



Bearbetningsmetoders påverkan på markorganismers aktivitet i jorden – i perenna odlingar samt i odlingsystem med mellangrödor

Impact of soil cultivation methods on the activity of soil organisms - in perennial crops and in cultivation systems with intermediate crops

Jenny Olofsson

Självständigt arbete 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap
Institutionen för biosystem och teknologi
Lantmästare - kandidatprogram
Alnarp 2021



Bearbetningsmetoders påverkan på markorganismers aktivitet i jorden – i perenna odlingar samt i odlingssystem med mellangrödor
Impact of soil cultivation methods on the activity of soil organisms – in perennial crops and in cultivation systems with intermediate crops

Jenny Olofsson

Handledare: Linda-Maria Dimitrova Mårtensson, Sveriges lantbruksuniversitet SLU, Institutionen för biosystem och teknologi
Bitr. handledare: Ana Barreiro, Sveriges lantbruksuniversitet SLU, Institutionen för biosystem och teknologi
Examinator: Maria Ernfors, Sveriges lantbruksuniversitet SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i lantbruksvetenskap, G2E – Lantmästare - kandidatprogram
Kurskod: EX0885
Program/utbildning: Lantmästare - kandidatprogram
Kursansvarig inst.: Institutionen för biosystem och teknologi

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2021

Nyckelord: Markorganismer, respiration, organiskt material, odlingsmetoder, biologiska processer, kemiska processer och fysikaliska processer, perenna odlingssystem, conservation agriculture, mellangrödor, klimatförändringar

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakultet för Landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institution för biosystem och teknologi

Odlingssystemsekologi

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Klimatförändringarna, som både påverkat och påverkar vår planet, kräver att mänskliga aktiviteter förändras till mer resurssnåla och systemeffektiva processer. I dessa processer bör markens bördighet vara det centrala, eftersom en bördig mark kan generera stabila skördar och bidra till en långsiktigt hållbar matförsörjning. De planetära systemen som skapar möjlighet till allt liv på jorden visar på stor ansträngning. Dessa system behöver därför studeras för att kunna förstås och användas på rätt sätt. Denna studie undersöker hur två olika odlingssystem påverkar markorganismernas aktivitet i samband med olika markbearbetningsmetoder. Syftet med studien är att kunna ge råd om markbearbetning i olika odlingssystem för att gynna markens processer, som är värdefulla för markens bördighet. Syftet är också att få en djupare förståelse för hur vi bör arbeta med odlingssystemen för att kunna producera livsmedel i ett föränderligt klimat samt där jorden brukas på ett för naturen men även människan hållbart sätt. Målet är därför att utvärdera och ge en ökad förståelse för hur olika bearbetningssystem påverkar markorganismers aktivitet i två olika odlingssystem.

De biologiska processerna drivs av det organiska materialet i marken som utgör födan för markorganismerna. För att markorganismerna ska kunna få tillgång till syre, som de behöver för sin respiration, krävs det att jorden har en bra struktur. Strukturen i jorden skapas av mineralpartiklarna, det organiska materialet och grödans rötter. Partiklarna i marken har olika laddningar som gör att näringsjonerna blir mer eller mindre åtkomliga för växterna. Beroende på strukturen i marken, andel luft och vatten i jorden samt partiklarnas storlek skapas det olika förutsättningar för grödans rötter att komma åt näringen. Parametrar som dessa är viktiga att ha i åtanke vid brukandet av jorden. För att kunna undersöka våra odlingsmetoder har det tagits jordprover som sedan analyserats med avseende på andel mullhalt, vattenhalt och rotbiomassa/växtmaterial. Vi har även undersökt respirationen, som ett mått på mikroorganismernas aktivitet, i de olika proverna. Detta har skapat underlag för att kunna diskutera markbearbetningsmetoders påverkan på två olika odlingssystem: perenn spannmålsodling och växtföljd med mellangrödor. Resultatet av jordprovtagningarna visade att tidpunkten för provtagning spelar stor roll för markorganismernas aktivitet. Det kan bero på att studien utförts under en växtsäsong där processerna i marken i första hand styrs av temperatur och nederbörd. Det visade sig också att odlingsåtgärder, som val av mellangröda, spelar en roll för markens egenskaper och processer. Dessa resultat var otydliga, vilket indikerar på att en förfinad analysmetodik borde tillämpas. Resultaten visade också att respirationen var starkt negativt korrelerad med vattenhalten på båda försöksplatserna och starkt positivt korrelerad med mullhalten på Lönnstorp, vilket visar på betydelsen av livsmiljöns kvalitet för att mikroorganismerna ska kunna gynna odlingen.

Nyckelord: Markorganismer, respiration, organiskt material, odlingsmetoder, biologiska processer, kemiska processer och fysikaliska processer, perenna odlingssystem, conservation agriculture, mellangrödor, klimatförändringar

Abstract

Climate change, which both have affected and is affecting, our planet, requires that anthropogenic activities are being transformed into more resource-efficient and system-efficient processes. In these processes, the soil's fertility is key, since fertile soils can generate stable yields and contribute to long-term sustainable food production. The planetary systems which are creating the possibility of all life on earth indicate the great pressure to which they are exerted. These systems need to be researched, in order to be better understood and used properly. In agriculture, it's possible to adapt the cultivation towards a way which is sustainable for nature. This essay will examine how two different cultivation systems affect the activity of soil organisms in relation to different cultivation methods. The aim of the study is to be able to give advice on soil preparation methods in different cultivation systems to benefit the soil processes, which are of importance to soil fertility. The aim is also to gather a deeper understanding of how we should work with cultivation systems to be able to produce food in a continuous era of climate change. The goal is thus to assess and improve understanding of how different cultivation techniques influence soil organism activity in two different cropping systems. The biological processes are driven by the organic material in soil which constitutes the food for the soil organisms. In order for soil organisms to have access to the oxygen that they need for their respiration, it is required for the soil to have in itself a good structure. The structure of the soil is created by mineral particles, the organic material and the roots of the crop. The particles in soil have different charges which make the nutrients become less accessible for the plants. The feasibility of the roots of the crops to access the nutrients are dependent on the structure in soil, the amount of air and water as well as the size of the particles. Parameters like these are crucial to have in mind when producing your soil. In order to be able to research about our different cultivation methods, soil samples have been taken which have been analyzed to understand the amount of soil organic carbon, water content and root biomass/plant material. We have also studied the soil respiration, as an indicator of soil biological activity, in the various samples. All of this has created a basis to discuss how the soil cultivation methods impact the soil processes and qualities in two production systems: perennial cereal production and crop rotation with intermediate crops. The results showed that the time of sampling plays a major role in the activity of soil organisms and the soil qualities. This may arise from the sampling which took place over the growing season, where the soil processes are mainly under the influence of seasonal weather changes in terms of precipitation and temperature. It was also found that cultivation measures, such as the choice of intermediate crops, play a role for the soil qualities and processes. These results were vague, which indicate that a refined sampling and analysis methodology should be used. The results also showed that soil respiration was strongly negatively correlated with soil water content and strongly

positively correlated with soil organic matter, which highlights the importance of the habitat quality for soil organisms to benefit production.

Keywords: microbial activity, respiration, organic matter, soil tillage methods, biological processes, chemical processes and physical processes, perennial crops, conservation agriculture, intermediate crops, climate change

Förord

Processen som gått igenom för att kunna genomföra detta kandidatarbete har lärt mig otroligt mycket. Samtidigt som det fått mig att inse hur lite vi vet om processerna i marken i relation till de planetära sfärerna.

Ett stort tack riktas till Partnerskap Alnarp som beviljat medel till inköp av utrustning till respirationsmätningarna. Jag vill även rikta ett tack till Teijarps Förlag och Ulrika Dyrlund-Martinsson på Hushållningssällskapet som gjorde ansökan till Partnerskap Alnarp möjlig.

Jag vill tacka min handledare, Linda-Maria Dimitrova Mårtensson, som med stor kunskap, engagemang, lugn och klokhet låtit mig utforska min nyfikenhet och visat vägen till ett ämnesområde jag känner ett starkt intresse för. Jag vill även rikta ett tack till Ana Barreiro, som stöttat, hjälpt och väglett mig genom hela provtagnings- och labbprocessen, tillsammans med Linda-Maria. Vill även inkludera hela korridor E som hyser ämnesgruppen för odlingssystemsekologi på Institutionen för biosystem och teknologi som visat ödmjukhet och spridit kunskap. Jag är otroligt tacksam för det.

Jag vill tacka Martin Krokstorp och Fredrik Krokstorp som gav oss tillgång till försöket på Krokstorps Gård. Vill även tacka Lars Törner som kommit med idéer och kloka tips, Stina Helena Mortensen som hjälpt mig korrekturläsa arbetet och min partner Jens David Troedsson som stöttat och lyssnat på mig genom hela processen.

Alnarp, 2021

Jenny Olofsson

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning

1. Inledning	11
1.1. Bakgrund.....	11
1.2. Syfte och mål.....	12
1.3. Frågeställning	12
1.4. Avgränsning	12
2. Litteraturstudie	14
2.1. Planetära system.....	14
2.2. Biologiska processer	15
2.3. Kemiska processer.....	18
2.4. Fysikaliska processer	20
2.5. Odlingfaktorers påverkan på jorden.....	21
2.5.1. Perenna odlingssystem.....	22
2.5.2. Conservation Agriculture.....	23
3. Metod och Material	24
3.1 Lönnstorp	24
3.1. Krokstorp.....	26
3.2. Analyser.....	27
3.2.1. Mullhalt och vattenhalt	27
3.2.2. Mikrobiell respiration.....	28
3.2.3. Statistisk analys	29
4. Resultat.....	30
4.1. Lönnstorp	30
4.2. Krokstorp.....	34
5. Diskussion	38

5.1.	<i>Markbearbetning</i>	38
5.2.	<i>Mellangrödor</i>	40
5.3.	<i>Provtagningsstidpunkt</i>	41
5.4.	<i>Reflektioner kring etik och hållbarhet</i>	42
6.	Slutsats	44
7.	Referenser	45
8.	Bilagor	51
8.1.	<i>Bilaga 1. Försöksplan Lönnstorp</i>	51
8.2.	<i>Bilaga 2. Försöksplan Krokstorp</i>	52
8.3.	<i>Bilaga 3a och b. Förklaring av enheter ppm och Solvitas test gel</i>	53
8.3.1.	Bilaga 3a. Förklaring av enheten ppm	53
8.3.2.	Bilaga 3b. Förklaring av Solvitas testgel.....	53
8.4.	<i>Bilaga 4a och b. Rådata över Lönnstorp och Krokstorp</i>	54
8.4.1.	Bilaga 4a. Rådata över Lönnstorp.....	54
8.4.2.	Bilaga 4b. Rådata över Krokstorp	58
8.5.	<i>Bilaga 5a och b. Dataunderlag till diagrammen för Lönnstorp och Krokstorp</i>	61
8.5.1.	Bilaga 5a. Dataunderlag till diagrammen för Lönnstorp.....	61
8.5.2.	Bilaga 5b. Dataunderlag för diagrammen över Krokstorp.....	63

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Mänskliga aktiviteter påverkar jordens klimat och ekosystem. Dessa aktiviteter tänjer på planetens gränser vilket gör att planetens system blir alltmer negativt påverkade och resurserna uttömda (Steffen *et al.* 2015). Klimatförändringarna vi lever med och som förväntas öka kräver att vi tänker om när det kommer till hantering av naturens resurser. Framtidsscenarioet med en globalt ökande befolkning kombinerat med degraderade jordar och förlorad diversitet summerar en framtidsbild där matjorden riskerar att inte kunna producera tillräckligt med livsmedel (Mbow *et al.* 2019).

Alla system interagerar med varandra och genom att påverka de faktorer man kan styra över skapas en indirekt påverkan på de faktorer man inte kan styra över. Exempelvis kan man inte direkt påverka klimatet. Å andra sidan kan man påverka jordens naturliga förmåga att ge grödan tillgång på näring och vatten, vilket i sin tur ökar grödans chans till en optimal fotosyntes. Vid en optimal fotosyntes kan grödan lagra in mer koldioxid vilket i sin tur leder till minskad global uppvärmning.

Det är därför av yttersta vikt att jorden brukas på ett för naturen hållbart sätt då det kommer att bidra till en hållbar utveckling för människan och andra levande organismer på jorden. Markorganismernas aktivitet tillsammans med det organiska materialet bidrar till de biologiska processerna i marken (Weil & Brady 2017). För att dessa processer ska vara optimala för grödan behöver odlingsmetoderna påverka dessa aktiviteter och processer på ett gynnsamt sätt. En viktig biologisk process i marken är nedbrytningen av organiskt material. Nedbrytningen krävs för att näring, som bundits upp i olika organismer, än en gång ska bli tillgänglig för de grödor vi odlar. I nedbrytningsprocesserna är markens mikroorganismer och deras aktiviteter av stor vikt (Fogelfors 2015).

1.2. Syfte och mål

Det övergripande syftet med studien är att kunna ge råd om hur vi bör arbeta med våra odlingssystem i jordbruket för att kunna odla livsmedel på ett mera hållbart sätt. Det mera specifika syftet är därmed att kunna ge råd om markbearbetning i olika odlingssystem för att gynna markens processer, som är värdefulla för markens bördighet. I arbetet ligger fokus på några av de processer som sker i marken och som är förutsättningarna för att vi ska kunna producera livsmedel.

Målet med denna studie är att utvärdera och få en ökad förståelse för hur olika markbearbetningssystem påverkar markorganismers aktivitet och markens mullhalt i två olika odlingssystem.

1.3. Frågeställning

Hur påverkas markorganismernas aktivitet och markens mullhalt av:

- plöjning och kultivering i odlingssystem med perenna grödor?
- plöjning och direktsådd i system med mellangrödor?

1.4. Avgränsning

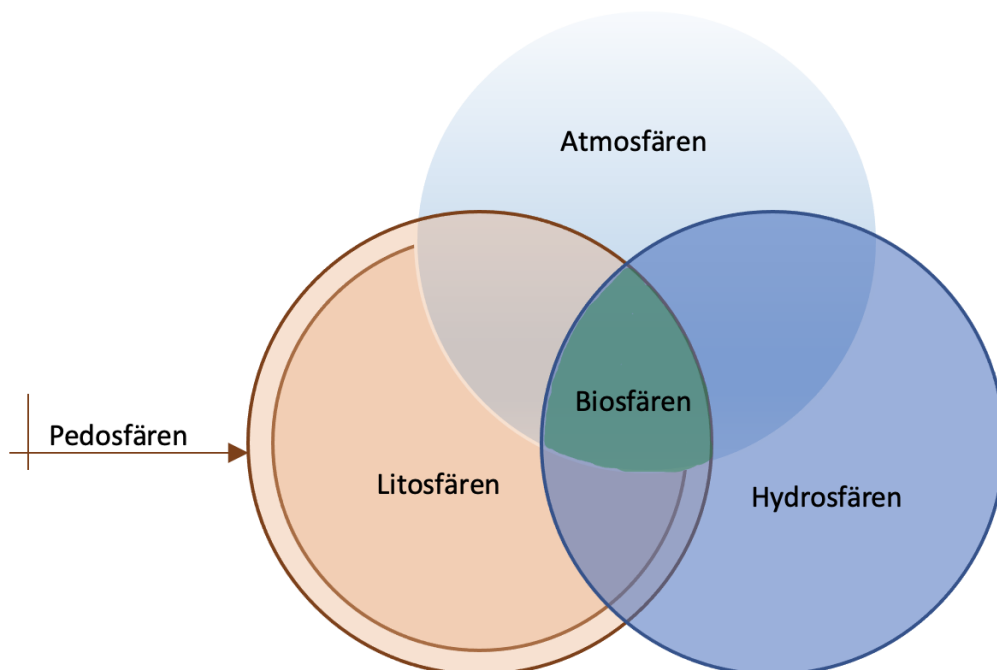
Resultatet i denna studie baseras på prover som tagits under en säsong, vilket anses vara en begränsning av resultatet då processer i marken påverkas till stor del av vädret och tiden. Studien är avgränsad till att enbart fokusera på de bearbetningsmetoder som förekommer på de två utvalda gårdarna, vilket är höstplöjning, höstkultivering samt vårkultivering på Lönnstorp och plöjning samt direktsådd på Krokstorp. Metoderna som har valts i denna studie har varit begränsade av ekonomiska resurser och brist på tillgång till laboratorieanalyser pga. pandemins effekter på leveranser och service i det lokala laboratoriet. Gårdarna kommer inte att jämföras med varandra av förklarliga skäl som skillnad i jordtyp, odlingsmetoder, bearbetningsmetoder samt upplägg av försök. På Krokstorp har arbetet avgränsats till att endast studera effekterna av två mellangrödor då

alternativet, att undersöka fler eller alla mellangrödor inom det försöket, inte skulle rymmas inom ramen för detta arbete.

2. Litteraturstudie

2.1. Planetära system

Allt levande på jorden ingår i det planetära system vi kallar biosfären. Denna sfär interagerar med de andra planetära systemen, såsom atmosfären, hydrosfären, litosfären och pedosfären.



Figur 1. Illustration av de nämnda planetära systemen.

En välmixad gasblandning som mestadels består av syre och kväve bildar atmosfären. Den utgör ett skydd mot skadlig strålning både från solen och rymden, samtidigt som den bidrar till att styra vilket klimat vi får på jorden. Förändringar i dess sammansättning påverkar transporterna av biogeokemiska beståndsdelar mellan hav och land men även mellan haven och mellan landmassor. Förändringsprocesserna påverkar i sin tur resterande planetära sfärer (Schlesinger & Bernhardt 2013). Hydrosfären styr

vattencyklerna mellan atmosfären, jorden och vegetationen. De pooler av vatten som ingår i dessa cykler kommer från ytskiktet på haven, floder, ytliga grundvattenkällor, atmosfären och jorden, men tillsammans utgör de endast en liten del av den totala vattenmängden på jorden. Hela den hydrologiska processen drivs av solenergin (Weil & Brady 2017). Litosfären är jordskorpan som i huvudsak består av fasta material som silikatmineraler. Genom interaktion med gaserna i atmosfären och vattnet i marken vittrar dessa mineraler sakta och grundämnen som exempelvis kalcium, kalium, järn och fosfor frigörs. Dessa ämnen är grundläggande för markens bördighet tillsammans med förekomsten av biologisk mångfald som exempelvis markorganismer (Schlesinger & Bernhardt 2013). I pedosfären sker de jordmånsbildande processerna. Litosfärens egenskaper bidrar, och de dominerande mineralerna och kornstorlekarna utgör den resulterande jordmånen. Dött växt- och djurmaterial från biosfären är det organiska material som skapar näringsväven i jordmånen. Vidare bidrar jordmånen delvis med gaser till atmosfären och vatten till hydrosfären samtidigt som den är beroende av dessa gaser och vatten. Ett resultat av processerna blir jorden som vi odlar i (Hjorth 2002).

Inom de planetära systemen pågår det hela tiden biologiska, kemiska och fysikaliska processer som påverkar varandra. Dessa processer förväntas förändras i takt med att klimatet förändras. Effekterna av förändringen kommer påverka våra jordar precis som användningen av våra jordar kommer påverka förändringarna i klimatet (Brevik 2012). I dessa processer är jordens mikroliv en av de stora aktörerna. De utgör endast 1–3 procent av markens totala organiska material men resultatet av deras inverkan är grunden för grödans tillväxt (Eriksson *et al.* 2011).

2.2. Biologiska processer

Det organiska materialet driver de biologiska processerna i marken. Översiktligt kan man säga att det organiska materialet består av tre delar: de levande organismerna, de döda organismerna och det stabila organiska materialet (Magdoff & Van Es 2009). Det stabila organiska materialet är komplexa strukturer skapade av det organiska materialet. Cotrufo *et al.* (2013) menar att vad som blir stabilt organiskt material kan bero på materialets ursprungliga kvalitet, och slutprodukten är troligen organiska molekyler som skyddas av mineralpartiklarna i marken. En studie av Kallenbach *et al.* (2016) visar att det är mikrober som driver ackumuleringen av stabilt organiskt material samt att mängden tillgänglig svamp i marken ökar och effektiviserar produktionen av mikrobiell biomassa. Det är mycket vi inte säkert vet om de stabila föreningarna av organiskt material men det vi vet är att även dessa slutprodukter kommer att brytas ner eller vittra sönder och återcirkulera eller läcka vid någon tidpunkt, om än på en mycket lång tidsskala (Yiqi & Xuhui 2006). Av det organiska materialet bildas det mull och cirka hälften av jordens mullhalt utgörs av kol. Kolbalansen i marken avgörs till största delen av differensen mellan det som tillförts

och det som förlorats i mullens nedbrytningsprocess. Det som styr nedbrytningen är främst klimatförhållanden som temperatur och vattenhalt i förhållande till jordarten, medan tillförseln av kol kan styras beroende på hur man utnyttjar fotosyntesen i odlingsystemen (Kätterer *et al.* 2020).

