med tanke på att det inte var någon skillnad i differens vid sista mättillfälle kan man misstänka någon tillfällig störning vid tillfälle 3. För mer data kring den statistiska analysen av ledningstalen vid varje enskilt tillfälle hänvisas till Bilaga 4 Tabell D och E.

Svar på hypotes 7

Hypotes 7[8] första del kan styrkas om man utgår från medeltal för mättillfälle 1-4; ledningstalet dvs konduktiviteten var högre där 10 % biogödsel injicerat än där 5 % injicerats (Tabell 14). Alltså verkar injicering med 10 % fungera väl. Det fanns dock avvikelser vid mättillfälle 3 i bortre mätpunkten där led 2 och 3 inte var statistiskt skilda, Vid tillfälle 4 var de dock återigen signifikant skilda med, som förväntat, högre ledningstal i led 3 än i led 2. Vid hitre mätstället (dvs vid Start) stämde däremot inte hypotesens andra del baserad på tanken att det inte skulle vara skillnader mellan led med samma injiceringsgrad: där uppmättes lägre ledningstal i led 5 än i led 2 (Tabell 14).

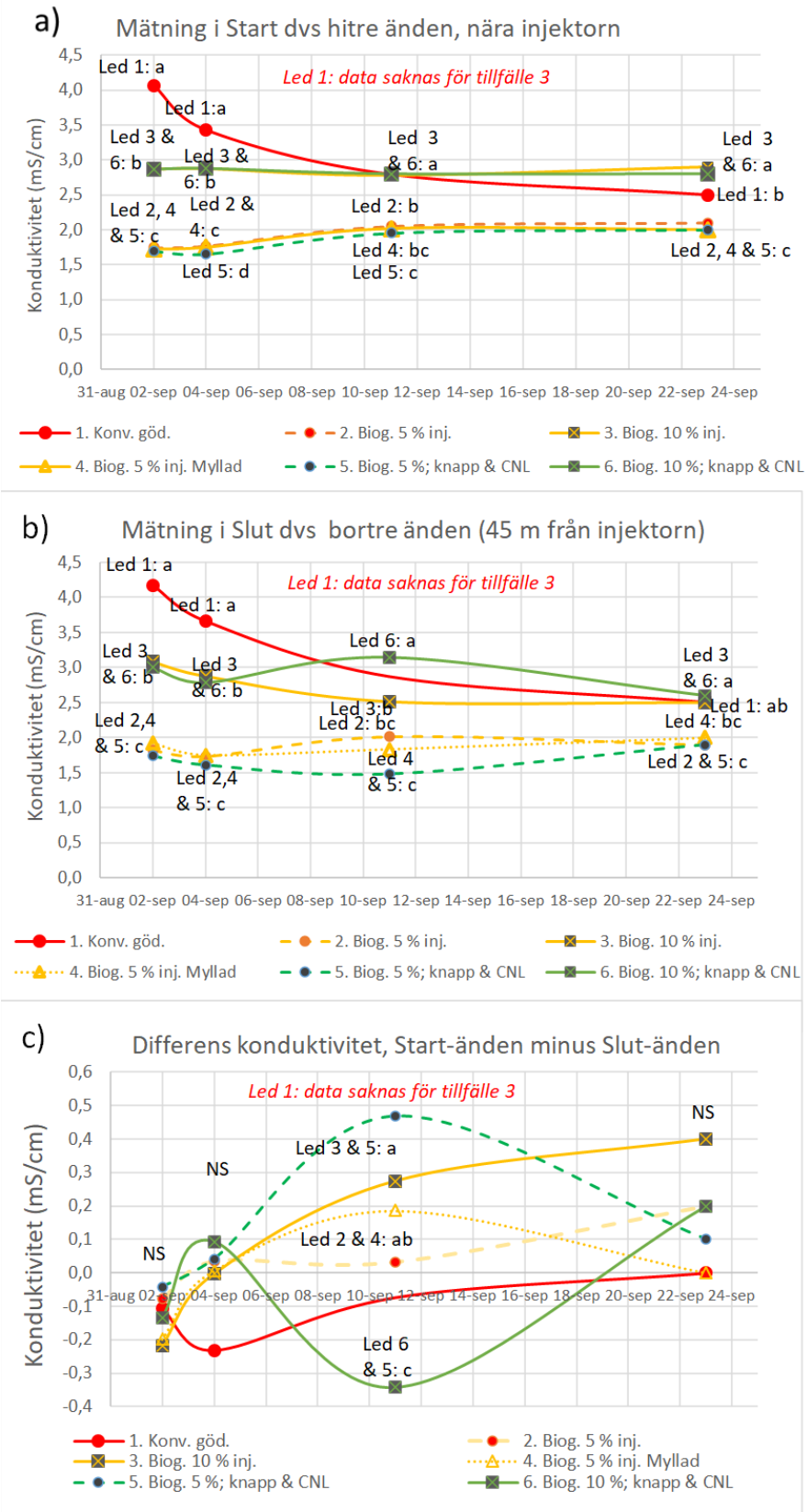
När man studerar de enskilda mättillfällena (Figur 11), ser man att vid mättillfälle 2, hitre mätpunkten, var det lägre konduktivitet i led 5 än i både led 2 och 4 och vid mättillfället 3 var det signifikant lägre i led 5 än i led 2. Även om dessa skillnader är statistiskt signifikanta är de små.

