

Artur Granstedt och Anita Gunnarsson

Järna den 6 januari 2019

Resultatrapport

Avslutande utvärdering av ett unikt långliggande jämförande odlingssystemförsök med ekologisk och konventionell odling i Önnestad Skåne

Bakgrund

Frågan om olika odlingsformer har engagerat människor i flera decennier. Under 1980-talet nådde den en bredare publik. Avgörande framtidsfrågor är odlingssystemens uthållighet med hänsyn till tillgängliga naturresurser, odlingens miljökonsekvenser och vår långsiktiga försörjning med livsmedel både vad det gäller kvantitet och näringskvalitet. Särskilt är frågan om mängd och kvalitet på den organiska substansen i marken av en stor betydelse för markens bördighetsegenskaper så som markklimat, vattenhushållning, markerosion, markbiologisk aktivitet med de i marken levande organismerna och växtskyddet. Detta är av särskild stor betydelse i ekologisk odling där produktivitet är avhängig av lokala och förnyelsebara resurser baserat kretslopp med återförsel av organiskt material och där växtnäringsförsörjningen till stor del är ett resultat av den organiska substansens omsättning i marken (Granstedt, 1992, Granstedt 2000a, 2000b, Granstedt *et al* 2008). Långliggande jämförande odlingssystemförsök tillkom redan på 1950-talet tack vare stöd från Ehagastiftelsen och sedermera den forskning som utvecklades i samarbete med dåvarande Lantbrukshögskolan och numera Sveriges Lantbruksuniversitet redan under 1970-talet (Dlouhý, 1981; Pettersson, 1982). Dessa undersökningar lade grunden till vidareutveckling av det som senare utvecklades till dagens ekologiska odling.

En stor satsning gjordes 1987 i dåvarande Kristianstads län då tre stycken långliggande odlingssystemförsök startades på länets lantbruksskolor (Bollerup, Önnestad och Östra Ljungby). Dessa pågick på samtliga tre platser i 18 år fram till 2005 (Gissén och Larsson 2008). Försöken omfattade jämförelser mellan tre ekologiska och två konventionella odlingssystem med och utan djurhållning, vallodling samt stallgödsel. Försöket i Östra Ljungby avslutades år 2005 och det i Bollerup avslutades år 2012. Det sista återstående odlingssystemförsöket i Önnestad avslutades år 2015.

Under 2013 och 2014 genomfördes avslutande utvärderingar av Bollerupförsöket. Försöket såddes med havre i alla parceller år 2013 följt av höstsäd (vete) 2014. Därmed gavs den unika möjligheten att, på en lättlera, studera påverkan av olika växtföljder och odlingssystem under 25 år utan påverkan av den kortsiktiga förfruktseffekten.

Då det stod klart att även Önnestadförsöket skulle avslutas har nu en motsvarande avslutande utvärdering genomförts där, med finansiering från Ekhagastiftelsen. Liksom i Bollerup såddes havre, som en utjämningsgröda, över hela försöket år 2016, dvs. första året efter nerläggningen. Året därpå såddes en höstsädesgröda – i detta fall råg.

Syfte

Syftet med det här redovisade projektet är att dokumentera och utvärdera grundläggande bördighetsegenskaper i marken, långsiktig försörjning med växtnäring samt produktivitet och kvalitetsegenskaper i grödan som resultat av 29 års verkande av olika odlingssystem i

Önnestad. Resultaten från den aktuella försöksplatsen har utvärderats med hänsyn till tidigare resultat både från Bollerup- och Önnestadförsöken samt från andra liknande långliggande försök.

En övergripande hypotes var att odlingssystem med vall och stallgödsel eller rötrest ger en ökad mängd och kvalitet av organiskt material som på sikt bidrar till ett mer diversifierat och väl fungerande markecosystem än odlingssystem baserade enbart på mineralgödsel.

Följande undersökningar har prioriterats:

1. Utvärderingen av de markkemiska och markbiologiska egenskaperna i marken. Markstudierna syftar till att ge kunskap om markens långsiktiga bördighet och produktionsförmåga med hänsyn till grödornas näringsbehov: Därtill syftade det till att möjliggöra en bedömning av odlingssystemets förmåga att genom humusupbyggnad binda kol ur atmosfären och därigenom bidra till minskad klimatbelastning.
2. Utvärdering av odlingssystemens produktionsförmåga och hur de inverkar på kvalitetsegenskaper i grödan.

Försökens uppläggning

Odlingssystemförsöken var lika på samtliga tre försöksplatser fram till 2005, med undantag för viss platsanpassning av grödorna (Tabell 1). Från och med växtföljdsomlopp 4, med start år 2006, anpassades odlingssystemen efter aktuella marknadsbehov och långsiktiga konsumtionstrender i form av: a) behov av förnyelsebar energi, b) brist på ekologiskt vallfröutsäde och c) ökad konsumtion av grönsaker (ekologiska och konventionella). I Bollerup behölls odlingssystem B och C oförändrade för att tjäna som långsiktig referens och i Önnestad behölls system B och D.

Tabell 1. Övergripande beskrivning av odlingssystemen 1987–2005 och 2007–2012

	Växtföljdsomlopp 1 – 3 1987–2005* båda platserna	Växtföljdsomlopp 4 2007–2012* Bollerup	Växtföljdsomlopp 4 & 5 2007–2015* Önnestad
Led A	Konventionell utan kreatur	Konventionell utan kreatur lantbruksgrödor, vitklöverfrö, energiproduktion	Konventionell utan kreatur grönsaker, rödklöverfrö
Led B	Konventionell med kreatur**	Konventionell med kreatur** trad. lantbruksgrödor	Konventionell med kreatur** trad. Lantbruksgrödor
Led C	Ekologisk (biodynamisk) med kreatur*	Ekologisk (biodynamisk) med kreatur*, trad lantbruksgrödor	Ekologisk (KRAV) utan kreatur grönsaker, biogasrötrest producerad inom systemet samt inköpt Biofer och KMg
Led D	Ekologisk (KRAV) med kreatur**	Ekologisk (KRAV) utan kreatur, biogasvall, biogasrötrest producerad inom systemet	Ekologisk (KRAV) med kreatur** trad. lantbruksgrödor
Led E	Ekologisk (KRAV) utan kreatur***	Ekologisk (KRAV) utan kreatur, biogasrötrest producerad inom systemet samt inköpt växtnäring i Biofer och KMg eller KSO ₄	Ekologisk (KRAV) utan kreatur grönsaker, rödklöverfrö, inköpt växtnäring i fruktsaft och Biofer

*) 1999 var ett övergångsår mellan omlopp 3 och 4 och 2006 var ett övergångsår mellan omlopp 4 och 5 – detta för att vissa justeringar gjordes i grödordningen

**) med tänkt nötkreatursinriktning dvs. med vall och stallgödsel. Ingen betesareal

***) ingen inköpt växtnäring under växtföljdsomlopp ett och två, begränsat inköp av Kravtillåten växtnäring i form av spannmålsaska, fruktsaft och/eller svinurin i omlopp 3

Från och med 1999 ändrades inriktningen i odlingssystemförsöken från att enbart jämföra systemen till att också vidareutveckla vart och ett för sig efter sina förutsättningar. Resultaten från samtliga försöksår finns tillgängliga i databaser på www.odlingssystem.se samt i rapporter för de olika växtföljdsomloppen (Gunnarsson *et al.*, 1994; Gunnarsson, 1994; Gunnarsson, 1999; Gunnarsson och Laike, 1999; Ivarsson *et al.*, 2001; Gunnarsson, 2001; Gissen och Larsson, 2008; Modig *et al.*, 2015).

I försöken odlades samtliga sex grödor i växtföljden varje år i de fem odlingssystemen, alltså sammanlagt 30 försöksrutor. Det saknades upprepningar varför åren använts som block vid statistisk bearbetning. I Önnestad var rutorna randomiserade inom grödblock. I Önnestad var parcellstorleken 12 x 15 meter medan den i Bollerup var 24 x 15 m.

Slututvärderingen genomfördes, som redan nämnts, med höstråg 2017 efter havre 2016 i samtliga parceller på motsvarande sätt som det var höstvetete efter havre 2014 i Bollerupförsöket.

Simulering av djurhållningen

Under första växtföljdsomloppet tillfördes samma mängd stallgödsel och urin till de djurhållande systemen (B, C och D) – i system C komposterades dock fastgödseln varvid vikten minskade till följd av komposteringsprocessen. Från och med omlopp två, med start 1993, baserades mängden tillförd gödsel på mängden foder som skördats och, utifrån fodermängden, beräknad möjlig djurhållning. I Bollerupförsöket innebar det en gödseltillförsel från 1 djurenhet (DE)* per ha och år för det konventionella odlingssystemet (Konv. + djur) medan det för de ekologiska och biodynamiska systemen (Ekol. + djur, Biod. + djur) innebar gödsel från 0.8 djurenheter per ha. För Önnestad beräknades djurhållningen och motsvarande mängd djurgödsel i det konventionella systemet till 0,8 DE per ha och de ekologiska och biodynamiska till 0,7 DE per ha. Från och med omlopp tre ersattes fastgödsel och urin med flytgödsel i system B och D. Fastgödsel (kompost) och urin behölls i system C under omlopp tre. En översikt över stallgödselmängder vid olika djurtäthet ges i Tabell 2.

*) 1 djurenhet motsvarar en mjölkko, 3 kvigor eller 6 kalvar enligt svensk standard för gödselproduktion (Jordbruksverket 2018, www.jordbruksverket.se/swedishboardofagriculture)

Tabell 2. Exempel på simulering av djurhållning och gödselproduktion Bollerup and Önnestad baserat på uppgifter från Jordbruksverket (2017)

	Bollerup			Önnestad		
	B. Konv. + djur	C. Biod. + djur	D: Ekol. + djur	B. Konv. + djur	C. Biod. + djur	D. Ekol. + djur
Mjölkkor (DE ha ⁻¹)	1	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7
Stalldagar år ⁻¹	240	240	240	240	240	240
Foder DE ⁻¹ (kg TS/ dag ⁻¹)	20-23	20-23	20-23	20-23	20-23	20-23
Mjölkproduktion år ⁻¹ DE (kg år ⁻¹)	8000	7500	7500	8000	7500	7500
Mängd fastgödsel år ⁻¹	9500	7600	7600	7600	6600	6600
Mängd urin år ⁻¹	5900	4700	4700	4700	4400	4400
Mängd flytgödsel. år ⁻¹	19400	15500	15500	15500	13600	13600

Karaktärisering av försöksplatsen

Önnestadförsöket i Skåne ligger på en måttligt mullhaltig till mullrik lerig sandjord med en årsmedelnederbörd på 562 mm och årsmedeltemperatur på 7,4° C. Trots den lätta jordtypen är vattenförsörjningen ganska god, tack vare hög mullhalt och lerjord i underliggande jordlager. Värden på lerhalt, mullhalt, pH och AL-lösligt P och K vid start framgår av Tabell 3a. Bollerupsförsöket låg på en något mullhaltig lättlera och skilde sig därför avsevärt från Önnestadförsöket (Tabell 3b).