Förutom det organiska materialet spelar markfaunan en avgörande roll i markens biologiska processer. Markfaunan består av organismer med olika levnadssätt, näringsbehov och storlek (Weil & Brady 2017). Herbivorer äter levande växtmaterial, nedbrytare äter dött organiskt material, predatorer är rovdjur och dödar själva sin föda. Fungivorer konsumerar svampar, bakterivorer äter bakterier och parasiter lever av andra organismer. Heterotrofa organismer måste få sin näring genom att konsumera organiska ämnen medan autotrofa organismer själva skapar sin näring, till exempel genom fotosyntes (Weil & Brady 2017).

Organismerna i marken delas in efter storlek: (i) makrofauna, (ii) mesofauna, (iii) mikrofauna/-flora.

Tabell 1. Markorganismernas indelning efter storlek. Fauna = djur, flora = encelliga alger och växternas rötter.

	Grupp	Storlek
(i)	Makrofauna	> 2 mm
(ii)	Mesofauna	0,1 – 2 mm
(iii)	Mikrofauna/-flora (mikroorganismer)	< 0,1 mm

(Weil & Brady 2017).

Nedan följer en beskrivning av de olika grupperna. Endast de vanligaste markorganismerna nämns.

(i) Makrofaunan består av bland annat daggmaskar, skalbaggar, spindlar, myror och mångfotingar. Storleksmässigt ingår organismer större än 2 mm (Fogelfors 2015). Daggmaskarna tillsammans med de andra djuren i makrofaunan blandar om i det övre lagret i jorden genom att skapa gångar där organiskt material sedan dras ner av djuren. Detta flyttar näringen längre ner i markprofilen och skapar en ökad tillväxt bland både mesofauna och mikrofauna/-flora samt ger en ökad mullhalt i jorden (Weil & Brady 2017). Daggmasken bidrar även med växttillgänglig näring då deras spillning innehåller höga halter av kväve, fosfor och kalium. Vidare kan nämnas att daggmaskens utsöndring av sekret har en betydelse för markens förmåga att stabilisera aggregat, och deras förflyttning i marken skapar porer. Bland mångfotingar är vissa enkelfotingar specialiserade på att jaga kvalster och mindre organismer medan andra mångfotingar är växtätare liksom daggmasken. Makrofaunan lever antingen i förnan som utgör det översta skiktet på markprofilen, i naturliga sprickor eller andra håligheter medan de som kan göra sina egna gångar rör sig längre neråt i marken (Fogelfors 2015). Makrofaunan startar nedbrytningsprocessen genom att fragmentera det organiska materialet. I denna

nedbrytningsfas skapas en större angreppsytta för de mindre organismerna att fortsätta nedbrytningen på. Dessa ytor skapar även en ökad plats för vatten att binda till samt ytor för mikroorganismerna att sitta på (Haldén 2019).

(ii) I mesofaunan ingår exempelvis kvalster, hoppstjärter och småringsmaskar. Storleksmässigt är de mellan 0,1 och 2 mm. Liksom i makrofaunan innehar organismerna olika funktioner då vissa fortsätter nedbrytningen, som makrofaunan startat, av organiskt material till mindre delar medan andra agerar predatorer på mindre djur, bakterier och svampar (Haldén 2019). Mesofaunan lever i markens luftfyllda porer vilket betyder att ju mindre de luftfyllda porerna i marken är, desto mindre till storleken blir dessa organismer (Fogelfors 2015).

(iii) I mikrofauna/-flora ingår protozoer, nematoder, svampar, bakterier, arkeer och alger. Alla dessa organismer ingår i benämningen mikroorganism. Mikrofauna innefattar djuren i mikrometerstorlek exempelvis nematoder, protozoer, svampar och bakterier. Medan mikroflora är de växtliknande organismerna i mikrometerstorlek exempelvis alger eller rötter. Protozoer är en grupp av encelliga organismer där ciliater, amöbor och flagellater räknas in. Deras huvudsakliga föda är svampar och bakterier. Vissa protozoer lever av organiska föreningar som är lösliga i markvätskan medan andra lever av bakterier och svampar. Ett exempel på protozoernas roll är att ammonium bildas när de äter bakterier, och detta ammonium kan i sin tur tas upp av växternas rötter (Haldén 2019). Nematoder förekommer i stort antal och av många olika sorter. De lever i vattenfilmen som omger mineralerna men även i vattenfyllda porer. Nematoder lever på diversifierad föda. Vissa är specialiserade på svamp, vissa på grödor medan vissa är predatorer och andra växtätare. Detta gör att de reglerar populationer av andra organismer i marken vilket skapar effektivitet och förnyelse inom markens ekosystem (Coleman & Wall 2015).

Utan svampar, bakterier och arkeer skulle ingen nedbrytning ske alls (Haldén 2019). Svamparna kan bryta ner mineraler och komplexa organiska molekyler till enklare föreningar som vidare kan brytas ner till lösliga ämnen. Svamparnas hyfer bidrar även till att stabilisera aggregaten i jorden (Rashid *et al.* 2016) och vissa svampar bildar tillsammans med växter mykorrhiza. Mykorrhiza är en symbios som aktiveras när svampen interagerar med grödans rötter och utvecklar hyfer. Det ökar grödans tillgång till både näring och vatten. Tillbaka får svampen kolhydrater ifrån grödans fotosyntes (Barman *et al.* 2016). Bakterier agerar nedbrytare av det organiska materialet men kan liksom svamparna även vittra mineraler. Utöver det kan vissa bakterier i symbios med vissa växter fixera kväve från luften. Även arkeerna fungerar som nedbrytare men till skillnad från bakterierna kan dem förekomma på platser med mer extrema förhållanden som till exempel lägre temperaturer, högre temperaturer eller saltare jordar. Skillnaden mellan bakterier och arkeer är cellmembranet som består av olika beståndsdelar och oftast har inte arkeer ett yttre cellmembran. De lever nära varandra och framförallt i markvattnet som finns i porerna mellan markpartiklarna och i den vattenfilm som omger partiklarna. Den största aktiviteten finns i rhizosfären, som är området runt växtens

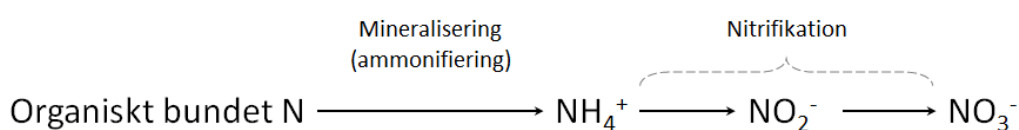
rötter. Tillsammans utgör de den största delen av markfaunan när det kommer till antalet, biomassa och metaboliska kapacitet (Weil & Brady 2017). Tillsammans skapar dessa organismer funktionella ekosystemtjänster som gör processerna i marken möjliga (Haldén 2019).

2.3. Kemiska processer

Via fotosyntesen lagrar växter in energi och kol, där energin lagras in i kolbindningarna i de kolhydrater (stärkelse och sockermolekyler) som bildas i fotosyntesen. När det organiska materialet bryts ner av markorganismerna sker det genom mineralisering (Fogelfors 2015). Mineraliseringen är processen som frigör de organiskt bundna växtnäringsämnen till oorganiska former så att de blir fria joner i markvätskan (Kumari & Chaudhary 2020). När växtnäringsämnen blir till fria joner blir de tillgängliga för andra levande organismer, till exempel växter, att binda in igen i organiska föreningar, vilket kallas för immobilisering (Coleman *et al.* 2018b). Parallellt med mineralisering sker respiration, som resulterar i energiutvinning (Eriksson *et al.* 2011).

Mineraliseringen påverkas av det organiska materialets kvalitet. Eriksson *et al.* (2011) beskriver C/N-kvoten som ett mått på förmågan hos det organiska materialet att mineraliseras med avseende på kväve. Mineraliseringen och immobiliseringen av kväve sker samtidigt och om det sker en nettomineralisering eller nettoimmobilisering beror på det organiska materialets egenskaper, om det består av lättomsättbara eller svårnedbrytbara byggstenar, med högt eller lågt energiinnehåll. En hög C/N-kvot kan medföra en långsammare mineralisering och därmed nettoimmobilisering av kväve, eftersom det saknas kväve i förhållande till kol och därmed energi. Vid en låg C/N-kvot kan kvävemineraliseringen gå fortare och då leda till nettomineralisering, eftersom det finns tillräckligt med kväve i förhållande till kol och därmed energi. Det är vid nettomineralisering av kväve som det blir oorganiskt kväve över som växterna kan ta upp. Vid nettoimmobilisering av kväve bygger markorganismerna in kväve i organiska föreningar (Eriksson *et al.* 2011). Mineraliseringen är också beroende av tillgången på nedbrytande organismer i marken.

I mineraliseringen bildas växttillgängligt kväve i form av ammoniumjoner (*Figur 2*) (Eriksson *et al.* 2011). Om syretillgången är hög i jorden, så kan nitrifikation uppstå, där ammoniumjonerna omvandlas till nitrit och nitrat (*Figur 2*), där nitrat är en kväveform som också kan nyttjas av växterna.

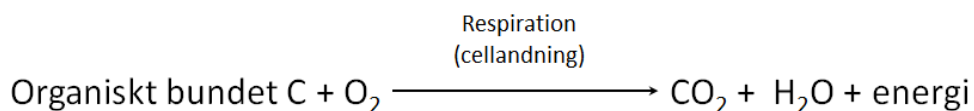


Figur 2. Illustration av nedbrytningsprocessen av kväve från organisk form till de oorganiska, som är tillgängliga för växter.

Mineralpartiklarna i marken och det organiska materialet har negativ nettoladdning på ytan medan de frigjorda näringsämnen (jonerna) till största delen är positivt laddad. Jordens förmåga att hålla de positivt laddade jonerna tillgängliga för växten kallas för katjonbyteskapaciteten, det vill säga markpartiklarnas förmåga att binda till sig positivt laddade joner (Eriksson *et al.* 2011). Om en jord har hög katjonbyteskapacitet kan den portionera ut växtnäringsjonerna i en jämnare takt och under en längre tid till biosfären i marken (Fogelfors 2015). Ett viktigt undantag är nitrat, som bildas vid nitrifikation. Nitrat är negativt laddad och eftersom markens partiklar inte kan bromsa dessa joner, så löper de en större risk att läcka ner genom jordprofilen och bäras iväg med markvattnet till andra ekosystem (Henriksson *et al.* 2015). Förutom att detta leder till oönskad kväveförlust i odlingsystemet, så bidrar det också till övergödning i våra sjöar och hav (Naturvårdsverket 2020).

Syrefattiga miljöer, som till exempel vid extra hög vattentillgång kan även leda till att nitrater som bildas i nitrifikationen omvandlas till lustgas i denitrifikationsprocessen och om det då finns en stor mängd tillgängligt kväve som frigjorts under mineraliseringen ökar risken för lustgasemissioner (Henriksson *et al.* 2015) samt återförsel av kvävgas (N₂) till atmosfären. I båda fallen utsätts själva odlingsmediet, jorden, för kväveförluster.

Respiration är markorganismernas andning där de använder syret i luften och det bildas koldioxid och energi, som binds in i och driver olika livsupprätthållande processer i organismen (Eriksson *et al.* 2011). Markens respiration inkluderar rötternas, markdjurens och mikroorganismernas respiration (Eriksson *et al.* 2011) och påverkas därför av förekomsten av och aktiviteten hos rötter, markdjur och mikrober. Här spelar också C/N-kvoten roll. Spohn (2015) har visat att respirationen är korrelerad till det organiska materialets C/N-kvot, så att en högre C/N-kvot ger en högre respiration. Studien rapporterar förvisso från skogsmarker, men liknande förhållanden kan antas gälla för jordbruksmark.



Figur 3. Illustration av respiration där organiskt bundet kol övergår till oorganisk form, vatten och energi (Eriksson *et al.* 2011).

Markens respiration (Figur 3) utgör ett mått på markens biologiska aktivitet och därmed markens produktivitet och hälsa (Franzluebbers 2016). Minskad markbearbetning har

visat sig minska markens respiration i olika miljöer (Yonemura *et al.* 2014; Moraru & Rusu 2012). Respiration medför alltså en förlust av organiskt bundet kol i marken och bidrar till halten av koldioxid i atmosfären. Organiskt bunden kol förekommer i olika föreningar, vissa är mer lättnedbrytbara än andra. Exempelvis tillhör cellulosa och hemicellulosa de mer lättnedbrytbara föreningarna medan lignin tillhör de mer svårnedbrytbara föreningarna (Eriksson *et al.* 2011). Mera stabila kolföreningar anrikas i jorden (Magdoff & Van Es 2009) och skyddas av mineralpartiklarna i marken (Cotrufo *et al.* 2013), innan de också till slut bryts ner och återgår till koldioxidpoolen i atmosfären (Magdoff & Van Es 2009). Det är därför viktigt att i större studier analysera olika fraktioner av det organiska materialet och ta hänsyn till flera olika faktorer som bidrar till att stabilisera kol i marken och därmed öka potentialen att utgöra en kolsänka. I allmänhet antas ändå att en hög mikrobiell aktivitet i marken indikerar god jordhälsa, som i sin tur indikerar en långsiktig förmåga att fungera som en kolsänka, tack vare mikroorganismernas bidrag till skapandet av mera stabila kolföreningar (Rao *et al.* 2019).

2.4. Fysikaliska processer

Vanligtvis består en jord av 50 volymprocent fasta partiklar och 50 volymprocent luft- eller vattenfyllda porer. Det organiska materialet utgör en liten del av de fasta partiklarna. Resten består av olika mineraler. Mineralernas sammansättning beror på vad litosfären är uppbyggd av. Andelen porer och deras olika storlekar påverkar flödet av luft och vatten i jorden (Magdoff & Van Es 2009). Mineralpartiklarna kan genom sina laddningar sammanbindas till aggregat. Ju mindre mineralpartiklarna är desto lättare har de att sammanfogas eftersom mindre partiklar har större specifik yta, det vill säga mer yta i förhållande till volym. Det organiska materialet ökar möjligheten för mineralpartiklarna att aggregera då deras olika substrat har en adhesiv funktion. Exempelvis kan dagmaskars ekskrementer tillsammans med substanser från svampar ha en adhesiv funktion och hjälpa till i aggregatbildningen. Hur dessa partiklar sitter ihop skapar strukturen i jorden. En väl aggregerad jord har bra struktur (Weil & Brady 2017).

Porerna i jorden kategoriseras utifrån om de är makroporer, mesoporer eller mikroporer (Shah *et al.* 2017). Hur mycket vatten respektive luft som finns i porerna beror på markens förmåga att hålla vatten. När alla porer är fyllda med vatten är marken mättad och gasutbytet med atmosfären blir väldigt långsamt. Koldioxiden som bildas under respirationen har svårt att komma ut i atmosfären och syret får svårt att komma in i marken (Magdoff & Van Es 2009).

Om en jord innehåller för lite vatten kan gasutbytet fungera samtidigt som växternas och markorganismernas tillgång på vatten minimeras (Smith *et al.* 2018). Vattnet dras hela tiden neråt av gravitationen. Samtidigt gör den kapillära kraften att vattnet kan hållas kvar i porerna. Ju mindre porer desto hårdare binder vattnet och i större porer är det svårare för vattnet att motstå gravitationen. Fältkapacitet utgör den mängd vatten som porerna

klarar av att hålla när dräneringsjämvikt uppstått. Vissningsgränsen nås när vattenhalten i marken är så låg att växten kommer vissna om det blir ytterligare brist på vatten. Det växttillgängliga vattnet är skillnaden mellan fältkapacitet och vissningsgränsen (Eriksson *et al.* 2011). Därför är det bra med en jord som har olika storlekar på porerna eftersom den kan hålla kvar vatten till växterna samtidigt som de stora porerna töms och istället fylls med luft. Om man bara har stora porer i sin jord är risken att näringsläckage sker då vattnet inte orkar motstå gravitationen. Vattnet rinner istället snabbt ner mot dräneringen så att växterna och markorganismerna inte hinner ta tillvara på näringen som finns i vattnet (Magdoff & Van Es 2009).

2.5. Odlingsfaktorers påverkan på jorden

Biologiska, kemiska och fysikaliska processer påverkas av odlingssystemen. De förhållanden som skapas för grödans rötter är extremt viktiga för grödans tillväxt och välmående. I rhizosfären avger rötterna rotexudat ut i markvätskan (Coleman *et al.* 2018a). Rotexudatet består av döda rotceller och lätt nedbrytbara föreningar som fungerar som näring åt markorganismerna, vilket i sin tur ökar rötternas tillgång på näring eftersom det påverkar aktiviteten av mikroorganismer (Magdoff & Van Es 2009). Grödans rottillväxt är en nyckelfaktor när det kommer till näringsupptag samt cirkulering av näring men ökar även andelen organiskt material i jorden (Fageria & Moreira 2011).

Rötternas tillväxt i jorden kan också öka aggregatbildningen genom att de för markpartiklarna närmare varandra eller genom utsöndring av ett substrat som kan ha en adhesiv funktion, likt det dagmaskar eller andra organismer utsöndrar (Magdoff & Van Es 2009). Fageria & Moreira (2011) menar även att kolet som kommer från rötterna bevaras längre i marken än exempelvis kolet som lagras in från grödans skotttillväxt och bidrar på så vis till en utökning av mängden stabila aggregat i jorden. Rottillväxten påverkar även sprickbildningen i jorden vilket förbättrar strukturen, och bidrar till det stabila organiska materialet (Magdoff & Van Es 2009). Markpackning påverkar antalet porer i marken och även dess struktur vilket i sin tur har en negativ påverkan på markens vattenhållande förmåga. Det kan leda till lägre mineraliseringshastighet eftersom marklivet blir påverkat av mindre tillgängligt syre och utrymme. Framförallt är det de stora makroporerna som reduceras vilket är anledningen till sämre tillgång till syre, bristande vattenhållande förmåga och avsaknad av utrymme för rottillväxt (Shah *et al.* 2017). Det leder till att näringsämnenas tillgänglighet försämras samt till långsammare cirkulation av näring (Magdoff & Van Es 2009). Odlingsystemens påverkan på markpackning kommer mestadels från användandet av tunga maskiner, bevattning samt intensivt betestryck (Shah *et al.* 2017).

Odlingsystem med låg diversitet bland grödorna kan begränsa de processer som stabiliserar det organiska materialet eftersom det påverkar diversiteten hos markorganismerna (Magdoff & Van Es 2009). En studie av Tian *et al.* (2019) visar att

samodling ökar den mikrobiella biomassan i jorden, framförallt svamparnas biomassa. Tian *et al.* (2019) menar även att ökningen av den mikrobiella biomassan ökar jordens innehåll av porer vilket har en positiv effekt på jordens struktur. Kombinationen av hög tillförsel av organiskt material och minimal bearbetning påverkar markprocesserna till att bli mer självreglerande (Magdoff & Van Es 2009). Dock är det inte alltid möjligt att helt utesluta bearbetning eller andra ingrepp i jorden. En studie av Krauss *et al.* (2020) visar hur jorden, vid övergång från plöjning till minimal bearbetning på en ekologisk gård i Schweiz, påverkats genom en ökad mullhalt, ökad tillgång på näring och ökad mängd stabilt kol i det översta skiktet (0–10 cm). En ökning av den mikrobiella biomassan i de båda översta skikten (0–10 cm och 10–20 cm) kunde också noteras. Vidare menar Meurer *et al.* (2018) att det finns en korrelation mellan minimal bearbetning och en ökning av mullhalten på 0–30 cm djup och att djupare än så ser man ingen ökning av mullhalten. Hur olika bearbetningsmetoder påverkar koldioxidutsläpp i jorden har visats i en studie av Buragienė *et al.* (2019) från Litauen. Resultaten visar att höstplöjning ger högre emissioner av koldioxid till atmosfären, där minskad porositet i marken minskade respirationen på djupare mark (10–20 cm) som en följd av minskad tillgänglighet på syre.