Differenserna i konduktivitet mellan Start och Slut vid mättillfälle 3 är svårtolkade och vid tillfälle 1, 2 och 4 fanns ingen behandlingsskillnad för differenserna, vilket det ju inte heller fanns baserat på medeltal för mättillfälle 1 t o m 4.

Slutsatsen blir att den förväntade skillnaden mellan 5 och 10 % injicering förelåg. Därtill finns ett litet observandum för att tekniken med droppknapp och CNL möjligen har fördelar

[8] Hypotes 7: Ledningstal, dvs konduktivitet, i leden med 10 % injicering av biogödsel är högre än i de mer 5 % injicering dvs högre i led 3 och 6 än i led 2 och 5, men skiljer sig inte inom injiceringsnivå

framför injicering till slangar med vanliga droppställen vilket även syntes i kvävemätningarna (se föregående avsnitt). Eventuella möjliga förklaringar till en sådan skillnad behöver utredas.



Figur 11. Översikt över fältmätt konduktivitet i utvattnade mängd vätska vid mättillfälle 1 t o m 4. Mättillfälle 1 motsvaras av vattning 2 och tillfälle 2 av vattning 3 osv. eftersom mätdata saknas från vattning 1. Där bokstäverna är olika för olika behandlingar, inom ett enskilt mättillfälle, är värdena signifikant skilda på 5 %-nivån och NS visar avsaknad av signifikans (statistically Non-Significant) enligt Tukey's test. För mer specificerad data från statistisk analys, se Tabell D i Bilaga 4.

Biomassa rajgräs

Det var inte någon skillnad i skörd (färskvikt) av biomassa mellan de fem behandlingarna med injicerad biogödsel medan skörden i Led 1 med konventionella gödningssalter var ca dubbelt så stor. Detta stämmer med den observation vi gjorde under säsongen, att gräset i led 1 var avsevärt grönare och frodigare (se foto taget dagen före skörd). När man ser resultatet av N-analyser och kg N/ha i utdroppad vätska vid bevattningstillfälle 5 (Tabell 14) är det uppenbart att förklaringen till den högre skörden ligger i skillnaden i kvävetillförsel.

I led 2 och 6 fanns en signifikant (enligt Pearson's correlation p-value) negativ korrelation mellan biomassa och avståndet till början av parcellerna, dvs. avståndet till injektorn (Figur 12). I led 3 fanns en tendens till negativ korrelation medan det i övriga led var samma skörd i början och slutet av parcellerna.

Svar på hypotes 8

Den första delen av hypotes 8[9] kan anses styrkt eftersom led 2 och led 6 hade en signifikant trend mot sjunkande biomassa ju längre från injektorn man provklippt medan led 1 inte hade någon sådan trend (Figur 12) . Å andra sidan hade inte heller led 3, 4 eller 5 någon sjunkande trend.

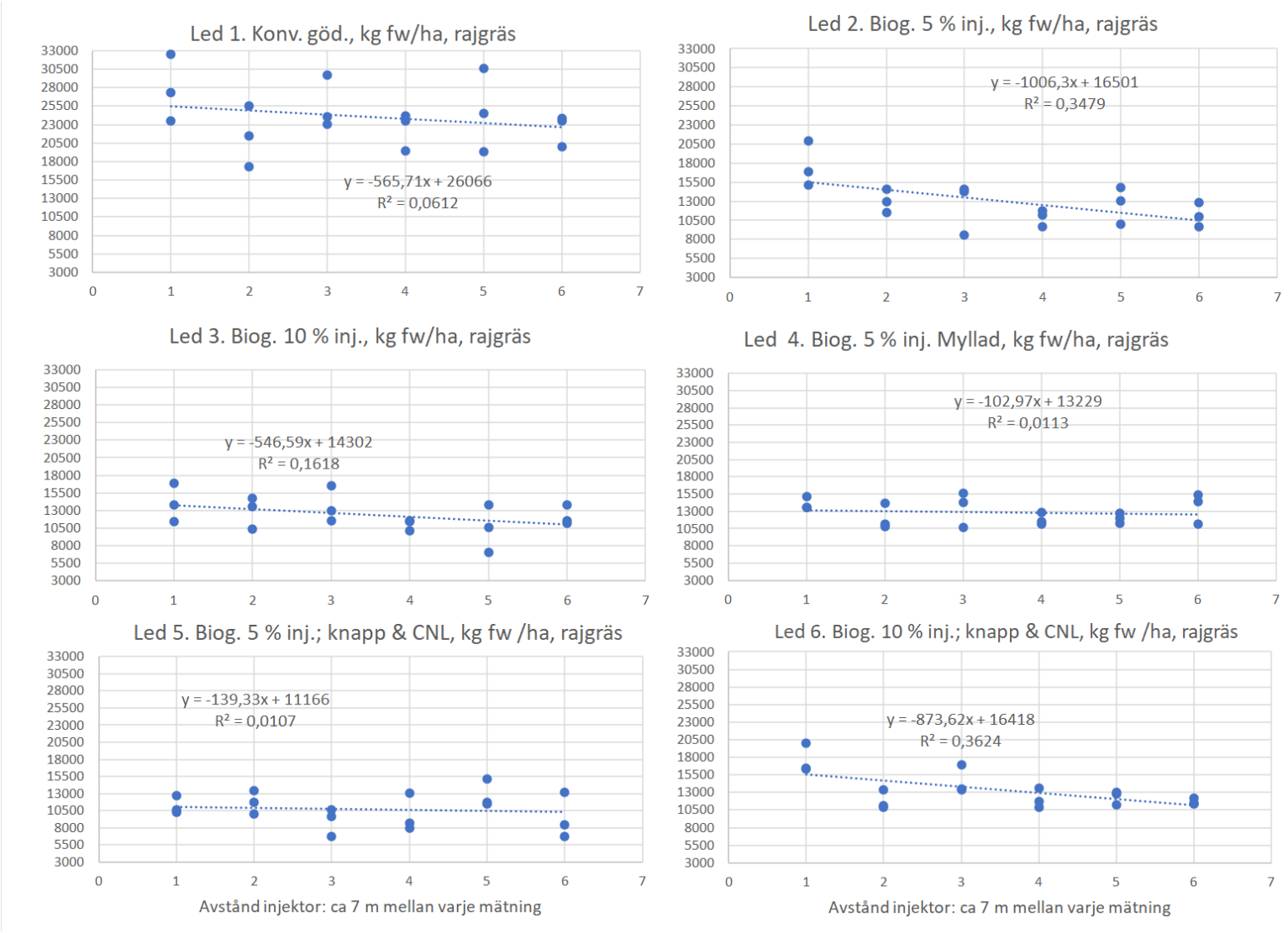
För andra delen av hypotesen, dvs att den sjunkande trenden skulle vara starkare i led med 10 än med 5 % injicering, blir tolkning av resultaten osäker; den stämmer för led 5 och 6 men visar på motsatsen för led 2 och 3 eftersom led 2, med 5 % injicering, har en sjunkande trend, medan led 3, med 10 % injicering, inte har någon signifikant sjunkande trend.

