

Gröda mellan grödorna

– samlad kunskap om fånggrödor



- Artval och odlingsmetoder behöver utvecklas för att förstärka även andra fördelar för odlingssystemet än minskat kväveläckage.
- Tidigare brytning minskar risken att överlevande fånggröda blir ett ogräs i nästa gröda, men ger sämre effekt på läckaget.
- Brassica-fånggrödor verkar lovande för stora delar av södra Sverige om de sås tidigt och etableringen lyckas.

Sveriges lantbruksuniversitet har på uppdrag av Jordbruksverket gjort en kunskaps-sammanställning om odling av fånggrödor. Odling av fånggrödor är en av de viktigaste åtgärderna för att minska kväveläckaget från jordbruksmark och miljöersättning betalas varje år ut till lantbrukare som odlar fånggrödor. På senare år har intresset för att odla fånggrödor minskat. Det övergripande syftet med kunskapssammanställningen är att få ett underlag för hur fånggrödor kan utnyttjas effektivt i våra odlingssystem. Den kan också vara ett underlag vid utformning av villkor för miljöersättningen för odling av fånggrödor.

Författarna ansvarar för rapportens innehåll

Författare
Helena Aronsson
Göran Bergkvist
Maria Stenberg
Ann-Charlotte Wallenhammar

Sammanfattning

Det övergripande syftet med denna litteratursammanställning var att ta fram ett underlag för att visa på möjligheter att i framtiden utnyttja fånggrödor på ett effektivt sätt i våra odlingssystem. En översikt av olika fånggrödearter, mer eller mindre beprövade, ges i tabell 1 tillsammans med indikationer om hur väl varje art uppfyller kriterier för en bra fånggröda. Vallgräs, vallbaljväxter, brassica-arter och höstsäd är de viktigaste grupperna av fånggrödor, men några ytterligare tas också upp. Urvalet av kriterier bygger på ställningstagandet att en riktigt bra fånggröda inte bara minskar kväveutlakningen, utan också ger mervärden för växtföljden. Den ska inte heller ge negativa effekter i växtföljden genom att bli kvar som ett ogräs eller bidra till uppförökning av sjukdomar.

I en enkätundersökning bland fånggrödeodlare, som utförts av Jordbruksverket under 2010, framkom några frågor som särskilt tas upp i rapporten. Det gäller bland annat problemet med engelskt rajgräs som blir ett ogräs i växtföljden, och oron att vallgräsfånggrödor kan leda till uppförökning av skadegörare. När det gäller skadegörare finns teoretiskt tydliga risker för t ex uppförökning av jordburna svamp patogener kopplade till gräsfånggrödorna. Fånggrödorna har emellertid också en allmänt positiv effekt på mikrolivet i marken vilken delvis verkar förta dessa risker. Vi har inte hittat information som tyder på något generellt ökat tryck av skadegörare.

Engelskt rajgräs har inga biologiska egenskaper som innebär att det utgör en större risk att bli ogräs än andra vallgräs. Det skjuter inte strå under insåningsåret, och de frön som bildas på plantor som överlever i nästa gröda bildar ingen långvarig fröbank i marken. Svårigheter med avdödningen på hösten och överlevande plantor är följaktligen huvudproblemet. I rapporten diskuteras metoder (kemisk och mekanisk) och tidpunkter för brytning för olika typer av fånggrödor. Det handlar till stor del om en kompromiss i varje situation, mellan önskan att få god effekt på läckaget, en säker avdödning och en bra förfruktseffekt. Förutom engelskt rajgräs är rajsvinglar, hundäxing, röd-, ängs- och rörsvingel gräsarter som kan fungera som insådda fånggrödor.

Brassica-fånggrödorna, t ex olika typer av rättika och vitsenap, har mycket bra kapacitet som eftersådda fånggrödor, förutsatt att de etableras i tid. I rapporten presenteras erfarenheter som finns beträffande teknik och tidpunkt för etablering. Sådd före skörd ger vid gynnsamma förhållanden en bra fånggröda, men riskerar också att misslyckas. Sådd efter skörd med någon form av myllning är säkrare, men ger kortare tid för tillväxt. Möjligheten att odla oljerättika som fånggröda i olika klimatområden i södra Sverige illustreras med hjälp av klimatserier där vissa temperaturkriterier satts som krav. Vidare belyses riskerna med brassica-fånggrödor med avseende på uppförökning av växtföljdssjukdomar.

Cikoria, honungsört, luddvicker och fältkrassing har växtsätt och livscyklar som kan vara intressanta för fånggrödefunktion på olika vis. Av de tre förstnämnda finns en del erfarenhet, medan fältkrassing är en vildväxande art under förädling. Av litteraturen framgår det att grödor mellan huvudgrödorna röner stort intresse världen över, inte bara för att minska läckaget. Andra positiva effekter för växtföljden är också centrala. I vårt klimat ställs stora krav på en fånggrödors förmåga. Det finns inget stort utbud av nya arter att välja bland, men artblandningar är en möjlighet att kombinera olika grödors förmågor. Ett brett användande av de arter och sortvariationer som står till buds, för olika situationer och i olika kombinationer, är viktigt för att vidareutveckla fånggrödeodlingen i Sverige.

Innehåll

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Avgränsning och utformning.....	1
2	Fånggrödans funktioner.....	4
2.1	Kriterier för fånggröda mot kväveläckage.....	4
2.1.1	Lätt att etablera.....	4
2.1.2	Svag konkurrens med huvudgrödan (gäller insådda fånggrödor).....	4
2.1.3	Kraftig tillväxt på hösten.....	4
2.1.4	Kraftig rotutveckling.....	5
2.1.5	Frosttålig.....	5
2.1.6	Ingen frösättning och liten risk för överlevnad av frö och plantor.....	6
2.1.7	Liten risk för uppförökning av skadegörare och växtsjukdomar.....	6
2.1.8	Positiva växtföljdseffekter.....	7
2.2	Fånggrödans effekt på kvävdynamiken i marken.....	10
2.2.1	Mullupbyggnad på lång sikt.....	10
2.2.2	Brytning av fånggröda.....	10
2.3	Fånggrödans effekt på fosforförluster.....	15
2.4	Fånggrödans klimatpåverkan.....	16
2.5	Odlingsmetodikens betydelse.....	17
2.5.1	Såtidpunkt.....	17
2.5.2	Putsning av fånggröda.....	18
2.5.3	Gödsling och skörd av fånggröda.....	18
2.6	Fånggröda i renbestånd eller artblandning.....	19
3	Olika fånggrödearter.....	20
3.1	Vallgräs som insådda fånggrödor.....	20
3.1.1	Vallgräs, särskilt engelskt rajgräs, som ogräs i växtföljden.....	20
3.1.2	Vallgräs och risk för uppförökning av skadegörare.....	23
3.1.3	Engelskt rajgräs (<i>Lolium perenne</i>).....	24
3.1.4	Italienskt rajgräs (<i>Lolium multiflorum</i>).....	26
3.1.5	Westerwoldiskt rajgräs (<i>Lolium westerwoldicum</i>).....	26
3.1.6	Rajsvingel (<i>Festulolium braunii</i>).....	26
3.1.7	Ängssvingel (<i>Festuca pratensis</i>).....	27
3.1.8	Rörsvingel (<i>Festuca arundinacea</i>).....	27
3.1.9	Rödsvingel (<i>Festuca rubra</i>).....	27
3.1.10	Hundäxing (<i>Dactylis glomerata</i>).....	28
3.1.11	Timotej (<i>Phleum pratense</i>).....	28
3.2	Vallbaljväxter som insådda fånggrödor.....	28
3.2.1	Rödklöver (<i>Trifolium pratense</i>) och vitklöver (<i>Trifolium repens</i>).....	28

3.3	Brassica-arter som fånggrödor	29
3.3.1	Brassica-fånggrödor och risk för uppförökning av skadegörare.....	30
3.3.2	Metoder för etablering av oljerättika och vitsenap.....	31
3.3.3	Kvävetillgång och tillväxt.....	33
3.3.4	Betydelse av såtidpunkt och höstens längd för tillväxten.....	34
3.3.5	Klimatförutsättningar för oljerättika och vitsenap i olika regioner.....	37
3.3.6	Tidpunkt för brytning av brassica-fånggrödor	37
3.3.7	Rötterna och markstrukturen.....	38
3.3.8	Oljerättika (<i>Raphanus sativus var oleiformis</i>).....	39
3.3.9	Rättika (<i>Raphanus sativus var longipinnatus</i>).....	40
3.3.10	Vitsenap (<i>Sinapis alba</i>).....	40
3.3.11	Höstraps (<i>Brassica napus</i>).....	41
3.4	Höstsäd som eftersådd fånggröda	41
3.4.1	Höstråg (<i>Secale cereale</i>), Höstvete (<i>Triticum aestivum</i>), Rågvete (<i>Triticale</i>), Höstkorn (<i>Hordeum vulgare</i>).....	41
3.5	Övriga fånggrödor.....	42
3.5.1	Cikoria (<i>Cichorium intybus</i>).....	42
3.5.2	Honungsört (<i>Phacelia tanacetifolia</i>).....	43
3.5.3	Luddvicker (<i>Vicia villosa</i>).....	44
3.5.4	Fältkrassing (<i>Lepidium campestre</i>).....	44
3.6	Fånggrödor i internationellt perspektiv.....	45
4	Referenslista	47

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Den ideala fånggrödan, sett ur ett vattenmiljöperspektiv ska naturligtvis minska läckaget av kväve. Den ska också vara robust och pålitlig, dvs lätt att etablera och växa bra under de flesta förhållanden. Den ska dessutom ha potential att öka sin tillväxt när det finns rikligt med kväve i marken som annars riskerar att lakas ut. Den perfekta fånggrödan minskar också risken för fosforförluster. Det gäller inte bara genom sitt fosforupptag, utan också genom att den hindrar jorderosion, gynnar vattnets infiltration och förbättrar markens struktur. Den ideala fånggrödan växer bara när den behövs och den behöver ingen behandling med kemiska avdödningsmedel som riskerar att hamna i vattenmiljön.

Sett ur odlarens perspektiv finns det fler önskemål. Visst bör fånggrödan växa bra, men den ska inte konkurrera så mycket med huvudgrödan att avkastningen minskar. Fånggrödan får heller inte ställa till problem i växtföljden genom att föröka upp sjukdomar och skadegörare, och den bör absolut inte bli kvar som ett ogräs i efterföljande grödor. En bra fånggröda som fångar lantbrukarens intresse ger i slutändan någon form av mervärde för odlingen. En god förfruktseffekt/ grön gödslingsfunktion, en sanerande effekt på sjukdomar, undertryckande effekt på ogräs och långsiktigt positiva effekter på mullhalt och struktur är exempel på sådant som kan ge fånggrödan en naturlig plats i odlingen. Benämningen mellangröda är ibland mer passande än fånggröda för att poängtera att den kan ha fler funktioner än att fånga växtnäring. Här används dock genomgående uttrycket fånggröda även då andra funktioner tas upp.

Den perfekta fånggrödan för alla situationer finns förmodligen inte, men utifrån de möjligheter som står till buds kan man hitta fånggrödor lämpliga för olika situationer. Hur en viss fånggröda kan tänkas fungera beror förstås på förutsättningar vad gäller typ av växtföljd, jordart, geografisk belägenhet m m. Också de krav som vattenmiljön ställer på reducerad näringsbelastning kan ha betydelse för hur olika fånggrödors egenskaper bör prioriteras och vilka kriterier som ska följas. Det övergripande målet med denna rapport är att vara ett stöd för vilka kriterier som är viktiga vid val av fånggröda och hur de kan prioriteras i olika fall.

1.2 Avgränsning och utformning

Fånggrödan som åtgärd för minskat kväveläckage ges miljöersättning inom landsbygdsprogrammet och det är en åtgärd som fått stort genomslag i åtgärdsprogram för minskad kvävebelastning från jordbruket. Syftet med denna rapport är att ta fram ett kunskapsunderlag för fortsatt arbete med utformning av funktionella och effektiva framtida stödformer för fånggrödor. Förutom fånggrödors effekt på kväveutlakning beaktas också inverkan på fosforförluster, i den mån kunskap finns tillgänglig. I rapporten presenteras de viktigaste kriterierna för effektiva fånggrödor, och detta följs av en genomgång av olika tänkbara arter av insådda och eftersådda fånggrödor som kan uppfylla dessa kriterier. En del är väl beprövade i försök och praktisk odling. För andra saknas större erfarenhet, men de bedöms ha en potential. I rapporten läggs särskilt vikt vid några frågeställningar som lyfts

fram i en enkätundersökning bland lantbrukare som använt fånggrödor med stöd från landsbygdsprogrammet. Det är frågor som gäller det praktiska genomförandet av fånggrödeodlingen såsom etableringsteknik för eftersådda fånggrödor, effekten av tidpunkt för kemisk och mekanisk brytning m m. Många lantbrukare upplever att fånggrödan kan bli ett ogräsproblem i växtföljden, särskilt rajgräs, och detta uppmärksammas särskilt. Likaså beaktas hur olika fånggrödor kan innebära risk för uppförökning av växtskadegörare och sjukdomar i växtföljden. I uppdraget ingår inte att utvärdera sjukdomssanerande effekter av fånggrödor, vilket därför endast tas upp översiktligt.

Tabell 1. Översikt av fånggrödor och deras funktioner

Art	POSITIV VÄXTFÖLJDSEFFEKT (GRÖN = TYDLIGT POSITIV)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Latinskt namn	RISKEN GRÖN = MYCKET LITEN RISK											
	FUNKTIONEN (GRÖN = MYCKET GOD FUNKTION)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Etablering	Liten konkurrens med huvudgrödan	Tillväxt på hösten	Rotutveckling	Frosttålighet	Frosättning/frobänk	Överlevande planter blir ogräs	Uppfödning av patogener och skadegörelse	Markstruktur	Förrukseffekt	Ogräskonkurrens	Sjukdoms-sansering
INSÄDDA												
Engelskt rajgräs												
Italienskt rajgräs												
Rajsvingel												
Ångssvingel												
Rörsvingel												
Rödsvingel												
Hundäxing												
Timotej												
Rödklöver												
Vitklöver												
Cikoria												
Fältkrassing												
EFTERSÄDDA												
Westernw. rajgräs												
Oljerättika												
Rättika												
Vitsenap												
Hösträp												
Höstråg												
Rägvete												
Höstvete												
Höstkorn												
Honungsört												
Luddvicker												

■ Mycket god funktion/Mycket liten risk/Tydligt positiv växtföljdseffekt
 ■ God funktion/Liten risk/Vis positiv växtföljdseffekt
 ■ Viss funktion/Vis risk/Ingen växtföljdseffekt
■ Dålig funktion/Stor risk/Negativ växtföljdseffekt
 Okänd/Svårbedömd inverkan

2 Fånggrödans funktioner

2.1 Kriterier för fånggröda mot kväveläckage

Många arter kan tänkas fungera som fånggröda, antingen som insådd i huvudgrödan eller för sådd efter skörd. Här nedan presenteras viktiga kriterier för fånggrödor, bland annat baserade på tidigare arbeten av Karlsson-Strese m fl (1996). Kriterierna 1–5 är särskilt viktiga eftersom de definierar fånggrödans funktion för läckaget av kväve. Kriterierna 6–8 beaktar risker för negativa effekter i växtföljden, vilka starkt påverkar den praktiska tillämpbarheten inom jordbruket. Kriterierna 9–12 tar upp olika positiva effekter av fånggrödan vilket kan ha betydelse för att skapa ett intresse hos användaren. En schematisk genomgång av hur olika tänkbara fånggrödor uppfyller dessa kriterier redovisas i tabell 1. De diskuteras också vid genomgången av de olika arterna i kapitel 3.

