

Energigrödor till biogasproduktion

effekter på odlingsystemet



Anna Hansson, Agellus Miljökonserter

Jens Blomquist, Agraria Ord & Jord

Kjell Christensson, Agellus Miljökonserter

Innehållsförteckning

Sammanfattning – biogas kan förändra odlingssystemet	3
Inledning– substrat till biogas varierar växtföljden	4
Energigrödor ger miljöeffekter när de används och odlas.....	5
Direkta miljöeffekter vid användning av bioenergi	5
Indirekta miljöeffekter vid odling av energigrödor	5
Biogas är mest metan.....	6
Biogaspotentialen i Sverige finns i jordbruket	6
Råvaran viktig för gasutbytet.....	7
Energigrödor och biogas	8
Biogasråvara i växtföljden – flera möjligheter finns	9
Vallen vårdar jorden och ger plus i växtföljden.....	9
Socketbetor sanerar i växtföljden och minskar N-utlakningen.....	15
Majs marscherar snabbt framåt	17
Hampa håller rent från ogräs	19
Rötresten är värdefulla och ska spridas förnuftigt	20
Högt växtnäringsvärde i rötresten.....	20
Hantering av rötresten	21
Diskussion – stora miljöfördelar men mer kunskap behövs	22
Referenser	23
Mer om biogas.....	23
Att läsa.....	23
Intressant på Internet.....	23

Sammanfattning – biogas kan förändra odlingsystemet

Den stora råvarupotentialen för en ökad biogasproduktion finns i lantbruket. Restprodukter som gödsel och skörderester utgör en stor källa, men den största potentialen kommer från odlade grödor.

De grödor som ger högst metanutbyte per hektar är sockerbeter, majs, vall av olika slag och jordärtskockor. Att börja odla någon av dessa grödor till energiproduktion får stora effekter på växtföljden och i förlängningen hela odlingsystemet speciellt om den tidigare är stråsädesdominerad. Denna skrift tar framförallt upp vallens positiva effekter i växtföljden, men berör även effekterna av sockerbeter, majs och hampa.

En god biogasgröda ger hög skörd av biomassa, vilket oftast är kopplat till en lång vegetationsperiod för växten. Växter med lång vegetationsperiod brukar oftast tömma markprofilen väl på växttillgängligt kväve. Urlakningsförlusterna av kväve efter sådana grödor brukar därför vara små.

Vallens positiva effekter i växtföljden är väl kända. Markstrukturen förbättras, den biologiska aktiviteten ökar och mullhalten stiger. Detta påverkar både skördarna och skördestabiliteten i de efterföljande grödorna positivt, samtidigt som vallen sanerar för många av stråsädens växtsjukdomar. Väl utvecklade grödor är bra på att ta upp växtnäring och risken för växtnäring förluster minskar. Vall ligger oftast flera år och jordbearbetning i växtföljden minskar. En lägre bearbetningsintensitet minskar mycket påtagligt växtnäring förlusterna från odlingsystemet.

Även sockerbeter är en bra avbrottsgröda som gör växtföljden sundare och minskar behovet av kväve till efterföljande grödor. En annan positiv miljöeffekt är att den kväverika blasten kan samlas in och lagras under kontrollerade former. Växtnäringen som är kvar i restprodukten efter biogasrötningen kan sedan spridas

till grödorna i växtföljden vid tidpunkter när grödorna har sitt behov av växtnäring.

Majs som förfrukt är dåligt undersökt under svenska förhållanden, men förfruktsvärdet ligger sannolikt någonstans mellan värdet hos sockerbeter och spannmål som förfrukter till spannmål. Den skiljer sig markant från de övriga grödorna genom att den uppför sig svampangrepp ur släktet *Fusarium* och är därför inte en bra förfrukt till vete, speciellt vid reducerad bearbetning.

Hampa är en gröda som ofta diskuteras i energisammanhang. Den ger en hög biomasseskörd, men kunskaperna är fortfarande begränsade om skördetidpunkt och sortval om den ska användas som biogasråvara. Hampan är en bra avbrottsgröda, och genom sitt snabba och kraftiga växtsätt sanerar den från ogräs i växtföljden om den är väl etablerad. Behovet av kemisk bekämpning är i dagsläget mycket litet i hampa.

Generellt kan sägas att en övergång till att utnyttja grödor till biogasproduktion i hög grad minskar behovet av växtnäringstillförsel utifrån. Vid biogasproduktionen utvinns endast kolet ur den använda biomassen och all växtnäring finns kvar. Under röttningsprocessen mineraliserar det organiska kvävet till ammonium. Rötrestens innehåll av växtnäring m.m. beror på vilka råvaror som rötats, vilken process som använts, uppehållstid i röt-kammaren, processtemperatur och utröttningsgrad.

Den rötade restprodukten bildar inte lika lätt sväm-täcke under lagring som orötad flytgödsel. Därför bör lagringsbehållaren vara täckt. Rötrest i flytande form ska spridas med släpplångsutrustning eller myllningsag-gregat för att få bäst kväveutnyttjande och låga förluster vid spridningen. Den bör liksom flytgödsel myllas ner direkt efter spridning.



Kretslopp med biogas. Med biogasproduktion stannar växtnäringen på gården. Foto: Anna Hansson

Inledning– substrat till biogas varierar växtföljden

Lantbruks- och skogsråvaror är en stor möjlig potential för energiproduktion i framtiden. I Tyskland har en ny lag från 2004, som gynnar elproduktion från enbart energigrödor gjort det lönsamt att producera el genom biogasproduktion med energigrödor som råvara. Där är det främst majs som används som energigröda.

I Sverige är intresset stort för gårdsbaserad biogasproduktion och då även med energigrödor som råvaror. I dagsläget kan det dock vara svårt att få lönsamhet om man endast räknar med produktionen av energi. Biogasproduktionen av energigrödor medför emellertid en rad både direkta och indirekta positiva effekter på odlingssystemen och miljön som också bör tas hänsyn till och värdesättas.

Biogasproduktion gör det möjligt att använda fler grödor än vad som är möjligt vid annan energiproduktion. Vall och majs är grödor som ofta diskuteras

när man pratar om grödor som kan vara lämpliga till biogasproduktion, men även sockerbeter, hampa och jordärtskockor är grödor som kan bli aktuella. De flesta av dessa grödor är bra avbrottsgrödor i stråsådesdominerade växtföljder och som ger många positiva effekter på odlingssystemet. I en växtföljd med många olika typer av grödor som har olika vegetationsperiod, rotdjup, växtnäingsbehov m m ökar som regel både skörden och skördesäkerheten. Och bra utvecklade grödor som ger höga skördar minskar generellt de negativa miljöeffekter som odling alltid medför.

Med biogasgrödor i växtföljden stannar växtnäringen på gården och behovet av inköpt växtnäring minskar. Det blir även möjligt att använda restprodukter från andra grödor i växtföljden som råvara, och även den växtnäringen tas om hand och kan utnyttjas igen under kontrollerade former.



Avbrott i växtföljden. Sockerbeter är en bra avbrottsgröda i växtföljder med mycket stråsåd och har ett högt kväveutnyttjande, dessutom lämnar den endast lite restkväve efter sig. Foto: Jens Blomquist.

Energigrödor ger miljöeffekter

Man talar ibland om direkta och indirekta miljöeffekter av bioenergiproduktion. De direkta effekterna är sådana som uppstår till exempel vid användandet av bibränslet. De indirekta effekterna är sådana som uppstår på grund av det faktum att man producerar ett bibränsle, till exempel odling av energigröda

Direkta miljöeffekter vid användning

En viktig direkt effekt av bioenergiproduktionen är de positiva miljöeffekter som erhålls genom att olika fossila bränslen byts ut mot bibränslen. Summan av de direkta miljöeffekterna är helt avhängig vilket energisystem som byts ut mot bioenergi. Att ersätta dieselolja med biogas ger en relativt stor positiv miljöeffekt, medan man genom att byta ut rapsolja mot biogas får en betydligt mindre miljöeffekt.

I denna skrift behandlas huvudsakligen de indirekta miljöeffekterna av odling av biogasgröda.

Indirekta miljöeffekter vid odling

Om man odlar en vanlig åkergröda som raps eller spannmål ändras knappast miljöpåverkan av odlingen om skörden används till energiproduktion i stället för till livsmedelsproduktion.

Odlas däremot ”nya” grödor till energi, påverkar detta odlingssystem på olika sätt. I spannmålsdominerade växtföljder kan avbrottsgrödor få många positiva

effekter på både ekonomi och miljön. Ofta är det dock svårt att sätta ett ekonomiskt värde på dessa effekter.

Restprodukterna från de olika användningssätten livsmedel och energi får olika förutsättningar för sin användning om de skall användas som gödsel på åkermark. Restprodukterna från energiproduktionen kan, om endast jordbruksgrödor används vid rötningen, återföras till åkermarken som gödsel. Så är inte alltid fallet med de produkter som används i livsmedelsproduktionen. Avloppslammet, som är en av slutprodukterna från livsmedelsproduktionen, kan emellertid under vissa förutsättningar användas som gödsel i energigrödor. Det kan i sig ses som en positiv miljöeffekt.

Utredningar visar att man vid förädling av en specifik gröda till fordonsbränsle (etanol, RME, biogas) får det högsta nettoutbytet per ton material om man gör biogas av grödan. Dessutom kan man för biogasproduktion även använda biomassor som inte fungerar i andra omvandlingsprocesser, t ex vall, blast eller olika typer av restprodukter. Restprodukterna kan komma från t ex etanolproduktion eller från livsmedelsproduktion.

Vid biogasproduktion erhålls även s.k. biogödsel. Det är ett utmärkt gödselmedel som innehåller all den växtnäring som fanns i biomassan vid inmatningen i biogasanläggningen.

Denna skrift handlar om olika grödor, avsedda för biogasproduktion.