Tabell 15. Biomassa i rajgräs. Värden inom samma kolumn som följs av olika bokstäver är signifikant skilda på 5 %-nivån enligt Tukey's test.

Behandling*	Led	Färskvikt		Rel. Skörd Konv gödn. = 100
Konv. göd.	1	24 086	a	100
Biog. 5 % inj.	2	12 979	b	54
Biog. 10 % inj.	3	12 389	b	51
Biog. 5 % inj. Myllad	4	12 869	b	53
Biog. 5 %; knapp & CNL	5	10 678	b	44
Biog. 10 %; knapp & CNL	6	13 360	b	55
p-värde, behandling		0,000		
R2, %		96%		
LSD		3639		
SEM		741		
CV, %		9		

* Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 11, Material och Metoder – del 2.

[9] Hypotes 8: Biomassa av rajgräset minskar successivt i riktning från Start mot Slut av slangarna där biogödsel injicerats men inte där konventionella salter injicerats och minskningen är större där 10 än 5 % injiceringsgrad



Figur 12. Biomassa av rajgräs (färskvikt) i led 1 t o m 6 som funktion av avståndet till början av droppslangarna. Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 11, Material och Metoder- del 2. P-värden enligt Pearson's correlation p-value var för led 1 t o m 6: 0,332, 0,010, 0,098, 0,675,0,683 och 0,008.

Sammanfattning av resultaten i del 2

Hypotes 1 kan förkastas dvs att vätskeflödet skulle bli sämre genom droppslangarna med injicerad biogödsel jämfört med konventionella gödningsmedel.

Hypotes 2 kan inte helt förkastas; vid enstaka tillfällen gav nergrävda slangar något sämre utmatning av vätska än när slangarna placerats ovan jord med droppställen uppåt. Frågan behöver studeras närmare.

Hypotes 3 kan förkastas dvs. 10 % injicering av biogödsel gav inte sämre utmatning av vätska än 5 %.

Hypotes 4 kan förkastas dvs. slangar försedda med droppknappar och CNL gav inte sämre utmatning av vätska i slangarna än samma slangtyp men med vanliga droppställen. Vid sista mättillfället var det t o m tvärtom dvs det mättes då mer utdroppad vätska i slangarna med droppknappar än med de andra.

Hypotes 5 kunde styrkas, dvs. N-halten var som väntat högre i leden med 10 % injicering av biogödsel än de med 5 % men skilde sig inte inom samma injiceringsnivåer.

Hypotesen 6 måste däremot förkastas eftersom samma N-mängd kom ut oberoende av om 5 eller 10 % injicerats. Överraskande var att mer kväve matades ut i led 5 och 6 än i övriga led med biogödselinjicering.

Den första delen av hypotes 7 kan styrkas, dvs konduktiviteten blir högre när man injicerar 10 % biogödsel än 5 %. Däremot visade det sig att det inte vid alla mätningarna var samma konduktivitet i vätskan från de tre olika systemen för injicering av 5 % biogödsel; vid två tillfällen gav ledet med slangar med droppknappar högre konduktivitet än ledet med vanliga droppställen och i ett fall t o m högre konduktivitet än ledet med vanliga droppställen och nergrävda slangar.

Den första delen av hypotes 8 kan inte förkastas, dvs att biomassan minskar med avståndet till injicerad biogödsel men ingen minskning med avståndet till injicerade konventionella gödselsalter; det fanns en successiv minskning av biomassan med ökande avstånd till injiceringsstället i två av leden med injicerad biogödsel men inte i ledet med injicering av vattenlösning innehållande konventionella gödselsalter. Dock fanns det inte någon succesiv minskning i de andra tre leden men injicerad biogödsel varför frågan inte kan anses entydigt besvarad.