2.1.1 Lätt att etablera

Etableringen är en förutsättning för att få en fungerande fånggröda och det krävs förmåga hos arten att klara groningen och uppkomst under förhållanden som inte alltid är optimala. Det gäller oavsett om den sås på våren eller hösten, som insådd eller eftersådd. Vid insådd i växande gröda på våren eller vid sådd strax efter skörd är särskilt torka i samband med groningen något som ofta ställer till problem. Arter med små frön är vanligen mer torkkänsliga och ställer högre krav på såbädden än de med större frön (Møller Hansen m fl, 2000). Småfröiga arter är vidare ofta beroende av ljus för groningen och måste sås grunt. För eftersådda fånggrödor är en art som kan etableras efter skörd genom direktsådd i stubben eller efter enbart ytlig stubbearbetning annars något som är högst önskvärt både av praktiska skäl och för effekten på kväveläckaget.

2.1.2 Svag konkurrens med huvudgrödan (gäller insådda fånggrödor)

Konkurrens i växternas värld gäller främst resurserna ljus, näring och vatten. Den ideala insådda fånggrödan är lagom bra på att ta för sig av dessa resurser. Den ska klara att leva i skuggan av huvudgrödan, utvecklas långsamt, men ändå etablera ett rotsystem som kan börja ta för sig av näring och vatten då konkurrensen av huvudgrödan undanröjs i samband med skörd. Fånggrödan ska också helst också vara tolerant mot de kemiska preparat som används i huvudgrödan för att undanröja ogräs som inte är välkomna som fånggrödevegetation. Risken med alltför konkurrenskraftiga insådda fånggrödor är att de hämmar tillväxten av huvudgrödan och ger skördereduktioner. Det är inte bara fånggrödans egenskaper som har betydelse utan också odlingsmetodiken. Utsädesmängd och såtidpunkt är viktiga odlingsfaktorer med vilka man kan påverka fånggrödans konkurrenskraft.

2.1.3 Kraftig tillväxt på hösten

Förmåga till kraftig tillväxt under hösten är en viktig förmåga. Särskilt under förhållanden med stor ansamling av kväve i marken ställs stora krav på att fånggrödan kan svara på den ökade kvävetillgången genom ökad tillväxt.

Olika krav på insådda och eftersådda fånggrödor

Olika krav ställs på insådda och eftersådda fånggrödor. Hos de insådda fånggrö-

dorna ska en kraftig tillväxt följa efter det att konkurrensen av huvudgrödan upphört i samband med mognad och skörd. Hos eftersådda fånggrödor ska plantan från första stund ha en snabb tillväxt.

Olika beteenden hos ettåriga och fleråriga arter

Överlevnadsstrategierna skiljer sig åt mellan ettåriga och två- eller fleråriga arter. En framgångsrik sommarannuell art växer snabbt för att blomma och sätta frö innan hösten, varefter den dör. Eftersådda ettåriga fånggrödor dör oftast i samband med frost eftersom de befinner sig i kraftig tillväxt när vintern börjar. En perenn, tvåårig eller vinterannuell art måste däremot förbereda sig inför vintern för att överleva. Hos arter som är anpassade efter ett nordligt klimat sker generellt en invintring och avtagande av tillväxten tidigare under hösten än hos arter som ej är lika anpassade efter stränga vinterförhållanden. Som fånggröda är arter som har en sen invintring att föredra, dvs de som fortsätter att växa kraftigt även då dagslängd och temperatur avtar.

2.1.4 Kraftig rotutveckling

Kraftig tillväxt ovan jord hänger naturligt samman med en bra rottillväxt. Olika arter har däremot olika typer av rotsystem, både vad gäller rötternas utformning och hur djupt de går i marken. Gräs har många finrötter utan tydlig huvudrot, medan t ex korsblomstriga växter (brassica-arter), cikoria och rödklöver har en mer eller mindre kraftig pålrot med utväxt av finare rötter. Rotsystemets utformning kan påverka kväveläckaget på olika sätt i olika situationer. Hos de insådda gräsfånggrödorna utvecklas exempelvis ett fint och tätt rotsystem i den övre delen av marken redan under växtsäsongen. Detta breder sedan ut sig under hösten när fånggrödan växer, men växer inte så snabbt på djupet. Det kväve som mineraliserats i matjorden fångas vanligtvis upp innan det når djupare ned i marken och rotsystemet är därmed funktionellt. Däremot upptas inte så stor del av det kväve som hamnat i djupare jordlager. I situationer när kväve hinner transporteras nedåt i marken innan fånggrödan hunnit ta upp det kan en fånggröda med snabb tillväxt på djupet vara att föredra (Dabney m fl, 2001). Det kan t ex gälla vid odling av eftersådda fånggrödor i grönsaksproduktion med bevattning där det ofta uppstår kvävetransport nedåt i marken. Arter som har särskilt god förmåga att växa snabbt på djupet finns enligt Thorup-Kristensen (2001) främst bland de tvåhjärtbladiga växterna av icke-baljväxttyp, t ex arter i familjen Brassicaceae.

2.1.5 Frosttålig

En fånggröda ska växa så länge som möjligt på hösten för att göra sitt jobb på bästa sätt. När den fryser ned och dör avslutas upptaget och näring frigörs snabbt från det döda växtmaterialet. I södra Sverige kan de första frostnätterna ibland komma tidigt, men följs ofta av relativt varma perioder när växter som klarat frosten kan fortsätta växa. En fånggröda som klarar dessa tidiga froster har chans att få en längre upptagsperiod, eller åtminstone längre period med levande växtmaterial, än fånggrödor som är mindre tåliga. Vilka krav som ställs på fånggrödans frosttålighet hänger förstås ihop med var den odlas. I de inre delarna av Götaland uppträder den första nattfrost under senare delen av september (<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/1.4074>). Längs kustområdena och runt de stora sjöarna kan den fördröjas till mitten av oktober, medan allra sydligaste delen av landet oftast är frostfritt till långt fram i november.

2.1.6 Ingen frösättning och liten risk för överlevnad av frö och plantor

En art fungerar bäst som fånggröda i sin vegetativa fas. Det är då själva tillväxten av rötter och skott är som störst, och det är också då som kväveupptaget är som störst. När växten börjar blomma och sätta frö avstannar rot- och skotttillväxten och mer av tillväxten sker genom omfördelning i växten. Den generativa fasen är också något som man absolut vill undvika på grund av risken att fånggrödan ska bli ett ogräs i växtföljden genom spridning av frön. En fånggröda kan också överleva genom att tuvor eller stam- och rotutlöpare överlever kemisk avdödning eller nedbrukning och finns kvar efter sådd av nästa gröda. Exempelvis kan de vallgräs som inte sätter frö under fånggrödehösten ändå ge upphov till fröspridning, genom att de överlever till nästa år och sätter frö då. På det viset kan fånggrödor som dör naturligt efter frost på hösten eller vintern vara mycket praktiskt. Ett alternativ är att avdöda fånggrödan kemiskt före nedbrukning, men det leder till att fånggrödans period för tillväxt och upptag förkortas.

Ett par botaniska egenskaper som är viktiga för risken att en art blir ett ogräs genom fröspridning är om den kräver en köldperiod för att inducera blomning (vernalisering) och om dagslängden påverkar utvecklingstakten. Hos så kallade långdagsväxter påskyndar långa dagar utvecklingen av växten, och om sådana arter sås under vår och sommar kan de snabbt börja blomma och sätta frö. Arter med stort vernaliseringsbehov kan sås under sommar/höst utan att man riskerar att de börjar blomma före vintern. Vernaliseringsbehovet kan vara olika starkt och kan variera mellan arter sorter. Även hos gräsarter som kräver vernalisering kan ibland blommande strån dyka upp om de såtts tidigt på säsongen och vernaliseringsbehovet blivit tillfredsställt.

En tredje botanisk egenskap som är viktig i ogräshänseende är förmågan till groningsvila hos fröna. Att inte alla frön gror på en gång är en effektiv överlevnadsstrategi för en art. Att ha en fröbank i marken som successivt kan leverera groningsdugliga frön ger hela tiden arten nya möjligheter att ge funktionsdugliga plantor under lång tid framöver. De flesta arter har en viss primär groningsvila som hindrar dem att gro direkt efter det att de lämnat moderplantan. Ett undantag är stråsädesslagen som gror mer eller mindre omedelbart, vilket ibland kan ställa till problem med t ex groning i axen. Frånvaro av groningsvila är viktigt bland kulturväxterna eftersom man vill ha just en jämn groning vid sådd. Olika arters groning induceras vid olika tidpunkter. Så kallade vinterannuella gror exempelvis huvudsakligen på hösten, medan sommarannuella huvudsakligen gror på våren. Om ett frö övergår i en sekundär vila, och hur lång den blir, beror delvis på olika faktorer i omgivningen, men också på artens egenskaper. Det kan också variera mycket inom arten. Hos många arter övergår fröna i en sekundär vila när de plöjs ned i marken. Vissa av de riktigt besvärliga ogräsen världen över är sådana som kan bilda en fröbank i marken som varar i decennier, exempelvis svinmålla och åkersenap.

2.1.7 Liten risk för uppförökning av skadegörare och växtsjukdomar

Den samlade bilden av fånggrödans inverkan på risken för uppförökning av växtskadegörare är komplicerad, genom att fånggrödan kan inverka både positivt (se avsnitt 2.1.8) och negativt. Ett avbrott genom jordbearbetning mellan två grödor är emellertid generellt bra för att minska risken för överföring av sjukdomar eller skadegörare mellan grödorna. Vid en plöjning brukas växtrester effektivt ned i

jorden vilket har en sanerande effekt på många skadegörare. Vid användning av fånggrödor (eller när marken inte bearbetas med vändande redskap) skapas istället möjliga bryggor för växtsjukdomar och insekter mellan grödorna som kan innebära en risk. Risker för olika växtsjukdomar som orsakas av svamp, bakterier och virus ökar om fånggrödan är släkt med huvudgrödorna i växtföljden. Särskilt för fånggrödor av familjen *Brassicaceae* (korsblommiga) finns anledning att vara försiktig i växtföljder som innehåller oljeväxter (Diederichssen m fl, 2009; Wallenhammar m fl, 2011). Även gräsfånggrödorna kan medverka till uppförökning av skadegörare (se avsnitt 3.1.2).

2.1.8 Positiva växtföljdseffekter

En fånggröda som inte bara fångar kväve undan utlakning, utan som också bidrar till andra positiva effekter för odlingen ger ett mervärde som kan påverka intresset av att odla fånggröda. Thorup-Kristensen m fl (2003) definierade andra effekter än de som gäller kväveläckage och kväveefterverkan som inverkan på (i) tillgänglighet av andra näringsämnen än kväve, (ii) markbiologisk aktivitet, (iii) marken som substrat för växten, (iv) markvattenförhållanden och (v) förekomst av sjukdomar, skadegörare och ogräs.

Markstruktur, förfruktseffekt och påverkan på markens mikrobiella aktivitet

Med fånggrödan tillförs organiskt material till marken som gynnar både den mikrobiella aktiviteten och markdjur som kan ha betydelse för markens struktur m m. Det är inte bara efter nedbrukning utan också under tillväxten i samband med bladfällning, rötters omsättning och utsöndring samt genom mykorrhizafunktioner. Ökad nedbrytning av pesticiden 2, 4-D observerades exempelvis i samband med odling av rågfånggröda (Bottomley m fl, 1999). Fånggrödornas mullhaltshöjande effekt är varaktig, men kan vara svår att identifiera och värdera på kortare sikt eftersom den går långsamt. Mullhalten har betydelse för bland annat markens struktur, vattenhållande förmåga och kväveleverans till grödorna. Fånggrödorna inverkar rent fysiskt på markstrukturen, både i själva markytan och genom att rötterna påverkar markens porositet. Arter med pårotsystem, t ex *Brassica*-arter (familjen *Brassicaceae*), rödklöver och cikoria är exempel på fånggrödor med positiv effekt på markstrukturen. Växter med kraftiga rötter kan ha en viktig funktion för att luckra kompakterade jordar (Löfkvist, 2005). Direkta förfruktseffekter är något som kan vara en viktig funktion hos fånggrödan. Särskilt artblandningar med baljväxter ger väsentliga bidrag till kväveförsörjningen av den efterföljande grödan (Vyn m fl, 2000; Bergkvist m fl, 2011) genom den kombinerade effekten av fånggröde- och grüngödslingsfunktion.

Fånggrödan som konkurrent med ogräs

Att hålla marken bevuxen med en fånggröda innebär konkurrens med ogräsen. En fånggröda som bildar ett jämnt och tätt bestånd trycker ned ogräsen genom ökad konkurrens om vatten, ljus och näring, både genom att hindra groningen och hämma tillväxt. Flera studier har visat att det troligen är konkurrensen om näring som är den viktigaste faktorn (Bergkvist m fl, 2011; Sjursen m fl, 2011). I studien av Sjursen m fl (2011) gav en klöverfånggröda ingen effekt på ogräs, medan gräs och gräs-/klöverblandning hämmade ogräsen tillväxt. Gödslingseffekten av klöver sågs som en förklaring till utebliven konkurrens. Fånggrödematerial som får ligga

kvar på markytan kan också hämma ogräsen rent fysiskt eller genom allelopatisk påverkan enligt Teasdale & Daughtry (1993) och Creamer m fl (1996). Persson (2010) presenterade resultat från växthusförsök där nedbrukad grönmassa av vit-senap signifikant minskat antalet groddplantor av lomme och baldersbrå. Oljerät-tika orsakade däremot en ökad rottillväxt hos baldersbrå, vilket visar på komplexiteten i de studerade systemen.

I svenska studier har levande insådda gräsfånggrödor och eftersådda brassica-fånggrödor visat tydliga effekter genom minskad förekomst av t ex kvickrot. Höstinsådda fånggrödor i höstvetete gav i flera försök mycket god effekt mot frö-ogräs (90 %) och även mot kvickrot (40 %) enligt Bergkvist (2002) och Bergkvist m fl, (2010). Bergkvist (opublicerat) har i senare försök haft svårt att upprepa den goda effekten på fröogräs som observerades i Bergkvist (2002), förmodligen bero-ende på att den herbicid som användes i de äldre försöken (Basagran) gynnade gräset i förhållande till ogräsen, medan de herbicider som användes i låg dos i de nyare försöken (Cougar och Monitor) inte har gjort det. Vårsinsådda fånggrödor visade inte samma hämmande effekt på kvickrot enligt Hjellström (2001), som hade ett väldigt tätt bestånd av kvickrot i sitt försök. Stenberg m fl (1999) visade emellertid mycket god effekt jämfört med mark utan fånggröda och sen höstplöj-ning. Även brassica-fånggrödor har en nedtryckande effekt på ogräs (Adholm, 2005), förutsatt att ett jämnt bestånd bildas.