Bra för miljön. Odling och användning av vall för biogasproduktion ger positiva miljöeffekter både direkt och indirekt. Foto: Jens Blomquist

Biogas är mest metan

Biogas är den gas som bildas när organiskt material bryts ner i syrefri (anaerob) miljö. Den består huvudsakligen av metan och koldioxid, men innehåller också små mängder av svavelväte och ammoniak. Biogasprocessen är en komplicerad mikrobiologisk process, där flera olika grupper av mikroorganismer samverkar. Bildning av biogas sker spontant i naturen t ex i våmmen hos kor, i sumpmarker och i andra syrefria miljöer. Genom att nyttja mikroorganismer för att producera biogas under kontrollerade betingelser, kan biogasteknik användas för att behandla avfall och utvinna förnybar energi i form av metan. I rötningsprocessen mineraliseras även en stor del av materialets organiska kväve, och omvandlas till ammoniumkväve.

Metan har den kemiska formeln CH_4 , vilket innebär att den består av kol och väte. Metan är en lätt och luktfri gas och är en växthusgas som aldrig ska släppas ut utan att förbrännas. Andelen metan i biogasen beror på vilket råvara som används under rötningsprocessen.

Tabell 1. Uppskattad potential för biogas från olika substrat (SGC 2006)

Substrat	TWh/år
Odlade grödor	7,20
Gödsel	2,60
Blast och bortsorterad potatis	0,92
Boss och agnar	0,06
Matavfall från hushåll, restauranger och butiker	0,94
Trädgårdsavfall	0,23
Parkavfall	0,24
Slam från reningsverk	0,97
Slam från enskilda avlopp	0,03
Pappers- och masseindustrin	0,09
Övrig industri	0,82
Summa	14,1

I den anaeroba processen omvandlas en stor del av energin i materialet till metangas, medan endast mindre mängder biomassa och värme bildas. För att bibehålla temperaturen i en anaerob process måste energi nästan alltid tillföras. I en modern biogasanläggning kan mängden värme som behövs till processen uppgå till mellan 15 – 25 procent av den producerade energimängden.

Energi i metangas

1 m³ okomprimerad metangas motsvara ca 1 liter olja eller ca 10 kWh

Metaninnehållet i biogasen beror på vilket material som rötats och varierar mellan 50 och 80 %.

Metaninnehållet med olika energigrödor som råvara ligger i regel mellan 55 och 60 %

Biogaspotentialen finns i jordbruket

Den stora råvarupotentialen för en ökad biogasproduktion finns i lantbruket. Det är dels restprodukter som gödsel och skörderester, men den största potentialen kommer från odlade grödor. Det är även möjligt att öka biogasproduktionen genom att bättre utnyttja matavfall och annat organiskt avfall från samhället. Försök att beräkna den teoretiska biogaspotentialen har gjorts i olika studier. I en studie beräknas den vara 14 TWh/år i Sverige, det är 10 gånger mer än dagens produktion som är ca 1,5 TWh/år (tabell 1). Av dessa 14 TWh/år beräknas hälften komma från odlade grödor. Då har man räknat att det på 10 procent av Sveriges åkerareal odlas energigrödor till biogasproduktion. Ska man komma upp i dessa arealer krävs det att priset på energigrödor kan konkurrera med produktion till andra ändamål.

Råvaran är viktig för gasutbytet

Olika typer av organiskt material ger olika gasutbyten av metan. Metanutbytet påverkas av materialets sammansättning, rötningsmetod, uppehållstid i röt-kammaren med mera. För att mikroberna ska producera mesta möjliga metan är det viktigt att råvarusammansättningen är optimal. Det är lika viktigt att ”mata” röt-kammaren rätt som det är att utfodra till exempel korna för att få högsta möjliga mjölkproduktion.

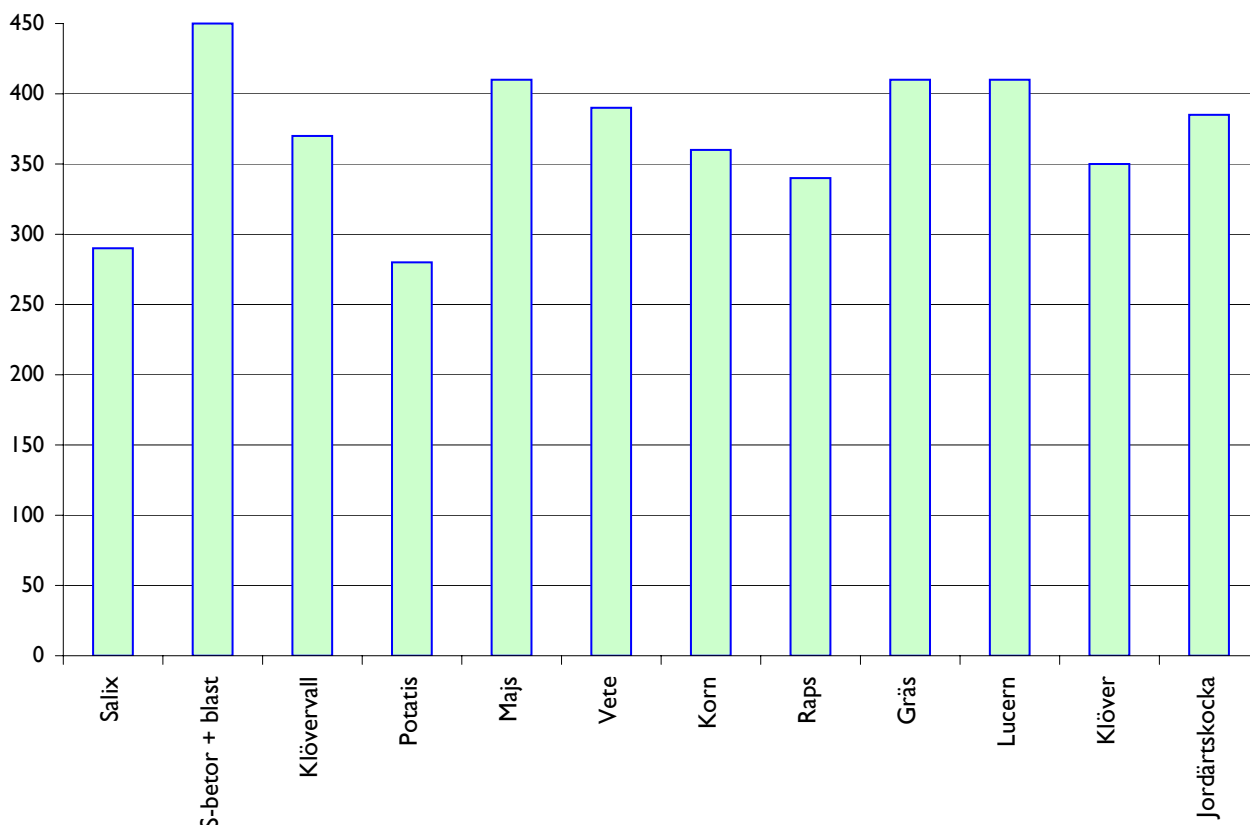
Kvoten mellan kol och kväve (C/N-kvoten) är viktig och den bör ligga runt 15-30. Fel balans kan bromsa rötningsprocessen. Andra faktorer som kan hämma rötningsprocessen är till exempel för mycket fetter, höga metallhalter, för högt eller för lågt pH med mera.

Samrötning av olika råvaror är ofta positivt för gasutbytet. I en pilotstudie i Agrigas-projektet gav rötning av bara potatis 0,26 m³ CH₄/kg VS (Volatile Solids är detsamma som svenska analysprotokoll anger som ”glödförlust”, det vill säga nedbrytbart material).

Rötning av bara betblast gav 0,22 m³ CH₄/kg VS. Vid samrötning förväntades utbytet bli 0,24, men blev istället 0,39 m³ CH₄/kg VS, dvs. 62 procent mer metan än förväntat. Andra studier har gett liknande resultat t ex samrötning av godisrester + kogödsel gav 60 procent högre metanutbyte än förväntat. Även kombinationen av gödsel och vall har visat sig öka metanutbytet i jämförelse med rötning av råvarorna var för sig.

I figur 1 visas den maximala metanproduktionen från växtmaterial. Det är viktigt att påpeka att gasutbytena ovan är mätta i processer under optimala omständigheter med t ex maximala uppehållstider, temperaturer m m. Under praktiska förhållanden är utbytena oftast något lägre. Hur mycket lägre beror bland annat på förbehandling av materialet, processtyp, temperatur. Det går dessutom åt energi för att hålla temperaturen uppe i processen, man brukar räkna med att ca 15-25 procent av den producerade metangasen behövs till detta.

Metanproduktion m³/ton VS



Betor och Blast ger mest gas.

Figur 1. Maximal metanproduktion (m³/ton VS) från olika grödor mätta under optimala förhållanden med avseende på process, temperatur, uppehållstid m m. (Lehtomäki A. and Björnsson, L. 2006, Bolin L, Thyselius L, Johansson M, 1998, Weiland P. 2003.)

Energigrödor och biogas

Det går att producera biogas från alla typer av organiskt material men olika material är olika lätta att röta och ger olika mängd biogas. De grödor som används för biogasframställning bör uppfylla vissa krav med hänsyn till såväl mikrobiologiska aspekter som till odlings- och hanteringsmässiga synpunkter. Några viktiga faktorer är:

Höga skördar. Det är viktigt att växten producerar mycket biomassa och på detta sätt utnyttjar solenergi på bästa sätt. Grödor med lång växtperiod ger i regel en större biomassaproduktion än grödor med kort växtsäsong. Exempel på grödor med lång växtperiod är sockerbetor, majs, hampa, jordärtskocka och vall.

Lätt att odla och skörda. En energigröda bör vara lätt att etablera, sköta och skörda och dessutom kräva låga insatsmedel. Och det underlättar om det går att använda den maskinpark som idag finns i lantbruket. Det kan vara en fördel att skörda vid flera tillfällen under växtsäsongen som för t ex olika vallar. Det kan minska behovet av lagringskapacitet.