Den andra delen av hypotes 7 kan inte heller förkastas , dvs att biomassan minskar mer med avståndet till injicerad biogödsel om injiceringsgraden är 10 än 5 %; även där var resultaten motstridiga; i leden med droppknappar minskade biomassan successivt i ledet med 10 %

injicering av biogödsel men inte i det med 5 %. I leden med vanliga droppställen minskade biomassan däremot i ledet med 5 % injicering av biogödsel men inte i det med 10 %. I samtliga fall med succesiv minskning av biomassan var R^2-värdena låga – som högst kring 0,35.

Slutsatser del 2

Slutsatsen av detta delprojekt är att med den teknik vi lärt oss från delprojekt 1, dvs med samma filtrerade biogödsel, samma extra filter i behållare för biogödsel och efter injiceringen, konsekvent och frekvent insmörjning av injektorerna med silikon samt med konsekvent efterbevattning fungerade droppbevattningen bra både med 5 och 10 % injicering av biogödsel förutsatt att slangarna placerat ovan jord. Den enda varningsflaggan var att det i två av de fem leden med injicerad biogödsel i regressionsanalys och korrelationstest upptäcktes en svagt en minskande trend för biomassa i rajgräset ju längre från injiceringsstället men kom (max 45 m). Någon sådan minskande trend fanns inte där konventionella salter använts men å andra sidan fanns det heller inte i de tre andra biogödselleden. Det finns anledning att följa upp detta i kommande studier.

Placering av droppslangarna lätt myllade visade vid enstaka tillfällen sämre utmatning av vätska. Då det vore starkt önskvärt att mylla slangarna för att minska ammoniakförluster om biogödsel injiceras, är det viktigt att gå vidare med studier kring detta

En överraskande tendens var att injicering av biogödsel in i droppbevattningsslangar med droppknappar och CNL (Compensated Non Leachage) verkade ha fördelar framför injicering i slangar med vanliga droppställen. Detta bör följas upp både empiriskt och för att söka någon logisk förklaring för fenomenet.

Referenser

Aquadrip 2020, Styrenhet https://aquadrip.se/catalog/products/irritrol-total-control

Aquadrip 2020, droppslang https://aquadrip.se/catalog/products/netafim-droppslang-uniram-for-ateranvandning-till-radkulturer

Albertsson, J. M-L., Nilsson, T. & Winter C. 2010. Ekologisk odling av hallon i tunnlar och björnbär och jordgubbar i växthus. Tillgänglig 2016 11 08: http://fou.sjv.se/fou/sok_detalj_delredo.lasso?id=6473

Ekoweb.nu, 2016. Ekologisk livsmedelmarknad. Rapport om den ekologiska branschen sammanställd av Ekoweb.nu 28 jan 2016. Tillgänglig 2016 11 08 på http://www.ekoweb.nu: marknadsrapporten

Fuchs, J, Koller, M och Hauenstein, S, (2017). Anwendung con aufbereitetem flüssigem Gärgut auf Sellerikultur. Tillgänglig 2018 11 13 på FIBLs hemsida: http://www.biophyt.ch/documents/2017_Gaergut_Sellerie_BFE_Bericht.pdf.

Gluck, B.I., Hansson, E.J. (2013). Acta Hort (ISHS) 987:99-104

Gunnarsson, A. (2016). Biogasrötning – ett lyft för droppbevattningsgrödor? Skånska lantbruk, nr 5, sid 20-23.

Gunnarsson A och Norup S, 2018. Lokalproducerade gödselmedel från biogasrötning – steg 1 receptutveckling och teknikadaptering. Tillgänglig 2018 11 12 på

http://hushallningssallskapet.se/?projekten=lokalproducerade-godselmedel-fran-biogasrotning

och på Biogas 2020s hemsida https://www.biogas2020.se/projektet/rapporter-resultat/

Hartz, T.K., Smith, R. & Gaskell, M. (2010) Nitrogen availability from liquid organic fertilizers. Horttechnology 20:169-172

Homman, K., Magnusson, M. & Ögren, E. (2010). Samband mellan odlingsförutsättningar, växtnäring och skörderesultat samt utarbetande av riktvärden för jordanalys i ekologisk tomatodling. Rapport 4, Länsstyrelsens i Västmanlands län. (In Swedish)

Kennedy, T.L., Suddick, E.C., Six, J. (2013). Reduced nitrouse oxide emissions and increased yields in California tomato cropping systems under drip irrigation and fertigation. Agric Ecosyst Environ 170, 16-27.

Palmqvist, Anna Växtnäringskällor som kan användas i droppbevattning vid odling av ekologiska hallon. Kandidatarbete SLU, 2016

Svensson, B. (2011). Ekologisk odling av hallon och björnbär i tunnel, 2008-2011. SLU, Område Hortikultur, Alnarp. Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap. Rapport nr 49

Yara 2020, https://www.yara.se/vaxtnaring/godselmedel/yaratera/yaratera-kristalon-purple/

Ögren, E. (2016). Gödselmedel för ekologisk odling 2016, Swedish Board of Agriculture. Available at http://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/ovr376.html (In Swedish)

Personliga meddelanden

Gille, Céline. Pers. comm. Nov 2018 and information from poster “Test d’application du digestat” available at www.agroscope.admin.ch.

Marcus Söderlind, Långhult, trädgårdsodlare bl a ekologisk tomat. Delegat i LRF riks förbundsstyrelse, nov 2016

Christina Winter, Jordbruksverkets regionkontor, Uppsala, nov 2016

Lars-Göran Larsson, Aquadrip AB, Växjö, Nov 2018

Personliga meddelanden

Bilaga 1. Vätskevolym vid enskilda mättillfällen av bevattningar - delprojekt 1

Tabell A. Utvattnad mängd vid de olika mättillfällena, cl/droppställe. Start = mätning vid droppstället närmast stamledningen; Slut = mätning 45 m från start.