Barman *et al.* (2016) menar att mykorrhizasymbiosen påverkas negativt av all form av jordbearbetning då ingreppet i jorden sliter sönder svamparnas hyfer och bryter kontakten med grödans rötter. Detta har en direkt negativ påverkan på grödans näringstillförsel och räckvidd i jorden. Det har även visat sig att gödsling påverkar förekomsten av mykorrhiza negativt vilket antas bero på att grödan blir mindre beroende av näringen från symbiosen då dess behov tillgodoses med den näring som gödslingen tillför (Dimitrova Mårtensson *et al.* 2020b). Den mikrobiella biomassan påverkas i stor utsträckning av platsspecifika faktorer som nederbörd och pH men det har även setts en ökad population vid lågintensivt brukade marker (Dimitrova Mårtensson *et al.* 2020a). Det mikrobiella samhället i marken formas även av vilken sorts jordbearbetning som utförs och vilka grödor som odlas. Exempelvis visade en studie av Babin *et al.* (2019) att det skapas olika populationer av mikroorganismer, med olika funktioner och strukturer, vid olika förfruktsgrödor. Enligt Bakker *et al.* (2018) kan grödans immunförsvar och dess rötter samarbetar vilket resulterar i att de tillsammans bygger upp en population av mikroorganismer i rhizosfären som skyddar plantan från patogener. När detta har skett en gång kan processen upprepas igen till nästa gång grödan växer där, precis som ett immunförsvar. Vidare menar Bakker *et al.* (2018) att denna kommunikation mellan grödan och den mikrobiella sammansättningen i rhizosfären även kan förekomma och vara till hjälp vid andra stressande faktorer som exempelvis torka.

2.5.1. Perenna odlingsystem

Perenna odlingsystem lämnar jorden orörd under längre tid jämfört med sedvanlig odling. I traditionell odling består en växtföljd av flera årliga grödor som i vissa fall

kombineras med vallodling beroende på gårdens inriktning. De flesta grödor som odlas som livsmedel är annueller vilket medför årliga störningar i markens processer när nya grödor etableras. The Land Institut har utvecklat det perenna vetegräset Kernza ur *Thinopyrum intermedium* som är besläktad med vete. Kernza har fördelar gentemot annuella sädesslag, exempelvis en djup rotutveckling. Dock är avkastningen avsevärt lägre i jämförelse med exempelvis vete, men den ökar i takt med att forskningen går framåt (The Land Institute 2021). En studie gjord av Sprunger *et al.* (2019) har jämfört Kernza med annuellt vete under fyra år och olika kvävebehandlingar. Studien visar att Kernza hade en högre andel stabilt kol i marken. Rötterna var även grövre samt utgjorde en större mängd (volymmässigt) och en dubbelt så hög C/N-kvot i jämförelse med ettårigt vete, som kan generaliseras till att vara en representant för produktionen av ettåriga spannmål. Resultatet visade även en större diversitet i den bakteriella populationen samt att den påverkades positivt av kvävegödsling de första åren medan den det sista året påverkades av plantan. Förväntningarna på perenn spannmål som Kernza är framförallt miljömässiga och jordförbättrande (Crews *et al.* 2016), vilket motiverar en studie av vad som sker i marken över tid då ett sådant bestånd bryts.

2.5.2. Conservation Agriculture

Conservation Agriculture (CA) har tre huvudprinciper:

1. Minimal bearbetning av jorden.
2. Arbeta med ständigt täckta jordar.
3. En diversitet inom växtföljden.

Dessa tre huvudprinciper kan i sin tur bidra till minskad erosion, ökad biologisk mångfald, förbättrad jordkvalitet och slutligen en ökad avkastning (ECAAF [European Conservation Agriculture Federation] 2021). En tumregel inom jordbearbetningen är att i huvudsak använda sig av direktsådd. I vissa fall görs en grundbearbetning, dock aldrig djupare än sådjupet (2–3 cm)¹. Däremot plöjs det aldrig, och det ska även lämnas 30 procent växtmaterial på ytan från tidigare gröda (ECAAF 2021). För att kunna arbeta med ständigt täckta jordar och en utökad diversitet i växtföljden är mellangrödor en viktig del. De odlas vanligen efter huvudgrödans säsong och avdödas antingen kemiskt eller mekaniskt innan en ny gröda etableras. En analys gjord av Poeplau & Don (2015) visar hur mellangrödor ökar inlagringen av organiskt kol i marken samtidigt som de även reducerar näringsläckage och erosion, ökar tillgängligheten av näring i marken samt reducerar mängden skadedjur.

¹ Martin Krokstorp, Lantbrukare, Krokstorps Gård, sms, 2021-04-28

3. Metod och Material

Studien har gjorts på två olika platser i Skåne under år 2020. Jordprover har samlats in med en jordborr på 0–25 cm djup, med undantag för provtagningen i augusti, då jorden var torr och hård, vilket endast tillät provtagning på 0–10 cm djup. Proverna togs på SITES (Swedish Infrastructure for Ecosystem Science) Lönnstorp försöksstation vid SLU i Alnarp (55.668156°N, 13.107962°E) och på Krokstorps Gård, strax utanför Helsingborg (56.033158°N, 12.793106°E). Tre provtagningar gjordes under samma datum (26 juni, 3 augusti och 25 september 2020) på båda gårdarna, och en extra provtagning gjordes på SITES Lönnstorp (26 oktober 2020). Dessa upprepade provtagningar motiverades av en vilja att fånga in förändringar över tid efter markbearbetningen på Lönnstorp och i odlingssystemens olika faser på båda platserna.

3.1 Lönnstorp

På SITES Lönnstorp togs proverna i försöket "Kernza Terminator". Kernza har odlats sedan 2013 på Lönnstorp (SLU [Sveriges lantbruksuniversitet] 2019). I försöket "Kernza Terminator" undersöktes under år 2020 grödans förfruktsvärde genom att rödbetor odlades på ett parti av Kernzaodlingen. Försöket delades upp i fyra block där varje block delades in i tre led. Inom dessa led har det gjorts olika jordbearbetningar under hösten 2019 samt under våren 2020 för att bryta beståndet (se *bilaga 1*). I denna studie togs jordprover från samtliga led i alla fyra blocken vilket resulterade i 12 jordprover per provtillfälle. Varje jordprov togs med hjälp av ett manuellt jordborr, som når 25 cm ner i jorden och har en diameter på 2,5 cm. För varje prov togs fyra borrhärnor. Varje jordprov sållades genom ett 2 mm nät för att kunna separera rötter och stenar från själva jordfraktionen. Alla analyser gjordes på de sållade jordproverna. Vid sållningen samlades det rotmaterialiet in för en bedömning av hur mycket rotbiomassa som finns i jordproverna. En korrekt provtagning för bestämning av rotbiomassa skulle krävt en annan provtagningsmetod. Tidpunkterna för provtagningen följde efter att beståndet av Kernza avslutats och under tiden som den efterföljande grödan, rödbeta, odlades på fältet.

Tabell 2. Beskrivning av ett försöksblock utav "Kernza Terminator" och de tre leden inom blocket, på försöksgården SITES Lönnstorp.

Led	Tidpunkt	Jordbearbetningsmetod	Såtidpunkt
VB	Höst 2019	Betesputs efter skörd.	Rödbetorna såddes under maj-jun månad.
	Vår 2020	Kultiverat (Carrier) på 7 till 10 cm djup samt harvat (falsk såbädd) under senare delen av april. Harvningen har upprepats efter hur högt ogrästrycket varit.	
HB	Höst 2019	Kultiverat (Carrier) på 5 cm djup och på 7 cm djup efter skörd.	Rödbetorna såddes under maj-juni månad.
	Vår 2020	Harvat falsk såbädd under senare delen av april. Harvningen har upprepats efter hur högt ogrästrycket varit.	
P*	Höst 2019	Plöjt efter skörd.	Rödbetorna såddes under maj-juni månad.
	Vår 2020	Harvat falsk såbädd under senare delen av april. Harvningen har upprepats efter hur högt ogrästrycket varit.	

*) Led C fungerar som försökets kontroll-led då plöjning antas vara det vanliga sättet att bryta en perenn gröda som Kernza.

Jordtyp, nederbörd och temperatur

Tabell 3. Beskrivning av jordtyp, nederbörd och temperatur på försöksgården SITE Lönnstorp, år 2020.

Jordtyp	Nederbörd	Medeltemperatur
Moränlättilera	Odlingssäsongen mars till november: 387 mm.	13°C
	Hela året: 633 mm.	

Lufttemperaturen var som högst i augusti med en medeltemperatur på 19°C (SMHI 2021).

3.1. Krokstorp

Krokstorps Gård arbetar med odlingssystemet Conservation Agriculture (CA) sedan år 2016. På gården har det utförts ett fältförsök med mellangrödor i kombination med två olika jordbearbetningsmetoder: plöjning och direktsådd. Försöket gjordes i ett samarbete med Hushållningssällskapet Skåne mellan åren 2019 och 2020. Den 15 augusti 2019 etablerades åtta olika blandningar av mellangrödor efter höstvetete. Etableringen skedde med en direktsåmaskin, på 25 cm radavstånd, dels efter plöjning och dels med direktsådd i höstvetetestubben. På våren 2020 glyfosatbehandlades mellangrödorna och den 31 mars såddes havre på hela försöksytan (Hansson 2021). Försöket bestod av tio led som upprepats i tre block (se *bilaga 2*). Jordprover har tagits i tre utav leden i ett av blocken, både i delen som plöjts och delen som direktsåts. Detta resulterade i sex jordprover per provtillfälle. Nedan presenteras de tre led som ingår i denna studie, som tillhör block ett. Provtagningen gjordes som beskrivs för Lönnstorp. I jordproverna från Krokstorp återfanns en hel del växtmaterial som kunde plockas ihop vid sållningen. Växtmaterialet bestod inte bara av rötter, utan också av nedbrukad biomassa från grödan. Därför kommer samlingsnamnet växtmaterial att användas vidare i resultatdelen för proverna från Krokstorp. Tidpunkterna för provtagningen följde efter att mellangrödorna avdödats (med glyfosat) och under tiden som den efterföljande huvudgrödan, havre, odlades på fältet.

Tabell 4. Beskrivning av leden som ingår i studien, tillhörande block ett i mellangrödeförsöket på Krokstorps Gård.

Led	Provnamn (i rådata)	Metod	Mellangröda	Utsädes- mängd/ha
1	KT 1	Plöjt	Obehandlat	
	KT 2	Direktsått		
6	KT 3	Plöjt	Svenska Foder Blandning 1*	30 kg
	KT 4	Direktsått		
3	KT 5	Plöjt	Gödslad oljerättika **	20 kg + 75 kg
	KT 6	Direktsått		

*) Blandningen bestod av westerwoldiskt/eng. rajgräs, perserklöver, bovete, honungsört, luddvicker och blodklöver.

**) Oljerättikan gödslades med 40 kg N på hösten (NS 27–4).

Tabell 5. Jordprovnamnens benämning i diagrammen över Krokstorps Gård.

Provnamn	Diagram över metod	Provnamn	Diagram över mellangröda
KT 1, KT 3 och KT 5	Plöjt	KT 1 och KT 2	Utan M-G
KT 2, KT 4 och KT 6	Direktsått	KT 3 och KT 4	Sv. Foder
		KT 5 och KT 6	Oljerättika

Jordtyp, nederbörd och temperatur

Tabell 6. Beskrivning av jordtyp, nederbörd och temperatur på Krokstorps Gård, år 2020.

Jordtyp	Nederbörd	Medeltemperatur
Morän lättlera.	Odlingssäsongen mars–	12, 4° C
Lerhalt 12–15 % Måttlig mullhalt ² .	november: 353 mm	
	Hela året: 591 mm	

Lufttemperaturen var som högst i augusti med en medeltemperatur på 19,2°C (SMHI 2021).

3.2. Analyser

3.2.1. Mullhalt och vattenhalt

Jordproverna siktades genom en 2 mm sikt och rotmaterialet samlades in. Jordens vattenhalt mättes genom att jord vägdes upp i deglar som sattes i värmeskåp (105°C) i ett dygn. Sedan vägdes de igen och vattenhalten beräknades, enligt *ekvation 1a*. Därefter mättes mullhalten genom att deglarna sattes in i en muffelugn på 350°C under tre timmar där andelen organiskt material brändes bort och efter vägning kunde beräknas, enligt *ekvation 1b*. Resultatet av denna metod kan skilja sig beroende på vilken temperatur som används i ugnen. I en studie gjord av Hoogsteen *et al.* (2015) utreds hur metoden glödförlust ska tillämpas och innehåller bland annat en rekommendation att använda sig av 550°C under tre timmar. De menar att om man använder sig av lägre grader, som gjorts i denna studie (350°C), kan en fullständig förlust av det organiska materialet inte garanteras. Vidare rekommenderar studien av Hoogsteen *et al.* (2015) att korrelera för lerhalten i jorden, vilket gjorts i denna studie. Det görs med ett korrektionstal som varierar beroende på jordart och räknar bort det vatten som bundits hårt i lerpartiklarna för att få ett mer korrektvärde på mullhalten (Ekström 1927). I denna studie användes 1 och 1,5 som korrektionstal för Lönnstorp respektive Krokstorp, och räknas ut i det sista steget i

² Martin Krokstorp, Lantbrukare, Krokstorps Gård, sms 2021-03-22

ekvation 1b. Rotmaterialet tvättades och torkades i värmeskåp på 65°C under 24 timmar varpå rotbiomassan i mg kunde bestämmas.

Ekvation 1a.

$$\text{Vattenhalt (\%)} = \frac{(\text{vikt färsk jord [g]} - \text{vikt torr jord [g]})}{\text{vikt färsk jord [g]}}$$

Ekvation 1b.

$$\text{Mullhalt (\%)} = \frac{(\text{vikt torkad jord [g]} - \text{vikt bränd jord [g]})}{\text{vikt torkad jord [g]}} - \text{korrektionstal}$$

3.2.2. Mikrobiell respiration

Den mikrobiella respirationen i proverna mättes med ett kommersiellt test (Solvita CO₂-burst kit, [Solvita®], USA). 30 ml färsk jord placerades i burkar och 10 ml vatten tillsattes. En mätsticka placerades i varje burk. Därefter förslöts burkarna och placerades mörkt i rumstemperatur under 24 timmar (Solvita 2021).

På stickan finns det en gel som är känsligt för specifika gasformiga molekyler och som ändrar färg i proportion till deras koncentration. Färgen på stickorna läses av digitalt (Digital Color Reader, [Solvita®], USA). Avläsaren visar två värden, Solvitas eget färgnummer som är baserat på gelet och CO₂-C ppm mg/l (Solvita 2021). Bulkdensiteten användes för att räkna om värdena från den digitala avläsaren till respirationen uttryckt i CO₂-C ppm mg/kg, enligt *ekvation 2*, (förklaring av enheten ppm, se *bilaga 3a* och förklaring av Solvitas testgel se *bilaga 3b*), samt (redovisning av rådata för Lönnstorp och Krokstorp, se *bilaga 4a* och *b*).

Ekvation 2.

$$\begin{aligned} \text{Respiration (CO}_2\text{ - C ppm mg/kg/dygn)} \\ = \frac{\text{avläst värde (CO}_2\text{ - C ppm } \frac{\text{mg}}{\text{l}} / 24 \text{ h)}}{\text{bulkdensiteten (} \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}\text{)}} \end{aligned}$$

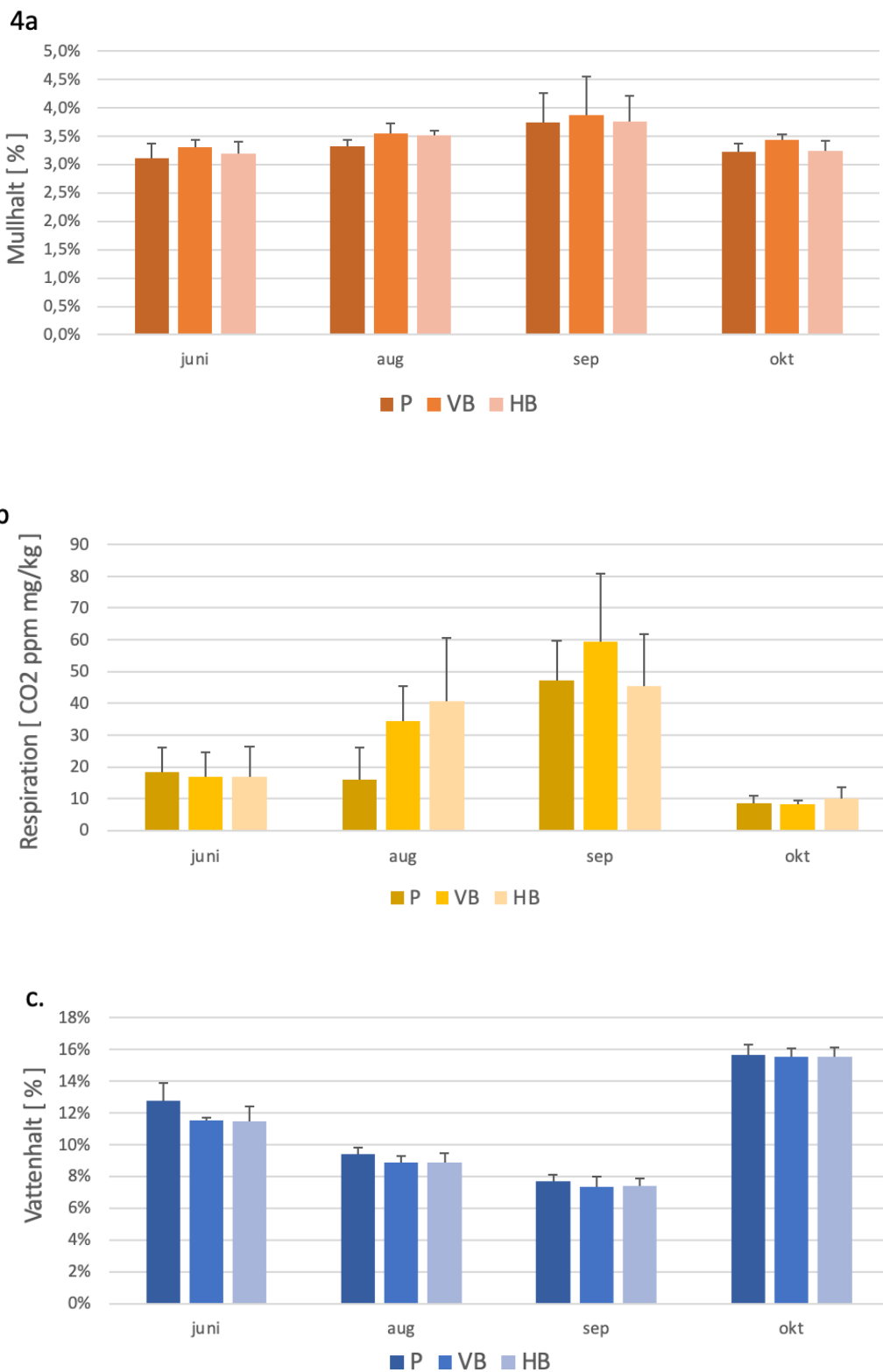
3.2.3. Statistisk analys

Variansanalys (ANOVA) användes för att testa skillnaderna i mullhalt, respiration och vattenhalt mellan de olika behandlingarna, det vill säga för de olika markbearbetningsmetoderna på Lönnstorp och för leden med och utan mellangrödor på Krokstorp. Dessutom analyserades provtagningstidpunkten som en faktor. För markbearbetningsmetoderna på Krokstorp användes t-test. Korrelationstester i form av icke-parametriskt test (Spearman's rho) utfördes för att undersöka sambanden mellan mullhalt, respiration och vattenhalt på båda platserna. Icke-parametriskt test valdes då data inte uppfyllde kravet för normalfördelning. För samtliga analyser har SPSS (IBM Statistics 2.0) använts.