Växtmaterialet bör vara lätt att ensilera för att kunna lagras. En växtmassa som innehåller lättomsättbara kolhydrater är en förutsättning för en god ensileringsprocess.

Lämplig för mikrobiologisk energiutvinning.

Växtmaterialet bör ha en hög andel av s k extraktivämnen, t ex socker som lätt kan utnyttjas av de metanproducerande mikroorganismerna. Hög halt av lignin försvårar nedbrytningen och energiutvinningen.

Ge värdefull restprodukt. Den växtnäring som växtmassan innehåller finns kvar efter rötningen och kan användas som jordförbättringsmedel. En hög halt av näringsämnen i växten i relation till dem som tillförs jorden är önskvärd.

Gasutbyten från andra organiska material

Ungefärliga utbyten av metan per ton organisk substans ("VS")

Klöver/gräsvall	ca 330 m ³
Betblast	ca 350 m ³
Flytgödsel ko	ca 150 m ³
Flytgödsel svin	ca 220 m ³
Samrötning vall/kogödsel	ca 300-350 m ³
Matavfall	ca 400 m ³
Fettavskiljningslam	ca 700 m ³

Eftersom det går åt energi för att hålla temperaturen i processen uppe blir nettoutbytet ca 15-25 % lägre.



Energi på rot. En klöverrik vall är en bra råvara för biogasproduktion. Foto: Anna Hansson

Biogasråvara i växtföljden – flera möjligheter finns

I följande avsnitt kommer vi att främst fokusera vallens positiva effekter i växtföljden. Vi kommer också att beröra sockerbetor, majs och hampa som energigrödor till biogasproduktion.

Vallen vårdar jorden och ger plus i växtföljden

Växtföljden kan komma att förändras radikalt om nya grödor införs på en gård som ska förse en biogasanläggning med rötningssubstrat. I det senare fallet förändras t ex skördenivåer, kvävebalans, markens fysikaliska egenskaper och det biologiska livet i marken. Majs, hampa och sockerbetor medför alla effekter i växtföljden. Mest tydlig effekt på hela odlingssystemet blir det emellertid när vall kommer in i växtföljden.

Vall ökar skörden av följande spannmål...

För lantbrukaren som börjar odla vall blir den mest konkreta effekten att skördenivån i efterföljande grödor stiger. Merskörden är det samlade resultatet av allt som vallen har påverkat i marken, d.v.s. markstruktur, kvävetillförsel, sjukdomstryck et cetera. En sammanställning av merskörden av stråsäd det första och andra året efter 1-åriga, 2-åriga och 3-åriga gräs- och baljväxtvallar visas i tabell 2.

Andra året, för-förfruktseffekten, var den direkta förfrukten vårkorn till höst- och vårvete, medan den var höstvete till vårkorn.

Tabellen är sammanställd för snart 20 år sedan med siffror som redan då säkerligen hade flera år på nacken. Skördenivåerna är av den anledningen låga. Den vanligaste uppfattningen är dock att förfruktseffekter är desamma oberoende av grundskördenivån, d v s de ska räknas i kg/ha och inte i procent. Av den anledningen ger tabell 2 vägledning också i dag.

Ur tabell 2 kan man få information om förfruktseffekten och för-förfruktseffekten av vallar med olika lång liggtid. Ofta blir effekterna av en blandvall med relativt stor andel baljväxter mer lika baljväxtvallen än gräsvallen. Om man skattar att effekten av en blandvall med klöver och gräs utgör ca 80-85 procent av de rena baljväxtvallarna i tabellen, kan man läsa ut att den som sår vårvete efter en 2-årsvall kan tröska ca 550 extra kg/ha jämfört med om förfrukten var korn.

Men även år 2 slår effekten av vallen igenom på skördenivån. Sår man t ex vårkorn två år efter en 2-årsvall, med vårvete där emellan, blir merskörden av för-förfrukten vall drygt 400 kg/ha. I runda slängar kan man alltså räkna med sammanlagt någonstans under eller kring 1 ton/ha extra om man sår vårvete efter en vall och sedan fortsätter med vårkorn. Annorlunda formulerat är den samlade merskörden av grödföljden vall II-vårvete-korn jämfört med korn-vårvete-korn sammanlagt någonstans i häradet 1000 kg/ha spannmål.

Tabell 2. Merskörd av stråsäd efter vall av olika ålder och sammansättning (Ohlander, 1990)

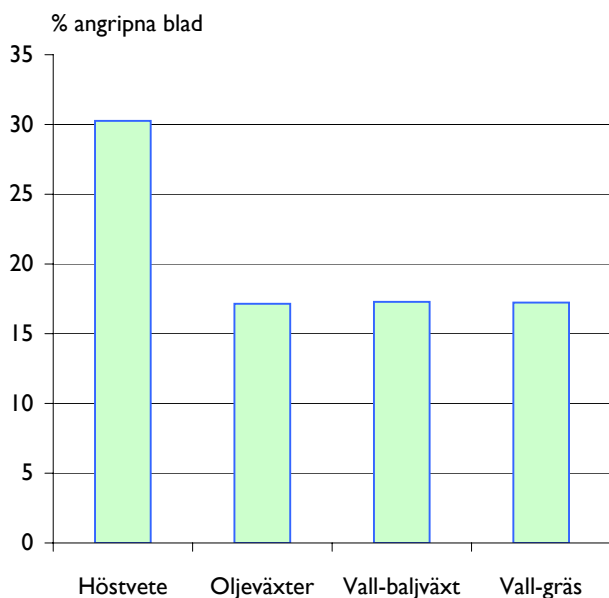
Antal år efter vallbrottet	Gröda					
	Höstvete kg/ha		Vårvete kg/ha		Vårkorn kg/ha	
	1:a året	2:a året	1:a året	2:a året	1:a året	2:a året
Förfrukt						
Korn	4460	4030	3650	3870	3600	3540
1-årig baljväxtvall	1000	250	500	400	300	150
1-årig gräsvall	500	200	250	350	-100	200
2-årig baljväxtvall	1000	450	650	400	400	500
2-årig gräsvall	300	700	100	250	200	400
3-årig baljväxtvall	700	750	400	450	350	350
3-årig gräsvall	300	850	250	300	250	450

Andra året, för-förfruktseffekten, var den direkta förfrukten vårkorn till höst- och vårvete, medan den var höstvete till vårkorn.

... och fixerar kväve

En annan effekt av en blandvall med gräs och klöver i växtföljden är att kvävegivan i efterföljande gröda kan sänkas. Klöver liksom alla andra baljväxter fixerar nämligen stora mängder kväve från luften. Generellt minskar kvävefixeringen i baljväxterna med ökad N-gödslings och de tar i stället upp sitt kväve från marken. Men även vid höga N-givor fixerar rödklöver, vitklöver och lusern en stor del av deras totala kväveupptag. Fixeringen kan totalt handla om 100-200 kg N/ha.

När vallen bryts ger dessa kvävemängder effekt i efterföljande gröda. Då bryts de kväverika skörderesterna ner och kvävet blir tillgängligt i upptagbar form. I både höstsäd och vårsäd kan kvävegivan sänkas med ca 30 kg N/ha efter en blandvall med klöver och gräs som skördas upprepade gånger. Skulle vallen inte skördas utan brukas ner blir kväveeffekten betydligt högre.



Vall ger friskare vete.

Figur 2. Bladfläckar i höstvetete efter fyra förfrukter, % angripna blad 1-3 under åren 1988-2006 i utv.stadium 51-59 (axgång). Egen bearbetning av graderingsresultat från Jordbruksverkets Växtskyddscentraler. Antal obs. e höstvetete: 710, e oljevaxter: 877, e baljväxtvall: 130 och e gräsvall: 164.

... och städar i spannmålstunga växtföljder

Effekten på sjukdomar och skadedjur av en vall hänger delvis på hur fördelningen ser ut mellan gräs och baljväxter. Vallgräsen tillhör samma växtfamilj som spannmålsstugan, medan baljväxterna botaniskt är släkt med ärter och bönor. Därför kan man i spannmål se mera av vissa svampsjukdomar som t ex gulstrimsjuka när förfrukten är gräsfrövall. Generellt är dock blandvallar sanerande i en växtföljd med stor tyngd i spannmål. Det framgår av figur 2.

Figur 2 visar graderingarna vid tiden för axgång (st 51-59) av bladfläckar i höstvetete. Det är resultat från Jordbruksverkets Växtskyddscentralers graderingar från åren 1988-2006 i samtliga läns prognos- och varningsfält. I begreppet bladfläckar ingår vetets bladfläcksjuka, brunfläcksjuka och svartpricksjuka. Det finns många begränsningar och falluckor i ett sådant material när man vill studera en faktor som förfrukt eftersom avläsningarna kommer från fält som ligger långt ifrån varandra med bland annat olika jordarter och nederbördsförhållanden. Den enda gemensamma nämnaren är just att fälten har samma förfrukt. Flera faktorer kan samvariera och ge en skev och felaktig bild av den fråga man vill belysa. Dock kan man konstatera att i de drygt 700 observationer där det odlades höstvetete efter höstvetete var angreppen högre (ca 30 procent) än i de nästan 900 observationer där det odlades höstvetete efter oljevaxter (ca 17 procent). Antalet avläsningar där förfrukten var baljväxt eller gräsvall var betydligt lägre, men icke desto mindre var angreppen av bladfläckar efter vallarna under säsongen på ungefär samma nivå som efter oljevaxter. Det pekar på att vall som förfrukt till höstvetete är ett sundare val än höstvetete som förfrukt.