	Tillfälle 1 (7 juni)						Tillfälle 2 (10 juni)					
Behandling*	Start		Slut		Diff.		Start		Slut		Diff.	
1. Vatten	48	AB	37	A	11	A	46	A	35	A	12	A
2. Konv. salter	43	BC	33	AB	10	A	41	B	30	A	11	A
3. BG	27	C	29	B	10	A	37	B	29	A	8	A
4. BG + e.bev.	50	A	36	A	14	A	47	A	35	A	12	A
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	47	AB	34	AB	14	A	47	A	33	A	14	A
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	47	AB	32	AB	15	A	45	A	24	A	21	A
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	48	AB	34	AB	15	A	48	A	29	A	18	A
P	0,073		0,013		0,113		0,000		0,239		0,148	
R2, %	57		74		70		93		46		51	
SEM	5		1		2		1		3		3	
CV, %	19		7		23		3		18		41	

* Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 1, Material och Metoder.

forts. tabell A. Cl vatten/droppställe vid de olika mättillfällena.

	Tillfälle 3 (12 juni)						Tillfälle 4 (17 juni)					
Behandling*	Start		Slut		Diff.		Start		Slut		Diff.	
1. Vatten	50	A	42	A	9	B	49	A	40	A	9	C
2. Konv. salter	45	B	35	B	9	B	46	AB	29	BC	16	A
3. BG	35	C	26	D	9	B	35	C	25	C	11	BC
4. BG + e.bev.	45	B	35	B	10	AB	42	B	31	B	11	BC
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	43	B	31	C	12	AB	43	B	29	B	13	B
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	43	B	30	CD	13	AB	42	B	30	B	12	BC
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	44	B	30	CD	15	A	44	B	31	B	13	B
p	0,000		0,000		0,009		0,000		0,000		0,000	
R2, %	95		96		78		94		92		90	
SEM	1		1		1		1		1		1	
CV, %	3		4		16		3		5		9	

* Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 1, Material och Metoder.

forts. tabell A. Cl vatten/droppställe vid de olika mättillfällena.

	Tillfälle 5 (19 juni)					
Behandling*	Start		Slut		Diff.	
1. Vatten	51	A	44	A	8	A
2. Konv. salter	47	A	34	B	13	A
3. BG	31	C	21	D	9	A
4. BG + e.bev.	35	BC	28	C	7	A
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	39	B	26	C	13	A
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	33	BC	26	C	7	A
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	34	BC	22	D	12	A
p	0,000		0,000		0,027	
R2, %	94		98		70	
SEM	1		1		2	
CV, %	6		4		27	

* Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 1, Material och Metoder.

forts. tabell A. Cl vatten/droppställe vid de olika mättillfällena.

	Tillfälle 6 (5 juli) bara utan efterbevattning						Tillfälle 6 (5 juli) med och utan efterbevattning					
Behandling*	Start		Slut		Diff.		Start		Slut		Diff.	
1. Vatten	51	A	37	A	15	A	51	A	37	A	15	A
2. Konv. salter	46	B	32	A	13	A	46	B	32	AB	13	A
3. BG	29	C	20	B	9	A	29	D	20	C	9	A
4. BG + e.bev.	28	C	19	B	8	A	36	C	25	BC	11	A
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	29	C	19	B	10	A	37	C	25	BC	12	A
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	29	C	20	B	8	A	37	C	26	BC	11	A
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	30	C	20	B	10	A	38	C	26	BC	13	A
p	0,000		0,000		0,232		0,000		0,001		0,648	
R2, %	98		89		53		97		80		31	
SEM	1		2		2		1		2		2	
CV, %	4		13		33		4		12		33	

* Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 1, Material och Metoder.

forts. tabell A. Cl vatten/droppställe vid de olika mättillfällena.

	Tillfälle 7 (10 juli)						Tillfälle 8 (12 juli)					
Behandling*	Start		Slut		Diff.		Start		Slut		Diff.	
1. Vatten	49	A	39	A	9	A	52	A	45	A	6	B
2. Konv. salter	35	C	27	C	8	A	45	B	38	B	8	AB
3. BG	19	D	11	D	8	A	35	D	27	E	8	AB
4. BG + e.bev.	21	D	11	D	10	A	45	B	34	C	10	AB
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	38	BC	29	BC	9	A	42	BC	33	CD	9	AB
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	40	B	29	BC	11	A	40	C	31	D	9	AB
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	39	B	30	B	10	A	44	B	32	CD	12	A
p	0,000		0,000		0,547		0,000		0,000		0,035	
R2, %	99		100		49		96		98		64	
SEM	1		0		1		1		1		1	
CV, %	4		3		21		3		3		20	

* Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 1, Material och Metoder.

forts. tabell A. Cl vatten/droppställe vid de olika mättillfällena.

	Tillfälle 9 (19 juli)						Tillfälle 10 (22 juli)					
Behandling*	Start		Slut		Diff.		Start		Slut		Diff.	
1. Vatten	53	A	42	A	11	A	52	A	45	A	7	A
2. Konv. salter	46	B	38	AB	8	A	46	B	38	B	8	A
3. BG	33	D	23	D	9	A	35	B	26	D	9	A
4. BG + e.bev.	42	C	31	C	11	A	42	B	34	C	8	A
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	43	BC	32	BC	10	A	45	BC	34	C	11	A
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	43	BC	32	BC	11	A	45	C	35	BC	10	A
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	43	BC	33	BC	10	A	46	D	35	BC	11	A
p	0,000		0,000		0,559		0,000		0,000		0,056	
R2, %	97		92		37		97		96		60	
SEM	1		1		1		1		1		1	
CV, %	3		6		21		2		4		16	

* Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 1, Material och Metoder.