Före försöksstarten 1987 gjordes rutvisa markkarteringar och mullhaltsbestämning samt bestämning av vårkornskördarna på respektive försöksplats. Vårkornskörden 1986 i Önnestad var 51 dt/ha med standardavvikelse 3,15.

Tabell 3 a. Markegenskaper och uppmätta skördar samt jämnhet före försöksstarten 1986 i Önnestad. Inga signifikanta skillnader mellan systemen vid start.

System	Lera (g/kg)	Mullhalt (g/kg)	P-AL _{ex} (mg/100g)	K -AL _{ex} (mg/100g)	pH (H ₂ O)
A. Konv. utan djur	67	61	21.4	18.4	6.7
B. Konv. med djur	78	59	18.6	14.9	7.2
C. Bidyn m djur t 2005 ¹⁾	75	62	21.1	14.1	7.3
D. Ekol. med djur	60	70	14.4	13.3	6.9
E. Ekol. utan djur	53	63	16.1	13.7	6.7

¹⁾ Från 2007 Ekologiskt med biogasvall och biogödsel

Tabell 3 b. Markegenskaper, uppmätta skördar samt jämnhet i respektive försöksfält före försöksstarten 1986 i Bollerup

System	Lera (g/kg)	Mullhalt C (g/kg)	P-AL (mg/100 g jord)	K-AL (mg/100 g jord)	pH (H ₂ O)
A. Konv. utan djur	202	28 ^c	7,55 ^a	13,1	6,3 ^a
B. Konv. med djur	173	27 ^{bc}	7,55 ^a	11,6	6,4 ^b
C. Biod. med djur	170	24 ^{ab}	9,60 ^b	12,3	6,4 ^{ab}
D. Ekol. med djur	198	26 ^{ac}	11,38 ^b	13,5	6,5 ^b
E. Ekol. utan djur	203	23 ^a	9,23 ^b	11,3	6,4 ^{ab}

Värden med olika bokstav inom en kolumn är signifikant skilda på $p < 0.05$ -nivån, enligt Tukey's test

Material och metoder

Fältåtgärder 2016 och 2017

År 2015 odlades alla grödor i växtföljden. För att jämma ut direkta förfruktseffekter odlades havre 2016, vars skörd inte dokumenterades. Rutor med vall bearbetades med tallriksredskap våren 2016 varefter fältet vårplöjdes och parceller i de konventionella systemen gödslades med 330 kg/ha NPK 11-3-10 (36 N, 10 P, 33 K, 12 S, 3 Mg). De ekologiska systemen gödslades med 20 ton nötflyt motsvarande 50 kg NH₄-N, 12 kg P och 60 kg K. Hela ytan såbäddsharvades och såddes obetat havreutsäde (200 kg/ha av sorten Belinda) med Väderstads Rapidsåmaskin. Konventionella system ogräsbekämpades med 2,5 Ariane S och ekologiska system ogräsharvades med långfingerharv två gånger efter uppkomst. Hela ytan tillfördes mangan (Mantrac) vid ett tillfälle.

Efter havresköörden plöjdes och såbäddsharvades hela försöksfältet (30/9 2016). Den 18/10 såddes hybridrågsorten Herakles med 100 kg/ha obetat utsäde, i alla system. Fältet vältades tidig vår för att förebygga Mn-brister och uppfrysning. Konventionella parceller ogräsbekämpades med 0,5 Atlantis och 0,1 Diflanil vid DC 12 (18/10-16). Mangan sprutades ut i alla parceller med Mantrac vid ett tillfälle. Alla parceller gödslades med 20 ton nötflyt/ha (68 Ntotal, 40 NH₄-N, 11 P och 71 K; kg/ha). Ekologiska system fick ingen ytterligare gödsling medan konventionella parceller gödslades med 215 kg N27 per hektar (58 N; den

20/4). Total effektiv kvävetillförsel, med 60 % antagen mineralgödselektivitalens av tillfört NH₄-N i nötflyt, motsvarade 83 kg mineralgödsel-N i konventionella system och 24 kg i ekologiska. Förekomst av trips följdes upp men bekämpningströskel uppnåddes inte. Kemisk bekämpning utfördes inte mot insekter eller svamp. Fältet tröskades den 7/8.

Provtagning, gradering och analyser året med råg 2017

Markkemi, markandning och daggmåskmätning

På våren före gödselspridning togs jordprov för mätning av markandning (respiration). Proven togs parcellvis medels sju slumpartade prov inom parcellytan ned till 20 cm. Markandningen bestämdes vid Biodynamiska forskningsinstitutets laboratorium genom inkubering av jordprov (70 g) och mätning av frigjord mängd (g) koldioxid (CO₂) genom titrering med NaOH enligt metodik Pell, Stenström och Granhall (2006).

I september 2017, efter rågskörd räknades antal daggmåskhål och daggmåskarna räknades och vägdes från 0–10 cm och 10–20 cm matjordsskikt på en 0,25 m² stor kvadratisk yta per parcell. Denna teknik har tidigare använts i försöket i Bollrup 2013 och i Önnestad 2014. Daggmåskstudien gjordes i fem parceller per system i ytor med förförfrukt vårkorn, knölgröda (potatis i B och D; lök i A, C och E) och rotfrukt (rödbetor i B och D; morötter i A, C och E), havre eller havreärt samt vall eller råg.

Markens kväveleverande förmåga

Mineralkväveprover togs vår (6/4) före gödsling samt efter skörd (10/8; 12 stick/parcell; 0–30, 30–60 och 60–90 cm). Baserat på mineralkväve i mark (analysmetod, se Tabell 4) och totalkväve i grödan beräknades markens kväveleverande förmåga enligt den teknik som tidigare genomförts vid studier av vallens förfruktsvärde i ekologisk odling av huvudsökanden (Granstedt and L-Baekström, 2000).

Tabell 4. Analyser och analysmetoder

Analysvariabel	Metodreferens
Markundersökningar: förbehandling av jordprov för fysikalisk och kemisk analys	SS.ISO 111464 utg. 1
Markundersökningar: extraktion och bearbetning av fosfor, kalium, kalcium, magnesium och natrium ur jord med ammoniumlaktatättiksyralösning (AL-metoden)	SS 02 83 10 utg. Nr 3
Markundersökningar: bestämning av pH	SS-ISO 10 390
Bestämning av organisk substans genom glödförlust ¹	
Mineralkväve NH ₄ - och NO ₃ -N i jord	ISO 11732
Bestämning P, K och Cu-HCl extraheras med 100 ml 2M HCl under 60 min kokning	KLK 1965:1

Växtnäringsbalanser

Beräkning av fältbalanser för fosfor (P) och kalium (K) genomfördes med hjälp av tillgängliga uppgifter från projektets databas www.odlingssystem.se, för perioden 1987–2012. Balanserna (*Balance*) är beräknade som summan av tillförd mineralisk (*F-min*) och organisk gödsel (*F-org*) minus bortförd växtnäring (*H*) i form av grödor och bortförda skörderester (Eq1). Tillförsel genom atmosfärisk deposition och bortförsel genom emissioner av ämnen till luft och vatten är här inte beaktade.

$$(Eq\ 1) \quad Balance = F_{min} + F_{org} - H$$

¹ Mullhalt = Glödningsförlust – 0.46 – 0,047* halt lera (Euronfins Agro Testing AB, Björn Gustavsson, 2018)

Fältbalansen för P och K beräknades för varje växtföljdsomlopp 1987–2012 exklusive avbrottsåret 1999 då tillgängliga data var ofullständiga.

Markens organiska substans

För bestämning av markens organiska substans togs hösten 2017 markprov parcellvis i 0–20 cm-skiktet, enligt samma metod som användes vid försökens början, samt vid försökens avslutande 2017. Den organiska substansen (mullhalten) analyserades genom bestämning av glödförlusten (Ljung, 1987).

Mullhalterna har under försökstiden från före startåret och därefter återkommande bestämts med analys av glödförlusterna i generalprov från de fem odlingssystemen i Bollerup och Önnestad. Förändring i mullhalt beräknades som

*(Eq 2) Mullhaltsförändring, relativ (%) = $100 \times (1 - \text{Mullhalt } 2017 / \text{Mullhalt startåret } 1986)$.
(Vid minskning anges förändringen med negativt tal)*

eller

(Eq 3) Mullhaltsförändring, procentenheter = Mullhalt aktuellt mätår - Mullhalt startåret 1986

Provtagning, mätningar och graderingar i råggrödan 2017

Under växtsäsongen graderades tistelförekomst, mjöldagg, sköldfläcksjuka brunrost och trips i slutet av juni.

Plant- och skotträkning gjordes 3 april och axräkning strax före skörd. Kärnskorde (7/8) mättes parcellvis och i 2 tröskdrag på totalt 25,3 m². Representativa prov togs av kärna för bestämning av makro- och mikronäringsämnen samt för kvalitetsbestämning av rågkärnans proteinhalt samt av betalningsgrundande parametrar. Biomassa av halm bestämdes genom klippning av 2 stycken 0,25 m² stora rutor i skörderutans förlängning. Axen klipptes bort och resterande mängd vägdes, torkades och torrsbstanshaltbestämdes.

Statistisk bearbetning och utvärdering

Utöver de avslutande provtagningar som gjort 2017 har data från tidigare år använts för att belysa förändringar över tiden. Den statistiska bearbetningen har utförts i statistikprogrammet Minitab 16; (Minitab Inc.) i samråd med universitetslektor i statistik Jan-Erik Englund, SLU, Alnarp som konsulterats vid starten av utvärderingen samt under det pågående arbetet.

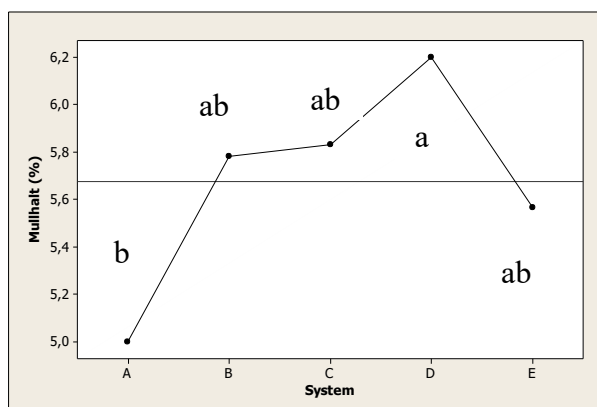
Denna rapport avser slututvärderingen av försöket i Önnestad. För jämförelser mellan försöket i Önnestad och det i Bollerup hänvisas till bilaga 1 som omfattar resultat både från försöket i Bollerup och försöket i Önnestad (Granstedt and Ranheim, 2018).