Odling av fånggröda kan kombineras med upprepad putsning för att öka konkur-ensen mot ogräsen. Kombinationen av fånggröda och putsning för bekämpning av kvickrot har visat lovande resultat (Courtney, 1980; Fogelfors, 2008) och under-söks i ett pågående doktorandprojekt vid SLU, där olika konkurrensstrategier för bekämpning av kvickrot studeras.

Sjukdomssanerande inverkan

Odling av fånggrödor kan inverka både positivt och negativt på förekomsten av växtskadegörare. Generellt kan det finnas risker genom att en ökad mängd växt-rester i markytan kan agera som värd för jordburna svamp- och bakteriesjuk-domar, men det finns också positiva effekter som kan ha betydelse. Fånggrödornas samlade effekt på skadegörare är därmed komplex och styrs av många faktorer, både biologiska och kemiska.

Generellt framhålls ofta fånggrödors positiva inverkan genom att skapa goda odlingsförutsättningar i marken, vilket är viktigt för att undertrycka många jord-burna patogener (Abawi & Widmer, 2000). Sådana förutsättningar gäller exem-pelvis en god markstruktur, vattenhållande förmåga hos marken och ett gynnat mikroliv i marken, som i sin tur kan innebära snabbare nedbrytning av växtrester och skadliga mikroorganismer. Fånggrödan kan också fungera som ett fysiskt skydd för olika skadegörares predatorer eller konkurrenter. Samtidigt kan fång-grödorna också minska risken för infektioner genom produktion av ämnen som hämmar skadegörare av olika slag i samband med att växterna brukas ned. Häm-ning av skadegörare kan också ske genom konkurrens och parasitism (Raaijma-kers m fl, 2009). Inom ett EU-projekt som startar 2012 kommer olika fånggrödors inverkan på svamppatogener (*Fusarium*) överlevnad och uppförökning i växt-följden att studeras för att identifiera risker och möjligheter kopplade till odlings-system med fånggrödor och reducerad jordbearbetning (Bergkvist, muntl.).

Olika växters utsöndring av allelopatiska ämnen och dess effekter på olika organismer är ett komplicerat ämnesområde (Rice, 1984) där mycket kunskap saknas, men där ett stort intresse finns. Bland växter som har en dokumenterad allelopatisisk verkan finns rajgräs, råg och arter i familjen *Brassicaceae*. Rajgräs har i amerikanska studier visat hämmande inverkan på viktiga skadegörare på brytböner, både vad gäller svampinfektioner (*Fusarium* m fl) och nematoder (*Pratylenchus* spp) som orsakar skador på rötterna (Abawi & Widmer, 2000). I svenska studier, där den sanerande effekten av fånggrödor undersöktes på markburen smitta av *Rhizoctonia solani* i färskpotatis, erhöles en statistiskt signifikant ökning av angreppet i försöksled med Westerwoldiskt rajgräs. Angreppet minskade däremot efter oljerättika, vitsenap och havre (Bång och Wallenhammar, 2007).

Går det att kombinera fånggrödefunktion med biofumigation?

Den positiva effekten av sanerande mellangrödor/gröngödslingsgrödor för att hämma angrepp av jordburna svampsjukdomar har visats för ett flertal sjukdomar i olika grödor t ex rotdödare (vete), ärtrottröta (ärt) och vissnesjuka (potatis). Det är framförallt Brassica-växter, bl a vitsenap (*Sinapis alba*) och sareptasenap (*Brassica juncea*), som visat goda sanerande effekter på jordbundna svampsjukdomar (Kirkegaard och Sarwar, 1999), men också nematoder och nematodburna virus. De innehåller glukosinolater (GSL) som vid nedbrytning med hjälp av enzymet myrosinas bildar biocida föreningar, isothioscyanater, vilka kan vara toxiska för markorganismer (Gardiner et al. 1999). Efter nedbrukning av grödan och efterföljande nedbrytning av växtdelarna frigörs dessa ämnen. Mekanismerna bakom fenomenet, som kallas biofumigation (biologisk hämning), men exakt vilka svamppatogener som påverkas är inte helt klarlagt (Matthisen & Kirkegaard, 2006).

Brassica-växter används allmänt som sjukdomssanerare, och det finns ett stort intresse hos lantbrukare världen över. I Australien har sorter av *B. juncea* med hög halt GSL i rötterna förädlats fram, och dessa har i försök i Sverige haft god effekt på rotdödare i vårvete (Wallenhammar och Pettersson, 2003) och på *Aphanomyces cochlioides* i sockerbeter (Persson, L., muntl.). Frågan är om det går att kombinera funktionen som eftersådd fånggröda med sjukdomssanering genom biofumigation. Flera studier tyder på att det inte är självklart genom att metoden kräver en relativt lång växtsäsong för brassica-grödan. I en svensk studie fick man ingen effekt av oljerättika och vitsenap på jordburna svampsjukdomar orsakade av *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium culmorum* och *Rhizoctonia solani* eller på TRV-virus, och man poängterar att metoden är mycket kortvarig och kräver speciella förhållanden för att fungera (Soldevilla Martinez, 2009; Persson, 2010). Det framgår också av amerikanska hemsidor med råd kring användning av biofumigation. I den svenska studien av Soldevilla Martinez fick man däremot en hämning av *Sclerotinia sclerotiorum* som orsakar bomullsmögel hos tvåhjärtbladigväxter efter nedbrukning av westerwoldiskt rajgräs.

Oljerättika och vitsenap av vissa resistent sorter har en viss sanerande effekt på betcystnematoder genom att de lockar nematoden till kläckning (Olsson, 2009), varefter den dör. Även här poängterar man att en lång växtsäsong är viktig, vilket också väcker frågan om det är möjligt att tillskriva eftersådda brassica-fånggrödor denna effekt.

2.2 Fånggrödans effekt på kvävdynamiken i marken

2.2.1 Mullupbyggnad på lång sikt

Att hindra kväve från att utlakas och istället binda in det i växtmaterial är positivt för markens mullhalt. För en jord med sjunkande mullhalt kan upprepad fånggrödeodling betyda att trenden bryts och att mullhalten långsamt ökar genom en ökad inlagring av både kol och kväve. Detta är mycket långsamma förändringar (decennieperspektiv), men de är också beständiga. Bland de positiva effekter man kan se av en ökad mullhalt är en ökad kvävelevererande förmåga hos marken, där tidigare fångat kväve blir tillgängligt igen. För ett försök i Halland uppskattades att 10 år med insådd gräsfånggröda varje år troligen ökade markens kvävelevererande förmåga med ca 3–5 % (Aronsson & Torstensson, 2009), vilket var väl i linje med betydligt tidigare amerikanska erfarenheter av gräsfånggrödor (Morgan m fl, 1942). Enligt en sammanställning av Six m fl (2006) innebär odlingsystem med ekologisk odling, reducerad jordbearbetning och fånggrödor också att det organiska materialets sammansättning ändras något. Mängden mikrobiell biomassa ökar och förskjuts till att bli mer svampdominerad vilket gynnar uppbyggnad av markens organiska material. Förutom alla de positiva effekter man tillskriver en ökad mullhalt innebär det också en viss ökning av utlakningen. Den ökade utlakning man ibland observerar året efter det att en fånggröda bryts kan dock nästan helt knytas till den kortvariga effekt som består endast under det första året efter nedbrukning, medan den mer långsiktiga märks först efter decenniernas odling av fånggrödor.

2.2.2 Brytning av fånggröda

Sett i det korta perspektivet (höst-vinter) ska fånggrödan i så stor utsträckning som möjligt tömma marken på kväve under hösten. En fånggröda med svag tillväxt behöver då inte nödvändigtvis fungera dåligt. Den dåliga tillväxten kan bero på att tillgången på kväve i marken är liten, och att fånggrödan ändå gör sitt jobb. Under förhållanden när mycket kväve mineraliseras under hösten behövs däremot en fånggröda med stor tillväxtkapacitet för att den ska fungera bra. Tidig sådd av fånggrödan och sen brytning inför nästkommande gröda är en generell regel för att få säker minskning av kväveläcket. Sett i ett perspektiv som även omfattar den efterföljande växtsäsongen så ska kvävetillgången sedan snabbt öka igen och vara tillgängligt för den efterföljande grödan för att inte öka risken för utlakning längre fram i växtföljden. Här har fånggrödans egenskaper, men också odlingsåtgärderna stor betydelse, figur 1.

För att få den bästa hushållningen med kväve i samband med odling av fånggrödor behöver man ta hänsyn till balansen mellan i) Hur intensiv utlakningsprocessen är, ii) Hur effektivt fånggrödan tar upp kväve, och iii) Årtermineraliseringen av fånggrödekvävet (Thorup-Kristensen, 1993). Detta sammantaget bestämmer om fånggrödans förfruktseffekt blir positiv eller rentav negativ.



Figur 1. Både fånggrödans egenskaper, odlingsåtgärderna, jordegenskaper och klimatet påverkar balansen mellan fånggrödans upptag, återmineralisering och kväveeffterverkan samt risk för utlakning.

Hur läckagebenägen jorden är hänger samman med jordarten och klimatförhållandena. För nederbördsrika förhållanden i södra Sverige kan man på lätta jordar (upp till lerhalt motsvarande lättlera, 25 %) räkna med att en stor andel av kvävet som finns i marken under hösten kommer att lakas ut. Särskilt på de riktigt lätta jordarna är en riktig ”damsugarfånggröda” därför att föredra. Det kväve som inte fångas upp riskerar nämligen ändå att förloras. För lerjordar i mindre nederbördsrika områden kan man räkna med att en del kväve ändå skulle finnas kvar i marken på våren. På sådana jordar kan det rentav vara onödigt med ett väldigt stort kväveupptag under hösten. Studier på lerjordar (mellanlera–mycket styv lera) runtom i Sverige har visat att under relativt torra förhållanden är inte kvävemineralseringen under hösten något stort problem för kväveförlusterna genom att en stor andel av kvävet blir kvar i markprofilen under vintern (Aronsson & Stenberg, 2010; Stenberg m fl, 2005; Myrbeck m fl, 2003; Wetterlind m fl, 2006). Under blöta förhållanden på dessa jordar återfinns däremot mindre kvävemängder kvar på våren, men här verkar gasformiga förluster att ibland vara mer betydande än läckageförlusterna. Att odla fånggröda är därför inte lika viktigt på styva lerjordar som på lättare jordar.

Tidpunkt för nedbrukning av levande fånggröda

Tidpunkten för nedbrukning är ett sätt att balansera upptag och återmineralisering av kvävet i fånggrödan. När en levande fånggröda brukas ned avbryts växtnäringsupptaget och nedbrytningen av växtmaterialet påbörjas. Därmed börjar kväve ansamlas i marken, dels kväve som frigörs från jordens organiska material och som annars skulle tagits upp av grödan, dels kväve som frigörs från de döda växtdelarna. Beroende på växtmaterialets kvalitet kommer dynamiken hos kvävemineralseringen att variera. En användbar indikator för att förutsäga mineraliseringsförloppet är växtmaterialets kol-kväve (C:N)-kvot. För växtmaterial med en C:N-kvot som är högre än 20 (kvävehalt under 2–2,5 %) sker i en inledande fas immobilisering av kväve (Stevenson, 1986), som sedan övergår i mineralisering allteftersom kolet förbränns av mikroorganismerna i marken. För sådana fånggrödor finns risken att kvävetillgången för den efterföljande grödan blir liten och förskjuten för långt fram i tiden relativt grödans kvävebehov. På motsvarande sätt kan nedbrukningen av en fånggröda med låg C:N-kvot resultera i en så omedelbar frigörelse att läckagerisken ökar om det sker vid fel tidpunkt. Tidpunkten för nedbrukning är alltså ett viktigt redskap för att styra mineraliseringen. Studier har visat att mineralisering av kväve kan fortgå i marken med relativt hög hastighet även vid temperaturer ned till +1 °C (van Schöll m fl, 1997).

Att definiera lämplig tidpunkt för nedbrukning handlar inte bara om det ska göras på hösten eller våren utan också när på hösten eller våren det helst ska ske. Thorup-

Kristensen & Dresbøll (2010) undersökte effekten av olika nedbrukningstidpunkter på hösten och våren av en rågfånggröda på rågens tillväxt, mineralkvävedynamik i marken och efterverkansseffekt. De definierade olika faktorer av betydelse för kvävedynamiken och värderade dem utifrån resultatet (tabell 2). De kunde konstatera att mineraliseringen av rågfånggrödans material (4 % kvävehalt) i förhållande till den efterföljande grödans behov inte påverkades i stor utsträckning av nedbrukningstidpunkten utan skedde tillräckligt snabbt i alla fall. Detta var alltså en fånggröda med hög kvävehalt, där mineraliseringsförloppet var snabbt. Fånggrödans kväveupptag under senhösten verkade inte heller vara så stort att det gav anledning att senarelägga nedbrukning på hösten (efter 20 okt). Däremot poängterar författarna att för eftersådda fånggrödor med liten tillväxtkapacitet eller som sås sent kan det sena upptaget ha stor betydelse. Faktorerna som hade mest betydelse angående senareläggning på hösten gällde de (4 och 5) som har med jordens innehåll av mineralkväve på hösten och läckagebenägenhet att göra. Under våta förhållanden med stor risk för läckage gav senareläggning av nedbrukningen således klart minskad läckagerisk och problemet med att fånggrödan tömt marken väl på kväve utgjorde inget problem för den efterföljande grödan eftersom kvävet ändå skulle förlorats. För torrare förhållanden medförde senareläggning av nedbrukning sämre efterverkansseffekt i jämförelse med led utan fånggröda. Vid senareläggning av vårnedbrukning hade fånggrödans uttömning av marken stor betydelse, och resulterade i negativ efterverkan. Vid denna tid på året var inte heller läckaget av nämnvärd betydelse. Författarna rekommenderade inte senarelagd nedbrukning på våren under några förhållanden. Överlag gav tidig vårnedbrukning något fördröjd kvävetillgång för den efterföljande grödan i jämförelse med höstnedbrukning. Om ett val ska göras mellan höstnedbrukning och tidig vårnedbrukning är författarnas slutsats att vårnedbrukning ger en kvävedynamik som är god för gröda och samtidigt ger en större minskning av läckaget än vid höstnedbrukning.

Även enligt erfarenhet i de svenska försöken är det viktigt att vårnedbrukning av fånggröda görs så tidigt som möjligt för att få igång mineraliseringen inför växtsäsongen, vilket också framgår av andra studier, exempelvis Wagger (1989). Annars har svenska studier visat att vid användning av insådda gräs- eller gräs-/klöverfånggrödor (högre C:N-kvoter än i den danska studien ovan) som effektivt tömmer marken på kväve och som får växa fram till nedbrukning, är en sen höstnedbrukning funktionellt både på lerjordar och på lätta och läckagebenägna jordar. Vårnedbrukning kan ge mindre läckage under vissa år (Aronsson & Torstensson, 2009), men nedbrukning sen höst (nov-dec) ger samtidigt en säkrare positiv efterverkansseffekt enligt många studier (Torstensson, 1998; Wallgren & Lindén, 1994). För eftersådda fånggrödor är ofta tiden tillgänglig för tillväxt mer begränsad under svenska förhållanden än under danska och därför har troligen tiden tillgänglig för upptag (faktor 1 i tabell 2) större betydelse.