Bilaga 2. Konduktivitet vid enskilda mättillfällen - delprojekt 1

Tabell B. Konduktivitet mätt i fält vid de olika mättillfällena, mS/cm. Start = mätning vid droppstället närmast stamledningen; Slut = mätning 45 m från start.

	Tillfälle 1 (7 juni)						Tillfälle 2 (10 juni)					
Behandling*	Start		Slut		Diff.		Start		Slut		Diff.	
1. Vatten	0,54	B	0,50	B	0,04	??						
2. Konv. salter	0,52	C	0,50	B	2,02	BC	0,50	C	0,50	C	2,00	A
3. BG	3,24	C	2,47	A	2,72	C	3,15	A	3,13	A	2,01	A
4. BG + e.bev.	2,88	A	2,52	A	2,36	A	2,74	B	2,72	B	2,03	A
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	2,87	B	2,61	A	2,26	B	2,71	B	2,64	B	2,07	A
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	2,97	B	2,65	A	2,32	BC	2,77	B	2,66	B	2,11	A
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	2,91	B	2,67	A	2,24	BC	2,77	B	2,67	B	2,10	A
p	0,000		0,000		0,001		0,000		0,000		0,474	
R2, %	100		99		89		100		100		36	
SEM	0,02		0,05		0,05		0,02		0,05			
CV, %	2		4		4		2		3		4	

* Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 1, Material och Metoder.

forts. tabell B. Konduktivitet mätt i fält vid de olika mättillfällena, mS/cm.

	Tillfälle 3 (12 juni)						Tillfälle 4 (17 juni)					
Behandling*	Start		Slut		Diff.		Start		Slut		Diff.	
1. Vatten												
2. Konv. salter	0,48	B	0,48	C	2,00	A	6,53	A	5,26	A	3,26	A
3. BG	2,87	A	2,95	A	1,91	A	2,94	B	2,85	B	2,09	B
4. BG + e.bev.	2,58	A	2,51	B	2,07	A	2,43	C	2,42	C	2,01	B
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	2,64	A	2,48	B	2,15	A	2,50	C	2,35	C	2,15	B
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	2,63	A	2,54	B	2,08	A	2,54	C	2,53	BC	2,01	B
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	2,64	A	2,48	B	2,15	A	2,55	C	2,46	BC	2,08	B
P	0,000		0,000		0,565		0,000		0,000		0,000	
R2, %	98		99		29		100		99		92	
SEM	0,08		0,05		0,10		0,03		0,09		0,10	
CV, %	6		4		9		1		5		62	

* Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 1, Material och Metoder.

forts. tabell B. Konduktivitet mätt i fält vid de olika mättillfällena, mS/cm.

	Tillfälle 5 (19 juni)			Tillfälle 6 (5 juli) bara utan efterbevattning		
Behandling**	Start	Slut	Diff.	Start	Slut	Diff.
1. Vatten						
2. Konv. salter	1,39 D	2,68 AB	0,71 B	1,84 B	1,65 C	2,19 B
3. BG	2,93 A	2,89 A	2,03 A	3,87 A	3,87 A	2,00 B
4. BG + e.bev.	2,33 C	2,39 B	1,94 A	3,84 A	2,88 B	2,96 A
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	2,48 B	2,30 B	2,18 A	3,81 A	2,92 B	2,89 A
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	2,59 B	2,47 AB	2,11 A	3,86 A	3,02 B	2,83 A
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	2,55 B	2,49 AB	2,06 A	3,85 A	2,99 B	2,85 A
p	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000
R2, %	100	75	95	100	98	94
SEM	0,03	0,09	0,09	0,03	0,07	0,08
CV, %	2	6	8	1	4	5

* Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 1, Material och Metoder.

forts. tabell B. Konduktivitet mätt i fält vid de olika mättillfällena, mS/cm.

	Tillfälle 7 (10 juli)			Tillfälle 8 (12 juli)		
Behandling*	Start	Slut	Diff.	Start	Slut	Diff.
1. Vatten						
2. Konv. salter	1,83 C	1,84 D	1,98 A	1,83 E	1,81 C	2,02 A
3. BG	3,93 A	3,89 A	2,05 A	3,74 A	3,73 A	2,01 A
4. BG + e.bev.	3,19 B	2,19 CD	3,00 A	3,01 D	3,04 B	1,96 A
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	2,94 B	2,77 BC	2,16 A	3,36 B	3,33 B	2,03 A
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	3,31 AB	3,19 B	2,12 A	3,29 BC	3,14 B	2,15 A
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	3,31 AB	3,21 B	2,10 A	3,23 C	3,05 B	2,18 A
P	0,000	0,000	0,071	0,000	0,000	0,454
R2, %	93	95	64	100	97	39
SEM	0,14	0,12	0,22	0,02	0,08	0,09
CV, %	8	7	17	1	5	7

* Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 1, Material och Metoder.

forts. tabell B. Konduktivitet mätt i fält vid de olika mättillfällena, mS/cm.