4. Resultat

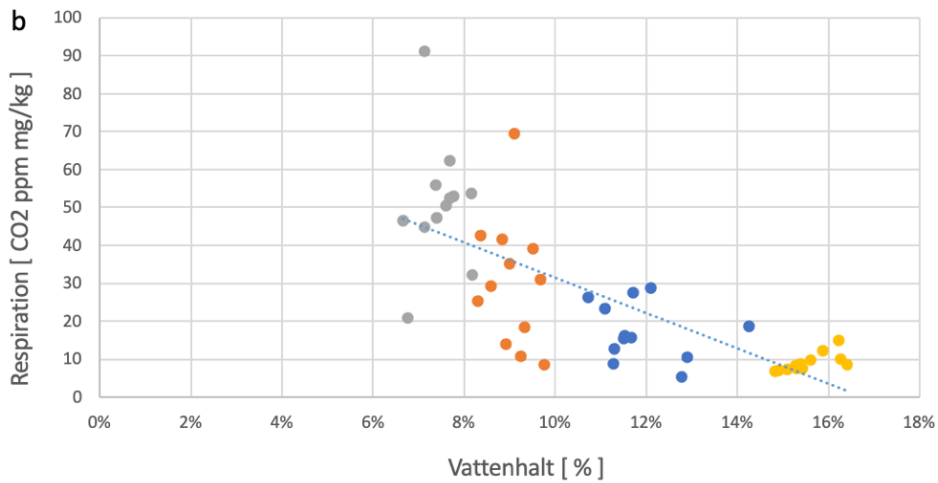
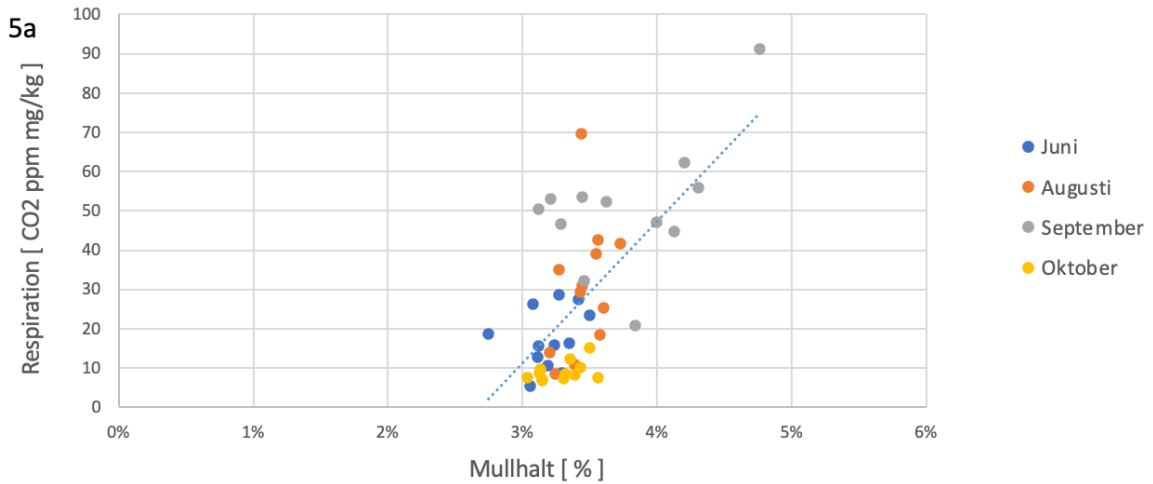
4.1. Lönnstorp

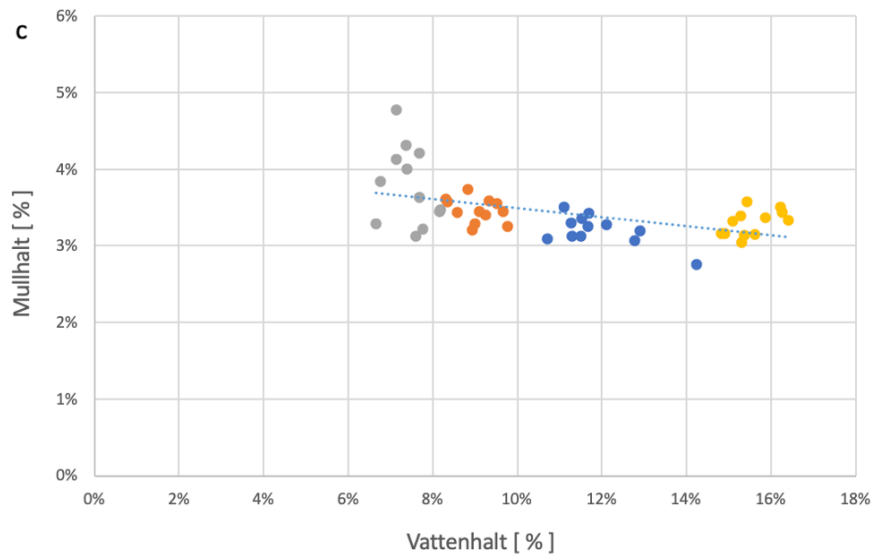
Resultaten visade signifikanta skillnader mellan de olika metoderna att bryta beståndet av perennt vetegräs med avseende på vattenhalten ($F = 3,75$ ($df = 2$) $p = 0,034$; *figur 4c*). Vattenhalten var högst i det på hösten plöjda ledet (P) och lägst i det vårbearbetade ledet (VB). Inga andra parametrar visade någon signifikant skillnad. Däremot visade sig provtagningstidpunkten viktig genom en signifikant högre mullhalt i september i jämförelse med i juni och oktober ($F = 8,15$ ($df = 3$) $p < 0,001$; *figur 4a*), medan mullhalten i augusti inte skilde sig från någon av de andra tidpunkterna. Respirationen var högst i september, näst högst i augusti och lägst i oktober ($F = 28,2$ ($df = 3$) $p < 0,001$; *figur 4b*), medan respirationen i juni inte skilde sig varken från i augusti eller oktober. Vattenhalten var högst i oktober, näst högst i juni, lägst i september och näst lägst i augusti ($F = 374$ ($df = 3$) $p < 0,001$; *figur 4c*).



Figur 4. Mullhalten (a), respirationen (b) och vattenhalten (c) från det plöjda (P), vårkultiverade (VB) och höstkultiverade (HB) leden i försöket på Lönnstorp vid provtagningstidpunkterna juni, augusti, september och oktober. Jordprover har samlats in med en jordborr på 0–25 cm djup, med undantag för provtagningen i augusti, då jorden var torr och hård, vilket endast tillät provtagning på 0–10 cm djup.

Resultaten visade en starkt positiv korrelation mellan respirationen och mullhalten ($\rho = 0,531$ ($N = 48$) $p < 0,001$; *figur 5a*). Resultaten visade också att både mullhalten ($\rho = -0,498$ ($N = 48$) $p < 0,001$; *figur 5c*) och respirationen ($\rho = -0,804$ ($N = 48$) $p < 0,001$; *figur 5b*) var starkt negativt korrelerade med vattenhalten (se *bilaga 5a* för redovisning av underlag till diagrammen).





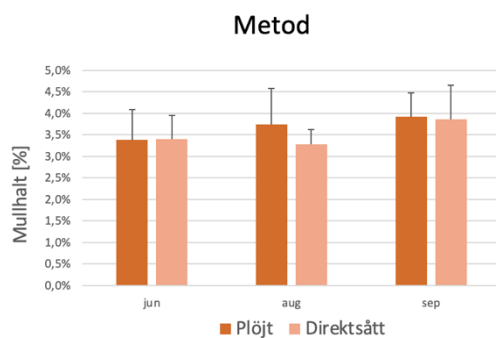
Figur 5 a-c. Korrelationerna mellan respiration och mullhalt (5a), respiration och vattenhalt (5b) samt mullhalt och vattenhalt (5c), från provtagningarna i juni, augusti, september och oktober på Lönnstorp. Jordprover har samlats in med en jordborr på 0–25 cm djup, med undantag för provtagningen i augusti, då jorden var torr och hård, vilket endast tillät provtagning på 0–10 cm djup.

4.2. Krokstorp

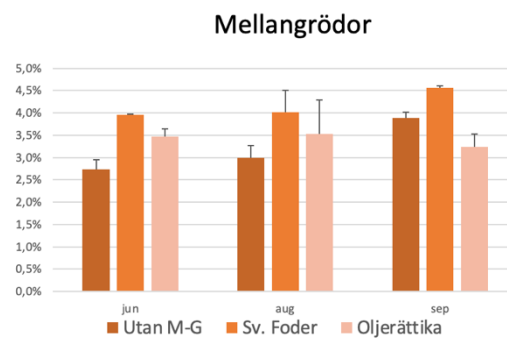
Resultatet visade ingen signifikant skillnad mellan de båda odlingsmetoderna för de flesta parametrarna. Däremot uppmättes signifikant högre mullhalt i mellangrödan 'Svenska Foder' (F = 13,3 (df = 2) p = 0,002; figur 6b) än i ledet med oljerättika och ledet utan mellangröda.

Även på Krokstorp hade provtagningstidpunkten stor betydelse där bland annat en stark tendens till högre respiration i juni än i september visades (F = 4,13 (df = 2) p = 0,053; figur 7a och b), medan respirationen i augusti inte skilde sig från de båda andra. Resultaten visade även en tendens till högre mullhalt i september (F = 3,53 (df = 2) p = 0,074; figur 6a och b), något lägre i augusti och lägst i juni. Mängden växtmaterial var signifikant högre i september än i juni och augusti (F = 9,77 (df = 2) p = 0,006; figur 8a och b). Även vattenhalten visade en signifikant skillnad (F = 11,9 (df = 2) p = 0,003; figur 9a och b), där den var som högst i september och lägst i juni.

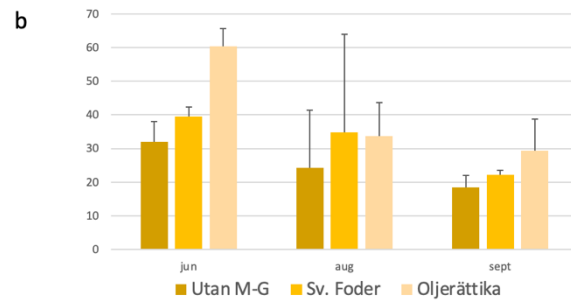
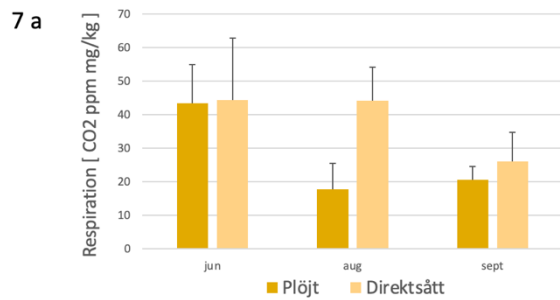
6 a



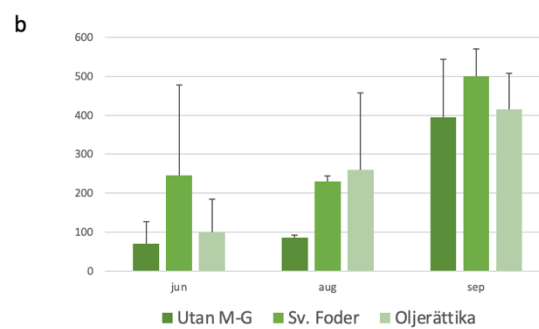
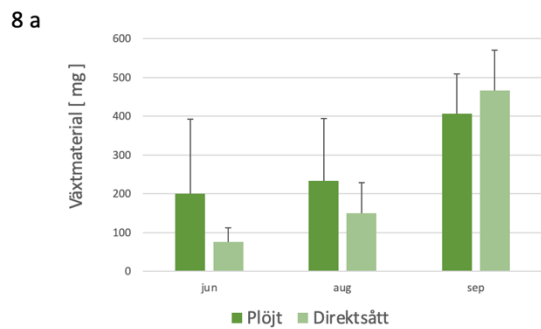
b



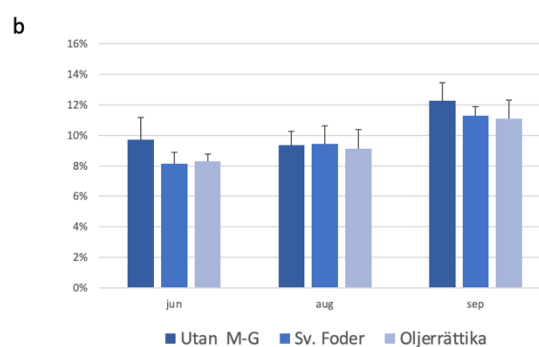
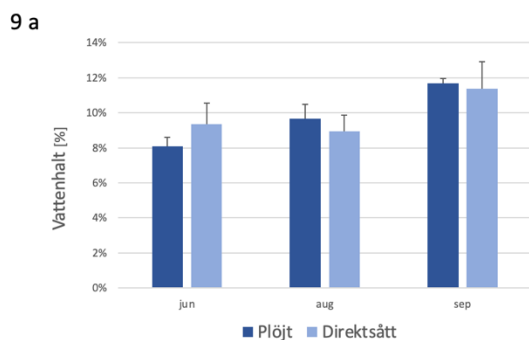
Figur 6a-b. Mullhalten från de plöjda och direktsådda leden (a) samt leden; utan M-G, Sv. Foder och oljerättika (b). Från provtagningarna i juni, augusti och september på Krokstorp. Jordprover har samlats in med en jordborr på 0–25 cm djup, med undantag för provtagningen i augusti, då jorden var torr och hård, vilket endast tillät provtagning på 0–10 cm djup.



Figur 7a-b. Respirationen från de plöjda och direktsådda leden (a) samt leden; utan M-G, Sv. Foder och oljerättika (b). Från provtagningarna i juni, augusti och september på Krokstorp. Jordprover har samlats in med en jordborr på 0–25 cm djup, med undantag för provtagningen i augusti, då jorden var torr och hård, vilket endast tillät provtagning på 0–10 cm djup.



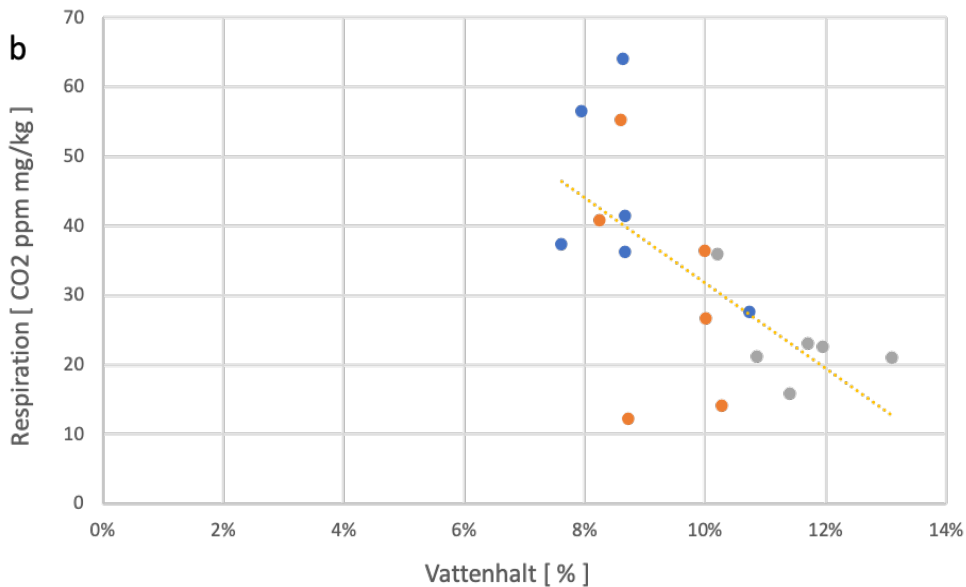
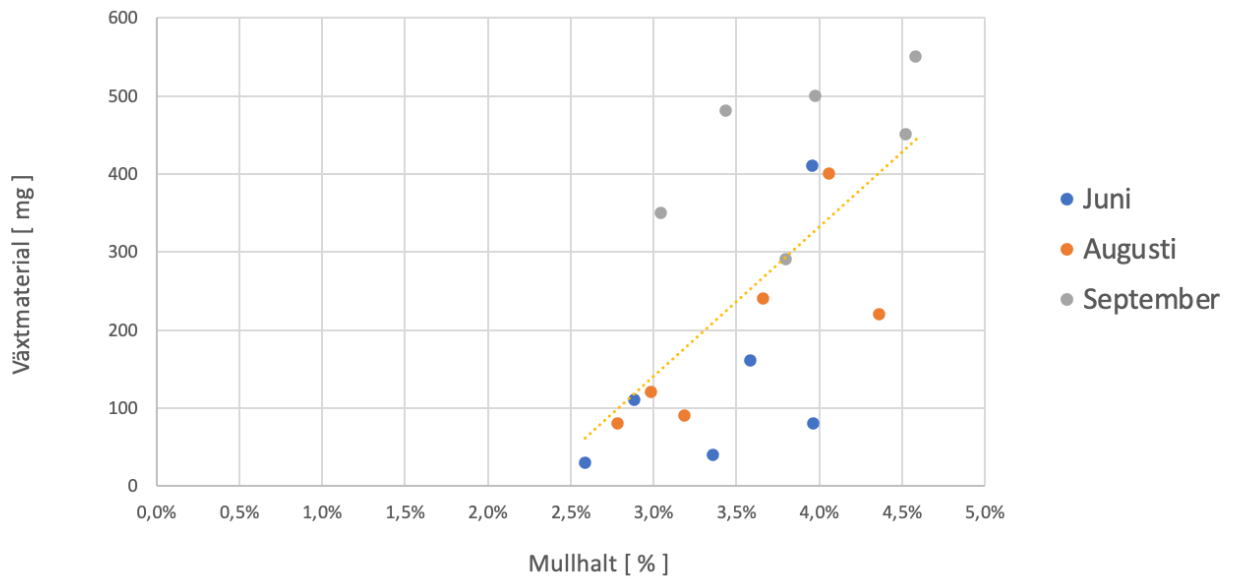
Figur 8a-b. Växtmaterialet från de plöjda och direktsådda leden (a) samt leden; utan M-G, Sv. Foder och oljerättika (b). Från provtagningarna i juni, augusti och september på Krokstorp. Jordprover har samlats in med en jordborr på 0–25 cm djup, med undantag för provtagningen i augusti, då jorden var torr och hård, vilket endast tillät provtagning på 0–10 cm djup.

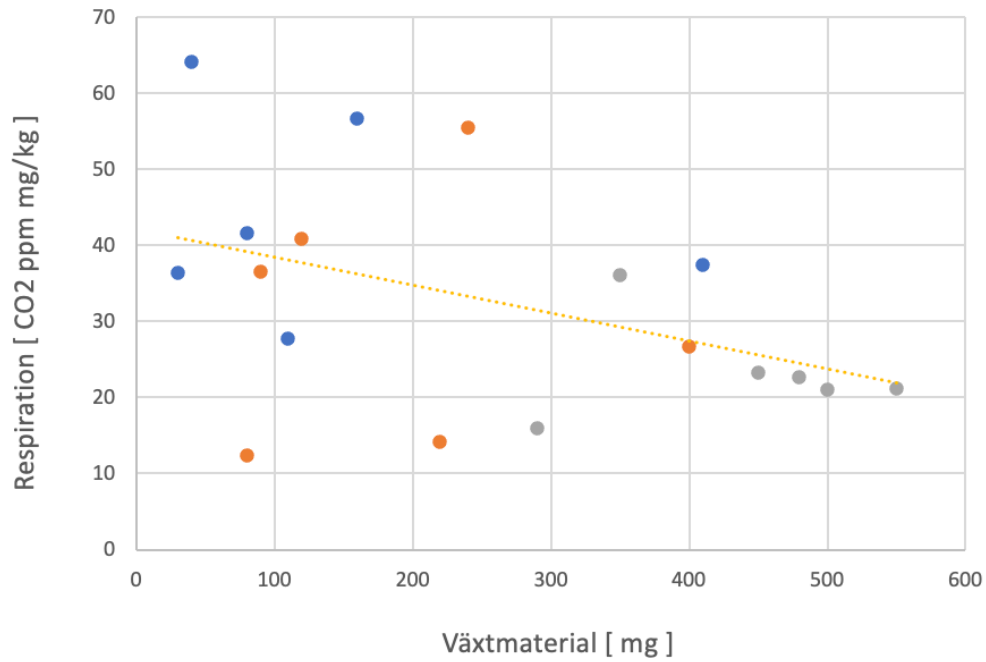


Figur 9a-b. Vattenhalt från de plöjda och direktsådda leden (a) samt leden; utan M-G, Sv. Foder och oljerättika (b). Från provtagningarna i juni, augusti och september på Krokstorp. Jordprover har samlats in med en jordborr på 0–25 cm djup, med undantag för provtagningen i augusti, då jorden var torr och hård, vilket endast tillät provtagning på 0–10 cm djup.