För mellanleror och styva leror pekar mycket alltså på att nedbrukningstidpunkten för levande fånggröda inte är kritisk eftersom man inte har lika effektiv urtvättning av marken som på lätta jordar. Snarare gäller det att anpassa tidpunkten efter vad som fungerar den aktuella för jorden. Försämrad markstruktur kan vara ett problem vid jordbearbetning sent på hösten på lerjordar (Myrbeck m fl, 2003), även så tidigt som i slutet av oktober enligt erfarenheter från styva leror (Stenberg, muntl.). På lättare jordar bör däremot vårnedbrukning övervägas i vissa fall. Summarisk översikt av lämpliga nedbrukningstidpunkter för fånggrödor framgår av tabell 3.

Tabell 2. Värdering av olika faktorer betydelse för fånggrödans totala effekt på kväveläckage och kväveeffterverkan vid senareläggning av nedbrukning på hösten respektive våren. Studie med rågfånggröda (4 % kväve) i Danmark under 3 år (Thorup-Kristensen & Dressbøll, 2010)

Faktor av betydelse	Senareläggning av nedbrukningstidpunkt	
	Från 20/10 till 30/11	Från 10/3 till 30/3 eller 30/4
1 Fånggrödans N-upptag	Liten betydelse (kan ha stor betydelse vid sen sådd)	Måttlig betydelse
2 Ökad C:N-kvot	Liten betydelse	Mycket stor betydelse
3 Tid för mineralisering	Liten betydelse	Liten betydelse
4 Läckage av mineraliserat N	Stor betydelse	Liten betydelse
5 Fånggrödans grad av N-tömning i marken	Måttlig betydelse	Stor betydelse
Slutsats	Faktor 4 och 5 innebär att senare brytning på hösten rekommenderas vid stor läckagerisk; våta förhållanden på läckagebenägen jord	Faktor 1, 2 och 5 innebär att vårbrytning alltid bör göras tidigt. Tidig vårbrytning ger bättre total-effekt än höstbrytning

Fånggröda som dör naturligt eller bryts kemiskt

När en fånggröda dör av frost eller genom kemisk behandling upphör funktionen som fånggröda. Det har visat sig att en avdödning av växtmaterial på hösten ofta leder till snabb ansamling av utlakningsbart kväve i marken. Det beror delvis på att kväveupptaget avbryts medan mineraliseringen i marken fortgår, men också på att nedbrytning av växtmaterialet snabbt kan inledas (Snapp & Borden, 2005), samt att kväve lakas ut från växtmaterialet (Miller m fl, 1994).

Det vore logiskt att tänka sig att endast avdödning av fånggrödan leder till mindre ansamling av kväve i marken än om fånggrödans upptag avslutas genom mekanisk inblandning av växtresterna i marken, eftersom en jordbearbetning innebär omblandning av jord- och växtdelar. Dock tyder försöksresultat på att det är tidpunkten för avdödning som har den avgörande betydelsen för den efterföljande ansamlingen av kväve, oavsett om det sker på kemisk väg, naturligt eller genom nedbrukning.

På ett par försöksplatser (styv lera respektive mojord) bedrevs studier av jordbearbetning under sen höst och vår i kombination med kemisk behandling av rajgräs-fånggröda vid olika tidpunkter på hösten (slutet av september-november). Det visade sig att tiden som fånggrödan fick växa under hösten var viktig för att ge god effekt på utlakningen och en snabb ansamling av mineralkväve i marken observerades efter kemisk behandling i september och början av oktober (Aronsson m fl, 2011). På samma sätt visade studier på lättlera att glyfosatbehandling av ogräs och spillsäd efter skörd, följt av direktsådd av höstvetete resulterade i lika stor läckagerisk som konventionell jordbearbetning efter skörd (Myrbeck m fl, 2011). När en fånggröda dör av frost under hösten sprängs växtcellerna sönder vilket i minst lika hög grad som kemisk avdödning kan påverka frigörelsen av både kväve och fosfor. Det har bland annat visat sig efter frostsador på grön gödslingsvallar (Torstensson, 2003). Därför är frostkänslighet en viktig faktor att ta hänsyn till vid valet av fånggröda och bedömning av dess funktion.

Tabell 3. Lämplig tidpunkt för mekanisk brytning och kommentarer kring kemisk behandling av fånggrödan med avseende på läckagerisk och efterverkansseffekt

Jordtyp	Fånggröda	Tidpunkt för nedbrukning	Kemisk brytning
Lerhalt under 25 %	Insådda fånggrödor av t ex vallgräs med hög C:N	Stor nederbörd: Mycket sen höst (nov-dec) Liten nederbörd: Sen höst (okt-nov)	Kemisk brytning före nedbrukning försämrar fånggrödeeffekten, men ger ingen direkt risk för läckage av glyfosat
	Insådda fånggrödor med lägre C:N än vallgräs, t ex klöver/gräs	Stor nederbörd: Mycket sen höst eller tidigt på våren (nov-mars) Liten nederbörd: Sen eller mycket sen höst (okt-dec)	Se ovan
	Eftersådda fånggrödor som är vinterhårdiga, t ex höstråg (låg C:N)	Så tidigt som möjligt på våren (jan-mars).	Bör ej användas för att utnyttja fånggrödans korta tillväxtperiod på bästa sätt
	Fånggrödor som ej är vinterhårdiga	Efter det att fånggrödan dött, eller på våren	Bör ej användas eftersom fånggrödan dör naturligt
Lerhalt över 25 %	Insådda fånggrödor generellt	Höst (oktober) Viktigt att anpassa tidpunkten för att ej riskera försämrad markstruktur.	Kemisk behandling ger inte så stor störning av fånggrödans effekt eftersom tidpunkten för brytning är ej är så utslagsgivande som på lätta jordar. Däremot finns viss (liten) risk för läckage av glyfosat på strukturerade jordar
	Eftersådda fånggrödor som är vinterhårdiga, t ex höstråg	Höst, så sent som möjligt. Viktigt att anpassa tidpunkten för att ej riskera försämrad markstruktur.	För att utnyttja fånggrödans tillväxtperiod på bästa sätt bör det undvikas
	Fånggrödor som ej är vinterhårdiga	När fånggrödan dött, på hösten eller på våren Direktsådd på våren	Bör ej användas eftersom fånggrödan dör naturligt.

Hur klarar vi ekvationen med kemisk avdödning och god effekt på läckaget?

För läckagebenägna jordar i södra Sverige behöver en rajgräsfånggröda växa fram till åtminstone i mitten av oktober, eller gärna längre, för att ge en riktigt bra effekt på läckaget. Det är vid denna tid på året svårt att få en god effekt av en glyfosatbehandling, vilket tydligt framgår av de problem som identifieras genom Jordbruksverkets enkätundersökning (SJV, 2010). Tidigareläggning av avdödningen ger en i medeltal sämre effekt på läckaget, men en säkrare avdödning. I studien som nämndes ovan återfanns inget glyfosat i dräneringsvattnet på lätt jord, inte ens vid riktigt sen behandling. Jordar utan tydlig struktur verkar generellt inte löpa någon stor risk för glyfosatläckage genom att glyfosatet binds effektivt (Vereecken, 2005; Borggaard & Gimsing, 2008). För den styva leran i samma studie återfanns däremot glyfosat i låga koncentrationer i dräneringsvattnet efter behandling både i början av oktober och på våren.

För styva leror har man konstaterat att jordbearbetning under hösten ofta inte utgör någon större läckagerisk (Aronsson & Stenberg, 2010; Stenberg m fl, 2005; Myrbeck m fl, 2003; Wetterlind m fl, 2006). Att avdöda fånggrödan kemiskt före en jordbearbetning ökar visserligen inte kväveläckaget så mycket som på lättare jordar, men å andra sidan verkar det finnas en viss risk för glyfosatläckage från

jordar med utbildade porsystem (Vereecken, 2005; Borggaard & Gimsing, 2008). För styva leror, där läckaget inte är så intensivt, kan man fundera över hur viktigt det är att odla en fånggröda med kemisk brytning. För sådan jord kan troligen odling utan fånggröda, med en effektiv jordbearbetning under hösten vara ett bra sätt att hantera ogräsen utan att riskera nämnvärt ökat kväveläckage. För de kväveläckagebenägna jordarna däremot har fånggrödan en viktig funktion att fylla, och tidpunkten för avdödning blir fråga om en kompromiss mellan effekt av fånggröda och effektiv avdödning. I ett äldre fältförsök på försöksfältet vid Mellby i Halland, där rajgräsfånggrödor har odlats sedan 1980-talet, används inte kemisk behandling årligen. Rajgräset, som plöjs ned tidigt på våren, har inte blivit något ogräsproblem. Däremot uppförökas kvickroten, som behandlas med glyfosat ca vart femte år. Rajgräset ger enligt litteraturen inte upphov till någon långvarig fröbank i marken, och bör därför vara relativt hanterbar i växtföljden även om kemisk behandling inte görs varje år fånggröda odlas. Ett alternativ till att behandla fånggrödan regelmässigt med glyfosat skulle kunna vara att göra det vid färre tillfällen i växtföljden, och då se till att göra det i tid för att få en god effekt av preparatet.

2.3 Fånggrödans effekt på fosforförluster

Fånggrödor som odlas för minskat kväveläckage kan också påverka fosforförlusterna från marken. Fånggrödans fosforupptag från marken bör i princip kunna bidra till minskning av fosforläckaget, men detta har inte kunnat påvisas i svenska utlagningsförsök. I tyska studier har man sett att fånggrödor kan påverka tillgängligheten av fosfor i marken för den efterföljande grödan, både positivt och negativt (Eichler-Löbermann m fl, 2008). Man undersökte bland annat eftersådda fånggrödor av Westerwoldiskt rajgräs, bovete, oljerättika och honungsört och fann att särskilt honungsört inverkade gynnsamt på fosforförsörjningen av den efterföljande grödan.

När det gäller fånggrödor och fosfor är fånggrödans funktion att skydda mot partikelburna fosforförluster genom erosion oftast det som är mest intressant (Ulén m fl, 2010). Fånggrödans skydd mot erosion baseras på principerna att infiltrationen blir bättre till följd av att fånggrödan ger en bättre struktur och genom att fånggrödan skyddar markytan från regndropparnas påverkan. Särskilt på lerjordar med kraftiga makroporer, struktursvaga mjälajordar och lättleror kan fånggrödan minska riskerna för fosforförluster, både genom makroporer och genom yterrosion.

Odling av fånggröda kan dock i vissa fall innebära risk för ökad fosfortransport, vilket gör bilden komplicerad och effekterna svåra att förutse. Ibland observeras förhöjda halter av fosfatfosfor i dräneringsvattnet från fånggrödor som skadats av frosten. Ett flertal studier har visat att fosfat snabbt frigörs i söndersprängda celler, vilket kan bidra till både yt- och dräneringsförluster av fosfor (Bechmann m fl, 2005). I detta sammanhang uppmärksammas särskilt de frostkänsliga fånggrödorna, på jordar med risk för snabba flöden i makroporer. Fånggrödans inverkan på fosforläckaget är sannolikt ett resultat både av växtmaterialets benägenhet att avge fosfat och av rotsystemets inverkan på transportvägarna. Den strukturförbättrande effekt man hänvisar till när det gäller fånggrödor med kraftiga pålrotsystem kan förmodligen ha både positiva och negativa effekter på fosforläckaget. En god struktur är viktig för infiltration av vatten och för att hindra yterrosion. Samtidigt

finns det alltid en risk att fosfor (och kväve) transporteras i kanaler efter fånggrödans döda rötter. Därför är det tänkbart att en jordbearbetning efter det att fånggrödor dött kan öka chansen för bindning av fosfat till jordpartiklar och hindra snabb nedtransport.

Olika fånggrödors påverkan på läckagerisk från olika jordar efter frost, som just nu studeras inom doktorandprojekt på SLU, visar varierande resultat. Enligt en studie där frostskadat växtmaterial applicerades på markytan i jordkolonner med efterföljande bevattning förlorade cikoria, rajgräs och oljerättika mer än 70 % av sitt fosforinnehåll, medan honungsört förlorade endast ca 40 % (Riddle, 2011). I en studie med samma metodik, men där fånggrödorna växte i jorden före frost och bevattning var fosforkoncentrationerna betydligt lägre från jord bevuxen med cikoria (Liu m fl, 2010). Högst var de vid odling av rajgräs och någonstans däremellan för hundäxing, honungsört och oljerättika. Enligt Miller m fl (1994) var fosforförlusterna från frostskadat material sjunkande i ordningen oljerättika > rajgräs > rödklöver. Även kemisk avdödning av fånggrödor kan sannolikt leda till snabb frigörelse av fosfatfosfor. I den svenska studien som nämndes ovan (Aronsson m fl, 2011), med kemisk behandling av rajgräsfånggröda, visade kemisk avdödning dock ingen ökad risk för fosforförluster vare sig på sand- eller lerjord.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att fånggrödan kan ha en viktig funktion som skydd mot fosforerosion på struktursvaga jordar och på jordar med makroporstruktur. Forskning pågår för att identifiera eventuella risker kopplade till olika fånggrödearters benägenhet att ge upphov till fosforutlakning i samband med att växtmaterialet skadas, av t ex frost. Det gäller också att kvantifiera riskerna för att kunna avgöra om de har någon praktisk betydelse i relation till de positiva effekterna.

2.4 Fånggrödans klimatpåverkan

Genom att fånggrödeodling ökar mängden organiskt material i marken innebär det en liten men långsiktig inlagring av kol, som i sin tur bidrar till minskad klimatpåverkan. Samtidigt kan det finnas andra processer som verkar åt motsatt håll. Ökad tillförsel av organiskt material till marken gynnar mikrobiologiska processer. Till exempel kan denitrifikationen stimuleras, dvs den mikrobiella aktivitet som innebär omvandling av nitrat till gasformiga kväveföreningar såsom lustgas och kvävgas. Nedbrukning av fånggrödor under senhösten, kan gynna denitrifikationsaktiviteten genom tillförsel av organiskt material samtidigt som syrefria förhållanden lätt kan uppstå till följd av vattenmättnad. I en växtföljd med åkerböna i Västergötland uppmättes exempelvis ökade lustgasemissioner efter kemisk brytning av fånggröda i oktober (Kasimir Klemedtsson m fl, 2011). Efter nedbrukning är det sannolikt fånggrödor med hög kvävehalt och snabba mineraliseringsförlopp som ger mest risk för lustgasemissioner. Exempelvis uppmätte Larsson m fl (1998) kraftigt förhöjda lustgasemissioner från gräsmaterial och baljväxtbiomassa med C:N-kvot på 21 respektive 11, medan gräsmaterial med C:N-kvoten 36 ej ledde till förhöjda emissioner jämfört med kontrollerat. Nedplöjning av oljerättika resulterade i en studie av Petersen m fl (2011) i mer än dubbelt så stora lustgasemissioner som plöjning utan mellangröda. Denitrifikationsprocessen kräver tillgång till nitrat. Hos en växande fånggröda är nitrattillgången vanligtvis liten i

marken, vilket talar för minskade lustgasutsläpp under den period då fånggrödan växer. Enligt en studie på lerjord i Halland där lustgastransport med dräneringsvattnet studerats fann man enligt preliminära resultat (Högskolan Halmstad, opublicerat) ca 60 % lägre emissioner av lustgas från vallinsådd jämfört med bar mark efter vårkorn. Baggs m fl (2000) fann små skillnader i lustgasemissioner från mark med och utan fånggröda, men tydligt samband mellan mängd nitrat i marken och lustgasemissioner. Delgado m fl (2010b) framhåller att odlingssystem med fånggrödor ökar växtnäringsutnyttjandet och recirkuleringen av kväve, vilket lägger grunden för minskade lustgasutsläpp. Detta genom att lustgasemissionerna är mindre från nedbrytning av växtrester än när motsvarande mängd kväve sprids som mineralgödsel. Deras slutsatser stärker slutsatsen att odlingssystem med fånggrödor totalt sett har en positiv inverkan för att motverka klimatförändring genom minskade lustgasutsläpp och ökad kolinlagring.