Resultat

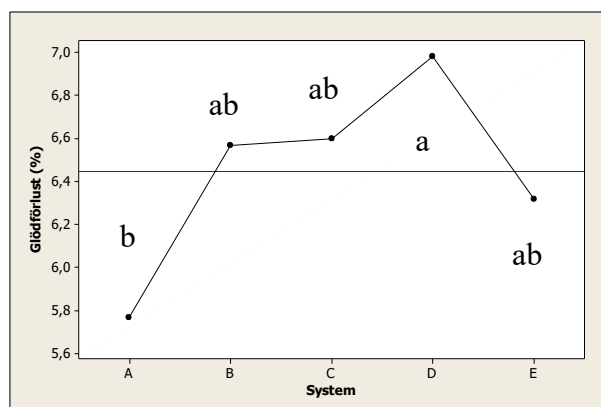
Mark

Den organiska substansen och dess förändring

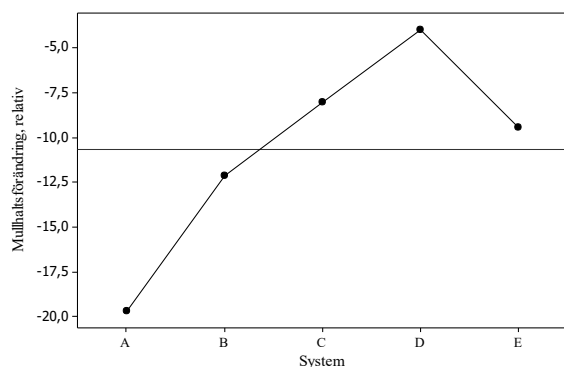
Vid den avslutande utvärderingen 2017 av Önnestad-försöket var mullhalt och glödförlust högre i det ekologiska kreaturssystemet (D) än i det konventionella systemet utan djur (A) (Figur 1 och 2). Mullhalterna synes ha sjunkit mindre än utgångsvärdena 1986 för det organiska odlingssystemet D (Figur 3 och 4).



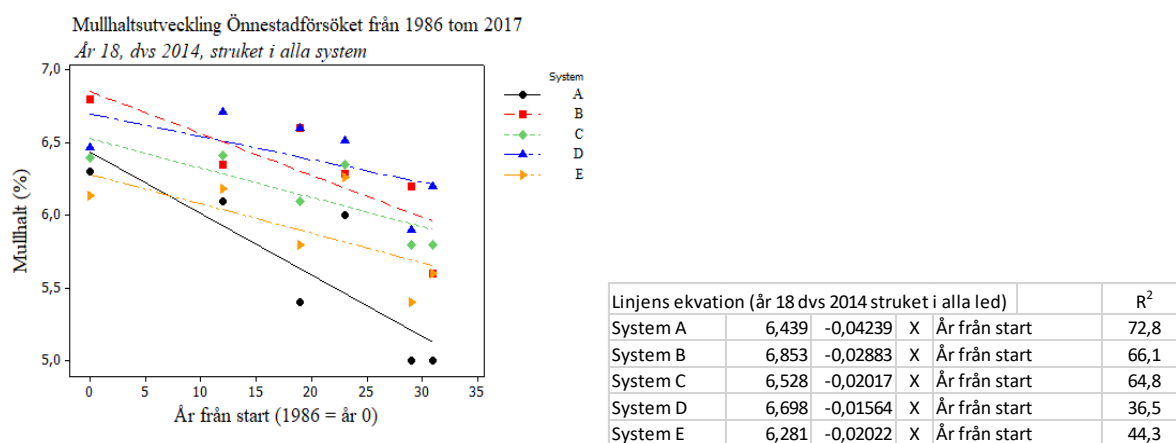
Figur 1. Mullhalt i matjorden höst 2017.
P-värde led: 0,083. Trots p-värde över 0,05 visade parvis Tukey's test på signifikanta skillnader på <0,05-nivån. Även om de egentligen inte ska beaktas har de lagts in i figuren med bokstäver.
Enligt Dunnet's test är system D skilt från A (0,05-nivån)



Figur 2. Glödförlust i matjorden höst 2017.
P-värde led: 0,075. Trots p-värde över 0,05 visade parvis Tukey's test på signifikanta skillnader på <0,05-nivån. Även om de egentligen inte ska beaktas har de lagts in i figuren med bokstäver.
Enligt Dunnet's test är system D skilt från A (0,05-nivån)

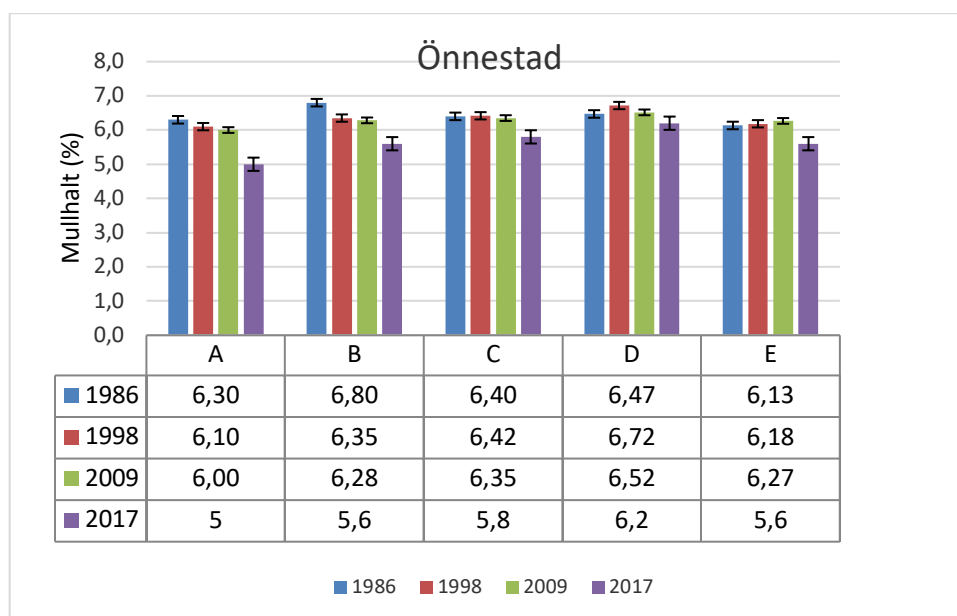


Figur 3. Mullförändring (relativ; Eq. 2) i matjorden höst 1986- 2017.
P-värde led: 0,072. Trots p-värde över 0,05 visade parvis Tukey's test på signifikanta skillnader på <0,05-nivån mellan system 1 och 4. Enligt Dunnet's test är system D skilt från A (0,05-nivån)

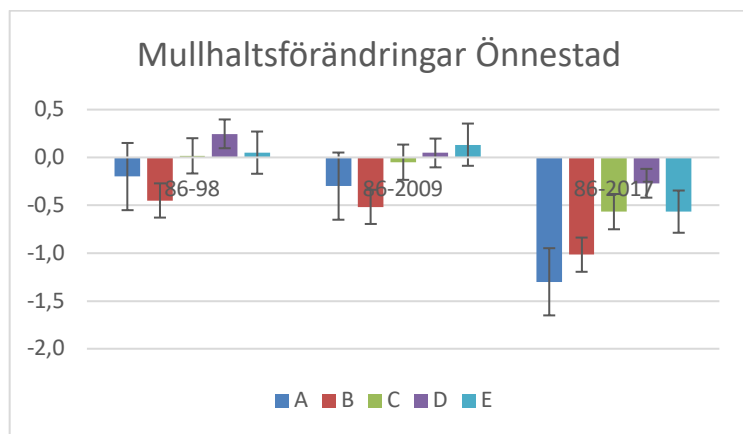


Figur 4. Regressionsanalys av mullhaltsutvecklingen baserad på parcellvisa provtagningar (1986, 1998, 2009 och 2017) samt systemvis provtagning (2005 och 2015). Värdena från systemvist tagna prover år 18 (2004) är ej medtaget då några av värdena på ett orimligt sett avvek från det i övrigt linjära sambandet troligtvis orsakat av fel vid provtagning alternativt analys.

Medelvärdena för mullhalterna de år då provtagningarna gjorts parcellvis (åren 1986, 1998, 2009 och 2017) framgår av figur 5 och 6. Under de första två växtföljdsomloppen (fr o m 1987 t o m 1998) skedde en påvisbar minskning i de båda konventionella systemen (A och B). De uppmätta mullhalterna synes varit på samma nivå fram till 2009 i de tre organiskt odlade systemen (C, D och E). Därefter skedde en minskning i samtliga led.



Figur 4. Mullhalter uppmätta parcellvis i Önnestadförsöket 1986 till 2017, Felstaplarna anger medelfel



Figur 6. Mullhaltsförändringar, procentenheter (Eq. 3) 1986–1998, 1986–2009 och 1986–2017

Dessa resultat kan jämföras med resultat från Bollerupsförsöket där mullhalterna var betydligt lägre vid försökens början. Där skedde en uppbyggnad av mullhalterna i samtliga system och ökade som allra mest i det konventionella djurhållande systemet (B) och i det biodynamiska systemet (C). Detta framgår närmare i bilaga 1 (Figur 21 och Tabell 26). Mullhalterna i Bollerup sjönk de två sista åren av försöket med två år stråsäd.

Fältbalanser för P och K

Både P- och K balanserna visade att bortförsel med grödor och skörderester kraftigt översteg tillförseln, förutom i det konventionella systemet utan djur (A) (Tabell 5). Detta har tydliggjorts i bilaga 1 (Tabell 9 och 10) där beräkningar redovisas för varje växtföljdsomlopp. De ackumulerade underskotten i Önnestad var störst i det biodynamiska (Biod +A) systemet både för P och K: – 255 kg P och - 1028 kg K. Men underskotten var stora även i D-ledet och något lägre i B ledet.