Ger kick. Vall i växtföljden höjer skörden av följande spannmålsgröda. Foto: Jens Blomquist

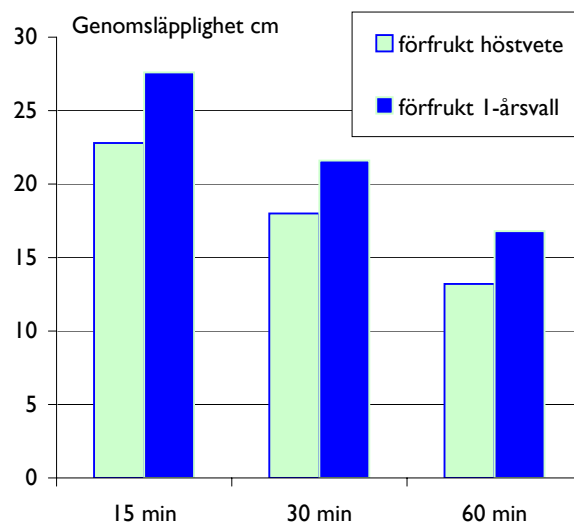
... och förbättrar markstrukturen

Markstruktur är ett ganska knepigt begrepp. Definitionen av markstruktur är det sätt på vilket partiklarna i jorden är lagrade i förhållande till varandra i ett tredimensionellt arrangemang. Enklare är att beskriva det som kännetecknar en jord i god struktur. De flesta vet att en sådan leder bort vatten, ser till att rötterna har syre, tål packning, är lätt att bearbeta och har aggregat som inte bryts ner när det regnar och jorden slammar. När vall kommer in i växtföljden påverkas ofta markstrukturen i positiv riktning på ett påtagligt och mycket konkret sätt. Det som ligger bakom förbättringen är det organiska materialet som vallen tillför och som blir kvar genom att jorden inte luftas genom bearbetning i samma utsträckning som vid odling av 1-åriga grödor.

Det första steget mot en stabilare struktur är att mikroorganismer i marken som svampar och bakterier bäddar in mineraljorden i ett finmaskigt nät av svamphyfer (trådar) och slem som de spinner runt lera, mjåla, mo och sand. För att mikroorganismerna ska trivas behöver de något att leva av, och det är där som det organiska materialet från vallen kommer in. Det organiska materialet är speciellt viktigt på lätta jordar där leraggregat inte kan kittas ihop och bilda aggregat.

Det organiska materialet leder till att jorden ändrar karaktär. Jordens densitet minskar på sikt, d v s jorden blir porösare till sin prägel. Samtidigt blir aggregaten i jorden mer stabila, och när det regnar eller står vatten på fälten håller aggregaten ihop. Det finns ett tydligt samband mellan hur mycket kol och organisk substans det finns i marken och hur stabila aggregaten är. Ökad mullhalt gör också att en jord bättre kan stå emot packning av tunga maskiner.

Lantbrukare brukar dock märka en strukturförbättring av vall på två handgripliga sätt – dels blir jorden



Vallen ökar genomsläppligheten för vatten

Figur 3. Genomsläpplighet i alven för vatten i sockerbetor efter höstvetete och vall, resultat från projekt 4T. (Blomquist & Larsson, 2002)

lättare att plöja och bearbeta, dels blir inte regn stående på fälten utan vattnet rinner bort mycket snabbare. Detta fenomen visas i figur 3.

Figur 3 visar hur snabbt vatten rann ner i alven efter förfrukterna höstvetete och en 1-årig blandvall med rödklöver och gräs. Mätningen gjordes i sockerbetor nästan ett helt år efter att förfrukterna hade brukats ner. Efter vallen ökade genomsläppligheten av vatten med 20-30 procent jämfört med efter höstvetete. Den effekten kom av att klöverrötterna hade trängt ner på djupet och lämnat efter sig kanaler genom vilka vattnet snabbt kunde transporteras bort. En sådan påverkan på marken gör att risken för att vatten ska bli stående minskar betydligt.



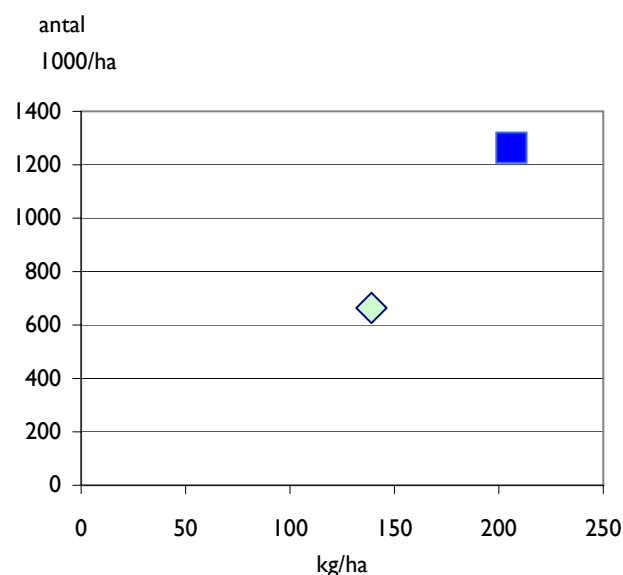
Avslöjar strukturen. Stående vatten i fält avslöjar att genomsläppligheten inte är tillräckligt bra för att transportera bort överskottsvatten från markytan. Med vall i växtföljden minskar sådana problem. Foto: Jens Blomquist

... och gynnar det biologiska marklivet

En annan mycket tydlig effekt av vallodling är att det biologiska livet i jorden skjuter fart. Även en klen melangröda av klöver eller gräs kan betyda mycket som substrat för svampar och bakterier i jorden att leva av. En sådan injektion av ökat biologiskt liv i marken kan därefter ge stora utslag i skörd visar både svenska och danska försök och erfarenheter.

Mikroorganismer i marken går inte att se för blotta ögat. Men förekomsten av daggmaskar brukar bli en påtaglig och synlig följd av vallodling för lantbrukare. Det framgår av figur 4.

I figur 4 visas mätningar av antalet och vikten av daggmaskar på hösten i sockerbetor ett helt år efter det att höstvetestubben och 1-årsvallen hade plöjts ner. Trots att det förflutit ett helt år fanns det dubbelt så många daggmaskar i jorden med en vikt som var ca 50 procent högre efter vallen jämfört med efter höstvete. Ibland är resan från låga populationer av daggmaskar trög de första åren, för att sedan mer eller mindre explodera om vallarna får ligga i flera år och vandra runt på gårdens arealer. I det här fallet syntes effekten av vallen direkt. Daggmaskarnas tillväxt gynnar jordens bördighet eftersom daggmaskarnas aktivitet luftar och dränerar jorden, stabiliserar aggregaten och bryter ner skörderester och frigör växtnäring.



Vallen främjar daggmasken

Figur 4. Antal och vikt av daggmaskar i sockerbetor efter förfrukterna höstvete och vall, resultat från projekt 4T. (Blomquist & Larsson, 2002)

... och höjer mullhalten

Mullhalten i jorden avgör hur lättbrukad en jord är. En lerjord kan vara svårbrukad om halten av organiskt material är låg, men vid samma lerhalt kan denna jord vara mycket behaglig och medgörlig om mullhalten är tillfredsställande hög. En jords mullhalt är nettot av tillförsel och bortförsel av kol i marken och styrs av klimat, grödval och odlingsåtgärder.

Vall i växtföljden påverkar markens mullhalt i positiv riktning. Det gör den framför allt på två sätt.

1. För det första minskar mineraliseringen, dvs nedbrytningen, av det organiska materialet genom att marken inte bearbetas och luftas.

2. För det andra tillförs jorden mycket skörderester och rötter från gräs och klöver.

Man kan jämföra en gårds växtföljd före och efter en omläggning till vallodling för biogasproduktion med avseende på hur mycket kol som tillförs och bortförs vilket styr mullhaltsutvecklingen. Växtföljden är i dag 7-årig med spannmål och höstraps (växtföljd A). Efter en omläggning tar en 2-årig blandvall med gräs och klöver plats (växtföljd B) och ersätter då en höstvetegröda och en korngröda. Andraårsvallen bryts sent för att kunna ta tre vallskördar och för att minska kväveläckaget med hjälp av en sen brytning och bearbetning. Därför ersätter vårvete i växtföljd B höstvete i växtföljd A.



Gillar vall. Vallodling gynnar daggmaskar genom att det tillförs mycket organiskt material och genom att jorden inte bearbetas. Foto: Jens Blomquist

A. före omläggning

1. korn
2. höstraps
3. höstvet
4. havre
5. höstvet
6. korn
7. höstvet

B. efter omläggning

1. korn
2. höstraps
3. höstvet
4. havre + ins
5. vall II
6. vall II
7. vårvete

En möjlighet att skatta mängden stabilt kol som tillförs markens förråd av humus går att göra med en beräkningsmodell som är utvecklad av Greengard AB (www.greengard.se). Den tar med i beräkningen att balansen mellan tillförsel och bortförsel av kol är en dynamisk process som beror på både hur stor nedbrytningen (mineraliseringen) är och hur mycket kol det redan finns i marken. En måttligt mullhaltig jord med 2,7 procent mullhalt (1,6 procent kolhalt) och en årlig mineralisering på 1,5 procent visar att mängden stabilt humuskol som tillförs före omläggningen är ca 65 kg C/ha och år. Efter omläggningen till vallodling blir tillskottet ca 130 kg C/ha och år. Tillförseln av stabilt kol till jordens organiska substans blir alltså dubbelt så stor och beräkningen visar tydligt vallodlingens positiva effekt på mullhalt. Denna mullhaltsökning kommer på sikt att göra att kvävegivorna till växtföljdens grödor successivt kan sänkas.

Med vall i växtföljden kan man sedan föra bort halm som kan utgöra substrat i biogasproduktionen. En beräkning visar att halmen från höstvetegrödan i växtföljden med vall kan bärgas och rötas och att man trots detta fortfarande får en koltilförsel som är ca 15

kg C/ha och år högre i växtföljd B än i växtföljden utan vall före omläggningen (A). Med andra ord kompenserar vallodlingen väl och buffrar för halmen från en höstvetegröda utan att man sliter på jordens mullhalt mer än före omläggningen. I praktiken innebär det att mer substrat kan rötas till biogas utan att man tär på markens organiska material.