2.5 Odlingssystemens betydelse

2.5.1 Såtidpunkt

Fånggrödans funktion hänger inte bara samman med artens egenskaper utan påverkas också i stor utsträckning av odlingssystemet. Konkurrenskraften hos fånggrödan kan exempelvis påverkas genom val av såtidpunkt och av utsädesmängd. Höstinsådd av fånggrödor (t ex i höstsäd) kan fungera bra för vissa arter, men fungerar inte bra för arter som riskerar att frysa bort under vintern, som kan bilda frön eller som är alltför konkurrenskraftiga. Även vid sådd på våren eller sommaren kan vissa arter riskera att övergå i blomning före hösten, vilket kräver anpassning av såtidpunkten. En sådan växt är vitsenap, som är en utpräglad långdagsväxt.

Under 1990-talet utfördes ett flertal svenska försöksserier med studier av insådda fånggrödor i vår- och höststråsådd. Det mynnade ut i rekommendationer för hur fånggrödor bör odlas (såtidpunkt, såmetod och utsädesmängd) för bra etablering och för att minimera risken för negativ inverkan på skörden av huvudgrödan (Bergkvist m fl, 2002; Kvist, 1992; Ohlander m fl, 1996). För insådda fånggrödor kan sådd ske före eller efter sådd av huvudgrödan. Den bör anpassas för att inte skada huvudgrödan, inte ge dåliga gröningsbetingelser för fånggrödan och för att gynna en bra balans i konkurrensen mellan fånggrödan och huvudgrödan. Studier har visat att insådd i vårsåd bör ske någon gång mellan sådd av huvudgrödan och dess uppkomst. Insådd vid 1–2-bladsstadiet gav i flera fall skador på vårsåden och ytterligare senare insådd gav alltför svaga fånggrödor (Ohlander m fl, 1996). För insådd i höstvetete fungerar höstinsådd någorlunda bra för relativt konkurrenssvaga gräs som rödsvingel och hundäxing, men en viss minskning av höstvetets avkastning kan uppstå. Rajgräsen är lämpligare att så in på våren. Om de sås på hösten riskerar man att de stråskjuter samtidigt med höstvetet (Bergkvist m fl, 2002). Vid insådd av fånggröda i växande gröda eller i samband med skörd av huvudgrödan är ofta torra förhållanden något som kan begränsa etableringen. Vårinsådd i höstvetete bör ske tidigt, när marken fortfarande är fuktig och mjuk (Bergkvist m fl (2002). Hjellström (2001) rekommenderar en ogräsharvning följt av radsådd för att underlätta insådden om den sker senare än optimalt. När det gäller eftersådda fånggrödor av släktet Brassica har flera studier genomförts där olika metoder jämförts (se avsnitt 3.3.2).

2.5.2 Putsning av fånggröda

Skörden av huvudgrödan innebär i sig ofta att fånggrödan slås av, men ytterligare putsningar kan påverka fånggrödans funktioner på olika sätt. Avslagning minskar risken att fånggrödeplantorna skjuter strå och blommor. Putsning av fånggrödan kan också vara en strategi för att minska mängden ogräs och för att påverka fånggrödematerialets kvalitet. En risk med att putsa fånggrödan är att när avslaget växtmaterial lämnas på markytan kan näring frigöras från växtdelarna. Särskilt när det gäller fosfor har man hittat avsevärda halter av löst fosfor i lakvattnet från avslaget växtmaterial som utsätts för regn (Aronsson m fl, 2009a; Malgeryd & Torstensson, 2005). På jordar med snabba transportvägar kan därför upprepad putsning av fånggrödan ge upphov till risk för ökat läckage av både kväve och fosfor, precis som efter sönderfrysning eller kemisk avdödning. Risken är dock mindre i en levande fånggröda eftersom återväxten innebär en recirkulering av näringsämnen till växtbiomassan. Fånggrödan hålls också kvar i bättre tillväxt och kommer därför att bibehålla en lägre C:N-kvot än om den fått växa orörd. Det kan vara positivt för dess efterverkansseffekt. I blandningar med baljväxter påverkas emellertid också kvävefixeringen, som totalt sett kan bli lägre när kväve recirkuleras via avslaget material (Malgeryd & Torstensson, 2005) men också större (Dahlin & Stenberg, 2010). Ett sätt att öka C:N-kvoten, om man vill ha en långsammare leverans av kväve, t ex från en klöverfånggröda kan vara att låta bli att slå av den och låta den övergå i blomnings- och mognadsstadium (Ranells & Wagger, 1992).

Fånggrödan kan också användas till bete, men det innebär en risk för nedsatt funktion genom att djuren bidrar till punktbelastning med gödsel och trampskador.

2.5.3 Gödsling och skörd av fånggröda

En fånggröda med god näringstillgång växer bättre och tar upp mer kväve än om det finns lite kväve i marken. Dess effekt på läckaget kan inte avläsas genom att mäta hur mycket den växer, utan beror snarare på hur väl den lyckas tömma marken på kväve. Det visade sig bland annat vid odling av oljerättika i Västergötland (Stenberg m fl, 2007) där tillväxten var måttlig men mängden kväve i markprofilen minskades till låga nivåer med hjälp av fånggrödan. Finns det risk att fånggrödan blir lidande av kvävebrist i starten så att dess tillväxtkapacitet under hösten inte kan utnyttjas? I så fall vore det motiverat att vara beredd med en startgiva av kväve till fånggrödan. Detta är en farhåga som lyfts fram bland odlare m fl när det gäller vitsenap och oljerättika (SJV, 2010) och där man tycker sig se att så verkar vara fallet. I den danska utredningen kring fånggrödor (Møller Hansen m fl, 2000) avråds dock definitivt från gödsling av fånggrödor med hänvisning till risken för motsatt effekt av fånggrödan på läckaget om någon annan faktor begränsar fånggrödans tillväxt (se vidare avsnitt 3.3.3). Den slutsatsen drogs också i ett utlakningsförsök med höstgödsblad höstraps, där utlakningen var liten under en del år men ökade kraftigt när rapsgrödans etablering blev dålig (Hessel m fl, 1998). Om man beaktar även andra funktioner hos fånggrödan än minskning av läckaget kan det möjligtvis finnas motiv för att gödsla den, såsom ökad ogräskonkurrens eller mulluppyggnad. Staver & Brinsfield (1998) hänvisar till att ökad gödsling i odlingssystem med fånggrödor kan vara kostnadseffektivt och ge en ökad mullhalt utan att öka risken för läckage. Med detta resonemang ser man alltså fånggrödan i ett vidare perspektiv än att endast fungera för minskat läckage.

Det gäller också vid odling av brassica-växter i sanerande syfte då det är viktigt att få en stor biomassa och där en startgiva ofta rekommenderas.

Vad innebär gödsling av en insådd fånggröda som redan är etablerad? Utlakningsmätningar i Halland har visat att en insådd fånggröda av engelskt rajgräs har en tillväxtkapacitet som klarar att svara mot en måttliga giva flytgödsel i september (Aronsson m fl, 2003). För växtnäringsutnyttjandet på en gård med behov av lämplig areal för stallgödselspridning på hösten skulle en gödsling av fånggrödan under sensommar eller tidig höst kunna vara en väl motiverad åtgärd, särskilt om fånggrödan skördas före vintern. Att gödsla fånggrödan för skörd, t ex för biogasproduktion, kan innebära att fånggrödan får ett mervärde utan att öka risken för läckage. Det förutsätter att fånggrödan är väl etablerad och har en kapacitet att ta upp mer kväve än det som naturligt tillförs från marken. Bland gräsen är det troligen endast rajgräsen som har tillräckligt stor tillväxtkapacitet för att kunna vara aktuella för gödsling på hösten.

2.6 Fånggröda i renbestånd eller artblandning

Det kan finnas många skäl till att använda en artblandning av fånggrödor. En blandning mellan gräs och klöver är det som är vanligast. Genom att blanda arter ökar man odlingssäkerheten och har möjlighet att dra nytta av grödornas olika förmåga vad gäller t ex rotutveckling för att utnyttja markens resurser på ett effektivt sätt. I blandningar med gräsarter och baljväxter kan man få en bra balans mellan ett effektiv fånggröda och en gröda med positiv efterverkansseffekt (Lindén & Wallgren, 1993) till skillnad från rena gräsfånggrödor (Vyn m fl, 2000). För gräs/klöverblandningar har man i flera studier kunnat observera goda efterverkansseffekter i kombination med ett effektivt upptag av kväve från marken och god effekt på läckaget, till skillnad från rena baljväxter där kväveupptaget från marken ofta blir betydligt sämre än vid odling av rena gräsfånggrödor (Bergkvist, 2003; Bergkvist m fl, 2011; Lindén m fl, 1993; Torstensson, 2003).

Ogräskonkurrensen bör också kunna bli effektivare vid samodling av olika fånggrödearter, där näringsupptag och marktäckning lättare kan maximeras. För gräs/klöverblandningar har man dock inte sett ökad konkurrens med ogräsen (Josefsson, 1996; Sjursen m fl, 2011), vilket enligt studien av Sjursen kan förklaras av att klöverns kvävefixering minskar näringskonkurrensen, till ogräsens fördel.

Man kan också tänka sig kombinationer av fånggrödor där deras verkan i tiden får avlösa varandra. Som ett exempel testade Clark m fl (2007) en kombination av råg och luddvicker, där rågen avdödades kemiskt efter vintern och vickern användes som grön gödslingsgröda fram till sen vår. I Finland odlade Känkänen & Eriksson (2007) en blandning av italienskt rajgräs och timotej, där timotejen tog över som fånggröda under våren, då det italienska rajgräset utvintrat.

3 Olika fånggrödearter

Bland fånggrödor är gräsarter (familjen *Poaceae*), korsblommiga växter (familjen *Brassicaceae*) samt baljväxter (familjen *Fabaceae*) tre stora grupper, med delvis olika funktioner och egenskaper (Delgado & Follett, 2010). Gräsen är ofta köldtolleranta och producerar växtmaterial med relativt hög C:N-kvot. Baljväxterna har en funktion som grüngödslingsgröda vilket kan kombineras med fånggrödeeffekt, särskilt i artblandningar. Brassica-fånggrödorna har en snabb etablering och djupgående rötter vilket ger dem särskild potential som eftersådda fånggrödor.

I detta kapitel presenteras olika fånggrödor. En del är väl beprövade medan andra bara testats till viss del eller nästan inte alls. En översikt över hur väl de uppfyller kriterierna för en bra fånggröda ges i tabell 1. I den mån kunskap finns diskuteras fånggrödans kvävefångande funktion liksom erfarenheter kring etableringsteknik, lämpliga huvudgrödor m m. Även risker eller fördelar med fånggrödan för växtföljden tas upp. För lämplig tidpunkt och teknik för brytning på olika jordtyper hänvisas till tidigare kapitel och tabell 2–3. Slutligen görs en kort internationell utblick.

3.1 Vallgräs som insådda fånggrödor

De erfarenheter som finns beträffande olika gräsarter för insådd varierar. Vid en screening av möjliga fånggrödor identifierade Karlsson-Strese m fl (1996) ett flertal släkter inom familjen *Poaceae* som möjliga, där släktet *Lolium* bedömdes som mest intressant. Som fånggröda för insådd i vårsäd har det engelska rajgräset (*Lolium perenne*) visat sig fungera mycket bra för vårt klimat och används betydligt mer än sina nära släktingar italienskt och westerwoldiskt rajgräs. Det engelska rajgräset har blivit den art som dominerat fånggrödeodlingen i Sverige under de senaste 10 åren tillsammans med rödsvingel. Under 2006 utgjorde rajgräs i renbestånd eller tillsammans med rödklöver utgjorde hela 85 % av fånggrödeodlingen i Sverige och rödsvingel 8 %. Hundäxing, rajsvinglar, ängssvingel och rörsvingel är andra vallgräs som är tänkbara fånggrödor.

3.1.1 Vallgräs, särskilt engelskt rajgräs, som ogräs i växtföljden

Engelskt rajgräs har nu använts som insådd fånggröda i större skala i mer än tio år. Enligt Jordbruksverkets enkätundersökning (SJV, 2010) bland lantbrukare som återkommande odlar fånggrödor uppfattas rajgräset ge problem som ogräs i växtföljden. Över huvud taget finns det ett växande problem med gräsogräs (kvickrot, vitgröe, losta, renkavle och åkerven) i växtföljder där jordbearbetningen har minskat. Det kunde bland annat konstateras i växtföljdsförsök i Skåne med ensidig odling av höstvetete med reducerad jordbearbetning och inslag av rajgräs-fånggrödor. Inte bara det engelska rajgräset blev ett ogräsproblem, utan även åkerven och losta (Nilsson & Christensson, 2010). Det är inte omöjligt att det finns en del spridning av gräsogräs genom tillfällig förorening av fånggrödeutsäde (Christerson, muntl.). Problemet när det gäller rajgräsfånggrödan som ett ogräs består delvis av otillfredsställande avdödning på hösten (kemiskt och/eller mekaniskt) vilket ger överlevande tuvor året efter. Problemet är ännu större för det italienska rajgräset än för det engelska eftersom det bildar ännu kraftigare bestånd och dessutom riskerar att gå upp i ax under insåningsåret, vilket inte det engelska

rajgräset gör. Också fröplantor av engelskt rajgräs är ett problem, men det hänger samman med att överlevande tuvor gått upp ax och bildat gröningsdugliga frön året efter fånggrödeåret. I Sverige har vi en omfattande vallodling, och i många vallblandningar för södra Sverige ingår engelskt rajgräs med en väsentlig andel. Ändå uppfattas inte vallodlingen generellt som en risk ur ogrässynpunkt, förutom i vallfröproduktion. Det verkar främst vara i växtföljder med återkommande rajgräsfånggrödor som man upplever att de blir ogräs. Detta har uppmärksammats, och det finns studier på gång att titta närmare på strategier för kemisk bekämpning av rajgräs i exempelvis höstvetete genom att rajgräset kan ha andra kriterier för bästa bekämpningseffekt än övriga gräsogräs (Danielsson, muntl.).

Rajgräsets egenskaper som ogräs

En viktig fråga är om det engelska rajgräset har en större potential att bilda ogräs jämfört med andra vallgräs. Om det är själva rajgräsets egenskaper det hänger på så vore det i så fall vettigt att se över om något annat gräs kan ge tillräckligt god fånggrödeeffekt, men med mindre risk att ge ogräsproblem. Om det däremot är odlingsmetodiken för fånggrödor som är problemet är det snarare denna som bör ses över snarare än att avråda från att använda engelskt rajgräs, som är en väldigt effektiv fånggröda. Om man tittar på rajgräsets artgenskaper finns det egentligen inte så mycket som tyder på att det skulle utgöra en större risk än andra vallgräs eftersom 1) Det går inte upp i ax under insåningsåret, 2) Det bildar ingen långvarig fröbank i marken och 3) Det sker ingen omfattande spridning av gräsfrö med vinden.