	Tillfälle 9 (19 juli)			Tillfälle 10 (22 juli)		
Behandling*	Start	Slut	Diff.	Start	Slut	Diff.
1. Vatten						
2. Konv. salter	1,84 E	1,81 C	2,03 A	2,41 B	1,85 C	2,56 A
3. BG	3,93 A	3,84 A	2,09 A	4,05 A	4,01 A	2,04 A
4. BG + e.bev.	2,98 D	2,98 B	2,00 A	3,39 AB	3,24 B	2,16 A
5. BG + e.bev.+ Cs. (pH 6)	3,12 C	3,09 B	2,03 A	3,42 AB	3,30 B	2,12 A
6. BG + e.bev.+ Cs. (pH 5)	3,43 B	3,32 B	2,11 A	3,46 AB	3,30 B	2,17 A
7. BG + e.bev.+ Cs. (pH 4)	3,45 B	3,32 B	2,13 A	3,45 AB	3,23 B	2,22 A
P	0,000	0,000	0,875	0,009	0,000	0,704
R2, %	100	98	20	76	99	32
SEM	0,03	0,07	0,09	0,22	0,05	0,23
CV, %	1	4	7	11	3	18

* Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 1, Material och Metoder.

Bilaga 3. Vätskevolym vid enskilda mättillfällen av bevattningar - delprojekt 2

Tabell C. Utvattnad mängd i mm* vid de olika mättillfällena**. Start = mätning vid droppstället närmast stamledningen; Slut = mätning 45 m från start. Värden inom samma kolumn som följs av olika bokstäver är signifikant skilda på 5 %-nivån enligt Tukey's test.

		Tillfälle 1 (2 september)						Tillfälle 2 (4 september)					
Behandling***	Led	Start		Slut		Diff.		Start		Slut		Diff.	
Konv. göd.	1	6,47	A	6,59	A	-0,12	A	6,51	A	6,52	A	-0,01	A
Biog. 5 % inj.	2	6,22	A	5,97	C	0,25	A	6,07	B	6,14	A	-0,07	A
Biog. 10 % inj.	3	3,97	B	3,38	D	0,59	A	3,58	C	3,54	B	0,04	A
Biog. 5 % inj. Myllad	4	6,14	A	6,01	BC	0,13	A	6,09	B	5,50	A	0,59	A
Biog. 5 %; knapp & CNL	5	6,35	A	6,38	AB	-0,02	A	6,26	AB	6,67	A	-0,41	A
Biog. 10 %; knapp & CNL	6	3,78	B	3,75	D	0,04	A	3,78	C	3,82	B	-0,04	A
p-värde, behandling		0,000		0,000		0,085		0,000		0,000		0,369	
R^2, %		98		99		64		100		91		39	
LSD		0,696		0,399		0,757		0,320		1,487		1,448	
SEM		0,14		0,08		0,15		0,07		0,30		0,30	
CV, %		4		3		185		2		10		3234	

*) Omräkning från mätenheten cl per droppställe görs med ledning av att 1 L/m^2 motsvarar en mm nederbörd och varje droppställe representerar 0,25 x 0,375 m^2 där 0,25 = avståndet i m mellan droppställena på slangarna och 0,375 motsvarar avståndet i m mellan slangarna.

**) Mättillfälle 1 motsvaras av vattning 2 och tillfälle 2 av vattning 3 osv. eftersom mätdata saknas från vattning

***) Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 11, Material och Metoder – del 2.

Tabell C *forts*. Utvattnad mängd i mm* vid de olika mättillfällena**. Start = mätning vid droppstället närmast stamledningen; Slut = mätning 45 m från start. Värden inom samma kolumn som följs av olika bokstäver är signifikant skilda på 5 %-nivån enligt Tukey's test

		Tillfälle 3 (11 september)						Tillfälle 4 (23 september)					
Behandling***	Led	Start		Slut		Diff.		Start		Slut		Diff.	
Konv. göd.	1	5,80	A	5,71	A	0,08	A	3,90	B	3,10	B	0,80	A
Biog. 5 % inj.	2	5,52	A	4,72	AB	0,81	A	3,90	B	3,10	B	0,80	A
Biog. 10 % inj.	3	2,31	C	1,85	BC	0,46	A	2,20	C	1,70	C	0,50	A
Biog. 5 % inj. Myllad	4	3,82	BC	2,96	ABC	0,85	A	4,00	B	3,20	B	0,80	A
Biog. 5 %; knapp & CNL	5	4,33	AB	3,17	ABC	1,16	A	5,90	A	5,50	A	0,40	A
Biog. 10 %; knapp & CNL	6	2,23	C	1,31	C	0,92	A	3,40	B	3,90	B	-0,60	A
p-värde, behandling		0,000		0,006		0,836		0,000		0,000		0,204	
R2, %		92		78		33		1		92		48	
LSD		1,648		3,209		2,955		1,223		1,268		1,935	
SEM		0,34		0,65		0,60		0,25		0,26		0,39	
CV, %		15		34		146		11		13		152	

*) Omräkning från mätenheten cl per droppställe görs med ledning av att 1 L/m^2 motsvarar en mm nederbörd och varje droppställe representerar 0,25 x 0,375 m^2 där 0,25 = avståndet i m mellan droppställena på slangarna och 0,375 motsvarar avståndet i m mellan slangarna.