... och ger stabilare skördar

En viktig aspekt vid all odling är säkerhet. Höga skördar är viktiga för odlingsekonomi, men lika viktigt är att skördenivån är jämn och stabil mellan åren. Vall i växtföljden ger jorden en slags buffrande förmåga genom att markens struktur och biologi påverkas. Det gör att effekten av torka och höga nederbörds mängder dämpas, eftersom både den vattenhållande förmågan och genomsläppligheten förbättras.

Detta syns i bl a de skånska bördighetsförsöken som anlades på 1950-talet för att ge svar på frågan om odling kan bedrivas utan vall och stallgödsel. Försöket på Västraby gård norr om Helsingborg med styv lera fick avvecklas 1993 efter 36 år eftersom jorden i växtföljden utan vall till slut inte gick att bruka och grödorna därmed inte gick att etablera.

Fallet med Västraby är extremt, men skärskådare man de skånska bördighetsförsöken rent generellt finner man att skillnaden mellan de 4-åriga växtföljderna med vall och utan vall ökar med tiden. Vallväxtföljden blir relativt sett bättre över tiden och skillnaden ökar med 0,4 procent per år. Det är en marginell skillnad ett enskilt år, men sett över ett decennium blir det 4 procent. Odling utan vall är alltså en slags missad chans till långsiktigt höga skördar.



Skapar stabilitet. Beräkningen i denna skrift visar att en 7-årig växtföljd med vall tillför dubbelt så mycket stabilt humuskol som en 7-årig växtföljd utan vall. På Västraby gård i nordvästra Skåne fick ett av de skånska bördighetsförsöken avslutas efter 36 år eftersom jorden i växtföljden utan vall inte längre gick att bruka. Foto: Anna Hansson

... och kan förbättra ekonomin

Det finns alltså många goda effekter på både jord och skörd av följande grödor av att odla vall i en växtföljd. Men för att kunna ta plats måste odlingen kunna motiveras ekonomiskt, annars blir odlingen aldrig långsiktigt ut hållig. Den växtföljd som jämfördes med avseende på kolhalter under avsnittet om multhalter kan också jämföras ur ett ekonomiskt perspektiv med följande skördar och antaganden.

Beräkningen innefattar en justering av skördar och kostnader enligt tabell 3 för biogasväxtföljden B. I denna växtföljd ökar skörden det första året efter vallen med 550 kilo per hektar i vårvete. I vårkornet två år efter vallen ökar skörden med 400 kg/ha och i höstrapsen tre år efter vallbrotten antas en kvardröjande effekt på 100 kg/ha. Insådden i vallväxtföljden sänker å andra sidan skörden med 200 kg/ha i havren.

Vallen drar upp kostnaderna jämfört med de två grödor som den ersätter, trots att vallstöd på 300 kr/ha är medräknade i kalkylen. I vall I som ersätter höstvetet ökar kostnaderna med 1400 kr/ha. Det är nettot av minskade kostnader för utsäde, jordbearbetning och växtskydd men ökade kostnader för tre vallskördar. I Vall II ökar kostnaderna ytterligare jämfört med den korngröda som ersätts eftersom kornet i sin tur har lägre växtskydds- och växtnäringkostnader jämfört med vall II. I vårvetet som följer efter vallen minskar kostnaderna med 700 kr/ha jämfört med kostnaderna i höstvetet i växtföljd A utan vall.

Beräkningen innefattar ett pris för höstvetet och havre på 0:90 kr/kg, för korn på 1:00 kr/kg och för vårvete på 1:40 kr/kg. För höstrapsen är priset 2:30 kr/kg och vallen betalas med 0:80 kr/kg ts. Med dessa förutsättningar blir det ett bättre netto, kostnadsjusterat skördevärde, på 250-300 kr/ha för biogasväxtföljden med vall. Men kalkylen är känslig. Redan vid ett vallpris på 0:70 kr/kg ts försvinner hela överskottet i vallväxtföljden B och nettot blir detsamma. Men inte bara priset

per kg ts som biogasanläggningen betalar avgör nettot. Vallskördarna måste också ligga högt för att vallen i växtföljden ska kunna konkurrera.

... och ökar kväveöverskottet

Vid en beräkning av en växtnärbalans för de två växtföljderna blir kväveöverskottet ca 35 kg högre i växtföljden där vallskörden rötas och återförs till grödorna igen. Det beror främst på att det sker kväveförluster vid hanteringen av rötresten men indata som andel klöver i vallen påverkar beräkningen och är en osäkerhetsfaktor. Siffran ska därför ses som mycket ungefärlig. Situationen är densamma på en vallgård med djurproduktion där kväveöverskotten i växtnärbalansen blir högre än på en växtodlingsgård. En långsiktig vallodling och användning av rötresten i växtföljden kommer att öka mängden organiskt kväve i jorden och kvävegivorna minskar ytterligare vilket får en positiv effekt på kvävebalansen.

Används vallen som en avsalugröda och rötresten inte återförs till den egna växtodlingen ligger dock kväveöverskotten på samma nivå i de båda växtföljderna det vill säga ca 45 kg N/ha

...men minskar kväveutlakningen!

Det viktiga är dock hur mycket av kvävet som sedan försvinner från odlingssystemet. En beräkning av utlakningen från de två växtföljderna visar att växtföljden med vall har ca 7 kg/ha lägre kväveutlakning än spannmålsväxtföljden. Orsaken är främst att bearbetningstillfällena i växtföljden minskar. Minst två av de sju åren är bevuxna med vall under höst och vintersäsongen. Bäst blir effekten om vallen bryts på våren som i exemplet med växtföljd B. Är klöverandel hög i vallen bör man undvika att bryta den tidigt på hösten och höstså spannmål. Risken för läckage är då stor, eftersom höstspannmålen endast tar upp små mängder kväve på hösten.

Tabell 3. Skördar, merskördar och skillnader i kostnader mellan grödpar i växtföljd A och B

Växtföljd A		Växtföljd B		Kostnadsskillnad mellan grödpar i vf B-A (kr/ha)
Gröda	Skörd (kg/ha)	Gröda	Skörd (kg/ha)	
Korn	6000	Korn	6400 (+ 400)	
Höstraps	3200	Höstraps	3300 (+ 100)	
Höstvetet	8500	Höstvetet	8500 (+/- 0)	
Havre	6000	Havre + ins	5800 (- 200)	
Höstvetet	8000	Vall I	10000 (ts)	+ 1400 (dyrare i vf B)
Korn	6000	Vall II	10000 (ts)	+ 2900 (dyrare i vf B)
Höstvetet	7500	Vårvetet	6550	- 700 (billigare i vf B)

Sockerbeter sanerar i växtföljden och minskar N-utlakningen

Sockerbeter används i dag för etanolproduktion och det finns stora planer på att fler etanolfabriker i Europa ska använda sockerbeter för att jäsa alkohol av dem. I en biogasanläggning kan man använda betor och blast.

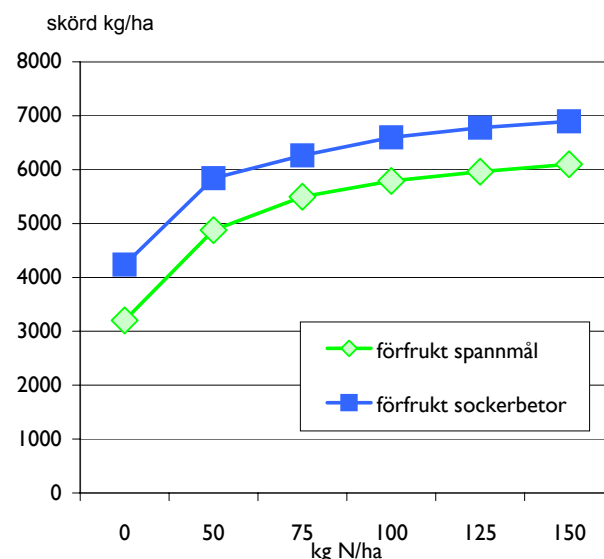
Sockerbetan är överlägsen som förfrukt...

Om sockerbeter tar plats i växtföljen kommer skörden av efterföljande vårsäd eller höstsäd att höjas eftersom sockerbeter liksom vall är en utmärkt förfrukt till all spannmål.

Försök från 1950- och 1960-talen visade en merskörd på 10-20 procent om vårsäd odlades efter sockerbeter jämfört med om samma vårsädesgröda följde två år i rad. En nyare försöksserie med kvävegödning till malkorn bekräftar att förfruktseffekten av sockerbeter är densamma i dag (figur 5).

Syftet med försöksserie L3-2275 är att bestämma optimal kvävgödning till malkorn med stråsäd eller sockerbeter som förfrukt. Mellan 1999 och 2006 hade 43 försök skördats varav 18 med spannmål som förfrukt (höst- och vårsäd) och 23 med sockerbeter som förfrukt. Förfruktseffekterna av vall i tabell 2 är hämtade från regelrätta förfruktsförsök. Serie L3-2275 är däremot ett gödslingsförsök med olika förfrukter på fälten föregående år. Båda förfrukterna fanns alltså inte med i samma försök och vissa år var förfrukten enbart spannmål medan den andra år enbart var sockerbeter.

Man ska därför vara mer försiktig med slutsatser om förfruktseffekter av sockerbeter kontra spannmål från dessa försök. Icke desto mindre visar figur 5 att sockerbeter vid alla kvävenivåer var överlägsna spannmål som förfrukt till malkorn. I medeltal blev skillnaden mellan förfrukterna nästan 900 kg/ha. Vid normala kvävegivor (100-125 kg N/ha) motsvarade merskörden på 800 kg/ha en relativ förfruktseffekt på 14 procent vilket stämmer väl överens med äldre förfruktsförsök.