Tabell 5. Ackumulerade fältbalanser för K och P för experimentperioden 1987 -2012 (kg ha⁻¹ 26 year⁻¹) för samtliga system

K, P (kg ha ⁻¹ 26 year)	Odlingssystem				
	A (Konv - djur)	B (Konv + djur)	C (Biodyn till 2005 + djur)	D (Org + djur)	E (Org - djur)
K (Önnestad)	803	-733	-1028	-1014	-434
K (Bollerup)	156	-988	-1352	-1560	-572
P (Önnestad)	-120	-159	-255	-156	-242
P (Bollerup)	104	-78	-286	-234	-182

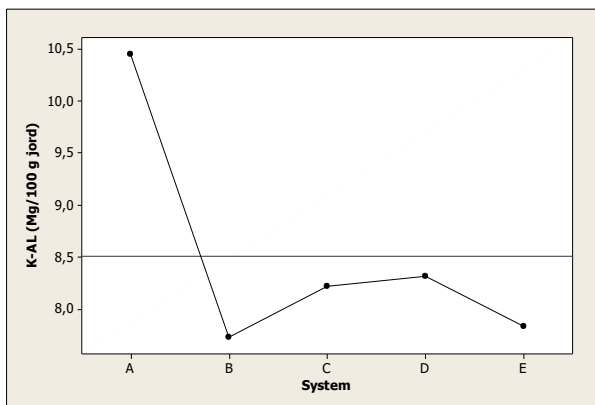
Näringsinnehåll i matjord hösten 2017

Hösten 2017 tenderade lättlösligt kalium (K-AL) i matjorden att vara högre i det konventionella kreaturslösa systemet (A) än i systemen B, C, D och E (Figur 7). Lättlösligt magnesium (Mg-AL) var lägre i det ekologiska systemet utan djur (E) än i det ekologiska biogas/biogödsel-systemet (C) och det ekologiska systemet med djur (D) (Figur 8).

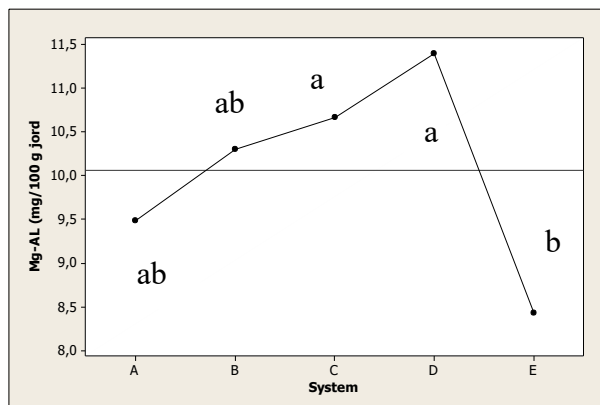
Kalium/magnesium-kvoten var högre i system A än i de tre systemen med tvåårig vall (B, C och D) (Figur 9).

Koppar (Cu-HCl) var högre i de båda kreaturssystemen (B och D) än i de båda kreaturslösa systemen (A och E) (Figur 10). Förrådskalium tenderade att skilja sig mellan systemen (p = 0,11; Figur 11), det var högre i system A än i övriga system.

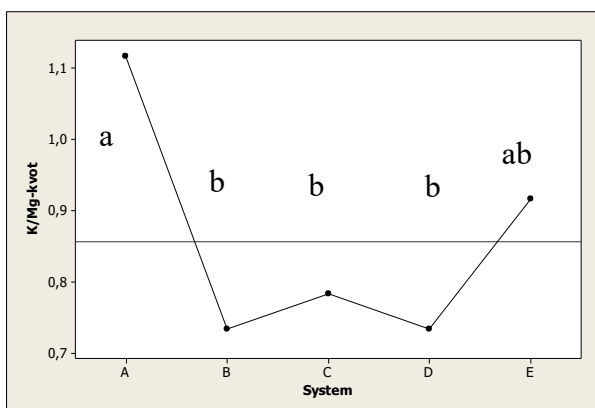
Det fanns inte tendens till eller signifikanta skillnader mellan systemen för pH, P-AL, Ca-AL, P-HCl och lerhalt (data inte presenterade).



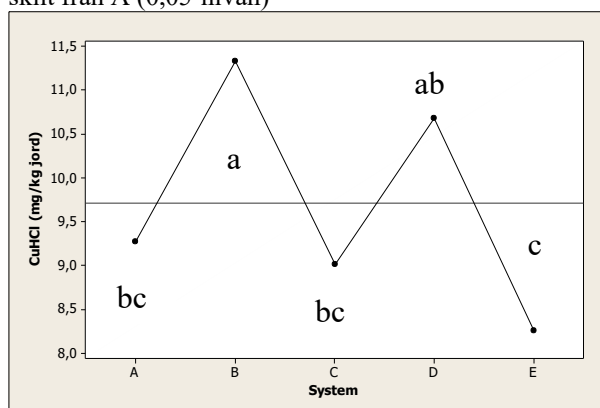
Figur 7. Matjordsanalys höst 2017 av lättlösligt kalium. P-värde: 0,083. Enligt Dunnet's test är system B skilt från A (0,05-nivån)



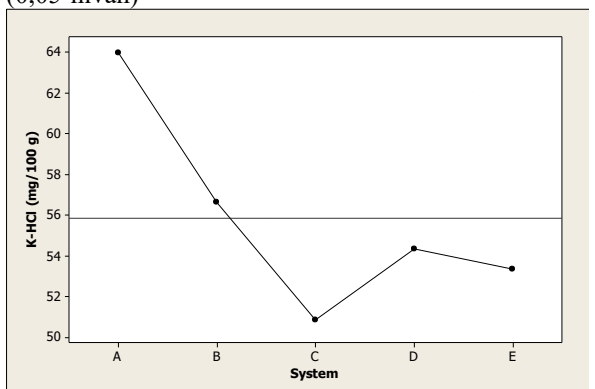
Figur 8. Matjordsanalys höst 2017 av lättlösligt magnesium. P-värde 0,004. Värden med olika bokstäver över punkten är statistiskt skilda på $P < 0,05$ -nivån enligt Tukey's test. Enligt Dunnet's test är system D skilt från A (0,05-nivån)



Figur 9. K/Mg-kvot i matjorden höst 2017. P-värde: 0,003. Värden med olika bokstäver över punkten är statistiskt skilda på $P < 0,05$ -nivån enligt Tukey's test. Enligt Dunnet's test är B, C och D skilda från A (0,05-nivån)



Figur 10. Koppar i matjorden höst 2017. P-värde: 0,001. Värden med olika bokstäver över punkten är statistiskt skilda på $P < 0,05$ -nivån enligt Tukey's test. Enligt Dunnet's test är B skilt från A (0,05-nivån)



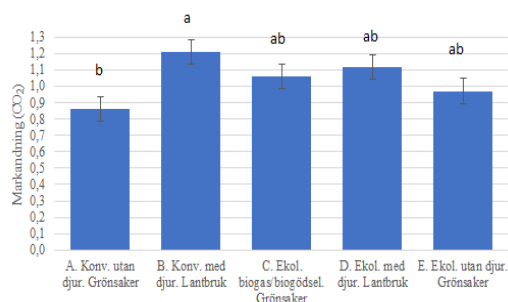
Figur 11. Förrådskalium i matjorden höst 2017. P-värde: 0,113. Enligt Dunnet's test är system C skilt från A (0,05-nivån)

Markandning och kväve mineralisering

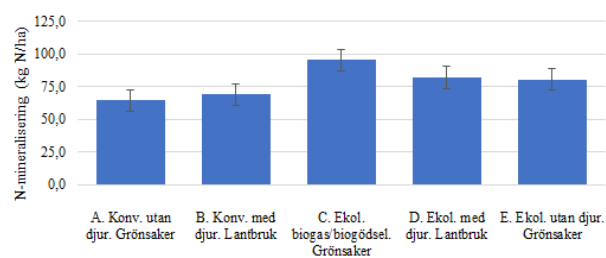
Markandningen var högst i odlingssystem B och lägst i system A (Figur 12).

Kväve mineraliseringen under sommaren visade en svag tendens till systemskillnad med högst mineralisering i det ekologiska biogas/biogödsel-systemet (C) och lägst i de båda konventionella systemen (Figur 13).

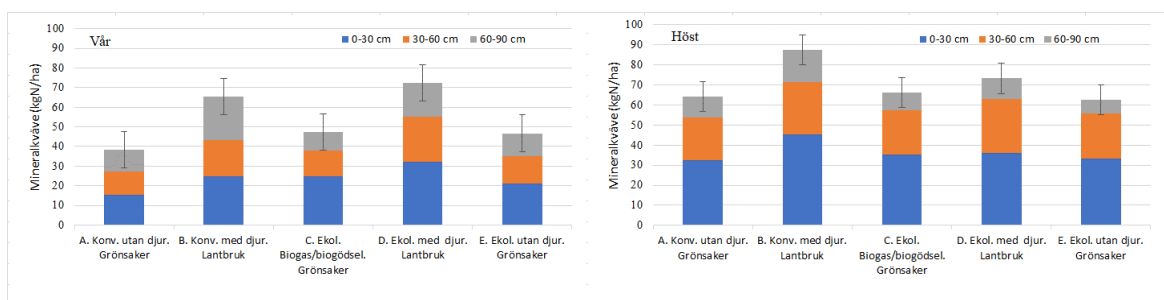
Mineralkväve visade tendens till skillnader mellan systemen med mest N i system B på våren och i system D på hösten (Figur 14).



Figur 12. Markandning/respiration våren 2017. $P = 0,03$. Värderna för staplar med olika bokstäver över stapeln är statistiskt skilda på $P < 0,05$ -nivån enligt Tukey's test. Felstaplar = medelfel. Enligt Dunnet's test är system B skilt från A (0,05-nivån)



Figur 13. Kväve mineralisering beräknad från 24 april till 14 augusti. $P = 0,10$. Felstaplar = medelfel. Enligt Dunnet's test är system C skilt från A (0,05-nivån)



Figur 14. Mineralkväve vår (till vänster) och höst (till höger) 2017. P -värde vår = 0,07; 0,10; 0,21 och 0,08 för 0-30, 30-60, 60-90 respektive 0-90 cm jordskikt. P -värde höst = 0,08; 0,54; 0,19 och 0,15 för 0-30, 30-60, 60-90 respektive 0-90 cm jordskikt. Felstaplar = medelfel. Enligt Dunnet's test är N_{\min} 0-30 cm vår i system D skilt från system A och N_{\min} 0-30 cm höst i system B är skilt från A (0,05-nivån)

Daggmask

Statistisk analys av fem parceller per odlingssystem visade på tendens till skillnader i total daggmaskvikt: högst vikt fanns i system E och lägst i system A (Figur 15).