Engelskt rajgräs har ett tydligt vernaliseringsbehov. Den går alltså inte i ax under insåningsåret. Det skiljer sig därmed från det ettåriga westerwoldiska rajgräset och även från det italienska rajgräset, som ibland kan visa enstaka ax under insåningsåret. De fröplantor som dyker upp bör alltså härstamma från plantor som överlevt vintern eller som möjligtvis kommit med frön från näraliggande fält. Enligt litteraturen, som sammanställts av bl a Leck m fl (1989), bildar inte rajgräsarterna någon varaktig fröbank. Det finns observationer på att livaktiga frön funnits kvar i upp till 4 år (Thompson m fl, 1997), men efter en kort primär vila verkar vilan ofta brytas mer eller mindre fullständigt (Kon m fl, 2007). Vid nedplöjning kan dock en viss sekundär vila induceras, och hur lång den kan bli borde troligen undersökas närmare. I samband med skörd av fröodling av engelskt rajgräs konstaterade man i en dansk studie att just jordbearbetningen under hösten hade stor betydelse för överlevnaden av drösade frön i marken. Genom att låta fröna ligga exponerade på ytan så länge som möjligt under hösten före nedplöjning kunde överlevnaden hos fröna minskas kraftigt (Jensen, 2010). Andra vallgräsarters frövila verkar inte heller vara så omfattande. Enligt en sammanställning (Thompson m fl, 1997) har hundäxing visat en överlevnad i marken på upp till 4 år, medan ängssvingel och rödsvingel har observerats överleva som längst ett år i marken. Dessa arter skulle därmed kunna utgöra en ännu mindre risk än rajgräs och hundäxing att ge fleråriga effekter som ogräs. Sammanfattningsvis kan man ändå konstatera att rajgräset och andra tänkbara gräsfånggrödor inte verkar leda till en uppbyggnad av fröbank, dvs om tillförseln av nya frön avbryts. De utgör därmed inget varaktigt ogräsproblem utan snarare ett "här och nu-problem".

Möjliga odlingsstrategier

Uppenbarligen har odlingsmetodikerna en viktig del i problemet genom att det blir plantor kvar som kan ge frön nästa år. Den hänger förstås också samman med rajgräsets egenskaper på det sättet att rajgräset ofta växer bra och bildar ett kraftigt bestånd med tuvor. Att avdöda en kraftig fånggröda är rimligtvis svårare än att avdöda en mindre kraftig. Svårigheten i att kombinera tillräcklig tillväxtperiod för fånggrödan och samtidigt hinna avdöda den kemiskt under hösten är en svår kombination som också särskilt påtalas bland lantbrukare som svarat på Jordbruksverkets enkät och som också påvisats tydligt i försök (Aronsson m fl, 2011). I de långliggande utlagningsförsöken (Aronsson m fl., 2003; Aronsson & Torstensson, 2009) har rajgräsfånggröda använts i många år, där ingen årlig kemisk avdödning gjorts, utan endast plöjning av fånggrödan på sen höst eller vår. I försök med sockerbetor efter fånggrödan har denna bekämpats i betorna (Aronsson m fl, 2009b). Det har fungerat bra, och fånggrödan har inte uppfattats bli ett ogräsproblem. Däremot har kvickroten uppförökats och en kemisk behandling görs med Roundup på hösten ungefär vart femte år.

Att avdöda fånggrödan helt på kemisk väg i mitten-slutet av oktober är uppenbarligen enligt erfarenhet svårt. En tidigare kemisk behandling skulle förmodligen ge en säkrare effekt, vilket måste vägas mot den sämre effekten på läckaget (se avsnitt 2.2.2). En effektiv plöjning på senhöst eller vår har ofta fungerat bra i försöken, men kan givetvis också misslyckas att ge total avdödning. Det nästan omöjligt att undvika att enstaka tuvor blir kvar på fält där det finns t ex ojämnheter genom stenförekomst. Kombinationen av rajgräs som fånggröda i odlingsystem baserade på icke-värdande jordbearbetning är riktigt knepigt och är, enligt försöksresultat, ingenting att rekommendera. I odlingsystemförsök i Skåne, konstaterades att avdödningen med glyfosat i kombination med ytlig bearbetning blev så otillräcklig att en extra kemisk behandling krävdes i efterföljande sockerbetor (Nilsson & Christensson, 2010). Australien är ett exempel på där odlingsystem med direktsådd och beroende av kemisk bekämpning har lett till herbicidresistens och mycket stora ogräsproblem med rajgräsarten *Lolium rigidum* (Narwal m fl, 2006). Rajgräsen har en benägenhet att bilda resistens, och i kombination med intensiv odling och frekvent användning av preparat med få verkningsmekanismer finns uppenbara risker. Enligt "International survey of herbicide resistant weeds" (www.weedscience.org) har man upptäckt resistens hos engelskt rajgräs även i USA och Europa. I Sverige har inga undersökningar gjorts (Hallqvist, muntl.)

Skulle val av andra gräsarter än rajgräs minska risken att fånggrödan blir ett ogräs? Kanske, genom att de ofta inte bildar lika kraftiga bestånd på hösten och därmed kan vara lättare att avdöda kemiskt och att bruka ned. Däremot borde rödsvingel, som sprids med stamutlöpare, kunna utgöra ett ogräsproblem. Sett ur kväveläckagesynpunkt kan nedanstående situationer vara intressanta att värdera mot varandra. En viktig fråga är om en mindre, men varaktigt, tillväxt i alternativ två kompenserar för den mineralisering som sker från den avdödade fånggrödan i alternativ ett. Situation tre diskuteras under avsnitt 2.2.2.

1. En kraftig rajgräsfånggröda som avdödas kemiskt, tillräckligt tidigt (senast början av oktober) för att få säker bekämpningseffekt. Man får då räkna med en återmineralisering av en del av kvävet under hösten.
2. En mindre kraftig fånggröda av t ex rödsvingel eller hundäxing som får växa

fram till mitten-slutet av oktober då den plöjs ned. Denna fånggröda tömmer marken mindre effektivt, men samtidigt under längre tid.

3. Att använda effektiv ogräsbekämpning vid enstaka tillfällen i växtföljden, och däremellan utnyttja en rajgäsfånggröda till sent på hösten.

3.1.2 Vallgräs och risk för uppförökning av skadegörare

Mycket talar för att odling av insådda gräsfånggrödor kan ge ökad förekomst av olika växtskadegörare, men det har inte identifierats som ett tydligt problem, även om vissa observationer gjorts. Intresset inom forskningen verkar generellt vara mer inriktat mot fånggrödornas positiva effekter genom hämning av skadegörare, vilka helt eller delvis kan uppväga de negativa. Ökad mullhalt, bättre jordstruktur och vattenhållande förmåga, större rotaktivitet, ett rikare mikroliv samt gynnande av naturliga predatorer är sådana (se avsnitt 2.1.9–12). Det som talar för ett ökat skadegörartryck i samband med odling av fånggröda är att tiden då marken ligger bar mellan huvudgrödorna minskar, vilket annars generellt är bra för att motverka överföring av sjukdomar mellan grödorna. Eftersom gräsfånggrödorna har vissa gemensamma rotsjukdomar med stråsådesslagen finns risken att de kan överföra dessa. Fånggrödan kan också påverka beståndsklimatet i huvudgrödan genom att öka fuktigheten nära marken, vilket kan gynna stråbassjukdomar och sporproduktion nere i beståndet.

I litteraturen är där svårt att hitta information kring rajgräsfånggrödors inverkan på uppförökning av skadegörare. Det behöver inte betyda att problemet inte finns. Det kan också bero på att de positiva effekterna generellt är mer betydelsefulla än de negativa. I en amerikansk databas vid University of California, UC Sarep Online Cover crop database, (http://www.sarep.ucdavis.edu/ccrop/search_ccrop.html) kan man finna information om att westerwoldiskt rajgräs kan agera värd för Bromegrass Mosaic Virus samt för nematoden *Paratylenchus projectus*. För engelskt rajgräs anges däremot att information saknas.

Lerenius (2001) gjorde en sammanfattande översikt över möjliga risker för skadegörare som gynnas av fånggrödeodling. Det finns tydliga risker kopplade till att marken hålls täckt med växtrester och vegetation under hösten, och bearbetas sent eller inte alls. Förutom svampsjukdomar av olika typer agerar även fånggrödor, särskilt rajgräs, värd för havrecystnematod och några olika insekter som kan angripa grödan eller sprida sjukdomar. Bland de svampsjukdomar man kan befara gynnas av gräsfånggrödor finns enligt Ohlsson (1988) tex utvintringssvampar (*Fusarium* och *Typhula*), rotdödarsvampar (*Gaeumannomyce graminis var tritici* (*Ggt*), *Bipolaris srokinianai*, *Rhizoctonia solani*) och stråknäckare (*Pseudocerosporella herpotrichoides*). Många gräsarter kan infekteras av *Ggt* under kontrollerade förhållanden, men deras roll att bevara eller öka smittan av *Ggt* under fältförhållanden är otydlig. Nyligen genomförda undersökningar på Nya Zeeland visar att engelskt rajgräs, italienskt rajgräs och rörsvingel vidmakthöll låga koncentrationer av *Ggt*, medan svartträda visade lägst förekomst och en losta-art visade stor uppförökning av smitta i efterföljande vetegröda (Bithell m fl, 2011). I en svensk studie fann man ökade angrepp av *Rhizoctonia solani* i färskpotatis vid odling av Westerwoldiskt rajgräs (Bång och Wallenhammar, opubl.).

Ökad förekomst av fritflugor, bladlöss, stritar, trips och stinkflyn är något som observerats i odlingsystem med gräsfånggrödor (Larsson, 1995). När det gäller

stritar finns därmed risken att fånggrödan bidrar till infektion med vetedväragsjuka och havrens dvärgskottsjuka som överförs av just stritar. Ökade angrepp observerades i havre som odlades i närheten av en gräsbevuxen kantzon (Wallenhammar, muntl.). När det gäller vetedväragsjuka är det främst rajgräset som agerar värdväxt. Rajgräs är också en bra vintervärd för fritfluga som kan övervintra i gräset och infektera efterföljande gröda. Noggrann plöjning på hösten eller tidigt på våren är generellt viktigt för att minska risken att insekter överlever till nästa odlingssäsong.

Skador av knäpparlarver på potatis är något som uppmärksammats under senare år, och frågan har väckts om det är något som kan kopplas till odling av gräsfånggrödor. Möjligtvis kan det vara så. Främst är det efter brytning av fleråriga vallar som man brukar se stora angrepp på efterföljande grödor, ofta andra året efter vallbrottet. Knäpparlarver lever i larvstadiet under flera år och kan då ge skador på grödor, genom gnag på groende frön och på rötter. Även vårsådd spannmål kan angripas. Stora problem har rapporterats för majsodlingar i bl a Tyskland och Canada. Andersson (2008) presenterade hur riskerna för knäppare möjligtvis kan kopplas till gräsfånggrödor. Larverna har två aktiva perioder under växtsäsongen, under våren och under hösten fram till mitten av oktober. Därefter drar de sig nedåt i marken för att övervintra. I bar jord kan de dra sig ända ned till 30 cm djup. I odlingssystem utan jordbearbetning under hösten bör därför larverna kunna överleva till nästa år, medan en effektiv jordbearbetning medan de fortfarande är aktiva kan fungera som bekämpning. Odling av fånggrödor skulle därmed kunna gynna larvernas överlevnad både genom att de hinner ned till övervintringsplatsen innan marken bearbetas och genom att fånggrödan kan utgöra föda för larverna efter skörden av stråsåden. I en studie i Västergötland av Krijger (2011) undersöktes inverkan av växtföljd och jordbearbetning på förekomst av knäpparlarver. Man fann ökade larvskador i led med bevuxen träda eller gräsfånggröda i växtföljden jämfört med led utan insådda gräs. Vid en inventering av ett av de långliggande utlagningsförsöken i samma område fann man däremot ingen ökning av larvskador på potatis som odlats efter drygt tio år med återkommande fånggrödor (Aronsson, opublicerat). Angreppen varierade mellan 1–14 % och både högsta och lägsta värde observerades i led med tidig höstplöjning varje år utan fånggröda.

3.1.3 Engelskt rajgräs (*Lolium perenne*)

Engelskt rajgräs uppfyller många av kriterierna för en bra fånggröda, se översikt i tabell 1. Den etableras relativt lätt och har en snabb tillväxt utan att konkurrera alltför kraftigt med huvudgrödan. Den växer länge och kraftigt under hösten vid god kvävetillgång. Kväveinnehållet i ovanjordisk biomassa på senhösten har i haländska försök varit i medeltal drygt 20 kg/ha vid normal kvävetillgång, och ca 35 kg/ha vid ökad kvävetillgång till följd av flytgödseltillförsel (Torstensson & Aronsson, 2000). Vinterhärdigheten är god för de förhållanden som råder ungefär upp till Mälardalen (med undantag för småländska höglandet under vissa år), men längre norrut är övervintringen svag. Det engelska rajgräset har ett tydligt vernaliseringsbehov, och går alltså inte i ax under insåningsåret. Däremot kan den pga sin kraftiga tillväxt bilda tuvor som kan överleva i nästa gröda om nedbrukningen eller avdöningen är otillräcklig (se avsnitt 3.1.1). Efterverkans effekten för den efterföljande grödan är oftast så svag att man inte kan räkna med att minska gödslingen, men på sikt ökar markens mullhalt och kväveleverande förmåga. För vissa växtskadegörare finns en koppling till odling av rajgräs (se avsnitt 3.1.2) men det har hittills inte identifierats som ett problem.

Lämplig huvudgröda, såtidpunkt m m

Engelskt rajgräs lämpar sig bra för insådd på våren i vårsäd eller höstsäd, men inte som eftersådd fånggröda. Den lämpar sig inte heller för höstinsådd i höststråsäd eftersom den riskerar att gå upp i blomning efter vintern. För vårsäd är sådd samtidigt med huvudgrödan, eller strax före dess uppkomst väl beprövade metoder. Fröna är så pass stora att de kan sås tillsammans på samma sådjup som huvudgrödan. Vid insådd i höstsäd på våren är det för en bra etablering viktigt med tidig sådd innan marken börjar torka ut. Förutom i stråsädesgrödor har rajgräset även använts som insådd fånggröda i raps och i majs. I majsen har rajgräset såtts i mitten av juni, vilket gett en bra marktäckning utan alltför stor konkurrens med majsen (Lennartsson, muntl.).

Tidpunkt för brytning

Kväveefterverkan hos fånggrödor av engelskt rajgräs är ofta svagt positiv (Lindén m fl, 1999), men även negativ efterverkan uppträder ibland, särskilt efter nedbrukning på våren. Det beror ofta på en kombination av att fånggrödan tömt marken väl och att nedbrytningen av växtmaterialet går relativt långsamt. Ofta ligger kvävehalten i fånggrödan kring 2 %, vilket innebär att C:N-kvoten hos växtmaterialet ligger nära den där man kan räkna med en relativt snabb nettomineralisering. Vid inblandning av klöver tillsammans med rajgräset ändras fånggrödematerialets sammansättning och innehåll, vilket är gynnsamt för kväveefterverkan.