Sockerbeter har försprång som förfrukt.

Figur 5. Skördedifferens i malkorn efter förfrukterna sockerbeter och spannmål i försöksserie L3-2275 kvävegödning till malkorn åren 1999-2006.



Inte bara betor. Hela sockerbetsgrödan, både betor och blast, kan användas vid biogasproduktion. Det gör att kväveutnyttjandet ökar och risken för kväveutlakning minskar. Foto: Jens Blomquist



Sund men inte grund. Sockerbetor sanerar i växtföljder med mycket spannmål. Samtidigt tömmer betornas djupa rotsystem markprofilen på kväve på hösten och minskar risken för utlakning. Foto: Jens Blomquist

... och tillåter sänkt N-giva i grödan efter

Också efter sockerbetor går det att sänka kvävegivan till följande spannmålsgröda om blasten brukas ner. En minskning av kvävegivan med 20 kg N/ha efter sockerbetor jämfört med efter spannmål till både följande höstsäd och vårsäd är riskfritt och en bra grundstrategi.

Sockerbetsblasten innehåller normalt 50-100 kg N/ha som är lättillgängligt. Detta kväve går in i biogasprocessen när blasten skördas, vilket är det rätta eftersom den är ett utmärkt substrat. Om blasten inte skördas är det viktigt att den inte blir liggande på marken eftersom en stor del av kvävet då kan förloras som ammoniakgas. Försök visar att kväveförluster genom ammoniakavgång kan bli upp till 20-40 procent av det totala kväveinnehållet från betblast som får ligga kvar på markytan. Störst är risken vid tidig upptagning när temperaturerna är höga medan de minskar senare på säsongen. Likaså finns risk att kvävet kan gå förlorat vid denitrifikation om marken är alltför fuktig och det råder syrebrist i marken vid nedbrukningen. Båda förlustvägarna gör att kväveeffekten av sockerbetor kan variera inom ganska vida ramar. Skördas betblasten som fallet är vid odling till biogassubstrat minskar alltså risken för kväveförluster väsentligt.

... och tömmer markprofilen

Ytterligare en viktig fördel med sockerbetor i växtföljden är att de tömmer markprofilen på mineralkväve. Utlakningsstudier visar att sockerbetor lämnar efter sig lite restkväve och att utlakningen minskar till samma nivå som där en spannmålsgröda följs av växande höstsäd. Denna förmåga är främsta anledningen till att Statens Jordbruksverk godkänner sockerbetor som "grön mark". Speciellt tydlig blir förmågan att dammsuga upp överskottskväve när sockerbetorna skördas sent vilket är fallet när de ska in i en biogasprocess. Sockerbetor har rent allmänt ett högt kväveutnyttjande, dvs utnyttjar det tillförda kvävet effektivt och tar upp en hög andel.

... och gör växtföljden sundare

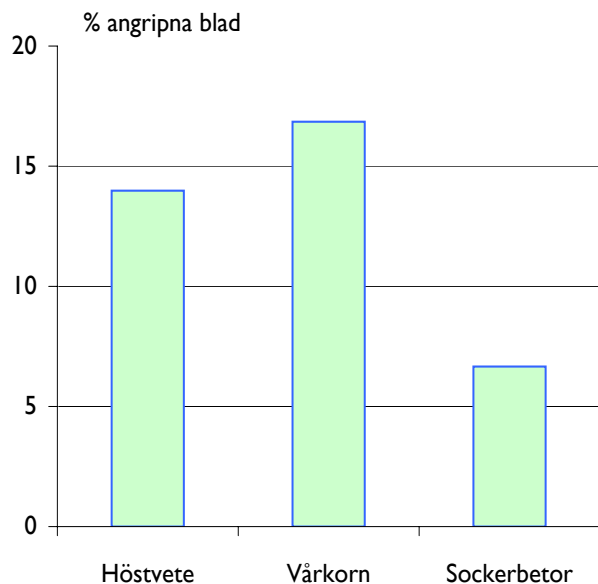
Sockerbetor är en sanerande gröda i en växtföljd där stråsåd dominerar. Det gäller både när sockerbetor föregår höstsäd och vårsäd.

Som förfrukt till höstvetete är sockerbetor en lika bra förfrukt som höstraps om höstvetetet kan sås vid samma tidpunkt efter de båda förfrukterna. Men det är sällan fallet eftersom sockerbetorna står i jorden långt fram på växtodlingssäsongen och därmed minskar förfruktsvärdet av sockerbetorna till höstvetete jämfört med höstraps.

Om sockerbetorna ska användas som substrat till biogas är maximal skörd prioriterad, och därmed vill man gärna att de växer så länge som möjligt på hösten. Därmed blir vårsäd en mer sannolik följande gröda än höstsäd. Men också till vårkorn är sockerbetor en sanerande förfrukt jämfört med höstvetete och vårkorn vilket framgår av bladfläcksangreppen i figur 6.



Viktig skörd. Om sockerbetsblasten inte ska användas i biogasproduktionen är det viktigt att den brukas ner så snart som möjligt för att minska risken för att kvävet förloras som ammoniakgas. Foto: Anna Hansson



Sockerbetor sänker skadeangrepp

Figur 6. Bladfläckar i vårkorn efter tre förfrukter, % angripna blad 1-3 under åren 1988-2006 i utv.stadium 60-65 (blomning). Egen bearbetning av graderingsresultat från Jordbruksverkets Växtskyddscentraler.

Figur 6 visar graderingarna vid tiden för blomning (st 60-65) av bladfläckar i vårkorn. Det är resultat från Jordbruksverkets Växtskyddscentralers graderingar från åren 1988-2006 i samtliga läns prognos- och varningsfält. I begreppet bladfläckar ingår framför allt kornets bladfläcksjuka, men där kan också finnas angrepp av

sköldfläcksjuka och en del sk fysiologiska fläckar. Precis som fallet var med vall jämfört med ett antal andra förfrukter till höstvetete i figur 2 finns det begränsningar i ett detta vårkornmaterial. Data kommer från fält som inte gränsar till varandra med olika odlingshistorik och jordarter. Den gemensamma nämnaren är just att fälten hade samma förfrukt. Emellertid visar figur 6 att där det odlades vårkorn efter vårkorn var angreppen högre (ca 17 procent) liksom efter höstvetete (ca 14 procent) än där det odlades vårkorn efter sockerbetor där angreppen bara var ca 7 procent. Eftersom kornets bladfläcksjuka är en växtföljdsberoende sjukdom visar det att sockerbetor är en sanerande förfrukt där det odlas mycket spannmål.

Majs marscherar snabbt framåt

Majs är en uppseglade gröda i Sverige som odlas av allt fler. Framförallt är det majs till ensilage som odlas hos mjölk- och köttproducenter, men också en del kärnmajs odlas i landets sydligaste delar. Det odlades uppskattningsvis ca 7000 hektar ensilagemajs och 1000 hektar kärnmajs i Sverige år 2006. Begränsningarna för majs är värmesumman som uppnås under växtodlings-säsongen, froster under uppkomst och likaså tidiga frostknäppar som gör att majsen slutar att lagra in stärkelse under den tid då den ska arbeta för högtryck med sin fotosyntesproduktion.



Populär i Tyskland. I grannlandet Tyskland går framför allt majs in i biogasprocessen. Grödan ger höga torrsubstansskördar, men nackdelen kan vara ökad risk för angrepp av fusariumsvampar. Foto: Jens Blomquist

Majs kvalar in mellan betor och spannmål...

Den effekt majs har på nästa gröda i växtföljden är dåligt undersökt under svenska förhållanden eftersom grödan är så ny på den svenska växtodlingskartan. I Danmark undersöktes dock majs under åren 1978-1986 i försök som primärt gick ut på att jämföra majs med fodersockerbetor för att se vilken av de två fodergrödorna som gav högst totalskörd. Svaret på den frågan var att fodersockerbetorna i dessa försök gav 33 procent högre skörd än majs. Dock har sortmaterial och odlingsteknik gått snabbt framåt för majsodlingen.

Men utöver det resultatet kunde man läsa ut hur majs reagerade i tre olika växtföljder med majs varje år, vartannat år och vart fjärde år (tabell 4).

Tabell 4. Skörd (torrsubstans) av ensilagemajs i tre olika växtföljder (Lyngby Christensen, 1987)

Växtföljd	Majsskörd dt ts/ha	Rel.skörd
Majs–majs– majs–majs	135,6	100
Majs–vårkorn– majs–vårkorn	139,0	102
Majs–vårkorn– fodersockerbetor- vårkorn	141,5	104

Majs anses klara monokultur bra eftersom den är självtolerant, men resultaten i tabell 4 visar att den också svarar bra på att växla med andra grödor. Majs vartannat år ökade skörden med 2 procent och majs vart fjärde år ökade skörden med 4 procent.

Många majsodlare och växtodlingsrådgivare menar dock att skörden av majs ökar år 2 och 3 när majs odlas efter majs. Skälet till detta anges vara att vattenförsörjningen ökar när majs kan använda rotkanaler från förra årets majs. Majs behöver mycket vatten under

blomningen. Ett annat skäl som framhålls är att markens struktur faktiskt blir bättre och lättare att hantera, eftersom majsstubben efter skörd fungerar som dräneringsrör och lätt kan leda bort överskottsvatten. Jorden går lättare att bearbeta både höst och vår.

Möjligen är det inte någon motsägelse i de danska försöksresultaten och de svenska erfarenheterna. Under de svenska förhållandena är det kanske så att det positiva i en förbättrad vattenförsörjning överskuggar det negativa i att odla majs i monokultur. Med andra ord skulle i så fall mer vatten betyda mer än fler svampar. Hade vatten inte varit primärt begränsande hade även majs i monokultur svarat positivt på en omväxling i grödföljden.