Två av de fem proverna för daggmaskräkning togs med ca en veckas fördröjning och dessa två hade större variation i resultaten. För daggmaskräkningen (antal maskar/m²) var därtill bristande normalfördelning. Vid en analys av de prover som togs ut vid tillfälle ett var det fler maskar i system E än i system A (Figur 16)

En separat variansanalys av skillnader i daggmaskförekomst 2017 beroende på förförfrukt visade tendens till fler daggmaskar i skikten 0–10 cm ($p=0,12$), 10–20 cm ($P=0,06$) och total daggmaskvikt 10–20 cm ($P=0,14$) och 0–20 cm ($P=0,053$) där förförfrukten var vall (fodervall, biogasvall, klövervall eller höstråg) (data ej presenterade).

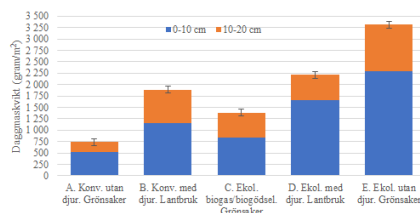
Gröda, tillväxt och kvalitet

Kärnskörden var signifikant högre i de konventionella odlingssystemen (A och B) än i det ekologiska utan djur (E) medan biomassan i halm inklusive stubb inte skilde sig mellan systemen (Tabell 6). Kväveskörden var störst i system B och lägst i system E både baserat enbart på kärnskörden och baserat på summan av kärn- och halmkörd. Stråstyrkan var bäst i de tre ekologiska systemen (Tabell 7). Tusenkornvikten var störst i system C och lägst i system B. Det var inga systemskillnader med avseende på plant-, skott- eller axttäthet.

Ingen av de graderade växtskyddsparametrarna skilde sig signifikant mellan odlingssystemen även om det var en tendens till skillnader (Tabell 8). System A och B tenderade att ha högre förekomst av såväl mjöldagg, sköldfläck och brunrost än något av de tre ekologiska systemen.

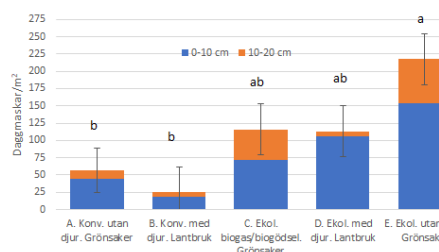
Molybdenhalten var högre i system E än i A och B och det fanns en tendens till systemskillnad även för Zn och P där halterna var högst i de tre ekologiska systemen och lägst i system A (Tabell 9 och Figur 17). Det fanns ingen signifikant systemskillnad för halten av Ca, K, Mg, S, Fe, Cu eller Mn i rågkärnan. Halten av kvicksilver, kadmium, kobolt, krom, nickel, bly, arsenik, aluminium, bor och natrium låg under laboratoriets detektionsgräns (Hg: 0,03; Cd och Co: 0,02; Cr, Ni, Pb: 0,1; As: 0,3; Al, B: 2; Na 100 mg/kg ts)

Den högre Mo-halten i kärnan i ekologiskt system E gav pga. lägre kärnskörd inte signifikant högre Mo-bortförsel i kärnan (Tabell 10). Till följd av att kärnskörden var lägst i ekologiskt kreaturslöst system (E) och högst i det konventionella kreaturssystemet (B) var bortförseln lägre av N, Ca, K, Mg, S och Zn i E än i B.



Figur 15. Daggmaskvikt hösten 2017, efter råg, efter fem grödtyper 2015. $P = 0,12$ för vikt i 0-10 cm, 0,43 i 10-20 cm och 0,12 i 0-20 cm skiktet. Felstaplar = medelfel för skiktet 0-20 cm.

Enligt Dunnet's test var inget system skilt från A (0,05-nivån)



Figur 16. Daggmaskantal hösten 2017, efter råg, efter tre grödtyper 2015. $P = 0,027$. Värderna för staplar med olika bokstäver över stapeln är statistiskt skilda på $P < 0,05$ -nivån enligt Tukey's test.

Felstaplar = medelfel

Enligt Dunnet's test är system E skilt från A (0,05-nivån)

Tabell 6. Biomassaskörd i kärna och halm samt kväveskörd i råg 2017. Värden, inom kolumn, med olika bokstäver är statistiskt skilda på $P < 0,05$ -nivån enligt Tukey's test

Led	Skörd, biomassa			Kväveskörd		
	Kärna dt*/ha	Rel. skörd	Halm dt ts/ha	Kärna kg/ha	Halm kg/ha	Total kg/ha
A. Konv. utan djur. Grönsaker	59,6A	100	60,7	77,4 AB	30,4	107,8 AB
B. Konv. med djur. Lantbruk	62,7A	105	62,3	85,0 A	31,2	116,2 A
C. Ekol. biogas/biogödsel. Grönsaker	56,2AB	94	56,6	72,5 AB	28,3	100,8 AB
D. Ekol. med djur. Lantbruk	56,6AB	95	58,7	75,7 AB	29,4	105,1 AB
E. Ekol. utan djur. Grönsaker	49,1B	83	52,2	62,5 B	26,1	88,6 B
<i>P</i> -värde	0,009		0,220	0,036	0,220	0,021
Tukey's HSD	10,13		13,21	19,49	6,61	22,47
SEM	2,4		3,2	4,7	1,6	5,4
CV, %	11		134	15	13	13

*) kärnsköörden är uttryckt i 14 % vattenhalt

Enligt Dunnet's test är kärnskörd och halm i system E skilt från A (0,05-nivån).

Tabell 7. Betalningsgrundande kvalitet i råg 2017. Värden, inom kolumn, med olika bokstäver är statistiskt skilda på $P < 0,05$ -nivån enligt Tukey's test.

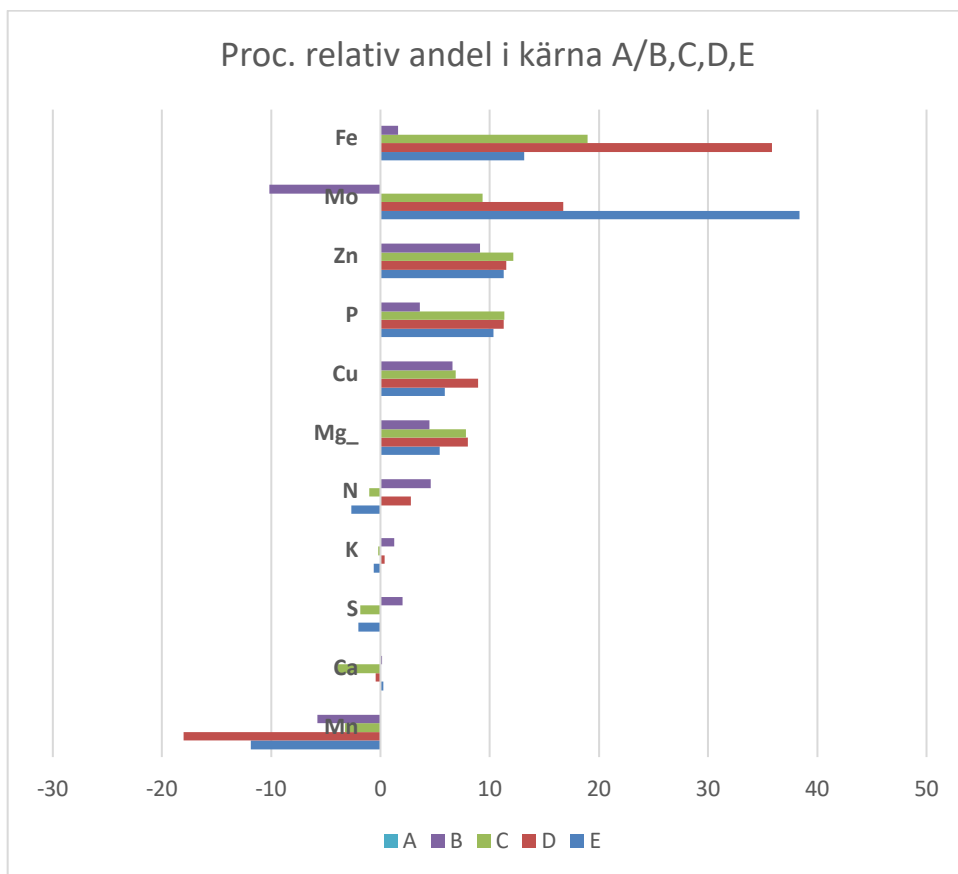
Led	Analys av spannmålskärnor					Strå- styrka 0-100
	Vattenhalt %	Tkv gram	Renhet %	Protein g/kg ts	Rymdvikt gram/L	
A. Konv. utan djur. Grönsaker	16,62	30,29 AB	98,6	86,1	807	80
B. Konv. med djur. Lantbruk	16,36	29,21 B	98,6	90,1	798	73
C. Ekol. biogas/biogödsel. Grönsaker	16,65	32,1 A	98,7	85,3	801	91
D. Ekol. med djur. Lantbruk	16,88	30,75 AB	98,6	88,5	800	93
E. Ekol. utan djur. Grönsaker	16,66	31,02 AB	98,9	83,8	796	91
<i>P</i> -värde	0,713	0,013	0,604	0,760	0,126	0,000
Tukey's HSD	1,062	2,207	0,65	15,34	12,2	9,2
SEM	0,256	0,532	0,2	3,7	2,934	2,214
CV, %	4	4	0,4	10	1	6

Enligt Dunnet's test är rymdvikt i system E och stråstyrka i system C, D och E skilt från A (0,05-nivån)

Tabell 8. Tistelförekomst och växtskyddsgraderingar i slutet av juni i råg 2017

Led	Tistel, skott/ 100 m ²	Mjöl Dagg %	Sköld- fläck %	Brun- rost %	Trips %
A. Konv. utan djur. Grönsaker	4,3	7,0	15,8	12,0	21,0
B. Konv. med djur. Lantbruk	0,9	8,2	14,2	13,7	20,7
C. Ekol. biogas/biogödsel. Grönsaker	7,1	5,3	13,3	11,7	21,3
D. Ekol. med djur. Lantbruk	8,0	5,0	14,2	9,8	21,3
E. Ekol. utan djur. Grönsaker	1,2	4,7	11,7	8,0	21,3
<i>P</i> -värde	0,205	0,112	0,139	0,081	0,901
Tukey's HSD	10,70	0,43	4,54	5,88	2,43
SEM	2,6	1,0	1,1	1,4	0,6
CV, %	147	42	19	31	7

Enligt Dunnet's test är sköldfläck i system E skilt från A (0,05-nivån)



Figur 17. Relativ mineralämneshalt i rågkärnor Önnestad 2017

Tabell 9. Mineralämnesshalt i kärna av råg 2017. Värden, inom kolumn, med olika bokstäver är statistiskt skilda på $P < 0,05$ -nivån enligt Tukey's test.