För rajgräsfånggröda och artblandningar är en nedbrukning av levande fånggröda sent på hösten (november-december) säkrast ur efterverkanssynpunkt och det ger fortfarande god effekt på läckaget. Nedbrukning riktigt tidigt på våren är också en bra tidpunkt för lätta jordar. När det gäller kemisk brytning av rajgräsfånggröda i oktober får man, åtminstone för de mest läckagebenägna jordarna, räkna med en sämre effekt av fånggrödan på läckaget. Det gäller även om man väntar med själva nedbrukningen av det döda växtmaterialet (se avsnitt 2.2.2). För lerjordar ger nedbrukningstidpunkt och tidpunkt för kemisk avdödning inte lika stort utslag på utlakningen eftersom utlakningsprocessen är mindre effektiv. Med tanke på risk för skadegörare är det fördelaktigt om det blir ett glapp inför kommande gröda, då jorden ligger bar. Det är viktigt att levande fånggröda nedbrukas fullständigt för att hindra överlevnad av plantor som kan bilda frön nästa år, vilket kan leda till att ogräsproblem.

Vad gäller brytningstidpunkt kan erfarenheterna från odling av engelskt rajgräs vara rimliga att gälla även för övriga vallgräs här nedan.

Erfarenheter kring effekt på kväveläckage

Det engelska rajgräset har undersökts under många år i utlakningsförsöken i Sverige, och det har visat sig vara mycket lämplig som fånggröda. Det etablerar sig ofta väl och tömmer effektivt den övre delen av markprofilen på hösten, även den innehåller stora kvävemängder. Det gäller även i blandning med klöver. Vid studier i Skåne, Halland och Västergötland uppnås ofta utlakningsreduktioner på 30–50 % vid odling av rajgräsfånggröda som brukas ned som grönmassa sent på hösten eller på våren (Aronsson m fl, 2003; Aronsson m fl, 2009b; Lindén m fl, 1993).

3.1.4 Italienskt rajgräs (*Lolium multiflorum*)

Det italienska rajgräset har, liksom engelskt rajgräs, egenskaper som mycket väl täcker vad som krävs av en bra fånggröda. Det är konkurrenskraftigare än det engelska rajgräset och därför måste odlingsmetodiken (t ex såtidpunkt och utsädesmängd) anpassas för att inte riskera skördenedsättningar. Detta har gjort att intresset för det italienska rajgräset inte är så stort. En annan nackdel är att det har en viss benägenhet att skjuta enstaka strån under insåningsåret, vilket ökar risken för ogräsbildning. Italienskt rajgräs uppfattas som ett ogräsproblem på en del gårdar idag. Den är också mindre vinterhärdig än engelskt rajgräs.

Lämplig huvudgröda, såtidpunkt m m

Som insådd fånggröda i vårsäd finns risk att konkurrensen blir alltför stor med huvudgrödan, men för insådd i höstsäd på våren har det italienska rajgräset visat sig fungera väldigt bra. Där har det genom sin konkurrenskraft haft en säkrare etablering än engelskt rajgräs (Bergkvist m fl, 2002). I ett försök med potatis såddes italienskt rajgräs som fånggröda mellan potatisraderna efter sista kupningen som gjordes i juli (Lindgren m fl, 2007). Fånggrödan etablerades bra, men skadades tyvärr under upptagningen. Under ett av två försöksår hade ändå fånggrödan ett kväveinnehåll i ovanjordisk biomassa på 10 kg N/ha, vilket var betydligt bättre än en eftersådd rågfånggröda i samma försök. Italienskt rajgräs används frekvent som fånggröda i majs i bl a Kanada, där den sås in i växande majs och skördas som en vallgröda efterföljande vår, innan nedbrukning (Shabtai Bittman, muntl.).

För metod och tidpunkt för brytning och effekt på kväveläckage, se engelskt rajgräs.

3.1.5 Westerwoldiskt rajgräs (*Lolium westerwoldicum*)

Det westerwoldiska rajgräset är en årlig form av italienskt rajgräs som alltså dör under vintern. Den är konkurrenskraftig och snabbväxande och används som eftersådd fånggröda efter exempelvis tidigt skördade grönsaker och färskpotatis. Den blommar under insåningsåret och kan alltså bli ett frögräs, vilket begränsar intresset för detta gräs som fånggröda. Vid sådd i slutet av juli efter färskpotatis observerades ingen stråskjutning i ett försök, men däremot orsakade fånggrödan en uppförökning av groddbränna på potatisen (*Rhizoctonia*) (Wallenhammar, muntl.). Att det westerwoldiska rajgräset utvintrar kan vara praktiskt ur odlings-synpunkt, men ibland till nackdel för effekten på läckaget.

3.1.6 Rajsvingel (*Festulolium braunii*)

Den vanligaste typen av rajsvingel är en korsning mellan ängssvingel och italienskt rajgräs, och snabbheten i tillväxt ligger någonstans mellan de bägge arterna. Det samma gäller vinterhärdigheten, som är bättre än hos det italienska rajgräset, men sämre än hos ängssvingel. Det finns också rajsvingelkorsningar där engelskt rajgräs respektive rörsvingel ingår. Fältförsök med fånggrödor av rajsvingel visade att, insått i vårsäd, växte rajsvingeln nästan lika bra som engelskt rajgräs (Josefsson, 1996; Nilsson-Linde m fl, 1994). Man kan förmodligen betrakta rajsvingeln som ungefär likvärdig med engelskt rajgräs vad gäller egenskap som fånggröda. I rajsvinglar där italienskt rajgräs ingår finns dock troligen risk för stråskjutning under insåningsåret.

3.1.7 Ängssvingel (*Festuca pratensis*)

Ängssvingel är ett vinterhärdigt gräs, tuvbildande liksom rajgräsarterna, men relativt torkkänslig. Det är ett av de vanligaste vallgräsen och har undersökts som en möjlig fånggröda på flera platser. Tillväxten under hösten har dock varit svag både i Halland, Västergötland och Östergötland, betydligt sämre än rajgräs, rajgräshybrider och hundäxing (Nilsson-Linde m fl, 1994; Josefsson, 1996). I en finsk studie bidrog den i blandning med rödklöver inte heller till ökat upptag jämfört med klöver i renbestånd (Känkänen, 1994). Eftersom det inte verkar finnas några andra egenskaper som gör den anmärkningsvärt positiv jämfört med andra gräs är den mindre intressant som fånggröda, i alla fall i renbestånd.

3.1.8 Rörsvingel (*Festuca arundinacea*)

Rörsvingeln är, liksom ängssvingeln, ett tuvbildande gräs men med kraftigare tillväxt. Den är härdig och mer torktålig, med ett relativt djupt rotsystem. Det har inte undersökts i större omfattning som just fånggröda, men bör vara av större intresse än ängssvingel. Att den kräver god tillgång till ljus i samband med etablering kan förmodligen ge etableringsproblem.

3.1.9 Rödsvingel (*Festuca rubra*)

Rödsvingel är en art som allmänt använts som fånggröda de senaste 10 åren. Det är ett torktåligt gräs som bildar utlöpare, och därför är en bra marktäckare. Rödsvingeln är konkurrenssvagare än engelskt rajgräs. Det gör att den kan utnyttjas för att sås in redan på hösten i höstvetet och den bildar inga fertila skott under fånggrödeåret därefter. Konkurrensförmågan är tillräckligt bra för att konkurrera hyfsat med frögräs och kvickrot under hösten, men tillväxten är sämre än hos engelskt rajgräs (Bergkvist m fl, 2002; Bergkvist m fl, 2010).

Lämplig huvudgröda, såtidpunkt m m

Rödsvingel kan användas för insådd i både vårsäd och höstsäd. Vid studier av insådd i höstvetet visade det sig att insådd på hösten fungerade bra, medan vårsådd inte kan rekommenderas på grund av att rödsvingeln är för konkurrenssvag och inte kan etableras säkert. Vid insådd på hösten finns ändå viss risk för skörde-reduktion hos höstvetet (Bergkvist m fl, 2011; Shili-Touzi m fl, 2010) och därför kan det finnas anledning att förskjuta såtidpunkten till några dagar efter höstvetet (Bergkvist m fl., 2002). I mer konkurrenssvaga huvudgrödor, t ex ärter kan rödsvingel vara en tänkbar fånggröda till skillnad från mer konkurrensstarka gräs. Rödsvingeln har små frön och måste sås separat från huvudgrödan.

Erfarenheter kring effekt på kväveläckage

Rödsvingel har provats som insådd fånggröda i vårsäd vid Mellby försöksfält i Halland, parallellt med engelskt rajgräs. Rödsvingeln har uppvisat ungefär hälften så stor tillväxt som rajgräset och 25–50 % lägre effekt på läckaget. Läckageminskningen bedömdes ändå som påtaglig (Aronsson & Torstensson, 2009). Studien utfördes på en läckagebenägen jord, och det är tänkbart att rödsvingeln har en potential att ta upp en större andel av markkvävet i situationer med mindre ansamling av kväve i marken (mindre krav på fånggrödans kapacitet).

3.1.10 Hundäxing (*Dactylis glomerata*)

Hundäxingen är ett hårdigt och snabbväxande gräs. Den har ett djupgående rot-system som gör att den tål torka bra. Den har testats en del i fånggrödesammanhang på olika platser (Rydberg, 1998) och visat sig fungera relativt bra. I studier i Skåne avtog visserligen tillväxten under senare delen av hösten jämfört med engelskt rajgräs (Bergkvist m fl, 2002). Vid undersökningar av insådd i vårsäd i Västergötland, Halland och Östergötland var tillväxten hos hundäxingen sämre än hos rajgräs, hybridrajgräs och rajsvingel (Nilsson-Linde m fl, 1994). I pågående studier i Västmanland och Västergötland har den under 2009–2010 däremot visat lika god tillväxt som engelskt rajgräs (Liu, muntl.). Risken att bilda ogräs genom fröspridning är liten genom att den inte skjuter strå som fånggröda. Däremot bildar den kraftiga tuvor som förmodligen kan överleva vid otillräcklig nedbrukning. Fröna har en gröningsvila på upp till 4 år, alltså något längre än flera av de andra gräsen (se avsnitt 3.1.1).

Lämplig huvudgröda, såtidpunkt m m

Hundäxing har provats som insådd fånggröda i både vår- och höstsäd. Den kan sås in redan på hösten i höstsäd eftersom den inte bildar fertila skott efter höstinsådd, men en i en studie i Skåne fungerade hundäxingen bäst efter vårinsådd, då den växte nästan lika bra som engelskt rajgräs (Bergkvist m fl, 2002). Hundäxing lämpar sig inte för artblandningar med klöver eftersom den är alltför konkurrenskraftig. I vallblandningar är lusern en gröda som föreslås för samodling med hundäxing.

Erfarenheter kring effekt på kväveläckage

Erfarenheterna kring effekten på kväveläckage är inte så stora, men hundäxing ingår i studier av fosforutlakning, där den enligt preliminära resultat visat sig vara mindre läckagebenägen efter kraftig frost än rajgräsfånggröda (Liu m fl, 2010).

3.1.11 Timotej (*Phleum pratense*)

Timotej är ett hårdigt gräs. Det är relativt långsamväxande och har inte varit särskilt intressant som fånggröda. Exempelvis fann Morgan (1942) att det fungerade sämre än havre och råg. I en finsk studie fann man att en blandning av italienskt rajgräs och timotej fungerade bra genom att timotejen avlöste det effektiva italienska rajgräset med ett kväveupptag på våren då det italienska rajgräset utvintrats (Känkänen & Eriksson, 2007).

3.2 Vallbaljväxter som insådda fånggrödor

Med tanke på förmågan att fånga markkväve och minska läckaget är vallbaljväxterna inte optimala som fånggrödor. Sett i ett bredare perspektiv kan de däremot vara högst intressanta som mellangrödor genom sin grön gödslingsfunktion, och genom att vissa av dem har rotsystem som gynnar bra markstruktur. I en fånggröda som består av artblandning med icke-kvävefixerande gröda kan därför vallbaljväxten ge bonuseffekter för växtföljden.

3.2.1 Rödklöver (*Trifolium pratense*) och vitklöver (*Trifolium repens*)

Både rödklöver och vitklöver (familjen *Fabaceae*) är relativt hårdiga växter, sär-

skilt vitklöver som ständigt förnyar sig med skottutlöpare. Därmed kan vitklövern effektivt täta luckor i beståndet, vilket kan vara viktigt för ogräskonkurrens m m. Annars är vitklöver generellt något mindre konkurrenskraftig än rödklöver och har ett grunt rotsystem. Rödklöver växer, till skillnad från vitklöver, som en planta med tydlig pålrot. Rottillväxten är bättre än hos vitklöver, särskilt vid låga temperaturer. Däremot infekteras roten lätta av röta. Det påverkar rödklöverns hårdighet, främst i fleråriga vallar där den ofta utvintrar efter 2–3 år.

Både röd- och vitklöver har ofta en god tillväxt under hösten. Genom den kvävefixerande förmågan leder odling av en klöverfånggröda dock ofta inte till särskilt effektiv tömning av markprofilen på kväve (Bergkvist, 2003; Bergkvist m fl, 2011) och till otillfredsställande läckageminskning (Lindén, m fl, 1993). Rödklöver gav i en studie av Stenberg m fl (2007) emellertid något tydligare minskning av mineralkväve i marken än vitklöver. Både rödklöver och vitklöver lämpar sig för insådd, men alltså inte i renbestånd om de ska fungera som fånggröda. Samodling med gräs, som är en beprövad metod för vallodling, lämpar sig också bra som fånggröda. En artblandning av baljväxter och gräs kan kombinera gräsets goda fånggrödeeffekt med baljväxtens bättre kväveefferverkan i både mängd och tidsfördelning. Dessutom kan det innebära säkrare etablering och eventuellt bättre ogräskonkurrens.

För bästa kväveefferverkan och minsta risk för utlakning är nedbrukning på våren att föredra när det gäller rena klövergrödor och sent på hösten för klöver/gräsblandningar, enligt en sammanställning av Wetterlind m fl (2005). Optimal tidpunkt för nedbrukning beror emellertid inte bara på växtmaterialets sammansättning utan också på jordart och klimatförhållanden (se avsnitt 2.2.2).

Rödklöverns pålrot infekteras alltså lätt av röta. Rödklöverplantan angrips redan insåningsåret genom infektion av den späda roten, och därför finns också risken att en klöverfånggröda infekteras. Rotrötan orsakas av ett komplex av sjukdomar; *Fusarium avenaceum*, *Cylindrocarpon destructans* och *Phoma medicaginis* (Rufelt, 1986; Wessén, 2006). Det är framförallt *F. avenaceum*, som också har vete som värdväxt, som kan uppföras i växtföljden.