**) Mättillfälle 1 motsvaras av vattning 2 och tillfälle 2 av vattning 3 osv. eftersom mätdata saknas från vattning

**) Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 11, Material och Metoder- del 2.

Bilaga 4. Konduktivitet vid enskilda mättillfällen - delprojekt 2

Tabell D. Konduktivitet mätt i fält vid de olika mättillfällena*, mS/cm. Start = mätning vid droppstället närmast stamledningen; Slut = mätning 45 m från start. Start = mätning vid droppstället närmast stamledningen; Slut = mätning 45 m från start. Värden inom samma kolumn som följs av olika bokstäver är signifikant skilda på 5 %-nivån enligt Tukey's test.

		Tillfälle 1 (2 september)						Tillfälle 2 (4 september)					
Behandling**	Led	Start		Slut		Diff.		Start		Slut		Diff.	
Konv. göd.	1	4,07	A	4,17	A	-0,107	A	3,43	A	3,66	A	-0,23	A
Biog. 5 % inj.	2	1,75	C	1,82	C	-0,077	A	1,77	C	1,74	C	0,04	A
Biog. 10 % inj.	3	2,87	B	3,09	B	-0,217	A	2,88	B	2,88	B	0,00	A
Biog. 5 % inj. Myllad	4	1,73	C	1,92	C	-0,198	A	1,75	C	1,75	C	0,01	A
Biog. 5 %; knapp & CNL	5	1,70	C	1,74	C	-0,042	A	1,65	D	1,61	C	0,04	A
Biog. 10 %; knapp & CNL	6	2,8667	B	3	B	-0,133	A	2,88	B	2,78	B	0,09	A
p-värde, behandling		0,000		0,000		0,793		0,000		0,000		0,113	
R2, %		100		100		33		99,98		98,55		66	
LSD		0,079		0,478		0,034		-0,036		0,352		0,002	
SEM		0,016		0,097		0,0069		0,008		0,072		0,0004	
CV, %		3,58		6,43		9		0,59		5,16		90,95	

*) Mättillfälle 1 motsvaras av vattning 2 och tillfälle 2 av vattning 3 osv. eftersom mätdata saknas från vattning

**) Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 11, Material och Metoder – del 2.

Tabell D *forts*. Konduktivitet mätt i fält vid de olika mättillfällena*, mS/cm. Start = mätning vid droppstället närmast stamledningen; Slut = mätning 45 m från start. Start = mätning vid droppstället närmast stamledningen; Slut = mätning 45 m från start. Värden inom samma kolumn som följs av olika bokstäver är signifikant skilda på 5 %-nivån enligt Tukey's test.

		Tillfälle 3 (11 september)						Tillfälle 4 (23 september)					
Behandling**	Led	Start		Slut		Diff.		Start		Slut		Diff.	
Konv. göd.	1	-***		-***				2,50	B	2,50	AB	0,10	A
Biog. 5 % inj.	2	2,05	B	2,02	BC	0,03	AB	2,10	C	1,90	C	0,20	A
Biog. 10 % inj.	3	2,79	A	2,51	B	0,27	A	2,90	A	2,50	A	0,40	A
Biog. 5 % inj. Myllad	4	2,02	BC	1,83	C	0,19	AB	2,00	C	2,00	BC	0,10	A
Biog. 5 %; knapp & CNL	5	1,95	C	1,48	C	0,47	A	2,00	C	1,90	C	0,10	A
Biog. 10 %; knapp & CNL	6	2,80	A	3,14	A	-0,34	B	2,80	A	2,60	A	0,20	A
p-värde, behandling		0,000		0,000		0,012		0,000		0,001		0,397	
R2, %		100		94		77		99		83		43	
LSD		0,072		1,011		0,034		0,112		0,510		-0,047	
SEM		0,015		0,115		-0,006		0,020		0,100		0,009	
CV, %		1		9		10		2		8		9	

*) Mättillfälle 1 motsvaras av vattning 2 och tillfälle 2 av vattning 3 osv. eftersom mätdata saknas från vattning

**) Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 11, Material och Metoder – del 2.

***) På grund av tekniska problem saknas ledningstalsmätningen från led 1 för provtillfälle 4.

Tabell E. Konduktivitet mätt i i Eurofins laboratorium vid mättillfälle 4*, mS/cm. Start = mätning vid droppstället närmast stamledningen; Slut = mätning 45 m från start. Start = mätning vid droppstället närmast stamledningen; Slut = mätning 45 m från start. Värden inom samma kolumn som följs a v olika bokstäver är signifikant skilda på 5 %-nivån enligt Tukey's test.

Behandling**	Led	Start		Slut		Diff.	
Konv. göd.	1	2,40	AB	2,33	ABC	0,07	A
Biog. 5 % inj.	2	1,90	AB	1,80	CD	0,10	A
Biog. 10 % inj.	3	2,50	AB	2,43	AB	0,07	A
Biog. 5 % inj. Myllad	4	2,20	AB	1,90	BCD	0,30	A
Biog. 5 %; knapp & CNL	5	1,80	B	1,77	D	0,03	A
Biog. 10 %; knapp & CNL	6	2,70	A	2,50	A	0,20	A
p-värde, behandling		0,018		0,02		0,964	
R2, %		73%		81%		27%	

*) Mättillfälle 1 motsvaras av vattning 2 och tillfälle 2 av vattning 3 osv. eftersom mätdata saknas från vattning
**) Utförligare beskrivning av behandling se Tabell 11, Material och Metoder – del 2.

KUNSKAP FÖR LANDETS FRAMTID

Hushållningssällskapet Skåne
Box 9084, 291 09 Kristianstad
010-476 20 00
info-skane@hushallingssallskapet.se
www.hushallningssallskapet.se

Hushållnings
sällskapet