Led	Mineralämnesanalys av spannmålskärnor										
	g/kg ts						PPM				
	N	Ca	K	Mg	P	S	Fe	Cu	Mn	Mo	Zn
A. Konv. utan djur. Grönsaker	15,11	0,36	4,59	0,93	2,95	1,12	29,74	3,15	11,31	1,46B	21,66
B. Konv. med djur. Lantbruk	15,81	0,37	4,65	0,97	3,06	1,15	30,21	3,36	10,66	1,31B	23,65
C. Ekol. biogas/biogödsel. Grön	14,96	0,35	4,58	1,00	3,29	1,10	35,37	3,37	10,94	1,59AB	24,30
D. Ekol. med djur. Lantbruk	15,53	0,36	4,61	1,00	3,29	1,12	40,4	3,44	9,27	1,7AB	24,16
E. Ekol. utan djur. Grönsaker	14,7	0,37	4,56	0,98	3,26	1,10	33,65	3,34	9,97	2,02A	24,11
P-värde	0,760	0,692	0,985	0,331	0,101	0,842	0,554	0,443	0,811	0,002	0,149
Tukey's HSD	2,699	0,036	0,457	0,114	0,434	0,130	20,504	0,448	5,377	0,455	3,338
SEM	0,65	0,01	0,11	0,03	0,10	0,03	4,94	0,11	1,30	0,11	0,80
CV, %	10	6	6	7	8	7	36	8	30	17	8

Enligt Dunnet's test är Mo i system E skilt från A (0,05-nivån)

Tabell 10. Uptagen mängd mineralämne i kärna av råg 2017. Värden, inom kolumn, med olika bokstäver är statistiskt skilda på $P < 0,05$ -nivån enligt Tukey's test.

Led	kg/ha						Gram/ha				
	N	Ca	K	Mg	P	S	Fe	Cu	Mn	Mo	Zn
A. Konv. utan djur. Grönsaker	77,4AB	1,88AB	23,68A	4,79AB	15,28	5,76AB	152,7	16,25AB	59,0	7,46	110,9AB
B. Konv. med djur. Lantbruk	85,0A	1,965A	25,02A	5,22A	16,47	6,17A	162,3	18,11A	58,1	7,04	127,4A
C. Ekol. biogas/biogödsel. Grönsaker	72,5AB	1,69AB	22,12AB	4,83AB	15,87	5,33AB	170,1	16,32AB	53,6	7,67	117,4AB
D. Ekol. med djur. Lantbruk	75,7AB	1,767AB	22,39AB	4,86AB	15,94	5,46AB	198,6	16,66AB	44,8	8,16	116,7AB
E. Ekol. utan djur. Grönsaker	62,5B	1,536B	19,13B	4,10B	13,62	4,65B	141,9	14,1B	41,0	8,54	100,9B
P-värde	0,036	0,021	0,008	0,024	0,098	0,010	0,591	0,065	0,348	0,339	0,007
Tukey's HSD	19,49	0,37	4,34	0,92	3,07	1,14	105,8	3,734	30,9	2,23	18,9
SEM	4,7	0,09	1,00	0,22	0,74	0,27	25,5	0,9	7,4	0,54	4,6
CV, %	15	12	11	11	12	12	38	14	36	17	10

Enligt Dunnet's test är Ca, K och S i system E skilt från A (0,05-nivån)

Översikt, systemjämförelser

En översikt över resultaten ges i Tabell 11 där jämförelser görs för signifikanta parametrar mellan system A och övriga system och i Tabell 12 jämförelser med system B.

Systemjämförelser mellan det konventionella systemet som enbart fått mineralgödsel (A) och ett eller flera av de system som fått organisk gödsel (B, C, D och E) (Tabell 11) visade på

- ökning av markparametrarna mullhalt, glödförlust, Mg-AL, Cu-HCl, markandning, N-mineralisering, mineralkväve i 0-30 cm skiktet vår och höst samt daggmanskantal
- minskning av markfaktorerna K-AL, K/MG, K-HCl och mullhaltsförädning (mindre minskning av mullhalten)
- För grödrelaterade parametrar visade motsvarande jämförelse påökning för stråstyrka och Mo-halt i kärnan
- minskning av kärnskörd, rymdvikt, halmbiomassa, Ca-, K-, och S-upptag i kärna samt för sköldfläckangripen bladyta.

Systemjämförelser mellan det konventionella kreaturssystemet (B) och de ekologiska systemen (Tabell 12) visade med få undantag enbart på skillnader till det kreaturslösa systemet (E).

Tabell 11. Översikt: parametrar med signifikanta skillnader mellan system A och övriga system enligt Dunnet's test på 0,05-nivån

Parameter	Led			
	B	C	D	E
Jordanalyser 2017				
Mullhalt			+	
Glödförlust			+	
K-AL	-			
Mg-AL		+	+	
K/Mg	-	-	-	
Cu-HCl	+			
K-HCl		-		
Markandning	+			
Nmin vår 0-30 cm		+		
Nmin höst 0-30 cm	+			
Gröda				
Kärnskörd				-
Rymdvikt				-
Stråstyrka		+	+	+
Halmbiomassa				-
Mo-halt i kärna				+
Näringupptag i kärna, enhet per ha				
Ca				-
K				-
S				-
Övrigt				
Daggmaskantal				+
N-mineralisering		+		
Sköldfläcksjuka				-
Mullhaltsförändr, rel. 2017/1986			+	

Tabell 12. Översikt: parametrar med signifikanta skillnader mellan system B och övriga system enligt Dunnet's test på 0,05-nivån

Parameter	Led			
	A	C	D	E
Jordanalyser 2017				
K-AL	+			
K/Mg-kvot	+			
Cu-HCl	-	-		-
Respiration	-			
Mminhöst0-30	-			
Gröda				
Kärnskörd, dt ts/ha				-
Kärnskörd, dt 14 % H ₂ O/ha				-
Tusenkorntvikt		+		
Stråstyrka		+	+	+
Näringhalt i kärna				
Mo				+
Zn				
Näringupptag i kärna, enhet per ha				
N				-
Ca				-
K				-
Mg				-
P				-
S				-
Cu				-
Zn				-
Övrigt				
N-mineralisering				-
Brunrost				-
N-skörd, total, kg/ha				-
Daggmaskantal 0–20 cm				+

Diskussion

Det finns flera frågor som det finns anledning att diskutera närmare i samband med utvärderingen av det långliggande odlingssystemförsöket i Önnestad. Här kommer främst fokus att läggas på markens bördighetsegenskaper med mullhalter, biologisk aktivitet och näringsinnehåll samt konsekvenser för grödorna vad gäller skördar och kvalitetsegenskaper.

Markens organiska substans

Regressionsanalyserna i Figur 4 visar hur mullhalterna sjönk i samtliga led från de höga mullhalterna på 6,13 – 6,8 % till som lägst 5,0 % i A-ledet. Mullhaltsminskningen var lägst i det organiskt gödslade ledet D där andelen hackgrödor var lägre än i system C och D, åtminstone under omlopp 4 och 5.

Det är en tydlig skillnad mellan de organiska och mineraliskt gödslade systemen i de två första växtföljdsomloppen (Figur 5 och 6). Det skedde då ingen påvisbar mullhaltssänkning i de organiska odlingssystemen C, D och E medan analysvärdena visade i genomsnitt lägre värden för de mineraliskt gödslade systemen med en signifikant skillnad mellan B och de båda organiska leden D och E.

Minskningen av mullhalterna de två avslutningsåren med havre och råg visar dynamiken med snabb nedbrytning av markens organiska substans vid odling av enbart av stråsädesgrödor som i ekologisk odling kompenseras av flerårig odling av vallgrödor och som i D-ledet även av stallgödsel. Detta räckte dock inte här att vidmakthålla mullhalterna på den ursprungliga nivån fram till 2015 i den sexåriga växtföljden med ett år hackgröda (sockerbeta eller andra rotfrukter). Det skulle antagligen behövs ytterligare ett år med en vallgröda som ytterligare väsentligt kan bidra till en ökande mängd organisk substans i marken (Granstedt and L-Baeckström, 2000). Det är också möjligt att fortsatt användning av fastgödsel hade vidmakthållit mullhalterna vid samma nivå som de två första växtföljdsomloppen. Särskilt om gödseln även komposterats som i C-ledet fram till 2009 och i enlighet med resultaten från DOK-försöket (Mäder et al 2002)

Efter år 2009 skedde en sänkning av mullhalterna i samtliga led. Det kan sättas i samband med att flytgödsel ersatte fastgödsel och urin i system D från omlopp 3 (1999/2000). I system C var visserligen urin och biodynamisk kompost kvar under omlopp 3 (fram till 2005) för att under omlopp 4 och 5 ersättas med biogödsel motsvande den mängd som kunde produceras inom odlingssystemet.

Dessa resultat kan jämföras med den motsatta förändringen av mullhalterna för försöket i Bollerup (Bilaga 1 i tabell 26 och figur 20 samt 21). Mullhalterna var där från försöksstart 1986 ungefär hälften så höga som i Önnestad (2,2–2,9 %) och ökade i samtliga odlingssystem fram till försökets avslutning 2012 (2,8 – 2,3 %), men minskade sedan snabbt under utvärderingsåren 2013 till 2014 med enbart stråsäd i form av havre och vete. Mångårig organisk gödsling och den topografiska belägenheten nära vattendrag med troligtvis ursprungligen våtmark med organogena jordar kan förklara de höga mullhalterna i Önnestad.

Förutsättningarna för att vidmakthålla höga mullhalter synes ha saknats i Bollerup. Mångårig spannmålsodling utan vallodling och tillförsel av organisk gödsling leder till en minskning av mullhalterna enligt resultaten från de rikstäckande bördighetsförsöken som pågått enda sedan 1957 med start i Skåne (Matsson, 2007). I alla bördighetsförsök som har under 2 % kol (dvs mullhalter under 3,4 %) och höga skördar har trots återförsel av halm och skörderester sjunkande mullhalter kunnat konstateras i systemen utan vallodling och kreaturgödsel (Bertilsson, 2010). Situationen är särskilt utsatt i södra Sverige med en längre vegetationsperiod då nedbrytning kan ske av markens organiska substans jämfört med Norra Sverige med kallare klimat, mer vallodling och ursprungligen höga mullhalter. Ett varmare klimat kan öka mineraliseringen och nedbrytningen av markens organiska substans (Andrén, Kätter and Karlsson, 2008).

De långliggande jämförande gödslingsförsöken som pågick i Järna 1958–1990 visade en kontinuerlig ökning av markens organiska substans i de ekologiskt odlade systemen med organisk gödsling och vallodling (Granstedt och Kjellenberg, 2008). En utblick mot motsvarande långliggande s.k. DOK försöket som ännu pågår i Frick i Schweiz genomfördes under liknande förutsättningar med avtagande mullhalter i de konventionella systemen men här med bibehållen mullhalt i det biodynamiska systemet med vallodling och kompostering av all stallgödsel (Mäder et al. 2002). I Önnestadförsöket användes i försökets början fast stallgödsel och alla gödsel komposterades fram till dess att det biodynamiska ledet upphörde och C-ledet utformades i enlighet med odling utan djurhållning, produktion av rötmassa för biogas samt gödsling med rötrester.