Resultaten visade att mullhalten var positivt korrelerad med mängden växtmaterial ($\rho = 0,669$ ($N = 18$) $p = 0,002$; *figur 10a*), och att respirationen var negativt korrelerad med vattenhalten ($\rho = -0,748$ ($N = 18$) $p = 0,001$; *figur 10b*). Vi såg även att respirationen visade en tendens till negativ korrelation med växtmaterialet ($\rho = -0,408$ ($N = 18$) $p = 0,093$; *figur 10c*) (se *bilaga 5b* för redovisning av underlag till diagrammen).

10 a



C

Figur 10a-c. Korrelationerna mellan växtmaterial och mullhalt (10a), respiration och vattenhalt (10b) samt respiration och växtmaterial (10c), från provtagningarna i juni, augusti och september på Krokstorp. Jordprover har samlats in med en jordborr på 0–25 cm djup, med undantag för provtagningen i augusti, då jorden var torr och hård, vilket endast tillät provtagning på 0–10 cm djup.

5. Diskussion

5.1. Markbearbetning

I odlingsystem med perenna växter förväntas en högre mullhalt, som ett resultat av att rotbiomassan bidrar till att det organiska materialet i marken ökar över tid. Börjesson *et al.* (2018) har jämfört vall- och spannmålsdominerade växtföljder sedan början av 1980-talet. De visade att det organiska kolet framförallt kom ifrån vallens rotbiomassa. Kol som lagrades in genom rotbiomassan stod för 1.7–2.5 Mg C ha⁻¹ i den valldominerade växtföljden och 0.25 – 1 Mg C ha⁻¹ i den spannmålsdominerade växtföljden. I fallet med Kernza i denna studie, antogs det att andelen mull ökat i marken då grödan haft ett halvt decennium på sig att utveckla sin rotbiomassa. Detta har stärkts av Sprunger *et al.* (2019) som i en jämförelse med annuellt vete påvisade att Kernza skapade en högre andel stabilt kol i marken efter tre år. Denna bakgrund ledde till frågan om vad som sker med mullhalten vid den bearbetning av marken som gjorts för att bryta Kernzabeståndet utan att använda kemiska bekämpningsmedel. När en flerårig gröda avslutas, så är det bra att behålla mullhalten så att den kommer till nytta för de grödor som kommer sedan. Denna studie visade att när ett bestånd med perenna grödor bryts spelar jordbearbetningsmetoden ingen roll för de uppmätta parametrarna.

Reducerad markbearbetning har vid flera tillfällen visats leda till en högre mullhalt och ökad bördighet (Krauss *et al.* 2020; Meurer *et al.* 2018; Haddaway *et al.* 2017). I studien gjord av Krauss *et al.* (2020), syntes en ökning av mullhalten, i de reducerade jordbearbetade leden, direkt efter att jordbearbetningsmetoden ändrats från plöjning till reducerad jordbearbetning. Ökningen började plana ut efter cirka tio år och fram till att försöket avslutades, efter 15 år. Dock så undersökte Krauss *et al.* (2020) två olika gödselmedel i kombination med jordbearbetningsmetoderna, vilka kan antas ha varit med och påverkat en ökning av mullhalten. Denna studie visade att reducerad markbearbetning/direktsådd inte leder till en ökad mullhalt efter några få års tillämpning. Det organiska kolet djupare ner i markprofilen studerades inte, och inte heller de mera stabila fraktionerna av kol. Proverna togs i de övre 0–25 cm i marken utan att delas upp i delprover. Om det gjorts, hade kanske en skillnad kunnat ses i de nedre djupen. Det kanske kan ha hamnat mer växtmaterial i de översta, obearbetade leden (direktsådd på

Krokstorp) respektive mera ytligt bearbetade leden (kultivering på Lönnstorp), jämfört med i de plöjda leden, där växtmaterial bör ha fördelats över ett större djup. Vidare kan metoden (glödningsförlust) vara ett alltför grovt mått för att detektera en förändrad mullhalt i marken. Ett exempel är att den sållade jorden kan innehålla en del finrötter på grund av att dessa rötter tagit sig igenom de 2 mm stora maskorna i sållen. Dessa finrötter kan i sin tur ha påverkat den uppmätta mullhalten. En annan möjlig förklaring till att mullhalten inte skiljer sig signifikant mellan metoderna på de båda platserna kan än en gång vara den korta tid som provtagningen ägde rum under kombination med den korta tid som försöket pågick. Enligt Fogelfors (2015) sker organiska förändringarna i marken långsamt och beror på varje enskild plats förutsättningar. I en metaanalys av Haddaway *et al.* (2017), där de tittat på och analyserat data från flera tidigare vetenskapliga artiklar, ser de att minskad eller ingen plöjning ökar mängden kol i de översta 0–30 cm i marken över en 10-årsperiod eller mer, och de drar slutsatsen att det är en ökning av det organiska materialet det handlar om. Det vore därför intressant om provtagningen startats vid etableringen av den perenna grödan eller/och mellangrödor för att följa utvecklingen därifrån. I fallet med Kernza, så jämfördes inte detta försök med det fortsatta Kernzabeståndet och inte heller med jorden i ett odlingsystem med ettåriga grödor. Sådana aspekter skulle gett oss en bättre bild av vad grödan kan bidra med, för både produktivitet och kolinlagring.

I denna studie ger inte heller respirationen något utslag på markbearbetningsmetoderna. En studie av Buragienė *et al.* (2019) från Litauen visar att markbearbetning på hösten ger ökade emissioner av koldioxid till atmosfären direkt efter ingreppet. Mätningarna gjordes endast före och efter bearbetning, så det går inte att säga något om detta över tid efter bearbetning. De upprepade mätningar som gjorts i denna studie visar troligen inte någon trend efter bearbetning, utan snarare variation med årstidernas och vädrets växlingar. Samma studie visar att minskad porositet minskade respirationen på djupare mark (10–20 cm), vilket antogs bero på minskad tillgänglighet av syre. Detta kan även bli effekten vid markpackning menar Shah *et al.* (2017) då en reducering av markens porositet sker vid markpackning. Framförallt påverkas makroporerna negativt vilket även påverkar jordens vattenhållande förmåga och grödans rottillväxt. Den positiva korrelationen mellan respiration och mullhalt på Lönnstorp kan indikera på en högre porositet och/eller bättre gasutbyte i marken där mullhalten är högre. Studien av Tian *et al.* (2019) visar på att en ökning av den mikrobiella biomassen i sin tur ökar jordens innehåll av porer. Vidare kan den positiva korrelationen mellan respiration och mullhalt på Lönnstorp indikera på en bättre habitatkvalitet för mikroorganismerna, som avspeglas i deras aktivitet (Fogelfors 2015), uppskattad genom respirationsmätningen, och därmed en högre bördighet i marken (Eriksson *et al.* 2011).

Däremot fanns en signifikant skillnad mellan metoderna med avseende på vattenhalt. Vattenhalten i det övre jordlagret förändras sig snabbt med nederbörd och temperatur, samt storleken på porerna i jorden (Magdoff & Van Es 2009) och är därför ett svårtolkat mått i relation till markens organismer och deras aktivitet. Den negativa korrelationen

mellan vattenhalten och mullhalten gör det svårt att argumentera för att den högre vattenhalten skulle indikera på en högre vattenhållande förmåga i det höstplöjda ledet på Lönnstorp. En högre vattenhållande förmåga bör komma från en högre mullhalt när jorden på samma plats annars bör ha samma egenskaper, men den skulle i och för sig också kunna komma från en förbättrad aggregatstruktur.

5.2. Mellangrödor

Studien visar att valet av mellangröda spelar en större roll för mullhalten än vad jordbearbetningsmetoden gör. I leden med mellangrödan `Svenska Foder`, som innehåller en rad olika grässorter, örter och baljväxter som samodlas, finner vi en högre mullhalt i försöket på Krokstorp. Mullen utgör en viktig resurs för mikroorganismer, både som närings- och energiresurs, och för att skapa goda habitat, då vi kan utgå från att mullen bidrar till att skapa porer och de nödvändiga förutsättningar de erbjuder mikroorganismerna (Fogelfors 2015). Porerne i marken är viktiga för flödet av luft och vatten (Magdoff & Van Es 2009), men spelar även en viktig roll för markorganismernas habitat exempelvis då vissa enbart lever i de luftfyllda porerna medan andra enbart lever i de vattenfyllda (Fogelfors 2015). Anledningen till att mellangrödan Svenska `Foder` visar en högre mullhalt än ledet med oljerättika och ledet utan mellangröda kan bero på den diversifierade fröblandningen. Babin *et al.* (2019) beskriver i sin studie hur organismerna i marken utvecklas utefter vilken jordbearbetning som utförs samt att olika förfruktsgrödor påverkar organismernas olika funktioner och strukturer. Vidare menar Magdoff & Van Es (2009) att låg diversitet bland grödorna kan vara begränsande i de processer som stabiliserar det organiska materialet eftersom diversiteten bland grödorna påverkar diversiteten hos markorganismerna. Både markorganismerna och grödans växtrester utgör en del av det organiska materialet som i sin tur bildar mull (Magdoff & Van Es 2009). I relation till denna studie, där mellangrödan Svenska Foder innehåller både gräs, örter och baljväxter, kan man anta att kolet är bundet i olika kolföreningar där vissa är mer lättnedbrytbara än andra (Eriksson *et al.* 2011). Effekterna detekteras i den efterföljande huvudgrödan, havre, som etablerades på våren 2020. Det kan tänkas att huvudgrödan själv har bidragit ytterligare till den högre mullhalten som setts. Mellangrödeförsöket på Krokstorp pågick under ett år, vilket anses för kort tid för att kunna tydliggöra att endast `Svenska Foder` blandningen bidrar till en högre mullhalt då förändringar i marken går långsamt (Fogelfors 2015).

En annan aspekt kan vara att mellangrödan `Svenska Foder` skiljer sig i växtsätt från mellangrödan oljerättika och att dessa grödor utnyttjat fotosyntesen olika. I denna argumentation kan man då anse att oljerättika med sina stora blad och till synes större chans till fotosyntetiserande borde bidra till en högre mullhalt och eftersom den, när den avdödas, utgör en större andel biomassa i form av organiskt material. En förklaring kan vara att oljerättikan haft svårt att tillfullo utnyttja fotosyntesen om förutsättningarna för

dess tillväxt påverkats under vintern 2020–2021 och därför inte haft lika mycket biomassa men att då en diversifierad blandning (som Svenska Foder) klarar sig bättre mot faktorer som klimat. Den tendens till högre respiration i ledet med oljerättika, som ses i juni, kan ge en indikation på att oljerättika upprätthåller en god mikrobiell aktivitet i marken och potentiellt bidrar till just de resurser som mikroorganismerna behöver. Aktiviteten som sker runt levande rötter (i och runt rhizosfären) anses skapa den största mikrobiella aktiviteten i jorden (Weil & Brady 2017). Vidare kan denna svagt högre respiration ha lett till att använda upp en del av det organiska material som annars förväntats kunna ses i resultaten. Den högre mängden växtmaterial under hösten, då även havren som odlas på försöket har utvecklat sin rotbiomassa och skördats, förväntas påverka rhizosfären genom att rotxudater i rhizosfären ökar tillgången på näring för mikroberna och på så vis även dess aktivitet (Magdoff & Van Es 2009). Detta kunde inte detekteras genom respirationsmätningen. Frånvaron av signifikanta resultat för mellangrödorna kan även här bero på att processerna i marken tar lång tid och att försöken behöver följas under längre tid för att kunna visa signifikanta och realistiska svar.

5.3. Provtagningstidpunkt

Denna studie visar att både när ett bestånd med perenna grödor bryts eller när reducerad markbearbetning tillämpas i ett odlingssystem, så spelar provtagningstidpunkten en större roll på de uppmätta parametrarna än själva jordbearbetningsmetoden. I fallet då endast de översta 0–10 cm provtogs, kan frånvaron av statistiskt signifikanta skillnader mellan behandlingar skyllas på att alla leden på Lönnstorp, men inte på Krogstorp, utsatts för bearbetning. För övriga provtagningar har jorden provtagits ned till 25 cm djup, vilket är djupare än den ytliga bearbetningen och hade kunnat uppvisa skillnader, särskilt om jordproverna delats upp i delprover för olika djup, så att till exempel det nedersta djupet visat detekterbara skillnader.

Skillnaden i vattenhalt är synbart större än mellan behandlingarna. Denna skillnad följer årstidernas förutsättningar med högre nederbörd och lägre avdunstning under hösten jämfört med under sommarmånaderna. För försöket med markbearbetningsmetoder för att bryta beståndet med perenn gröda, förväntades mullhalten minska över tid, då markbearbetningen förväntades sätta fart på respirationen. Den högre mullhalten i september (i jämförelse med juni och oktober) kan bero på att de rödbetor som odlades på platsen bidragit till det organiska materialet under sin växttid och därför suddat ut effekterna av att bara avsluta den fleråriga grödan. Exempelvis kan rödbetans rottillväxt varit en av anledningarna. En studie av Fageria & Moreira (2011), menar att en grödas rötter, med dess funktion i form av näringsupptag, omsättning av näring och tillväxt, även bidrar till en ökad andel organiskt material. Studien visar också att respirationen följer mullhalten, vilket ytterligare indikerar på en god tillgång på nedbrytbart material för mikroberna. På Krogstorp visade sig respirationen vara som högst i juni och inte i

september då tendens till högre mullhalt visades. Under juni månad växte det havre på försöksplatsen och det kan antas att havrens rötter stimulerat den biologiska aktiviteten i marken. Coleman *et al.* (2018a) beskriver att rotexudat utsöndras i rhizosfären. Vidare menar Magdoff & Van Es (2009) att rotexudat fungerar som näring åt mikroorganismerna i rhizosfären, i form av döda rotceller och lätt nedbrytbara föreningar, och att det har inverkan på organismernas aktivitet. Den inverkan ökar i sin tur tillgänglig näring för grödans rötter då omsättningen frigör näring till rötterna. Högre mullhalt i september kan vara växtmaterial, från markbearbetningen av havrestubben, som har sluppit igenom sållningen vid analyseringen av mullhalten. Det visade sig även vara en högre andel växtmaterial i septemberprovtagningen vilket antagligen beror på samma anledning, markbearbetningen av havrestubben.

Eftersom respirationen visade negativ korrelation med vattenhalten på båda försöksplatserna och positiv korrelation med mullhalten på Lönnstorp, så kan slutsatsen dras att fuktig mark kan ha begränsat mikroorganismernas aktivitet på grund av brist på syre (Henriksson *et al.* 2015) samtidigt som den begränsats av födotillgång, dvs. tillgången på mull och framförallt lättnedbrytbart material.

5.4. Reflektioner kring etik och hållbarhet

I denna studie av odlings- och jordbearbetningsmetoder lyfts många biologiska och ekologiska aspekter fram. Dessa har stor potential att bidra till att skapa en större ekologisk hållbarhet i våra odlingssystem, om vi använder oss av dessa processer på ett gynnsamt sätt. Gynnsamt i detta sammanhang är metoder som ger en ökad bördighet, vilket är positivt för grödornas avkastning i både mängd och kvalitet. Det är i sin tur positivt för jordbrukarens inkomst. På så vis går ekologisk och ekonomisk hållbarhet hand i hand. Hållbarhetens sociala dimensioner är också en del av detta, eftersom val av odlingssystem har implikationer för jordbrukarens arbetsvillkor.

I odlingssystem som är välfungerande i både bördighet och i förmåga att hålla undan ogräs kan vi eventuellt se en minskad arbetsbörda för den enskilde jordbrukaren, vilket kan vara högst gynnsamt ur ett välfärdsperspektiv för såväl individen som samhället. Det kan även ses som en samhällsnytta att jordens motståndskraft ökar med ekologisk hållbarhet inom odlingssystemen och på så vis bättre kommer kunna stå emot de extrema väder som blir allt mer vanliga. Odlingssystem som upprätthåller eller ökar markens bördighet motverkar klimatförändringar genom ökad kolinlagring. Dessa odlingssystem innefattar ofta minimerad jordbearbetning vilket i sin tur kräver användning av bekämpningsmedel som bland annat kan innebära en minskad biologisk mångfald. I målkonflikter som dessa bör en avvägning göras mellan olika mål, både på gårds- eller företagsnivå och på samhällsnivå.

Det är även viktigt att skapa en medvetenhet hos konsumenterna då de i mångt och mycket styr marknaden. Medvetenhet och kunskap kan även hjälpa konsumenter att göra etiska överväganden inför sina konsumtionsval. Jordbruksmetoder som gynnar markorganismerna i jorden, med det slutliga målet att förbättra avkastningen och bevara systemets hållbarhet är en viktig målsättning både på nationell och internationell nivå. I länder där jordbruket för många är den enda inkomstkällan och sociala skyddsnät saknas är skörden avgörande för överlevnad. Det är även i dessa länder som degraderade jordar, ökenspridning och brist på vatten är vanligt förekommande. Det är viktigt att konsumenter, och länder, gör etiskt övervägda val för att inte bidra till skövling av skog eller utarmning av jordar genom sin konsumtion. Då krävs medvetenhet om produktens ursprung, samt en medvetenhet om vad marknadens efterfrågan bidrar till. Det är även viktigt att utveckla och förvalta kunskap inom ämnet för att hitta hållbara lösningar för livsmedelsproduktionen. En stor utmaning för forskningen som bedrivs inom ämnet idag är svårigheter att få projekt finansierade. I detta avseende kan det anses relevant att stödja forskning som fokuserar på odlingsförsök och komma fram till odlingsystem som leder till hållbara jordar för kommande generationer såväl som för pågående generation.

Genom mänsklig aktivitet påverkas framtidens jordar. Hållbart brukade jordar kan öka möjligheterna att producera livsmedel till en ökande befolkning och bidra med ökad diversitet i ekosystemen, en minskning av degraderade jordar och ökad tillgång till grundvatten. Precis som planetens olika sfärer påverkas av varandra påverkas människorna i biosfären av varandra.

6. Slutsats

Resultaten visade att tidpunkten för provtagning spelar stor roll för markorganismernas aktivitet. Vidare visade de också att odlingsåtgärder, i det här fallet val av mellangröda, spelar en roll för marken där en artblandning, 'Svenska Foder', bidrog till en högre mullhalt i jämförelse med både oljerättika och med ledet utan mellangröda. Därmed visar studien att val av mellangröda är viktig att ta hänsyn till i odlingsystemet. Resultaten visade också att respirationen var starkt negativt korrelerad med vattenhalten på båda försöksplatserna och starkt positivt korrelerad med mullhalten på Lönnstorp, vilket visar på betydelsen av livsmiljöns kvalitet för att kunna gynna mikroorganismerna som i sin tur eventuellt kan gynna odlingen genom att omsätta den näring som grödorna behöver. Bearbetningsmetoder förväntas påverka markens aktiviteter, men slutsatsen dras vid att försök och system behöver testas över längre tidsperioder än vad som täcks in här. Även andra provtagnings- och analysmetoder bör användas. Förslagsvis genom att ta djupare jordprover och dela upp dem i delprover för att lättare kunna se skillnader. Använda sig av 550°C vid glödningsmomentet och analysera rotbiomassan på ett korrekt sätt. Även inkludera mineraliserat kväve i studien, för att få ytterligare en parameter som hjälp i undersökningen av markorganismernas aktivitet och markens mullhalt i odlingsystem och markbearbetningssystem.