Eftersom både majs och fodersockerbetorna följdes av vårkorn i de danska försöken gick det dessutom att mäta förfruktsvärdena av de båda grödorna (tabell 5).

Vårkornet tillfördes 90 kg N/ha efter båda förfrukterna. Under sju av åtta år blev skörden högre efter sockerbetor än efter majs. I genomsnitt för alla 16 försök under åtta år blev kärnsköörden 4 procent högre efter sockerbetor än efter majs. Någon direkt jämförelse finns inte, men man kan lägga samman resultaten ovan med sockerbetor som förfrukt till vårkorn jämfört med spannmål. En sådan skattning verkar peka på att majs som förfrukt till vårkorn kvalar in någonstans mellan sockerbetor och spannmål.

Tabell 5. Skörd (15 % vh) av vårkorn efter majs och sockerbetor (Lyngby Christensen, 1987)

Förfrukt	kornskörd dt/ha	Rel.skörd
Majs	49,2	100
Sockerbetor	51,2	104



Mitt emellan. Majs verkar vara bättre än spannmål men sämre än sockerbetor som förfrukt till spannmål om man lägger samman resultat från olika försöksserier. Foto: Jens Blomquist

...men se upp med Fusarium efter majs

Majs har en stor nackdel ur växtskyddssynpunkt. Det är den förfrukt som innebär allra största risk för smitta av svampar ur släktet *Fusarium* i efterföljande gröda. Från 1 juli 2006 finns nya gränsvärden för fusariumtoxiner i spannmål och spannmålsprodukter. Risken för angrepp avgörs framför allt av en kombination av väderlek under blomningen, jordbearbetning, förfrukt och mottaglighet hos efterföljande gröda beroende på art och sort. Den sämsta kombinationen är regn under blomning, majs som förfrukt och reducerad bearbetning till en mottaglig sort av höstvetete.

Hampa håller rent från ogräs

Hampa är en gröda som allt oftare diskuteras i energisammanhang. Det är en ettårig mycket högvuxen gröda som ger stor torrsubstansskörd. Detta gäller i första hand fibersorterna medan sortererna som används till olja är mer kortväxta. Fiberandeln i plantan är hög och ska grödan användas till biogasproduktion är skördetidpunkten viktig. I ett samarbetsprojekt mellan SLU Alnarp och Lunds Tekniska Högskola studeras hampans biogaspotential vid olika skördetidpunkter, men resultaten är inte klara ännu. Hampan används som foder på kontinenten och det är därmed inget som säger att den inte fungerar som biogasråvara. Val av sort samt skördetidpunkt är dock förmodligen mycket viktiga parametrar. Ännu är det många frågeställningar att reda ut när det gäller hur hampan ska odlas för att fungera optimalt som biogasråvara.

Hampa ger avbrott i växtföljden...

Hampan är en god förfrukt i växtföljden och är en avbrottsgröda för spannmål och oljeväxter. Den kan utan problem odlas flera år i följd på en och samma växtplats, men gödselgivorna ökas år 2-3 för att skördenivån inte ska minska. Det är klokt att utnyttja dess förfruktvärde och låta den rotera i växtföljden. Svenska växtföljdsförsök med hampa finns inte och det finns inga siffror på hampans värde som förfrukt, men den praktiska erfarenheten är att hampa har ett högt förfruktvärde.

Industrihampan har ett stort behov av lättillgänglig växtnäring för att utvecklas optimalt. Riktlinjer för kvävegivan i utländska litteraturuppgifter är 8-10 kg kväve per ton förväntad produktion av torrsubstans. I svenska försök har avkastningen av hampa ökat upp till ca 120 kg kväve/ha. Det är dock viktigt att påpeka att i de försök som är gjorda har man skördat hampan sent på hösten. Ska hampan användas som biogasråvara kommer hampan att skördas tidigare på säsongen för att få optimalt gasutbyte, och då är torrsubstansskörden mindre och därmed även behovet av kväve. Det är också viktigt att ta hänsyn till förfrukteffekter av andra grödor i växtföljden och jordtyp.

Industrihampa har även ett stort behov av fosfor och kalium för att biomassa och fiberkvalitet ska utvecklas bra. Enligt danska rekommendationer är fosforbehovet 15-20 kg P/ha och kaliumbehovet 50-100 kg K/ha.

För att uppskatta behovet av växtnäring för hampa som används som biogasråvara krävs nya fältförsök där man tar hänsyn till skördetidpunkt och gasutbyte under svenska förhållanden.

...och trycker ner ogräs

De högvuxna fibersorterna konkurrerar mycket bra med ogräsen genom att plantorna snabbt täcker markytan och växer i höjden. Är odlingsförutsättningarna gynnsamma kan grödan effektivt konkurrera ut allt ogräs och det bli helt ogräsfritt inne i beståndet. Grödans blad och rotdeklar innehåller substanser som verkar gröningshämmande på en del ogräsarter, vilket ytterligare förstärker grödans goda ogräseffekt. I normalfallet behövs ingen ogräsreglering i hampaodlingen och hampan efterlämnar en nästan ogräsfri jord efter sig. I ekologisk odling används hampaodlingen som rotoagräsnerade gröda.

Sjukdomsangreppen i hampa är relativt begränsade och behovet av bekämpning litet. Det kan ha att göra med att hampa inte odlats i Sverige de senaste 40 åren. Risken för sjukdomsangrepp ökar om man odlar hampa på samma fält flera år. Grämögel, bomullsmögel och angrepp av *Phoma*-svampar är sjukdomar som kan bli aktuella i takt med att odlingen av hampa ökar. I dagsläget finns det inga kemiska växtskyddsmedel i Sverige som är godkända för användning i hampa.



Håller efter ogräsen. Hampa konkurrerar hårt med ogräs och används till och med för att sanera mot rotoagräs i ekologisk odling. Foto: Jens Blomquist

Rötresten är värdefulla och ska spridas förnuftigt

En rötrest är den restprodukt som blir kvar efter det att materialet har rötats. Inom avfallsektorn kallar man de ”rena” rötresterna som kan återföras till lantbruket utan problem för biogödsel. Rötrestens innehåll beror på vad som har rötats, vilket innehåll ursprungsmaterialet har haft, vilken process som används, uppehållstid i röt-kammaren och hur stor del av materialet som rötats i processen (utrötningsgrad). Innehållet i en rötrest kan alltså variera mycket och då även växt-näringsinnehåll och -utnyttjande.

Högt växt-näringsvärde i rötresten

Växt-näringsinnehållet i rötresten beror, som ovan nämnts, på vad ursprungsmaterialet består av. Samma mängd växt-näring finns kvar efter rötningen som det var före rötningen. Organiskt kvävet mineraliseras och andelen ammoniumkväve ökar under processen. Kvoten mellan $\text{NH}_4\text{-N}$ och total-N i rötresten har stor betydelse för hur stor del av kvävet i rötresten som blir tillgängligt för grödan efter spridning. Hur stor andel ammoniumkväve det finns i rötresten beror på en rad faktorer, bl a vilken process som används, uppehållstid, temperatur, utrötningsgrad

Det finns uppgifter på att kvoten mellan $\text{NH}_4\text{-N}$ och total-N i resterna med rötat växtmaterial har legat på 0,87 i biogasrötad blandvallensilage och 0,69-0,82 i

biogasrötad lucernensilage. I andra studier är kvoten lägre och ligger på 0,4-0,5.

I tabell 6 presenteras växt-näringsvärdet i ett antal rötresten från storskalig biogasproduktion med olika råvaror som ingångsmaterial, samt en analys av en rötrest från vall och betblast som rötats i en försöksanläggning till ett fältförsök.

Värde av en rötrest från en vallgröda

Växt-näringsinnehållet i skörden från en vallgröda varierar beroende på vilken sammansättning vallen har, hur den är gödslad, skördesystem som används osv. När vallskörden används till foder försvinner en del av växt-näringsämnen i avsaluprodukterna från djurproduktionen. Om vallen däremot används som en råvara i biogasproduktion försvinner bara en del av kolet i form av metan. Mängden växt-näringsämnen som fanns i råvaran före rötning finns kvar efter rötningen och kan i princip utnyttjas igen i växtodlingen. Biogasproduktion kan innebära ett slutet kretslopp där ingen växt-näring lämnar gården.

Vi antar att skörden från en klöver/gräs vall är 10 ton ts/ha, växt-näringsinnehållet är 25 kg totalt N/ton ts varav 50 % är $\text{NH}_4\text{-N}$, 2,4 kg P/ton ts och 25 kg k/kg ts. Använder vi priset för mineralgödsel (8 kr/kg $\text{NH}_4\text{-N}$, 15 kr/kg P, 4 kr/kg K och 4 kr/kg för det organiska

Tabell 6. Sammanställning på ingående material till olika storskaliga biogasanläggningar, samt växt-näringsinnehåll för den bildade biogödseln. Växt-näringsinnehållet angivet per m^3 våt biogödsel. (RVF Utveckling 2005-10. * Gunnarsson, A)

Ingående material	TS-halt %	pH	Tot-N kg/m^3 eller ton	$\text{NH}_4\text{-N}$ kg/m^3 eller ton	P kg/m^3 eller ton	K kg/m^3 eller ton
Gödsel 10 %						
Slakteriavfall 75 %	5	8,4	7,1	5,3	0,8	1,0
Produkter från livsmedelsindustri 5 %						
Källsorterat hushålls- och restaurangavfall	1,6	8,5	3,6	2,6	0,18	1,1
Gödsel (svin) 18 %						
Gödsel (nöt) 41 %						
Slakteriavfall 31 %	3,15		4,0		0,43	1,2
Produkter från livsmedelsindustri 7 %						
Övrigt 3 %						
Rötad klöver/gräsvall och betblast* (per ton rötrest)	6		3,5	1,6	0,4	4,1

kvävet) blir värdet av växtnäringen från 1 hektar vall med en skörd på 10 ton ts/ha ca 2 800 kr. I ekologiska system är priset oftast högre och värdet av den rötade produkten blir därmed också högre. Därtill kommer också de positiva effekterna av att använda ett organiskt gödselmedel i växtodlingen som är svårare att sätta pengar på.