Hänsyn till jordarnas framtida bördighetsegenskaper och målsättningen att öka kolinlagringen i marken innebär att vi bör vidmakthålla och där så är möjligt höja den organiska substansen i

marken. En procentenhet organisk substans i 2500 ton matjord innebär 25 ton organisk substans och 15 000 kg organiskt bundet kol per ha (Bertilsson, 2010). Flera studier visar den potential som finns att motverka den globala uppvärmningen genom odlingsåtgärder som ökar mängden organiskt kol i marken (Granstedt, 2007, Granstedt & Kjellenberg, 2008). Tillämpat på Önnestad-försöket innebär minskning av mullhalten från 6,3 % till 5 % under de 31 försöksåren en klimatbelastning motsvarande drygt 6 ton koldioxidekvivalenter per ha och år medan klimatbelastningen i D-ledet med vall och djurhållning blev 1,4 ton per ha och år. En ökning av mullhalten med 0,25 procentenheter som kan ha skett i D de första 12 åren men ej kunnat statistiskt säkerställas skulle däremot istället innebära en kolbindning motsvarande 1,2 ton koldioxidekvivalenter per ha och år. Dessa värden kan relateras till medelsvenskans årliga klimatbelastning på ca 10 ton koldioxidekvivalenter i form av konsumtion (NVV, 2018; NVV, 2009).

Markkemiskt visar de ackumulerade värdena för växtnäringsbalanserna att det upparbetats ett underskott av både kalium och fosfor i de ekologiska systemen och även i det konventionella B-ledet. Detta kan antas bero på att bortförseln ej tillräckligt beaktats i förhållande till den mängd stallgödsel som tillförts systemet och som skulle varit tillgänglig under verkliga gårdsförhållanden där nästan all kalium genom foderintaget utsöndras av djurens urin. Specialstudier av kaliumförsörjningen i de tre odlingssystemen som visade avtagande kaliumhalter i vallgrödorna (Gissen och Larsson 2008, Andrist-Rangel et al, 2008). Det totala markförrådet Den dynamiska förändringen de lättlösliga och svårlösliga fraktionerna av fosfor och kalium under försökstiden för de olika systemen finns närmare redovisat i bilaga 1. Snabb minskning av de lättlösliga fraktionerna och därefter följande stabilisering tyder på ökat utnyttjande av de mer svårlösliga fraktionerna samt och förråd djupare ned i markprofilen. Enbart i matjordsskiktet 0–25 cm finns ett ca 110 ton kalium om både kaliumsilikater och kalifältpat medräknas. Vid ett måttligt nettouttag och en succesiv fördjupning av matjordsskiktet samtidigt med en ständigt pågående yterosion kan ett visst begränsat nettouttag med ett underskott i balanserna anses vara uthålligt enligt växtnäringsforskaren Scheller (1992; 2006).

Skillnader vad gäller påvisade markbiologiska egenskaper mellan de organiskt gödslade systemen och det konventionella systemet A (figurerna 12–16) kan sättas i samband med den större mängden organisk substans som tillförs markens levande organismer i de organiskt gödslade systemen. Det gäller för sådana egenskaper som markandningen (mätningar av respirationen) oberoende av om det är fråga om ekologisk eller konventionell odling. Markandningen visade sig vara signifikant högre i det organiskt gödslade ledet B med kreatursgödsel och två år vall i växtföljden jämfört med det enbart mineraliskt gödslade ledet A. Detsamma gäller indikationer för mineralisering som dock kan skilja sig vad gäller mängd restkväve och mineralisering under vegetationsperioden. Sammantaget visas högre värden för de organiskt gödslade leden jämfört med det mineraliskt gödslade leden.

I Önnestadförsöket gjordes inventeringar av daggmåsförekomsten då sådana undersökningar visat sig som en god indikator på förekommande skillnader mellan odlingssystem. Daggmåsförekomsten har liksom många andra organismer i odlingsmiljön minskat i samband med den ökande odlingen med mineralgödsel, kemiska bekämpningsmedel och ökande arealer utan organisk gödsling (Blakemore, 2018). I de långligande försöken i Järna gjordes återkommande bestämningar av daggmåsakтивiteten i de olika odlingssystemen med en klar indikation av högre daggmåsförekomst i de ekologiska systemen (Kjellenberg, Pettersson and Granstedt, 2005). I DOK-försöket i Schweiz påvisades en större mängd och vikt av daggmåskar i det ekologiska odlingssystem jämfört med konventionella odlingssystem (Pfiffner, Lukas and Mäder, 1997). Mindre för daggmåskarna omsättbar näring, lägre mullhalter men även förekomst av kemiska bekämpningsmedel och användningen av

mineralgödsel de konventionella systemen angavs om orsaker till dessa skillnader. I Önnestadförsöket skilde sig systemen från varandra vad gällde daggmaskantalen. Det organiskt gödslade systemet utan djurhållning hade ca 225 daggmaskar per kvadratmeter jämför med det konventionella systemet med vall och stallgödsel B (ca 25 daggmaskar) och systemet utan kreatur (ca 50 daggmaskar). Det är troligt att daggmaskförekomsten kan anses som en indikator på inte enbart ökad bördighet som funktion av mängd och kvalitet av tillfört organiskt material till marken utan också systemskillnader vad gäller förekomst av kemiska bekämpningsmedel i jordbruket.

Kvarblivna skörderester på försöksfältet i Önnestad påverkade daggmaskförekomsten i positiv riktning och fick noga beaktas vid val av provtagningsytorna. Vatten och klimatförhållanden vid inventeringstillfällena har också inflytande på dessa i marken rörliga organismer. Maskinventeringar vid skilda tillfällen visade detta. I andra försök har också framkommit daggmaskarnas rörlighet mellan olika parceller och daggmaskförekomsten har visat sig var högst i fleråriga vallgrödor och lägre i spannmålsgrödor (Petterson, Reents och Wistinghausen 1992). Detta bekräftades även i våra studier. Växlande miljöförhållanden vid olika tidpunkter, förekomst av organiskt material och skörderester samt val av grödor bör beaktas i studier av daggmaskar i fält.

Skördar

Det pågår en återkommande diskussion av skördenivåerna i ekologisk och konventionell odling. Kärnskorde var signifikant högre i de konventionella odlingssystemen (A och B) än i det ekologiska utan djur (E) utvärderingsåret 2017 medan i de övriga leden var det ingen påvisbar skillnad. Skördenivån 59,6 dt i det ekologiska ledet D var dock 13 % lägre än normskörden (medelskörd 15 år) i det aktuella produktionsområdet (SCB, 2018). I normskördarna ingår även den ekologiska odlingsarealen som vad gäller råg utgör 13 % av landets rågareal (år 2016). Den genomsnittlig normskörd för ekologiskt odlad råg i landet var 45 % lägre än för konventionell råg.

Generellt var skördenivåerna under det sista växtföljdomloppet 2005-2012 47 % lägre i det ekologiska odlingssystemet utan djurhållning (Jämförelse E/A), 22% alternativt 32 % lägre i det ekologiska odlingssystemet med biogasvall och rötrestes som återcirkulerad gödsel (jämförelse C/B alternativt C/A) och 15 % lägre i det ekologiska systemet med djurhållning (jämförelse D/B) enligt den rapport som sammanställts för perioden av försöksledare Per Modig (2016). Skörderesultaten för E-ledet för denna sista period och de tidigare försöksåren från 1987 till 2005 (Gissen och Larsson, 2008) visar på svårigheterna att driva ekologisk odling utan fleråriga vallar och återcirkulation av gödsel alternativt rötrestes. Resultaten stöder också den uppfattningen att normskördarna med jämförelse ekologisk och konventionell odling ej är representativa för omlagda och väl genomförda ekologiska odlingar som förutsätter en integrering och fördelning av djurhållningen (Granstedt *et al.* 2008). Skördarna har här visat sig vara lägre i ekologisk odling jämfört med konventionell odling under här rådande bördighets förhållanden med vallodling och anpassad djurhållning och skillnaden torde ligga mellan 15–25 %. Skördeskillnaderna kan vara lägre eller obefintliga under förhållanden med mindre gynnsamma förhållanden. Skördeskillnaderna under mellansvenska förhållanden i de långliggande jämförande försöken var lägre och obefintliga i det långliggande jämförande gårdsbaserade försöket Öjebyn 1990–2002 (Jonsson, 2001). Alternativet till djurhållning i ekologiskt kretsloppsbaseat jordbruk med vallodling kan vara rötning av vallbiomassa och återförsel av rötrestes såsom prövats i Önnestad.

Kvalitet

Den samlade bilden i figur 17 visar på högre halter mineralämnena i de ekologiska odlingssystemen med undantag för mangan. Signifikanta högre halter för enskilda ämnen visades sig här endast för molybden och det fanns en tendens till systemskillnad även för Zn och P där halterna var högst i de tre ekologiska systemen och lägst i system A. En närmare sammanställning rörande mineralämneshalten i ekologiskt lantbruk jämfört med specialiserat konventionellt lantbruk gjordes vid redovisning av odlingssystemförsöken vid KSLA 2008 (Granstedt, 2009). Det som då redovisades var resultaten från Bollerup. De skillnader som där diskuterades rörde den utarmning som sker av mineralämnena vid en specialiserad spannmålsodling och där gödsling huvudsakligen sker av makronäringsämnen medan det sker en utarmning utav viktiga mineralämnena.

Sammanfattande slutsatser

Resultaten från de långliggande odlingssystemförsöken i Skåne visar hur såväl en ökning som en minskning av markens organiska substans (mullhalten) kan ske beroende på odlingssystemens utformning i relation till naturgeografiska förhållande och tidigare odlingshistoria. Försöket i Bollerup visade hur en ökning kan ske från en låg ursprunglig mullhalt och där ökningen var högst i biodynamisk odling med vallodling, djurhållning och komposterad gödsel följt av konventionell odling med vall och djurhållning medan systemen utan vall och djurhållning hade en lägre förmåga att öka mullhalterna.