7. Referenser

- Babin, D., Deubel, A., Jacquiod, S., Sørensen, S.J., Geistlinger, J., Grosch, R. & Smalla, K. (2019). Impact of long-term agricultural management practices on soil prokaryotic communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 129, 17-28. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.11.002>
- Bakker, P.A., Pieterse, C.M., de Jonge, R. & Berendsen, R.L. (2018). The soil-borne legacy. *Cell*, 172(6), 1178-1180. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.02.024>
- Barman, J., Samanta, A., Saha, B. & Datta, S. (2016). Mycorrhiza. *Resonance*, 21(12), 1093-1104. <https://doi.org/10.1007/s12045-016-0421-6>
- Brevik, E.C. (2012). Soils and climate change: gas fluxes and soil processes. *Soil Horizons*, 53(4), 12-23. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2136/sh12-04-0012>
- Buragienė, S., Šarauskis, E., Romaneckas, K., Adamavičienė, A., Kriaučiūnienė, Z., Avižienytė, D., Marozas, V. & Naujokienė, V. (2019). Relationship between CO₂ emissions and soil properties of differently tilled soils. *Science of The Total Environment*, 662, 786-795. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.236>
- Börjesson, G., Bolinder, M.A., Kirchmann, H. & Kätterer, T. (2018). Organic carbon stocks in topsoil and subsoil in long-term ley and cereal monoculture rotations. *Biology and Fertility of soils*, 54(4), 549-558. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/s00374-018-1281-x>
- CHSR [Center for Hazardous Substance Research] (2006). *Understanding units of measurement*. <https://cfpub.epa.gov/ncer/abstracts/index.cfm/fuseaction/display.files/fileid/14285> [2021-05-14]

- Coleman, D.C., Callaham, M.A. & Crossley, D.A. (2018a). Chapter 2 - Primary Production Processes in Soils: Roots and Rhizosphere Associates. I: Coleman, D.C., Callaham, M.A. & Crossley, D.A. (red.) *Fundamentals of Soil Ecology (Third Edition)*. Academic Press. 21-45. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805251-8.00002-8>
- Coleman, D.C., Callaham, M.A. & Crossley, D.A. (2018b). Chapter 5 - Decomposition and Nutrient Cycling. I: Coleman, D.C., Callaham, M.A. & Crossley, D.A. (red.) *Fundamentals of Soil Ecology (Third Edition)*. Academic Press. 173-211. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805251-8.00005-3>
- Coleman, D.C. & Wall, D.H. (2015). Soil fauna: occurrence, biodiversity, and roles in ecosystem function. I: Paul, E.A. (red.) *Soil microbiology, ecology, and biochemistry*. 4 uppl. London: Academic Press. 111-149. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-415955-6.00005-0>
- Cotrufo, M.F., Wallenstein, M.D., Boot, C.M., Denef, K. & Paul, E. (2013). The Microbial Efficiency-Matrix Stabilization (MEMS) framework integrates plant litter decomposition with soil organic matter stabilization: do labile plant inputs form stable soil organic matter? *Global change biology*, 19(4), 988-995. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1111/gcb.12113>
- Crews, T.E., Blesh, J., Culman, S.W., Hayes, R.C., Jensen, E.S., Mack, M.C., Peoples, M.B. & Schipanski, M.E. (2016). *Going where no grains have gone before: From early to midsuccession*. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 223, 223-238. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.03.012>
- Dimitrova Mårtensson, L.-M., Barreiro, A. & Carlsson, G. (2020a). Markens minsta invånare i produktionsgräsmarker. [https://pub.epsilon.slu.se/17467/7/dimitrova_%20martensson I et al 200828.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/17467/7/dimitrova_%20martensson%20I%20et%20al%20200828.pdf)
- Dimitrova Mårtensson, L.-M., Barreiro, A. & Carlsson, G. (2020b). Mykorrhiza i jorden i lågintensiv, artrik biomassproduktion. <https://pub.epsilon.slu.se/17465/>
- ECAF [European Conservation Agriculture Federation] (2021). *What is Conservation Agriculture*. <https://ecaf.org/what-is-conservation-agriculture/> [2021-04-21]
- Ekström, G. (1927). *Klassifikation av svenska åkerjordar*. Stockholm: Norstedt.
- Eriksson, J., Dahlin, S., Nilsson, I. & Simonsson, M. (2011). *Marklära*. 1 uppl. Lund: Studentlitteratur.

- Fageria, N.K. & Moreira, A. (2011). Chapter Four - The Role of Mineral Nutrition on Root Growth of Crop Plants. I: Sparks, D.L. (red.) *Advances in Agronomy*, 110. Academic Press. 251-331. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385531-2.00004-9>
- Franzluebbers, A.J. (2016). Should Soil Testing Services Measure Soil Biological Activity? *Agricultural & Environmental Letters*. 1(1). <https://doi.org/10.2134/ael2015.11.0009>
- Fogelfors, H. (2015). *Vår mat: odling av åker- och trädgårdsgrödor: biologi, förutsättningar och historia*. 2 uppl. Lund: Studentlitteratur.
- Haddaway, N.R., Hedlund, K., Jackson, L.E., Kätterer, T., Lugato, E., Thomsen, I.K., Jorgensen, H.B. & Isberg, P-E. (2017). How does tillage affect soil organic carbon? A systematic review. *Environ Evid*, 6(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s13750-017-0108-9>
- Haldén, P. (2019). *Gynna mångfalden i marken*. (6). Jönköping. https://www2.jordbruksverket.se/download/18.ba9742616aa4b5df73c74cc/1557727342580/jo19_6.pdf
- Hansson, G. (2021). Efterverkan av mellangrödor. *Arvensis*, 1, 20-22. https://issuu.com/tejarpsforlag/docs/arvensis_1-21?fbclid=IwAR3dYtHBD-4mqfxyhGI9DKIUdO5_f4OduMPMKmvFck2W0KdDitWpBdjXQd8 [2021-04-22]
- Henriksson, M., Stenberg, M. & Berglund, M. (2015). Lustgas från jordbruksmark. *Konkreta råd för att minska lustgasavgången på gårdsnivå. Hushållningssällskapet Halland*. http://hushallningssallskapet.se/wp-content/uploads/2015/05/n2o_fran_jordbruksmark.pdf
- Hjorth, I. (2002). *Ekologi-för miljöns skull*. 1 uppl. Stockholm: Liber.
- Hoogsteen, M.J.J., Lantinga, E.A., Bakker, E.J., Groot, J.C.J. & Tittone, P.A. (2015). Estimating soil organic carbon through loss on ignition: effects of ignition conditions and structural water loss. *European Journal of Soil Science*, 66(2), 320-328. <https://doi.org/10.1111/ejss.12224>
- Kallenbach, C.M., Frey, S.D. & Grandy, A.S. (2016). Direct evidence for microbial-derived soil organic matter formation and its ecophysiological controls. *Nature communications*, 7(1), 1-10. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1038/ncomms13630>

- Krauss, M., Berner, A., Perrochet, F., Frei, R., Niggli, U. & Mäder, P. (2020). Enhanced soil quality with reduced tillage and solid manures in organic farming—a synthesis of 15 years. *Scientific Reports*, 10(1), 1-12. <https://doi.org/https://www.nature.com/articles/s41598-020-61320-8>
- Kumari, A. & Chaudhary, D.R. (2020). Engineered microbes and evolving plastic bioremediation technology. I: *Bioremediation of Pollutants*. Elsevier. 417-443. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819025-8.00021-1>
- Kätterer, T., Börjesson, G. & Bolinder, M. (2020). Odlingsystemens effekter på kolinlagring i jordbruksmark. <https://pub.epsilon.slu.se/16671/>
- Magdoff, F. & Van Es, H. (2009). *Building soils for better crops: sustainable soil management*. 3 uppl. Brentwood: Sustainable Agriculture Research and Education Program. <https://www.sare.org/resources/building-soils-for-better-crops-3rd-edition/>
- Mbow, C., C, Rosenzweig, L.G., Barioni, T.G., Benton, M., Herrero, M., Krishnapillai, E., Liwenga, P., Pradhan, M.G., Rivera-Ferre, T., Sapkota, F.N. & Tubiello, Y.X. (2019). Food Security I: P.R. Shukla, J. & Skea, E.C.B., V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (red.) *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. IPCC. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/08_Chapter-5.pdf
- Meurer, K.H., Haddaway, N.R., Bolinder, M.A. & Kätterer, T. (2018). Tillage intensity affects total SOC stocks in boreo-temperate regions only in the topsoil—A systematic review using an ESM approach. *Earth-Science Reviews*, 177, 613-622. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.12.015>
- Moraru, P.I. & Rusu, T. (2012). Effect of tillage systems on soil moisture, soil temperature, soil respiration and production of wheat, maize and soybean crops. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(2), 445-448. https://www.researchgate.net/publication/286305541_Effect_of_tillage_systems_on_soil_moisture_soil_temperature_soil_respiration_and_production_of_wheat_maize_and_soybean_crops [2021-07-11]
- Naturvårdsverket (2020). *Sveriges miljömål*. <https://www.sverigesmiljomal.se> [2021-07-08]

- Poepplau, C. & Don, A. (2015). Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 200, 33-41. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.024>
- Rao, DLN., Aparna, K. & Mohanty, R. (2019). Microbiology and biochemistry of soil organic matter, carbon sequestration and soil health. *Indian J. Fertil*, 15, 124-138. https://www.researchgate.net/profile/Desiraju-Rao/publication/332038028_Microbiology_and_Biochemistry_of_Soil_Organic_Matter_Carbon_Sequestration_and_Soil_Health/links/5c9ca02145851506d730232d/Microbiology-and-Biochemistry-of-Soil-Organic-Matter-Carbon-Sequestration-and-Soil-Health.pdf [2021-07-20]
- Rashid, M.I., Mujawar, L.H., Shahzad, T., Almeelbi, T., Ismail, I.M. & Oves, M. (2016). Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. *Microbiological research*, 183, 26-41. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.11.007>
- Schlesinger, W.H. & Bernhardt, E.S. (2013). *Biogeochemistry: an analysis of global change*. 3 uppl. Waltham: Elsevier.
- Shah, A.N., Tanveer, M., Shahzad, B., Yang, G., Fahad, S., Ali, S., Bukhari, M.A., Tung, S.A., Hafeez, A. & Souliyanonh, B. (2017). Soil compaction effects on soil health and cropproductivity: an overview. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(11), 10056-10067. <https://doi.org/https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-8421-y>
- Spohn, M. & Chodak, M. (2015). Microbial respiration per unit biomass increases with carbon-to-nutrient ratios in forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 12(3), 817-823. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.11.008>
- SLU [Sveriges lantbruksuniversitet] (2019). *Odling av perenna spannmål i södra Sverige - Hur mycket rötter har Kernza egentligen?* <https://www.slu.se/institutioner/biosystem-teknologi/utbildning/forslag-pa-examensarbeten/hur-mycket-rotter-har-kernza-egentligen/> [2021-04-22]
- SMHI (2021). *Ladda ner meteorologiska observationer.* <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=airtemperatureInstant,stations=all> [2021-04-22]
- Smith, K.A., Ball, T., Conen, F., Dobbie, K.E., Massheder, J. & Rey, A. (2018). Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical

- factors and biological processes. *European journal of soil science*, 69(1), 10-20.
<https://doi.org/10.1111/ejss.12539>
- Solvita (2021). *CO2-Burst: Measure CO2 respiration*. <http://solvita.com/co2-burst/>
 [2021-04-22]
- Solvita (u.å.). *Solvita thin-layer gel chemistry and QC*. https://solvita.com/wp-content/uploads/2020/05/15_Solvita_TechMemo_Thin-Layer-Gel-Chemistry.pdf [2021-05-14]
- Sprunger, C.D., Culman, S.W., Peralta, A.L., DuPont, S.T., Lennon, J.T. & Snapp, S.S. (2019). Perennial grain crop roots and nitrogen management shape soil food webs and soil carbon dynamics. *Soil Biology and Biochemistry*, 137, 107573.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107573>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., De Vries, W. & De Wit, C.A. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223).
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1126/science.1259855>
- The Land Institute (2021). *Kernza Grain*. <https://landinstitute.org/our-work/perennial-crops/kernza/> [2021-04-21]
- Tian, X.-l., Wang, C.-b., Bao, X.-g., Wang, P., Li, X.-f., Yang, S.-c., Ding, G.-c., Christie, P. & Li, L. (2019). Crop diversity facilitates soil aggregation in relation to soil microbial community composition driven by intercropping. *Plant and Soil*, 436(1), 173-192.
<https://doi.org/https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-018-03924-8>
- Weil, R.R. & Brady, N.C. (2017). *The Nature and Properties of Soils*. 15 uppl. Harlow: Pearson Education.
- Yiqi, L. & Xuhui, Z. (2006). Chapter 2 - Importance and roles of soil respiration. Elsevier Inc, 17-32.
- Yonemura, S., Nouchi, I., Nishimura, S., Sakurai, G., Togami, K. & Yagi, K. (2014). Soil respiration, N₂O, and CH₄ emissions from an Andisol under conventional-tillage and no-tillage cultivation for 4 years. *Biology and fertility of soils*, 50(1), 63-74.
<https://doi.org/10.1007/s00374-013-0831-5>

8. Bilagor

8.1. Bilaga 1. Försöksplan Lönnstorp

EXPERIMENT "KERNZA TERMINATOR"												[meters]							
4	4	4	4	4	3,2	3	4,2	4,2	3,2	3	4,2	3,2	3	3	3,2	4,2	4	4	4
					P	VB	HB	HB	P	VB	HB	P	VB	VB	P	HB			
					Block 1			Block 2			Block 3			Block 4					
PLOTNUMBER					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			

TREATMENTS

VB) SPRING BREAK

AUTUMN

Cut the stand (fältröjare/betesputs) after harvest

SPRING

Cultivator down to 7-10 cm depth and a first harrowing (=false sowing bed) in the second half of April. Repeated weed harrowing if and when necessary.

Beetroot sown in May-June

HB) AUTUMN BREAK

AUTUMN

Discing (tallriksbearbetning, Carrier 4.2 m wide) down to 5 cm depth after harvest followed by cultivator down to 7 cm depth.

SPRING

Harrowing (=false sowing bed) in the second half of April. Repeated weed harrowing if and when necessary.

Beetroot sown in May-June

P) CONVENTIONAL

AUTUMN

Ploughing directly after harvest (1,6 m wide) with no other tillage. This is our "control treatment".

SPRING BREAK

Harrowing (=false sowing bed) in the second half of April. Repeated weed harrowing if and when necessary.

Beetroot sown in May-June

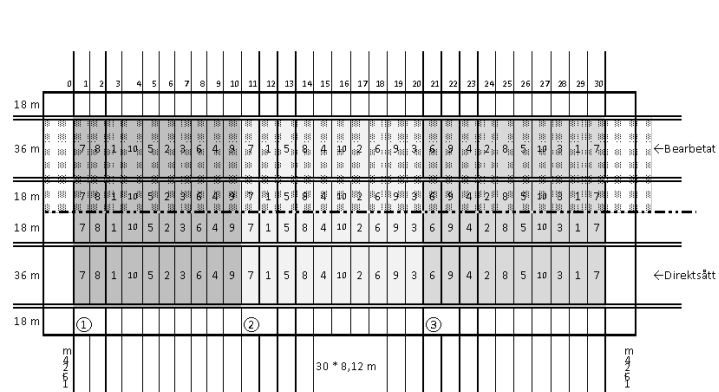
8.2. Bilaga 2. Försöksplan Korkstorp

Försöksplan Krokstorp

Led	Sort	(/ha)		Sådd i nr	Bill
		Del utsädesmängd	Total Utsädesmängd		
1	Obehandlat			3,12,29	-
2	Oljerättika utan N på hösten	20 kg	20 kg	6,17,24	sb
3	Oljerättika med 40 kg N på hösten med NS 27-4	20 kg + 150 kg	20 kg + 75 kg	7,20,28	sb+gb
4	Fodermax Ärtor + Havre	50 kg + 50 kg	100 kg	9,15,23	gb
5	Lantmännen Viterra Raps	20 kg	20 kg	5,13,26	sb
6	Svenska Foder Blandning 1	30 kg	30 kg	8,18,21	sb
7	Honungsört + Bovete + Purrhavre	3 kg + 12 kg + 12 kg	27 kg	1,11,30	sb
8	Blodklöver + Luddvicker	40 kg	40 kg	2,14,25	sb
9	Blå Lupin	70 kg	70 kg	10,19,22	gb
10	FRDK TG 1 Humus	30 kg	30 kg	4,16,27	sb

Försöksplan Krokstorp

Sådatum 15 augusti 2019



8.3. Bilaga 3a och b. Förklaring av enheter ppm och Solvitas test gel

8.3.1. Bilaga 3a. Förklaring av enheten ppm

Vid mätning av koncentrationen av ett ämne i en jord används enheten mg, mg eller mikrogram för ämnet medan för jorden används kilogram. Och det skrivs ex: mg/kg. I vissa fall, som när man mäter respirationen redovisas koncentrationen av respirationen i 'parts per million ppm'. För jord gäller relationen 1 ppm = 1 mg/kg jord (CHSR [Center for Hazardous Substance Research] 2006).

8.3.2. Bilaga 3b. Förklaring av Solvitas testgel

Solvitas egna färgnummer styrs av pH-kolorimetri, i förhållandet: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{CO}_3$. Det som sker är att vätejonerna fångas i en pH-känslig buffrad gelkemi. Resultatet är en form av "långsam kemi" då ackumuleringen av koldioxid i gelén matchar den mikromolära långsamma produktionshastigheten av mikrober. Färgen mäts antingen visuellt eller med DCR-mätare. DCR-mätaren läser av genom olika våglängder (Solvita u.å.)