Hantering av rötrester

Lagringsbehållaren ska vara täckt

Den rötade restprodukten bildar inte lika lätt ett svämtäcke under lagringen som orötad flytgödsel gör. Innehållet av ammoniumkväve är som regel ganska högt liksom pH-värdet. Det gör att risken kan vara stor för förluster i form av ammoniak under lagringen om inte behållaren har någon form av täckning. Därför skall lagringsbehållaren vara täckt enligt gängse regler.

Sprid i band och mylla snabbt

Rötrestens höga innehåll av ammoniumkväve och relativt höga pH gör att risken för ammoniumavdunstning är stor även under spridningen, och man måste sträva efter att ha rätt väderförutsättningar vid spridning. Spridningstekniken är också viktig. Rötresten bör spridas med släpplangsteknik eller nedmyllare för att minska kontakten med luften. I försök med rötad gödsel har dock ammoniakavdunstningen varit låg vid spridning med rätt teknik trots att ammoniumandelen och pH är högre än i orötad gödsel. Det förklarar man med att rötad gödsel har lägre ts-halt och att den tränger ner snabbare i jorden efter spridning. Där fastnar ammoniumjonen på lerpartiklar och hålls fast i jorden.



Snabba besked. Med hjälp av "skitburken" görs enkelt en snabbanalys av ammoniumkvävehalten före spridning för att få rätt kvävegiva utspridd. Foto: Anna Hansson.

Även tidpunkten är viktig för ett bra resultat. I försök har man fått bäst kväveutnyttjande om rötresten spreds före sådd till vårsådda grödor. Då är ofta temperaturerna låga och rötresten kommer i direkt kontakt med jorden. Samtidigt blir kväveupptagningsperioden lång och en större andel kväve hinner tas upp av grödan. Bäst kväveeffekter fås om vädret är svalt och fuktigt.

I svenska försök med rötresten från storskalig biogasproduktion av olika ursprung har man ofta en lägre andel kväve kvar efter skörden än när flytgödsel är utspridd. Det tyder på att en stor del av kvävet har tagits upp av grödan och risken är mindre för ett kväveläckage under vintern.



Mylla kvickt. Vid spridning är det viktigt att använda rätt utrusning och att bruka ner rötresten direkt för att minimera risken för kväveförluster. Foto: Anna Hansson

Diskussion – stora miljöfördelar men mer kunskap behövs

Biogasproduktion ger en rad positiva effekter på miljön både direkt och indirekt. I ekologisk odling är kväve en begränsad faktor och kvävepriset ofta högt. Där är det lättare att värdesätta ekonomiskt de positiva effekter man får genom att använda biogasgrödor och skörde-rester i biogasproduktionen och återföra växtnäringen vid tidpunkter som grödorna har behov av växtnäring, än det är i konventionell odling. De positiva miljöeffekterna är dock de samma oberoende av odlingsystem.

En stor fördel med att producera biogas från energigrödor är att växtnäringen kan cirkulera på gården och att behovet av mineralgödsel minskar. Man skulle faktiskt kunna säga att en växtföljd med enbart biogasgrödor kan vara helt självförsörjande på växtnäring. Med tillräckligt inslag av kvävesamlade växter i växtföljden skulle detta vara fullt tänkbart.

Ren energiväxtföljd gör det dessutom möjligt att återföra sådan växtnäring från staden som inte går att använda i grödor till humankonsumtion. Kretsloppet stad och land sluts.

Vi behöver dock mer kunskap kring biogasprocessen och rötningstekniken för att få den effektivaste och mest ekonomiska processen när man rötter sådana relativt torra material som energigrödor utgör. Till exempel skulle en tvåstegsprocess, där rötresten utgörs av två fraktioner, en flytande och en fast, kunna vara ett mycket intressant alternativ. Rötningstekniken är fortfarande

under utveckling men kan, bland annat ur växtnärings-synpunkt, ge nya möjligheter. Den flytande fraktionen innehåller den största andelen av ammoniumkvävet, och den fasta fraktionen innehåller, förutom en liten del ammoniumkväve, det mesta av de i övrigt ingående växtnäringsämnen. En sådan teknik skulle kunna ge förutsättningar för en helt annan gödslingsstrategi än som är möjlig med nuvarande flytande biogödsel.

Intressant skulle också vara att finna en teknik för att på ett enkelt sätt kunna öka koncentrationen av ammoniumkväve i rötresten.

Vi ser också ett stort behov av forsknings- och informationsinsatser för att öka kunskaperna om hur man odlar och hanterar energigrödor till biogasproduktion på effektivaste sätt. Val av sort, kvävegivor, växtföljder, skördetidpunkter för optimalt gasutbyte o s v måste belysas i nya studier.

Det finns även behov av att hitta metoder för att gradera de indirekta miljöeffekterna, så dessa kan värdesättas på rätt sätt ur såväl lantbrukar- som samhällsperspektiv.

Av ovanstående framgår att det ur såväl växtnärings-synpunkt som övriga miljösynpunkter kan vara mycket intressant att producera energigrödor för biogasproduktion, men att olika led i produktionskedjan bör effektiviseras och förfinas för att förbättra ekonomin i systemet.



Mer kunskap behövs. Det finns ett stort behov av forskning och informationsinsatser för att öka kunskaperna om hur man odlar och hanterar energigrödor till biogasproduktionen på effektivast sätt. Foto: Anna Hansson

Referenser

Litteratur

- Agerberg, L. 1965. Sockerbetor, ett viktigt led i växtföljden. Betodlaren, nr 2.
- Anon. 2004. Riktlinjer för gödsling och kalkning 2005. Rapport 2004:22. Statens Jordbruksverk.
- Anon. 2006. Branschriktlinjer för att undvika Fusariumtoxiner i spannmål.
- Aronsson, H. & Torstensson, G. 2003. Höstgrödor – Fånggrödor – Utlakning. Kvävedynamik och kväveutlakning i två växtföljder på moränlätter i Skåne. Resultat från 1993-2003. Ekohydrologi 75. Avdelningen för vattenvårdslära. SLU.
- Arvidsson, J. & Pettersson, O. 1995. Jordpackning och markstruktur. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 435. Mark/Växter. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Bernesson, S. 2006. Hampa till bränsle fiber och olja – en liten handbok. Sveriges Energiförenings Riksorganisation, SERO.
- Bertilsson, G. 2005. Helhetssyn viktigt vid växtföljdsplaneringen. Växtföljder för en uthållig växtodling. Odling i Balans.
- Blomquist, J. & Larsson, H. 2002. Förfrukter till sockerbetor. Slutrapport 4T Tillväxt Till Tio Ton.
- Bolin, L., Thyselius, L. & Johansson, M. 1998. Biogas ur energigrödor, System och kostnader för storskalig framställning och användning av biogas. JTI rapport 97.
- Dansk Landbruksrådgivning, Landcentret. Biogas. www.lr.dk/biogas
- Frankow-Lindberg, B. 2003. Kvantifiering av kvävefixering via baljväxter i fält – förslag till ny modell i rådgivningsprogrammet STANK. Rapport 5. Institutionen för ekologi och växtproduktionslära, SLU.
- Greengard AB www.greengard.se
- Gunnarsson, A. & Gertsson, U. 2004. Växtnäringsstyrning i energi- och näringseffektiva ekologiska odlingsystem. Årsrapport 2003/2004. SLU
- Ivarsson, J. 2005. Odlingsbeskrivning för industrihampa. HS Kristianstad.
- Lyngby Christensen, S.P. Majs som monokultur eller i saedskifte. Majs/roer. Tidskrift for Planteavl 91, 103-110.
- Lehtomäki, A. & Björnsson, L. 2006. Two-stage anaerobic digestion of energy crops: Methane production, nitrogen mineralization and heavy metal mobilisation. Environemantl Technology 27: 209-218.
- Ohlander, L. 1990. Växtföljder. In: Växtodling 2. Växterna. Ed: O. Hammar. LT:s Förlag Stockholm. 291-321.
- Olsson, M. 2005. Kvävegödsling till malkorn. Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet, nr 58.
- RVF Utveckling 2005:10. Användning av biogödsel. Svenskt Gastekniskt Center. Biogas – basdata om biogas 2006
- Weiland P. 2003. Production and energetic use of biogas from energy crops and wastes in Germany. Applied Biochemistry and Biotechnology 109:263-274.

Personliga meddelanden:

Johansson, Fredric. 2006. Hushållningssällskapet Kalmar-Kronoberg-Blekinge.

Mer om biogas

Att läsa

- Biogas ger energi till ekologiskt lantbruk. Jordbruksinformation 22-2005. Beställes på www.sjv.se
- Biogas – förnyelsebar energi från organsikt avfall. Svenska biogasföreningen. Beställes på www.sbgf.org
- Förutsättningar för biogas från jordbruksgrödor Slutsatser från Utvecklingsprogram Biogas, Stiftelsen Lantbruksforskning och Energimyndigheten. Beställes på Energimyndigheten i Eskilstuna.
- Biogas – basdata om biogas 2006, Svenskt Gastekniskt Center. Kan laddas ner på Biogas Syds hemsida, www.biogassyd.se

Intressant på Internet

- www.biogassyd.se
Samverkansprojekt inom biogasområdet i Syd-sverige med information om aktiviteter, information länkar m m.
- www.lr.dk/biogas
Dansk Lantbruksrådgivnings sidor om biogas
- www.agrigas.lu.se
Biogasprojekt vid Lunds Universitet
- www.biogasforum.se
Interregionalt samverkansprojekt i Öresundsregionen
- www.sbgf.info
Svenska biogasföreningen