Önnestadsörsket med höga mullhalter visar att en minskning av markens organiska substans kan ske snabbt i såväl konventionell som ekologisk odling på jordar. De ursprungligen höga mullhalterna på 6,3 % sjönk här mycket till 5 % i det konventionella systemet utan kreaturgödsel och vallodling medan det i det ekologiska systemet med vallodling sjönk måttligt från 6,5 till 6,2 %. Med avtagande mullhalter sjunker viktiga bördighetsegenskaper inklusive markens vattenhållande förmåga. Det visade sig här att det behövs en hög andel vallodling och organisk gödsling för att vidmakthålla så pass höga mullhalter. Dessa resultat överensstämmer också med de långliggande rikstäckande bördighetsförsöken. Dessa visar i Skåne avtagande mullhalter i växtföljder utan vall och stallgödsel. Resultaten tyder på att vid odling av hackgrödor med mekanisk jordbearbetning kan en större vallandel än två år av sex jämte fånggrödor behövas för att vidmakthålla så höga mullhalt som i Önnestad. Resultaten från början av försökstiden tyder på en bättre hushållning av mullhalten vid användning av fastgödsel jämfört med flytgödsel.

Systemskillnader mellan det enbart mineraliskt gödslade systemet och de organiskt gödslade systemen kan påvisas vad gäller ökad markandning och mineralisering och mellan ekologisk och konventionell odling vad gäller ökad förekomst av dagmaskar i ekologisk odling som inte enbart sammanhänger med mängden organiskt material i marken utan kan sammanhålla med kemikalieanvändningen i den konventionella odlingen.

I det sista växtföljdsomloppet var skördenivån 15 % lägre än i det konventionella systemet och skördeskillnader mellan systemen under här rådande förhållanden med vallodling och anpassad djurhållning torde ligga mellan 15–25 %. Alternativet till djurhållning i ekologiskt kretsloppsbaseat jordbruk med vallodling kan vara rötning av vallbiomassa och återförsel av rötrester såsom prövats i Önnestad.

Ekologisk odling och konventionell odling med vallodling och stallgödsel synes kunna mobilisera och utnyttja mer svårlösliga reserver av mineralämnena i system med negativ balans mellan tillförsel och bortförsel. En totalbild av mineralämneshåll i spannmålkärnor tyder på ett högre innehåll av mineralämnena i ekologisk odling och i system med vallodling och

organisk gödsling. Denna skillnad kan antas bero på den utarmning som sker i icke cirkulerande odlingssystem utan djurhållning där tillförsel endast görs av makronäringsämnen.

Ett stort tack till Ekhagastiftelsen som har möjliggjort denna rapport.

Referenser

- Andrén, O., Kätter, T. and Karlsson, T. 2008. Soil C balances in Swedish agricultural soils 1990–2004, with preliminary projections. *Nutr Cycl Agroecosyst.* 81:129–144.
- Andrist Rangel, Y. 2008. Quantifying mineral sources of potassium in agricultural soils. Diss. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, Acta Universitatis agriculturae Sueciae, 1652-6880; 2008:53.
- Bertilsson, G. 2010. Mat, Klimat och miljö. OM det jordbruk vi behöver framöver. Recito förlag AB, Borås,
- Blakemore Robert J. 2018. Critical Decline of Earthworms from Organic Origins under Intensive, Humic SOM-Depleting Agriculture. *Soil Syst.* 2018
- Dlouhý, J. 1981. Alternativa odlingsformer, växtprodukters kvalitet vid konventionell och biodynamisk odling. Dept. of Plant Husbandry, Swedish Univ. of Agricultural Sciences, Institutionen för växtodling. Sveriges Lantbruksuniversitet; 91, Uppsala.
- Fliessbach, A. and Mäder, P. 2000. Microbial biomass and size-density fractions differ between soil of organic and conventional agricultural systems. *Soil Biology & Biochemistry* 32, 757-768. Elsevier Science B.V. Amsterdam.
- Fliessbach, A. 2013. FiBL Projekt Bodenentwicklung in der Umstellung auf biologisch-dynamische Landwirtschaft, Rheinau. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL). <http://www.fibl.org/de/schweiz/projektdatenbank/projektitem.html>.
- Gattinger, A., Muller, A., Haeni, M., Skinner, C., Fliessbach, A., Buchmann, N., Mäder, P., Stolze, M., Smith, P., Scialabba, N.El-H. and Niggli, U. 2012. Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. *PNAS*. On line vol. 109 no. 44. Stanford university's High Wire Press www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1209429109.
- Gissén, C. och Larsson I., 2008. Miljömedvetna och uthålliga odlingsformer 1987. Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap, Landskap, Trädgård och Jordbruk. Rapportserie, Rapport 2008:1.
- Gunnarsson, A., Nilsson, C., Nilsson, H., Pettersson, P., Stenberg, B., Sönne, B. 1994. Försök med olika odlingsformer – miljöprojekt inom Kristianstads läns landsting. Rapport för åren 1987-1992. SLU, Meddelande från SJFD, nr 41.
- Gunnarsson, A. 1994. Aktuellt från odlingssystemförsöken i Kristianstads län. Ekonomisk jämförelse i ett EU-perspektiv. SLU, Meddelande från SJFD, nr 43.
- Gunnarsson, A. 1999. Uthållig odling? – erfarenheter från 12 års fältförsök. SLU, konferens, ekologiskt lantbruk, Alnarp, 8–10 nov, s 13-18.

- Gunnarsson, A. och Laike, M. 1999. Ekonomisk jämförelse mellan konventionella och ekologiska odlingsformer. Rapport från växtodlings- och växtskydds dagar i Växjö den 8 och 9 dec. SLU Meddelande från SJDF, nr 50.
- Gunnarsson, A. 2001. Utlakningsrisker i olika odlingsformer 1995-1998. Delprojekt inom Kristianstads läns landstings miljöprojekt "Försök med olika odlingsformer". SLU, meddelande från Södra Jordbruks-försöksdistriktet, nr 52. 44 s.
- Granstedt, A. 1992. Case studies on the flow and supply of nitrogen in alternative farming in Sweden. *Biological Agriculture and Horticulture*, vol. 9, 15–63.
- Granstedt, A. 2000a. Stallgödselanvändning i ekologisk odling med hänsyn till hushållning med växtnäringsämnen och produktion i ekologisk odling. *Ekologiskt Lantbruk* 26.
- Granstedt, A. 2000b. Increasing the efficiency of plant nutrient recycling within the agricultural system as a way of reducing the load to the environment – experience from Sweden and Finland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 1570 (2000) 1–17.
- Granstedt, 2008a. Mineralämnesanalyser i vete från Bollerup. Odling och näring i brödsäd. Seminarium Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien, 22 april 2008.
<http://www.odlingssystem.se/attachments/52/16.pdf>.
- Granstedt, 2008b. Mineralämneshöjning i ekologiskt kretslopps jordbruk. Jämförande studier av odlingssystem med kretslopp (ekologisk odling med till odlingen anpassad djurhållning) och utan kretslopp www.jdb.se/sbfi.
- Granstedt, A., and L-Baeckström, G. 2000. Studies of the preceding crop effect of ley in ecological agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, vol. 15, no. 2, pages 68–78.
- Granstedt, A. and Kjellenberg, L. 2008. Organic and biodynamic cultivation – a possible way of increasing humus capital, improving soil fertility and be a significant carbon sink in Nordic conditions. The Second Scientific ISOFAR Conference in Modena 18-20 June 2008.
- Granstedt, A., Schneider, T. Seuri, P & Thomsson, O. 2008. Ecological Recycling Agriculture to Reduce Nutrient Pollution to the Baltic Sea. *Journal Biological Agriculture and Horticulture*, 26(3) 279-307
- Ivarsson, J., Gunnarsson, A., Hansson, E., Andersson, I-L., Fogelfors, H. och Lundkvist, A. 2001. Försök med konventionella och ekologiska odlingsformer 1987-1998. Miljöprojekt inom f d Kristianstads län landsting. Rapport från de två första växtföljdsomloppen. SLU, Meddelande från Södra Jordbruksförsöksdistriktet, nr 53. 182 s. Jordbruksverket. 2017. Rekommendationer för gödsling och kalkning 2018. Jordbruksinformation 4. 103 sid. Tillgänglig 2018 12 27 på
<https://www2.jordbruksverket.se/download/18.423cd68e1606d3e156bc6be/1513675529906/jo174v3.pdf>
- Jonsson, S. 2001, Crop yields in organic and conventional production—studies from the Öjebyn project. Två gårdssystem i Öjebyn-plan och utfall efter 11 år. *Ekologiskt lantbruk*. SLU. Uppsala

- Kirchmann, H; Mattsson, L; Eriksson, J. 2009. Trace element concentration in wheat grain: results from the Swedish long-term soil fertility experiments and national monitoring program. *Environ. Geochem. Health* 31(5): 561-571
- Ljung, G. 1987. Mekanisk analys. Beskrivning av rationell metod för jordartsbestämning. Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik. Avdelningsmeddelande 87:2. SLU, Uppsala
- Kjellenberg, L. Pettersson, B.D. and Granstedt, A. 2005. The connection between soil, crop and manure. Results from the K-trial, a 33 year study on the effect on the properties of soil and crop. Biodynamic Research Institute, Järna. Sweden. Reports: www.sbfj/jdb.se.
- Mattson, L. 2007. Overview of Swedish long-term field Experiments. In. Kirchman. Success Stories of Agricultural Long-Term Experiments Royal Swedish Academy of Forestry and Agriculture on May 28 and 29, 2007. Stockholm.
- Modig P, m fl 2015. Rapport från fjärde växtföljdsomloppet i de skånska odlingsystemförsöken 2007–2012. Manuskript – tänkt att utvecklas till SLU-rapport.
- Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois D., Gunst L., Fried P. & Niggli, U. 2002. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science* VOL 296 pp 1592-1597.
- Naturvårdsverket 2018. Pressmeddelande. <https://www.naturvardsverket.se> Svenska konsumtionens klimatpåverkan minskar inte, krafttag behövs för att vända trenden Publicerad: 2018-11-15 09:37
- Petterson, B. D. 1982. Konventionell och Biodynamisk odling. Jämförande försök. Meddelande 32. Nordisk forskningsring. Järna.
- Pfiffner, L., and Mäder, P., (1997) Effects of Biodynamic, Organic and Conventional Production Systems on Earthworm Populations. *Biological Agriculture & Horticulture*, 15 (1–4)
- SCB, 2018. Serie JO - Jordbruk, skogsbruk och fiske. Juni 2018
- Scheller, E., 1992. Bilanzierung der K-Freisetzung durch aktive Nährstoffmobilisierung mit Hilfe der Bodenuntersuchung am Beispiel einer Futterrübenkultur. *VDLUFA Schriftenreihe* 35, 131-134
- Scheller, E., 2013 Grundzüge einer Pflanzenernährung des Ökologischen Landbaus Ein Fragment Verlag Lebendige Erde, Darmstadt