8.4. Bilaga 4a och b. Rådata över Lönnstorp och Krokstorp

8.4.1. Bilaga 4a. Rådata över Lönnstorp

Provtagning	1
Datum i fält	26-06-2020

Labbdatum														
29-06-2020 01-07-2020														
Provnamn	Degelnr	Degel vikt [g]	Degel + färsk jord vikt [g]	Färsk jord vikt [g]	Degel + torkad jord vikt [g]	Torkad jord vikt [g]	Degel + glödgad jord vikt [g]	Glödgad jord vikt [g]	Rådata vattenhalt [g]	Rådata vattenhalt [%]	Rådata mullhalt [g]	Mullhalt [%] (före korrektionstal)	Korrektionstal [1]	Rådata Mullhalt [%]
L 1	34	17,64	22,62	4,98	21,91	4,27	21,75	4,11	0,71	14,26%	0,16	3,75%	0,01	2,75%
L 2	28	16,14	25,62	9,48	24,51	8,37	24,14	8,00	1,11	11,71%	0,37	4,42%	0,01	3,42%
L 3	18	8,06	13,54	5,48	12,92	4,86	12,72	4,66	0,62	11,31%	0,20	4,12%	0,01	3,12%
L 4	15	10,4	15,34	4,94	14,81	4,41	14,63	4,23	0,53	10,73%	0,18	4,08%	0,01	3,08%
L 5	10	10,59	16,45	5,86	15,74	5,15	15,52	4,93	0,71	12,12%	0,22	4,27%	0,01	3,27%
L 6	22	18,56	24,54	5,98	23,85	5,29	23,62	5,06	0,69	11,54%	0,23	4,35%	0,01	3,35%
L 7	30	15,86	24,86	9,00	23,86	8,00	23,5	7,64	1,00	11,11%	0,36	4,50%	0,01	3,50%
L 8	23	17,74	25,41	7,67	24,42	6,68	24,14	6,40	0,99	12,91%	0,28	4,19%	0,01	3,19%
L 9	13	10,74	17,3	6,56	16,56	5,82	16,31	5,57	0,74	11,28%	0,25	4,30%	0,01	3,30%
L 10	35	16,11	26,53	10,42	25,33	9,22	24,95	8,84	1,20	11,52%	0,38	4,12%	0,01	3,12%
L 11	33	15,93	22,87	6,94	22,06	6,13	21,8	5,87	0,81	11,67%	0,26	4,24%	0,01	3,24%
L 12	31	15,62	24,38	8,76	23,26	7,64	22,95	7,33	1,12	12,79%	0,31	4,06%	0,01	3,06%

Respiration					
Lades i respiration					
09-11-2020					
Läste av respiration					
10-11-2020					
Provnamn	30 ml [cc] vikt [g]	Solvita Probe color	Bulkdensitet g/cc	CO2-C ppm mg/ l	Rådata CO2-C ppm mg/ kg
L1	25,48	2,34	0,85	15,8	18,60
L2	24,29	2,72	0,81	22,1	27,30
L3	29,24	2,05	0,97	12,2	12,52
L4	27,94	2,84	0,93	24,4	26,20
L5	24,78	2,8	0,83	23,6	28,57
L6	24,42	2,13	0,81	13,1	16,09
L7	26,15	2,63	0,87	20,3	23,29
L8	23,34	1,59	0,78	8,1	10,41
L9	26,44	1,51	0,88	7,6	8,62
L10	24,74	2,09	0,82	12,7	15,40
L11	25,11	2,13	0,84	13,1	15,65
L12	29,01	1,05	0,97	5,1	5,27

Rotbiomassa/växtmaterial	
Labbdatum	
29-06-2020 01-07-2020	
Provnamn	Rådata Torkad vikt [mg]
L1	440
L2	270
L3	250
L4	160
L5	210
L6	150
L7	270
L8	160
L9	170
L10	200
L11	510
L12	110

Metod	Prov namn
P	L 1
VB	L 2
HB	L 3
HB	L 4
P	L 5
VB	L 6
HB	L 7
P	L 8
VB	L 9
VB	L 10
P	L 11
HB	L 12

Provtagning	2
Datum i fält	03-08-2020

Labbdatum	04-08-2020 05-08-2020
-----------	--------------------------

Provnamn	Degelnr	Degel vikt [g]	Degel + färsk jord vikt [g]	Färsk jord vikt [g]	Degel + torkad jord vikt [g]	Torkad jord vikt [g]	Degel + glödgad jord vikt [g]	Glödgad jord vikt [g]	Rådata vattenhalt [g]	Rådata vattenhalt [%]	Rådata mullhalt [g]	Mullhalt [%] (före korrektionstal)	Korrektionstal [1]	Rådata Mullhalt [%]
L1	33	15,97	23,54	7,57	22,8	6,83	22,51	6,54	0,74	9,78%	0,29	4,25%	0,01	3,25%
L2	13	10,77	16,03	5,26	15,59	4,82	15,37	4,6	0,44	8,37%	0,22	4,56%	0,01	3,56%
L3	28	16,16	23,26	7,1	22,67	6,51	22,37	6,21	0,59	8,31%	0,30	4,61%	0,01	3,61%
L4	34	17,64	27,3	9,66	26,42	8,78	26,03	8,39	0,88	9,11%	0,39	4,44%	0,01	3,44%
L5	22	18,58	27,98	9,4	27,14	8,56	26,78	8,2	0,84	8,94%	0,36	4,21%	0,01	3,21%
L6	23	17,8	26,85	9,05	26,05	8,25	25,66	7,86	0,80	8,84%	0,39	4,73%	0,01	3,73%
L7	35	16,14	26,5	10,36	25,61	9,47	25,19	9,05	0,89	8,59%	0,42	4,44%	0,01	3,44%
L8	16	13,16	19,43	6,27	18,85	5,69	18,6	5,44	0,58	9,25%	0,25	4,39%	0,01	3,39%
L9	3	19,17	28,8	9,63	27,9	8,73	27,5	8,33	0,90	9,35%	0,40	4,58%	0,01	3,58%
L10	31	15,66	23,88	8,22	23,14	7,48	22,82	7,16	0,74	9,00%	0,32	4,28%	0,01	3,28%
L11	27	16,63	25,1	8,47	24,28	7,65	23,94	7,31	0,82	9,68%	0,34	4,44%	0,01	3,44%
L12	15	10,42	18,19	7,77	17,45	7,03	17,13	6,71	0,74	9,52%	0,32	4,55%	0,01	3,55%

Respiration	
Lades i respiration	12-11-2020
Läste av respiration	13-11-2020

Sample number	30 ml [cc] vikt [g]	Solvita Probe color	Bulkdensitet g/cc	CO2-C ppm mg/ l	Rådata CO2-C ppm mg/ kg
L1	30,2	1,63	1,01	8,4	8,34
L2	32,2	3,55	1,07	45,5	42,39
L3	29,01	2,84	0,97	24,4	25,23
L4	31,97	4,1	1,07	74	69,44
L5	30,7	2,22	1,02	14,1	13,78
L6	28,72	3,39	0,96	39,8	41,57
L7	28,3	2,97	0,94	27,5	29,15
L8	26,79	1,76	0,89	9,5	10,64
L9	27,92	2,43	0,93	17,1	18,37
L10	29,16	3,22	0,97	34	34,98
L11	28,66	3,05	0,96	29,5	30,88
L12	29,4	3,34	0,98	38,1	38,88

Rotbiomassa/växtmaterial	
Labbdatum	04-08-2020 05-08-2020
Provnamn	Rådata Torkad vikt [mg]
L1	50
L2	140
L3	170
L4	140
L5	90
L6	160
L7	320
L8	20
L9	220
L10	240
L11	280
L12	160

Provtagning	3
Datum i fält	25-09-2020

Labbdatum	29-09-2020
	30-09-2020

Prov namn	Degelnr	Degel vikt [g]	Degel + färsk jord vikt [g]	Färsk jord vikt [g]	Degel + torkad jord vikt [g]	Torkad jord vikt [g]	Degel + glödgad jord vikt [g]	Glödgad jord vikt [g]	Rådata vattenhalt [g]	Rådata vattenhalt [%]	Rådata mullhalt [g]	Mullhalt [%] (före korrektionstal)	Korrektionstal [1]	Rådata Mullhalt [%]
L 1	16	13,10	21,50	8,40	20,90	7,80	20,50	7,40	0,60	7,14%	0,40	5,13%	0,01	4,13%
L 2	28	16,10	27,30	11,20	26,50	10,40	25,90	9,80	0,80	7,14%	0,60	5,77%	0,01	4,77%
L 3	31	15,60	25,90	10,30	25,10	9,50	24,70	9,10	0,80	7,77%	0,40	4,21%	0,01	3,21%
L 4	27	16,60	28,30	11,70	27,40	10,80	26,90	10,30	0,90	7,69%	0,50	4,63%	0,01	3,63%
L 5	23	17,70	29,90	12,20	28,90	11,20	28,40	10,70	1,00	8,20%	0,50	4,46%	0,01	3,46%
L 6	4	14,00	21,50	7,50	21,00	7,00	20,70	6,70	0,50	6,67%	0,30	4,29%	0,01	3,29%
L 7	33	15,90	29,20	13,30	28,30	12,40	27,70	11,80	0,90	6,77%	0,60	4,84%	0,01	3,84%
L 8	8	12,70	23,10	10,40	22,30	9,60	21,80	9,10	0,80	7,69%	0,50	5,21%	0,01	4,21%
L 9	35	16,10	26,90	10,80	26,10	10,00	25,60	9,50	0,80	7,41%	0,50	5,00%	0,01	4,00%
L 10	3	19,20	29,00	9,80	28,20	9,00	27,80	8,60	0,80	8,16%	0,40	4,44%	0,01	3,44%
L 11	22	18,60	29,10	10,50	28,30	9,70	27,90	9,30	0,80	7,62%	0,40	4,12%	0,01	3,12%
L 12	1	23,20	35,40	12,20	34,50	11,30	33,90	10,70	0,90	7,38%	0,60	5,31%	0,01	4,31%

Respiration	25-09-2020
Lades i respiration	19-11-2020
Läste av respiration	20-11-2020

Prov namn	30 ml [cc] vikt [g]	Solvita Probe color	Bulkdensitet g/cc	CO2-C ppm mg/l	Rådata CO2-C ppm mg/kg
L1	29,46	3,51	0,98	43,90	44,70
L2	31,54	4,39	1,05	95,70	91,03
L3	31,19	3,76	1,04	55,00	52,90
L4	30,55	3,72	1,02	53,20	52,24
L5	33,11	3,26	1,10	35,40	32,07
L6	30,87	3,6	1,03	47,80	46,45
L7	29,47	2,63	0,98	20,30	20,67
L8	29,72	3,89	0,99	61,50	62,08
L9	32,74	3,68	1,09	51,40	47,10
L10	30,86	3,76	1,03	55,00	53,47
L11	32,74	3,76	1,09	55,00	50,40
L12	29,65	3,76	0,99	55,00	55,65

Rotbiomassa/växtmaterial	
Labbdatum	29-09-2020
	30-09-2020
Provnamn	Rådata Torkad vikt [mg]
L1	550
L2	400
L3	300
L4	200
L5	100
L6	250
L7	190
L8	110
L9	100
L10	140
L11	90
L12	350

Provtagning	4
Datum i fält	26-10-2020

Labbdatum	26-10-2020
	27-10-2020

Prov namn	Degelnr	Degel vikt [g]	Degel + färsk jord vikt [g]	Färsk jord vikt [g]	Degel + torkad jord vikt [g]	Torkad jord vikt [g]	Degel + glödgad jord vikt [g]	Glödgad jord vikt [g]	Rådata vattenhalt [g]	Rådata vattenhalt [%]	Rådata mullhalt [g]	Mullhalt [%] (före korrektionstal)	Korrektionstal [1]	Rådata Mullhalt [%]
L1	7	11,59	17,32	5,73	16,41	4,82	16,20	4,61	0,91	15,88%	0,21	4,36%	0,01	3,36%
L2	43	11,27	15,64	4,37	14,98	3,71	14,82	3,55	0,66	15,10%	0,16	4,31%	0,01	3,31%
L3	39	10,99	16,29	5,30	15,43	4,44	15,23	4,24	0,86	16,23%	0,20	4,50%	0,01	3,50%
L4	17	11,02	16,46	5,44	15,61	4,59	15,42	4,40	0,85	15,63%	0,19	4,14%	0,01	3,14%
L5	24	11,12	17,26	6,14	16,32	5,20	16,11	4,99	0,94	15,31%	0,21	4,04%	0,01	3,04%
L6	47	10,66	17,66	7,00	16,52	5,86	16,26	5,60	1,14	16,29%	0,26	4,44%	0,01	3,44%
L7	48	11,16	17,39	6,23	16,46	5,30	16,24	5,08	0,93	14,93%	0,22	4,15%	0,01	3,15%
L8	8	12,73	19,37	6,64	18,28	5,55	18,04	5,31	1,09	16,42%	0,24	4,32%	0,01	3,32%
L9	9	11,24	16,08	4,84	15,34	4,10	15,16	3,92	0,74	15,29%	0,18	4,39%	0,01	3,39%
L10	1	11,90	17,34	5,44	16,50	4,60	16,29	4,39	0,84	15,44%	0,21	4,57%	0,01	3,57%
L11	5	12,03	17,69	5,66	16,85	4,82	16,65	4,62	0,84	14,84%	0,20	4,15%	0,01	3,15%
L12	4	11,32	17,04	5,72	16,16	4,84	15,96	4,64	0,88	15,38%	0,20	4,13%	0,01	3,13%
Kernza	3	11,51	17,22	5,71	16,28	4,77	16,07	4,56	0,94	16,46%	0,21	4,40%	0,01	3,40%
Åker	10	10,62	16,75	6,13	15,72	5,10	15,52	4,90	1,03	16,80%	0,20	3,92%	0,01	2,92%

Respiration	26-10-2020
Lades i respiration	23-11-2020
Läste av respiration	24-11-2020

Prov namn	30 ml [cc] vikt [g]	SolVita Probe color	Bulkdensitet g/cc	CO2-C ppm mg/ l	Rådata CO2-C ppm mg/ kg
L1	26,8	1,92	0,89	10,80	12,09
L2	28,75	1,38	0,96	6,80	7,10
L3	24,52	2,05	0,82	12,20	14,93
L4	25,37	1,59	0,85	8,10	9,58
L5	27,69	1,38	0,92	6,80	7,37
L6	25,45	1,63	0,85	8,40	9,90
L7	28,12	1,34	0,94	6,50	6,93
L8	25,29	1,42	0,84	7,00	8,30
L9	28,06	1,51	0,94	7,60	8,13
L10	24,91	1,26	0,83	6,10	7,35
L11	27,12	1,26	0,90	6,10	6,75
L12	26,39	1,51	0,88	7,60	8,64
Kernza	27,31	1,88	0,91	6,50	7,14
Åkern	31,23	1,34	1,04	10,50	10,09

Rotbiomassa/växtmaterial	
Labbdatum	26-10-2020
	27-10-2020
Provnamn	Rådata Torkad vikt [mg]
L1	250
L2	430
L3	200
L4	300
L5	120
L6	290
L7	210
L8	580
L9	570
L10	150
L11	60
L12	430
Kernxa	370
Åker	20

8.4.2. Bilaga 4b. Rådata över Krokstorp

Provtagning	1
Datum i fält	26-06-2020

Labbdatum	29-06-2020 01-07-2020
-----------	--------------------------

Prov namn	Degelnr	Degel vikt [g]	Degel + färsk jord vikt [g]	Färsk jord vikt [g]	Degel + torkad jord vikt [g]	Torkad jord vikt [g]	Degel + glödgad jord vikt [g]	Glödgad jord vikt [g]	Rådata vattenhalt [g]	Rådata vattenhalt [%]	Rådata mullhalt [g]	Mullhalt [%] (före korrektionstal)	Korrektionstal [1,5]	Rådata Mullhalt [%]
KT1	16	13,12	20,62	7,50	19,97	6,85	19,69	6,57	0,65	8,67%	0,28	4,09%	0,015	2,59%
KT2	11	10,64	18,56	7,92	17,71	7,07	17,40	6,76	0,85	10,73%	0,31	4,38%	0,015	2,88%
KT3	21	10,50	21,40	10,90	20,57	10,07	20,02	9,52	0,83	7,61%	0,55	5,46%	0,015	3,96%
KT4	4	14,03	21,64	7,61	20,98	6,95	20,60	6,57	0,66	8,67%	0,38	5,47%	0,015	3,97%
KT5	19	25,55	34,73	9,18	34,00	8,45	33,57	8,02	0,73	7,95%	0,43	5,09%	0,015	3,59%
KT6	27	16,59	24,92	8,33	24,20	7,61	23,83	7,24	0,72	8,64%	0,37	4,86%	0,015	3,36%

Respiration	26-06-2020
Lades i respiration	09-11-2020
Läste av respiration	10-11-2020

Prov namn	30 ml [cc] vikt [g]	Solvita Probe color	Bulkdensitet g/cc	CO2-C ppm mg/ l	Rådata CO2-C ppm mg/ kg
KT 1	29,28	3,26	0,98	35,4	36,27
KT 2	28,67	2,93	0,96	26,4	27,62
KT 3	34,1	3,47	1,14	42,5	37,39
KT 4	26,55	3,3	0,89	36,7	41,47
KT 5	32,61	3,89	1,09	61,5	56,58
KT 6	27,73	3,85	0,92	59,2	64,05

Rotbiomassa/växtmaterial	
Labbdatum	29-06-2020 01-07-2020
Provnamn	Rådata Torkad vikt [mg]
KT 1	30
KT 2	110
KT 3	410
KT 4	80
KT 5	160
KT 6	40

Metod och mellangroda (M-G)	Prov namn
Plöjt utan M-G	KT 1
Direktsått utan M-G	KT 2
Plöjt Sv.Foder	KT 3
Direktsått Sv.Foder	KT 4
Plöjt Oljerättika	KT 5
Direktsått Oljerättika	KT 6

Provtagning	2
Datum i fält	03-08-2020

Labbdatum	04-08-2020 05-08-2020
-----------	--------------------------

Prov namn	Degelnr	Degel vikt [g]	Degel + färsk jord vikt [g]	Färsk jord vikt [g]	Degel + torkad jord vikt [g]	Torkad jord vikt [g]	Degel + glödgad jord vikt [g]	Glödgad jord vikt [g]	Rådata vattenhalt [g]	Rådata vattenhalt [%]	Rådata mullhalt [g]	Mullhalt [%] (före korrektionstal)	Korrektionstal [1,5]	Rådata Mullhalt [%]
KT1	1	23,21	34,45	11,24	33,47	10,26	33,03	9,82	0,98	8,72%	0,44	4,29%	0,015	2,79%
KT2	18	8,09	14,49	6,40	13,85	5,76	13,58	5,49	0,64	10,00%	0,27	4,69%	0,015	3,19%
KT3	4	14,08	21,87	7,79	21,07	6,99	20,66	6,58	0,80	10,27%	0,41	5,87%	0,015	4,37%
KT4	10	10,62	18,88	8,26	18,17	7,55	17,78	7,16	0,71	8,60%	0,39	5,17%	0,015	3,67%
KT5	30	15,88	25,87	9,99	24,87	8,99	24,37	8,49	1,00	10,01%	0,50	5,56%	0,015	4,06%
KT6	8	12,74	23,42	10,68	22,54	9,80	22,10	9,36	0,88	8,24%	0,44	4,49%	0,015	2,99%

Respiration	03-08-2020
Lades i respiration	12-11-2020
Läste av respiration	13-11-2020

Prov namn	30 ml [cc] vikt [g]	Solvita Probe color	Bulkdensitet g/cc	CO2-C ppm mg/ l	Rådata CO2-C ppm mg/ kg
KT 1	28,88	2,01	0,96	11,8	12,26
KT 2	29,17	3,26	0,97	35,4	36,41
KT 3	27,83	2,13	0,93	13,1	14,12
KT 4	29,8	3,76	0,99	55	55,37
KT 5	27,47	2,84	0,92	24,4	26,65
KT 6	28,02	3,34	0,93	38,1	40,79

Rotbiomassa/växtmaterial	
Labbdatum	04-08-2020 05-08-2020
Provnamn	Rådata Torkad vikt [mg]
KT 1	80
KT 2	90
KT 3	220
KT 4	240
KT 5	400
KT 6	120

Provtagning	3
Datum i fält	25-09-2020

Labbdatum	29-09-2020 30-09-2020
-----------	--------------------------

Prov namn	Degelnr	Degel vikt [g]	Degel + färsk jord vikt [g]	Färsk jord vikt [g]	Degel + torkad jord vikt [g]	Torkad jord vikt [g]	Degel + glödgad jord vikt [g]	Glödgad jord vikt [g]	Rådata vattenhalt [g]	Rådata vattenhalt [%]	Rådata mullhalt [g]	Mullhalt [%] (före korrektionstal)	Korrektionstal [1,5]	Rådata Mullhalt [%]
KT1	11	25,50	40,40	14,90	38,70	13,20	38,00	12,50	1,70	11,41%	0,70	5,30%	0,015	3,80%
KT2	10	10,50	18,90	8,40	17,80	7,30	17,40	6,90	1,10	13,10%	0,40	5,48%	0,015	3,98%
KT3	15	10,30	19,70	9,40	18,60	8,30	18,10	7,80	1,10	11,70%	0,50	6,02%	0,015	4,52%
KT4	30	15,80	28,70	12,90	27,30	11,50	26,60	10,80	1,40	10,85%	0,70	6,09%	0,015	4,59%
KT5	34	17,60	26,80	9,20	25,70	8,10	25,30	7,70	1,10	11,96%	0,40	4,94%	0,015	3,44%
KT6	18	8,00	12,90	4,90	12,40	4,40	12,20	4,20	0,50	10,20%	0,20	4,55%	0,015	3,05%

Respiration	25-09-2020
Lades i respiration	19-11-2020
Läste av respiration	20-11-2020

Prov namn	30 ml [cc] vikt [g]	Solvita Probe color	Bulkdensitet g/cc	CO2-C ppm mg/ l	Rådata CO2-C ppm mg/ kg
KT 1	28,78	2,3	0,96	15,2	15,84
KT 2	26,2	2,51	0,87	18,3	20,95
KT 3	26,36	2,63	0,88	20,3	23,10
KT 4	25,97	2,51	0,87	18,3	21,14
KT 5	26,05	2,59	0,87	19,6	22,57
KT 6	27,32	3,18	0,91	32,8	36,02

Rotbiomassa/växtmaterial	
Labbdatum	29-09-2020 30-09-2020
Provnamn	Rådata Torkad vikt [mg]
KT 1	290
KT 2	500
KT 3	450
KT 4	550
KT 5	480
KT 6	350

8.5. Bilaga 5a och b. Dataunderlag till diagrammen för Lönnstorp och Krokstorp

8.5.1. Bilaga 5a. Dataunderlag till diagrammen för Lönnstorp

Sorterat efter metod:

Prov	Block	Metod	Tid	Mullhalt [%]	Vattenhalt [%]	Respiration CO2-C ppm [mg/kg]
L1	1	P	26-06-2020	2,75%	14,26%	18,60
L5	2	P	26-06-2020	3,27%	12,12%	28,57
L8	3	P	26-06-2020	3,19%	12,91%	10,41
L11	4	P	26-06-2020	3,24%	11,67%	15,65
Medel				3,11%	12,74%	18,31
L1	1	P	03-08-2020	3,25%	9,78%	8,34
L5	2	P	03-08-2020	3,21%	8,94%	13,78
L8	3	P	03-08-2020	3,39%	9,25%	10,64
L11	4	P	03-08-2020	3,44%	9,68%	30,88
Medel				3,32%	9,41%	15,91
L1	1	P	25-09-2020	4,13%	7,14%	44,70
L5	2	P	25-09-2020	3,46%	8,20%	32,07
L8	3	P	25-09-2020	4,21%	7,69%	62,08
L11	4	P	25-09-2020	3,12%	7,62%	50,40
Medel				3,73%	7,66%	47,31
L1	1	P	26-10-2020	3,36%	15,88%	12,09
L5	2	P	26-10-2020	3,04%	15,31%	7,37
L8	3	P	26-10-2020	3,32%	16,42%	8,30
L11	4	P	26-10-2020	3,15%	14,84%	6,75
Medel				3,22%	15,61%	8,63
L2	1	VB	26-06-2020	3,42%	11,71%	27,30
L6	2	VB	26-06-2020	3,35%	11,54%	16,09
L9	3	VB	26-06-2020	3,30%	11,28%	8,62
L10	4	VB	26-06-2020	3,12%	11,52%	15,40
Medel				3,30%	11,51%	16,85
L2	1	VB	03-08-2020	3,56%	8,37%	42,39
L6	2	VB	03-08-2020	3,73%	8,84%	41,57
L9	3	VB	03-08-2020	3,58%	9,35%	18,37
L10	4	VB	03-08-2020	3,28%	9,00%	34,98
Medel				3,54%	8,89%	34,33
L2	1	VB	25-09-2020	4,77%	7,14%	91,03
L6	2	VB	25-09-2020	3,29%	6,67%	46,45
L9	3	VB	25-09-2020	4,00%	7,41%	47,10
L10	4	VB	25-09-2020	3,44%	8,16%	53,47
Medel				3,87%	7,35%	59,51
L2	1	VB	26-10-2020	3,31%	15,10%	7,10
L6	2	VB	26-10-2020	3,44%	16,29%	9,90
L9	3	VB	26-10-2020	3,39%	15,29%	8,13
L10	4	VB	26-10-2020	3,57%	15,44%	7,35
Medel				3,43%	15,53%	8,12
L3	1	HB	26-06-2020	3,12%	11,31%	12,52
L4	2	HB	26-06-2020	3,08%	10,73%	26,20
L7	3	HB	26-06-2020	3,50%	11,11%	23,29
L12	4	HB	26-06-2020	3,06%	12,79%	5,27
Medel				3,19%	11,48%	16,82
L3	1	HB	03-08-2020	3,61%	8,31%	25,23
L4	2	HB	03-08-2020	3,44%	9,11%	69,44
L7	3	HB	03-08-2020	3,44%	8,59%	29,15
L12	4	HB	03-08-2020	3,55%	9,52%	38,88
Medel				3,51%	8,88%	40,68
L3	1	HB	25-09-2020	3,21%	7,77%	52,90
L4	2	HB	25-09-2020	3,63%	7,69%	52,24
L7	3	HB	25-09-2020	3,84%	6,77%	20,67
L12	4	HB	25-09-2020	4,31%	7,38%	55,65
Medel				3,75%	7,40%	45,36
L3	1	HB	26-10-2020	3,50%	16,23%	14,93
L4	2	HB	26-10-2020	3,14%	15,63%	9,58
L7	3	HB	26-10-2020	3,15%	14,93%	6,93
L12	4	HB	26-10-2020	3,13%	15,38%	8,64
Medel				3,23%	15,54%	10,02

Metod P	Mull st err	Vh st err	Resp err
jun	2,75%	14,26%	18,60
aug	3,27%	12,12%	28,57
sep	3,19%	12,91%	10,41
okt	3,24%	11,67%	15,65
st_err	0,25%	1,13%	7,63
jun	3,25%	9,78%	8,34
aug	3,21%	8,94%	13,78
sep	3,39%	9,25%	10,64
okt	3,44%	9,68%	30,88
st_err	0,11%	0,39%	10,23
jun	4,13%	7,14%	44,70
aug	3,46%	8,20%	32,07
sep	4,21%	7,69%	62,08
okt	3,12%	7,62%	50,40
st_err	0,52%	0,43%	12,47
jun	3,36%	15,88%	12,09
aug	3,04%	15,31%	7,37
sep	3,32%	16,42%	8,30
okt	3,15%	14,84%	6,75
st_err	0,15%	0,68%	2,40
Metod VB	Mull st err	Vh st err	Resp err
jun	3,42%	11,71%	27,30
aug	3,35%	11,54%	16,09
sep	3,30%	11,28%	8,62
okt	3,12%	11,52%	15,40
st_err	0,13%	0,18%	7,73
jun	3,56%	8,37%	42,39
aug	3,73%	8,84%	41,57
sep	3,58%	9,35%	18,37
okt	3,28%	9,00%	34,98
st_err	0,19%	0,41%	11,14
jun	4,77%	7,14%	91,03
aug	3,29%	6,67%	46,45
sep	4,00%	7,41%	47,10
okt	3,44%	8,16%	53,47
st_err	0,67%	0,63%	21,25
jun	3,31%	15,10%	7,10
aug	3,44%	16,29%	9,90
sep	3,39%	15,29%	8,13
okt	3,57%	15,44%	7,35
st_err	0,11%	0,52%	1,27
Metod HB	Mull st err	Vh st err	Resp err
jun	3,12%	11,31%	12,52
aug	3,08%	10,73%	26,20
sep	3,50%	11,11%	23,29
okt	3,06%	12,79%	5,27
st_err	0,21%	0,90%	9,69
jun	3,61%	8,31%	25,23
aug	3,44%	9,11%	69,44
sep	3,44%	8,59%	29,15
okt	3,55%	9,52%	38,88
st_err	0,08%	0,54%	20,02
jun	3,21%	7,77%	52,90
aug	3,63%	7,69%	52,24
sep	3,84%	6,77%	20,67
okt	4,31%	7,38%	55,65
st_err	0,46%	0,46%	16,53
jun	3,50%	16,23%	14,93
aug	3,14%	15,63%	9,58
sep	3,15%	14,93%	6,93
okt	3,13%	15,38%	8,64
st_err	0,18%	0,54%	3,45

Sorterat efter tid:

Prov	Block	Metod	Tid	Mullhalt [%]	Vattenhalt [%]	Respiration CO2-C ppm [mg/kg]
L1	1	P	26-06-2020	2,75%	14,26%	18,60
L2	1	VB	26-06-2020	3,42%	11,71%	27,30
L3	1	HB	26-06-2020	3,12%	11,31%	12,52
L4	2	HB	26-06-2020	3,08%	10,73%	26,20
L5	2	P	26-06-2020	3,27%	12,12%	28,57
L6	2	VB	26-06-2020	3,35%	11,54%	16,09
L7	3	HB	26-06-2020	3,50%	11,11%	23,29
L8	3	P	26-06-2020	3,19%	12,91%	10,41
L9	3	VB	26-06-2020	3,30%	11,28%	8,62
L10	4	VB	26-06-2020	3,12%	11,52%	15,40
L11	4	P	26-06-2020	3,24%	11,67%	15,65
L12	4	HB	26-06-2020	3,06%	12,79%	5,27
Medelvärde				3,20%	11,91%	17,33
L1	1	P	03-08-2020	3,25%	9,78%	8,34
L2	1	VB	03-08-2020	3,56%	8,37%	42,39
L3	1	HB	03-08-2020	3,61%	8,31%	25,23
L4	2	HB	03-08-2020	3,44%	9,11%	69,44
L5	2	P	03-08-2020	3,21%	8,94%	13,78
L6	2	VB	03-08-2020	3,73%	8,84%	41,57
L7	3	HB	03-08-2020	3,44%	8,59%	29,15
L8	3	P	03-08-2020	3,39%	9,25%	10,64
L9	3	VB	03-08-2020	3,58%	9,35%	18,37
L10	4	VB	03-08-2020	3,28%	9,00%	34,98
L11	4	P	03-08-2020	3,44%	9,68%	30,88
L12	4	HB	03-08-2020	3,55%	9,52%	38,88
Medelvärde				3,46%	9,06%	30,31
L1	1	P	25-09-2020	4,13%	7,14%	44,70
L2	1	VB	25-09-2020	4,77%	7,14%	91,03
L3	1	HB	25-09-2020	3,21%	7,77%	52,90
L4	2	HB	25-09-2020	3,63%	7,69%	52,24
L5	2	P	25-09-2020	3,46%	8,20%	32,07
L6	2	VB	25-09-2020	3,29%	6,67%	46,45
L7	3	HB	25-09-2020	3,84%	6,77%	20,67
L8	3	P	25-09-2020	4,21%	7,69%	62,08
L9	3	VB	25-09-2020	4,00%	7,41%	47,10
L10	4	VB	25-09-2020	3,44%	8,16%	53,47
L11	4	P	25-09-2020	3,12%	7,62%	50,40
L12	4	HB	25-09-2020	4,31%	7,38%	55,65
Medelvärde				3,78%	7,47%	50,73
L1	1	P	26-10-2020	3,36%	15,88%	12,09
L2	1	VB	26-10-2020	3,31%	15,10%	7,10
L3	1	HB	26-10-2020	3,50%	16,23%	14,93
L4	2	HB	26-10-2020	3,14%	15,63%	9,58
L5	2	P	26-10-2020	3,04%	15,31%	7,37
L6	2	VB	26-10-2020	3,44%	16,29%	9,90
L7	3	HB	26-10-2020	3,15%	14,93%	6,93
L8	3	P	26-10-2020	3,32%	16,42%	8,30
L9	3	VB	26-10-2020	3,39%	15,29%	8,13
L10	4	VB	26-10-2020	3,57%	15,44%	7,35
L11	4	P	26-10-2020	3,15%	14,84%	6,75
L12	4	HB	26-10-2020	3,13%	15,38%	8,64
Medelvärde				3,29%	15,56%	8,92

8.5.2. Bilaga 5b. Dataunderlag för diagrammen över Krokstorp

Sorterat efter tid:

Prov	Block	Metod	Tid	Mullhalt [%]	Vattenhalt [%]	Växtmaterial [mg]	Respiration CO ₂ -C ppm [mg/ kg]
KT 1	1	1	26-06-2020	2,59%	8,67%	30,00	36,27
KT 2	1	2	26-06-2020	2,88%	10,73%	110,00	27,62
KT 3	2	1	26-06-2020	3,96%	7,61%	410,00	37,39
KT 4	2	2	26-06-2020	3,97%	8,67%	80,00	41,47
KT 5	3	1	26-06-2020	3,59%	7,95%	160,00	56,58
KT 6	3	2	26-06-2020	3,36%	8,64%	40,00	64,05
Medelvärde				3,39%	8,71%	138,33	43,90
KT 1	1	1	03-08-2020	2,79%	8,72%	80,00	12,26
KT 2	1	2	03-08-2020	3,19%	10,00%	90,00	36,41
KT 3	2	1	03-08-2020	4,37%	10,27%	220,00	14,12
KT 4	2	2	03-08-2020	3,67%	8,60%	240,00	55,37
KT 5	3	1	03-08-2020	4,06%	10,01%	400,00	26,65
KT 6	3	2	03-08-2020	2,99%	8,24%	120,00	40,79
Medelvärde				3,51%	9,31%	191,67	30,93
KT 1	1	1	25-09-2020	3,80%	11,41%	290,00	15,84
KT 2	1	2	25-09-2020	3,98%	13,10%	500,00	20,95
KT 3	2	1	25-09-2020	4,52%	11,70%	450,00	23,10
KT 4	2	2	25-09-2020	4,59%	10,85%	550,00	21,14
KT 5	3	1	25-09-2020	3,44%	11,96%	480,00	22,57
KT 6	3	2	25-09-2020	3,05%	10,20%	350,00	36,02
Medelvärde				3,90%	11,54%	436,67	23,27

Sorterat efter mellangroda:

Prov	Block	Metod	Tid	Mullhalt [%]	Vattenhalt [%]	Växtmaterial [mg]	Respiration CO ₂ -C ppm [mg/ kg]
Ingen M-G							
KT 1	1	Plöjt	26-06-2020	2,59%	8,67%	30,00	36,27
KT 2	1	Direktsått	26-06-2020	2,88%	10,73%	110,00	27,62
Medelvärde				2,74%	9,70%	70,00	31,95
KT 1	1	Plöjt	03-08-2020	2,79%	8,72%	80,00	12,26
KT 2	1	Direktsått	03-08-2020	3,19%	10,00%	90,00	36,41
Medelvärde				2,99%	9,36%	85,00	24,33
KT 1	1	Plöjt	25-09-2020	3,80%	11,41%	290,00	15,84
KT 2	1	Direktsått	25-09-2020	3,98%	13,10%	500,00	20,95
Medelvärde				3,89%	12,25%	395,00	18,40
Sv. Foder							
KT 3	2	Plöjt	26-06-2020	3,96%	7,61%	410,00	37,39
KT 4	2	Direktsått	26-06-2020	3,97%	8,67%	80,00	41,47
Medelvärde				3,96%	8,14%	245,00	39,43
KT 3	2	Plöjt	03-08-2020	4,37%	10,27%	220,00	14,12
KT 4	2	Direktsått	03-08-2020	3,67%	8,60%	240,00	55,37
Medelvärde				4,02%	9,43%	230,00	34,75
KT 3	2	Plöjt	25-09-2020	4,52%	11,70%	450,00	23,10
KT 4	2	Direktsått	25-09-2020	4,59%	10,85%	550,00	21,14
Medelvärde				4,56%	11,28%	500,00	22,12
Oljerättika							
KT 5	3	Plöjt	26-06-2020	3,59%	7,95%	160,00	56,58
KT 6	3	Direktsått	26-06-2020	3,36%	8,64%	40,00	64,05
Medelvärde				3,48%	8,30%	100,00	60,31
KT 5	3	Plöjt	03-08-2020	4,06%	10,01%	400,00	26,65
KT 6	3	Direktsått	03-08-2020	2,99%	8,24%	120,00	40,79
Medelvärde				3,53%	9,12%	260,00	33,72
KT 5	3	Plöjt	25-09-2020	3,44%	11,96%	480,00	22,57
KT 6	3	Direktsått	25-09-2020	3,05%	10,20%	350,00	36,02
Medelvärde				3,24%	11,08%	415,00	29,29

Ingen M-G	Mull_st err	Vh st_err	Växt_st err	Resp_err
KT 1	2,59%	8,67%	30,00	36,27
KT 2	2,88%	10,73%	110,00	27,62
st_err	0,21%	1,46%	56,57	6,11
KT 1	2,79%	8,72%	80,00	12,26
KT 2	3,19%	10,00%	90,00	36,41
st_err	0,28%	0,91%	7,07	17,08
KT 1	3,80%	11,41%	290,00	15,84
KT 2	3,98%	13,10%	500,00	20,95
st_err	0,12%	1,19%	148,49	3,61
Sv. Foder	Mull_st err	Vh st_err	Växt_st err	Resp_err
KT 3	3,96%	7,61%	410,00	37,39
KT 4	3,97%	8,67%	80,00	41,47
st_err	0,00%	0,75%	233,35	2,88
KT 3	4,37%	10,27%	220,00	14,12
KT 4	3,67%	8,60%	240,00	55,37
st_err	0,49%	1,18%	14,14	29,17
KT 3	4,52%	11,70%	450,00	23,10
KT 4	4,59%	10,85%	550,00	21,14
st_err	0,04%	0,60%	70,71	1,39
Oljerättika	Mull_st err	Vh st_err	Växt_st err	Resp_err
KT 5	3,59%	7,95%	160,00	56,58
KT 6	3,36%	8,64%	40,00	64,05
st_err	0,16%	0,49%	84,85	5,28
KT 5	4,06%	10,01%	400,00	26,65
KT 6	2,99%	8,24%	120,00	40,79
st_err	0,76%	1,25%	197,99	10,00
KT 5	3,44%	11,96%	480,00	22,57
KT 6	3,05%	10,20%	350,00	36,02
st_err	0,28%	1,24%	91,92	9,51

Sorterat efter metod:

Prov	Block	Metod	Tid	Mullhalt [%]	Vattenhalt [%]	Växtmaterial [mg]	Respiration CO ₂ -C ppm [mg/kg]
KT1	1	Plöjt	26-06-2020	2,59%	8,67%	30,00	36,27
KT3	2	Plöjt	26-06-2020	3,96%	7,61%	410,00	37,39
KT5	3	Plöjt	26-06-2020	3,59%	7,95%	160,00	56,58
Medelvärde				3,38%	8,08%	200,00	43,41
KT1	1	Plöjt	03-08-2020	2,79%	8,72%	80,00	12,26
KT3	2	Plöjt	03-08-2020	4,37%	10,27%	220,00	14,12
KT5	3	Plöjt	03-08-2020	4,06%	10,01%	400,00	26,65
Medelvärde				3,74%	9,67%	233,33	17,68
KT1	1	Plöjt	25-09-2020	3,80%	11,41%	290,00	15,84
KT3	2	Plöjt	25-09-2020	4,52%	11,70%	450,00	23,10
KT5	3	Plöjt	25-09-2020	3,44%	11,96%	480,00	22,57
Medelvärde				3,92%	11,69%	406,67	20,51
KT2	1	Direktsått	26-06-2020	2,88%	10,73%	110,00	27,62
KT4	2	Direktsått	26-06-2020	3,97%	8,67%	80,00	41,47
KT6	3	Direktsått	26-06-2020	3,36%	8,64%	40,00	64,05
Medelvärde				3,40%	9,35%	76,67	44,38
KT2	1	Direktsått	03-08-2020	3,19%	10,00%	90,00	36,41
KT4	2	Direktsått	03-08-2020	3,67%	8,60%	240,00	55,37
KT6	3	Direktsått	03-08-2020	2,99%	8,24%	120,00	40,79
Medelvärde				3,28%	8,95%	150,00	44,19
KT2	1	Direktsått	25-09-2020	3,98%	13,10%	500,00	20,95
KT4	2	Direktsått	25-09-2020	4,59%	10,85%	550,00	21,14
KT6	3	Direktsått	25-09-2020	3,05%	10,20%	350,00	36,02
Medelvärde				3,87%	11,38%	466,67	26,04

Plöjt	Mull_st_err	Vh_st_err	Växt_st_err	Resp_err
KT1	2,59%	8,67%	30,00	36,27
KT3	3,96%	7,61%	410,00	37,39
KT5	3,59%	7,95%	160,00	56,58
st_err	0,71%	0,54%	193,13	11,41
KT1	2,79%	8,72%	80,00	12,26
KT3	4,37%	10,27%	220,00	14,12
KT5	4,06%	10,01%	400,00	26,65
st_err	0,84%	0,83%	160,42	7,83
KT1	3,80%	11,41%	290,00	15,84
KT3	4,52%	11,70%	450,00	23,10
KT5	3,44%	11,96%	480,00	22,57
st_err	0,55%	0,27%	102,14	4,05
Direktsått	Mull_st_err	Vh_st_err	Växt_st_err	Resp_err
KT2	2,88%	10,73%	110,00	27,62
KT4	3,97%	8,67%	80,00	41,47
KT6	3,36%	8,64%	40,00	64,05
st_err	0,54%	1,20%	35,12	18,38
KT2	3,19%	10,00%	90,00	36,41
KT4	3,67%	8,60%	240,00	55,37
KT6	2,99%	8,24%	120,00	40,79
st_err	0,35%	0,93%	79,37	9,93
KT2	3,98%	13,10%	500,00	20,95
KT4	4,59%	10,85%	550,00	21,14
KT6	3,05%	10,20%	350,00	36,02
st_err	0,78%	1,52%	104,08	8,64