3.3 Brassica-arter som fånggrödor

Flera arter inom Brassica-familjen har god potential som eftersådda fånggrödor. Det gäller särskilt oljerättika och vitsenap som etableras snabbt och växer kraftigt både ovan och under jord. Det finns ett stort intresse bland lantbrukare att det geografiska området för miljöstöd för dessa fånggrödor ska utökas (SJV, 2010). Det som lockar är bland annat kväveefferverkan, möjliga strukturförbättrande effekter och sjukdomssanerande verkan. När det gäller kväveefferverkan hos ogödslade brassica-fånggrödor är den dock ofta inte särskilt stor (Møller Hansen m fl, 2000). Brassica-fånggrödor kräver oftast ingen kemisk avdödning, vilket ses som positivt (SJV, 2010). Oljerättika och vitsenap har undersökts under svenska förhållanden, bland annat med avseende på etableringsteknik. En art som inte testats i större utsträckning i Sverige, men i t ex USA, är varianter av rättika med ännu kraftigare pålrot än oljerättika. Det gör den särskilt intressant som strukturförbättrare. Baksidan med brassica-fånggrödorna är att ökad odling också ökar risken för uppförökning av växtföljdssjukdomar, särskilt klumprotsjuka.

3.3.1 Brassica-fånggrödor och risk för uppförökning av skadegörare

När det gäller brassica-fånggrödorna finns ett stort intresse för, och dokumenterad effekt av, dessa grödors hämmande inverkan på olika skadegörare (se avsnitt 2.1.9–12). Det finns emellertid också risker förknippade med brassica-fånggrödorna, eftersom de agerar värd för skadegörare som angriper ordinarie oljeväxtgrödor i växtföljden. Oljeväxter är generellt känsliga grödor som angrips av både sjukdomar och insekter. Ju längre växtsäsong fånggrödan får, desto större risk är det att den infekteras av skadegörare som sedan kan spridas vidare. Genom att odling av oljeväxter för sanering genom biofumigation och för bekämpning av nematoder starkt gynnas av just en lång växtsäsong uppstår en konflikt mellan önskan om positiv effekt och ökad risk för negativ. Eftersom flera av de aktuella växtföljdsburna sjukdomarna är mycket långlivade i marken finns det anledning att vara försiktig.

De jordburna sjukdomar man talar om i samband med odling av t ex oljeväxter är klumprotsjuka (*Plasmodiophora brassicae*), kransmögel (*Verticillium*), bomullsmögel och torröta, där främst klumprotsjuka förknippas med brassica-fånggrödor (Wallenhammar, 2007). Klumprotsjuka är en sjukdom som har ökat under de senaste åren i höstoljeväxter i södra Sverige (Wallenhammar m fl, 2011), och har återigen uppförökats i områden där sjukdomen var ett stort problem för 25 år sedan (Wallenhammar, 1996). Bland brassica-fånggrödorna är det främst vitsenap (och sareptasenap) som visat stor benägenhet att infekteras och uppföröka sjukdomen (Wallenhammar, 2007), medan synliga angrepp på oljerättika i stort sett inte förekommer (Adholm, muntl.). Detta har starkt bidrar till att intresset för senap som fånggröda har minskat.

De flesta sorter av oljerättika har god motståndskraft mot klumprotsjuka (Wallenhammar, ej publ 2011). Främst är det hos japanska rättikasorter man ser fullständig resistens, medan europeiska sorter enligt Diedrichsen m fl (2009) visar god motståndskraft, men inte alltid är helt resistenta. Det finns en variation mellan sorter. Patogenen *Plasmodiophora brassicae* har, enligt Diedrichsen m fl (2009), en relativt snabb anpassning för att överkomma resistensen och man poängterar behovet av att inom växtförädlingen bredda den genetiska basen för resistens. Däremot gör klumprotsjukans ganska långsamma spridning att de resistenta sorterna ändå är relativt varaktiga. En resistent sort kan rentav vara sanerande genom att man lockar fram groning av sporer som sedan, men det är ingen metod som rekommenderas. Vid odling av resistenta sorter på infekterad mark kan det nämligen leda till snabbare utveckling av patogenen till att överkomma resistensen. För att minska risken att klumprotsjukan utvecklas till att angripa de sorter som är resistenta idag rekommenderar författarna restriktiv användning av resistenta sorter, och menar att de bör begränsas till de kommersiella grödorna och inte ha en bred användning som fånggrödor.

Odling av oljerättika och rättika kräver med andra ord försiktighet och att man är observant på förekomst av smitta. Hur restriktiv man ska vara är delvis en fråga om vilken risk man accepterar. Frö- och oljeväxtodlarnas branschbolag, Svenska Raps AB, menar att en brassica-fånggröda måste betraktas på samma sätt som en ordinarie oljeväxtgröda och rekommenderar därför 4 års intervall, oberoende av om det är fånggröda av vitsenap eller oljerättika som odlats (Gunnarsson, muntl.). Metoder för att identifiera och kvantifiera risker är viktigt för att kunna odla bras-

sica-fånggrödor på ett säkert sätt. För att bringa klarhet i risken för uppförökning av klumprotsjuka har Wallenhammar m fl (2011) utvecklat en DNA-baserad jordtest. Jordtesten erbjuds av flera laboratorier och är ett led i biologisk markkartering.

Tabell 4. Några etableringsmetoder för brassica-fånggrödor med kommentarer om fördelar och begränsningar

Etableringsmetod	Fördelar	Begränsningar	kommentar
FÖRE SKÖRD			
Bredsådd i växande gröda i juli	<ul style="list-style-type: none"> • Ger fånggrödan lång period att växa • Ingen bearbetning krävs 	<ul style="list-style-type: none"> • Osäkert vid torka • Risk för ojämnt bestånd • Risk att fånggrödan utvecklas för snabbt • Risk att skada fånggrödan vid skörd • Risk att grödan kväver fånggrödan • Risk att fånggrödan stör tröskningen 	Fungerar bra under fuktiga förhållanden
Bredsådd i växande gröda 2 v före skörd	<ul style="list-style-type: none"> • Ingen bearbetning krävs • Ger fånggrödan ganska lång period att växa 	<ul style="list-style-type: none"> • Osäkert vid torka • Risk för ojämnt bestånd 	Fungerar bra under fuktiga förhållanden
VID SKÖRD			
Sådd under skärbordet på tröskan	<ul style="list-style-type: none"> • Ingen bearbetning krävs • Bra täckning av halm som bevarar fukten 	<ul style="list-style-type: none"> • Svår teknik 	Tillämpas mycket sällan av praktiska skäl
EFTERSKÖRD			
Plöjning följt av sådd	<ul style="list-style-type: none"> • Säker etablering • Mekanisk ogräsbekämpning 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidskrävande och dyrt 	Säker metod men ovanlig. Ökad mineralisering troligen ej något problem
Bredspridning följt av grund bearbetning	<ul style="list-style-type: none"> • Kräver mindre insatser är konventionell såbäddsberedning • Viss mekanisk effekt på ogräs 		Olika typer av grund bearbetning har testats och rekommenderas generellt för bra resultat
Sådd med rapidmaskin	Se ovan		Se ovan

3.3.2 Metoder för etablering av oljerättika och vitsenap

Fånggrödor av oljerättika och vitsenap kan sås både innan och efter skörd av huvudgrödan. Om en bra etablering kan ske före skörd, utan eller med minimal jordbearbetning, borde det ge de bästa förutsättningarna för en liten kväveutlakning genom 1) snabb start av fånggrödan och 2) så liten ökning av kväve mineraliseringen som möjligt. Just en snabb start av fånggrödan är förmodligen det absolut viktigaste i det här sammanhanget, snarare än risken förknippad med ökad

mineralisering till följd av jordbearbetning. När en brassica-fånggröda väl kommit igång har den en så stor tillväxtförmåga att en ökad kvävemineralisering till följd av en yttlig jordbearbetning inför sådd förmodligen inte utgör något problem. För t ex höstsäd, som har en långsammare tillväxt, är situationen däremot annorlunda (avsnitt 3.4.1). Risk för kvävebrist för fånggrödan efter sådd är till och med något som ibland uppfattas som ett problem i samband med etablering. Därför kan en yttlig jordbearbetning vid sådd vara direkt positivt enligt Nilsson & Bertilsson (2010). När det gäller oljerättika och vitsenap väljer, enligt Jordbruksverkets enkätundersökning (SJV, 2010), majoriteten av odlarna att så fånggrödan efter skörd i samband med någon form av yttlig jordbearbetning. De vanligaste huvudgrödorna är enligt enkäten stråsäd, främst korn och höstvetete.

Att så fånggrödan före skörd har provats i både svenska och danska försök. Så länge marken är fuktig några veckor innan skörd fungerar det bra att bredså både oljerättika och vitsenap i den växande grödan, t ex med gödselspridare. Halm som täcker de groende fröna kan fungera lika bra som en yttlig myllning visade det sig i en studie av höstraps (Stenberg m fl, 2007). Danska resultat understryker att etablering före skörd möjliggör en betydligt kraftigare fånggröda (Kløcher, 2011; Østegaard, 2011). Det samma gäller svenska studier, t ex vid jämförelse av sådd i juli och augusti (Nilsson, 2008). I en försöksserie på ett flertal platser i Skåne kunde man emellertid konstatera att det är svårt att etablera fånggrödor i frodiga höstvetebestånd under juli, och att vitsenap som sås tidigt riskerar att skadas i samband med skörd genom att den blir lång och gånglig i en höstvetegröda. Etablering innan sådd ger ofta lite luckiga bestånd av fånggrödan genom att den kan skadas i samband med skörd, bli kvävd i halmsträngarna eller tryckas ned av liggsäd. Förmodligen kompenseras detta till viss del av en ökad tillväxt jämfört med en senare etablering, men den nedtryckande effekten på ogräs blir säkerligen sämre (Adholm, muntl.).

En gemensam slutsats i många studier är emellertid att etablering innan skörd kräver fuktiga väderleksförhållanden. Detta är det viktigaste att tänka på. Vid torra förhållanden är risken stor att etableringen misslyckas, enligt erfarenheter från både lantbrukare och resultat från fältförsök. Därför rekommenderas ofta sådd efter skörd med någon form av yttlig myllning för säkert resultat, speciellt för oljerättika som är särskilt torkkänslig (Nilsson, 2005). Sådd efter skörd och myllning av fröna till 1–2 cm djup är vad som rekommenderades i en dansk sammanställning (Møller Hansen m fl, 2000) för säker etablering. Det stöds också av senare resultat från Sverige och Danmark (Kløcher, 2011; Pålsson, okänt år; Østegaard, 2011). Enligt en skrift från Väderstad (Oscarsson, 2003) är en grund harvning efter sådd ofta tillräckligt för att lyckas med etableringen.

I tabell 4 sammanfattas några erfarenheter av olika etableringsmetoder. Slutsatsen utifrån studier och praktisk erfarenhet verkar vara att 1) Etablering innan skörd ger en bra fånggröda om förhållandena tillåter omedelbar groning, även om beståndet kan bli luckigt, 2) Vid torra förhållanden ska fånggrödan etableras efter skörd med någon form av jordbearbetning. Fånggrödan får en kortare tillväxtperiod men säkrare etablering och jämnare bestånd. Den samlade erfarenheten säger det är viktigt är att anpassa metoden efter aktuella förhållanden vad gäller jordart, gröda och säsongens väderlek.

3.3.3 Kvävetillgång och tillväxt

Olika studier visar väldigt varierande resultat vad gäller brassica-fånggrödornas mängd av biomassa och kväve på senhösten. Att uppskatta tillväxten visuellt kan vara svårt. Raps, oljerättika och vitsenap har hög vattenhalt, vilket gör att den ovanjordiska biomassan kan upplevas som betydligt större än hos t ex gräs. Å andra sidan har de en större andel av kvävet i rötterna än gräsen. En till synes liten tillväxt kan upplevas som om plantan lider av näringsbrist. Näringsbrist är vanligtvis inget problem för grödans fånggrödefunktion. Om fånggrödan växer dåligt på grund av liten kvävetillgång betyder det också att den inte behövde växa mer för att fungera. Att gödsla en fånggröda (som odlas enbart för att minska läckaget) är inte att rekommendera enligt en dansk utvärdering av fånggrödor (Møller Hansen, m fl, 2000). Där säger man att en gödsling sällan ger ett mervärde av fånggrödan på så sätt att upptaget blir större än vad man tillför med gödseln. Istället ökar läckerisken om andra faktorer, t ex torka begränsar tillväxten. En viktig fråga är om det kan uppstå en sådan kvävebrist att grödans möjligheter till utveckling hämmas. Rent fysiologiskt måste bladen ha en viss kvävehalt för att kunna utvecklas, även om de förses med kväve i ett senare skede, och därför bör extrem kvävebrist kunna hämma etableringen. En gröda som lider av kvävebrist får generellt ett rotsystem som är mindre förgrenat, men plantan får samtidigt en högre rot-/skottkvot (Mengel & Kirkby, 1987). Under gynnsamma förhållanden har brassica-fånggrödorna en mycket god förmåga att växa. Förmågan är betydligt bättre än hos vallgräsen och stråsädesgrödorna. I de fall det verkligen är näringstillgången som begränsar tillväxten innebär extra kvävetillgång till följd av gödsling inget problem. Frågan är bara hur lätt det är att avgöra detta. Ibland rekommenderas brassica-fånggrödan som en buffert för att hantera kväve efter stallgödseltillförsel på hösten (Sundermeier, 2008). I sådana fall kan man säkerligen räkna med en positiv efterverkan av fånggrödan, där åtminstone delar av den tillförda näringen kommer efterföljande gröda tillgodo. Annars är kväveefterverkan hos ogödslade brassica-fånggrödor ofta väldigt liten (Møller Hansen m fl, 2000).

Brassica-fånggrödornas förmåga till snabb tillväxt kan innebära att det inte är så känsligt med ett gles bestånd. Även en ganska gles fånggröda kan klara sin uppgift att tömma markprofilen genom att öka sin tillväxt, vid måttliga mängder kväve i marken (Stenberg m fl, 2007). Beroende på bl a tillgängliga kvävemängder i marken och såtidpunkt har olika undersökningar visat på väldigt varierande tillväxt och upptag. I en omfattande försöksserie i Skåne med vitsenap och oljerättika som fånggröda, var den ovanjordiska biomassan i slutet av oktober i medeltal ca 1000 kg ts/ha med ett kväveinnehåll på ca 20 kg N/ha (Adholm, 2005). Det stämmer väl överens med det man funnit i danska studier för ogödslad fånggröda (Møller Hansen m fl, 2000). I studier i Västergötland och Västmanland var tillväxten något mindre, 500–900 kg ts/ha (Liu, muntl.). Det finns en stor variation i materialet, mellan platser och år, som delvis beror på hur väl etableringen lyckades, men det verkar inte vara några stora skillnader mellan oljerättika och vitsenap.

Höstrapsen har, liksom oljerättika och senap, en god förmåga till tillväxt. Gödslad höstraps som såddes under augusti i Västergötland innehöll exempelvis 50–75 kg N/ha i den ovanjordiska biomassan på senhösten (Engström m fl, 2008). En annan studie, också den på olika platser i Västergötland visade på ett kväveinnehåll i grödan på upp till 155 kg N/ha efter stallgödseltillförsel (Engström, m fl, 2000). I en studie i Skåne där höstraps under några år odlades utan kvävegödsling på

hösten, med sådd i mitten av augusti, varierade kväveinnehållet i grödan mellan 13 och 53 kg N/ha (Aronsson, m fl, 2009). Undersökningar som utförts av Svensk Raps visar att höstrapsens såtidpunkt är avgörande för kväveupptaget, och att det är viktigt med höstgödsling för ett bra skördeutfall (Gunnarsson, muntl.).

3.3.4 Betydelse av såtidpunkt och höstens längd för tillväxten

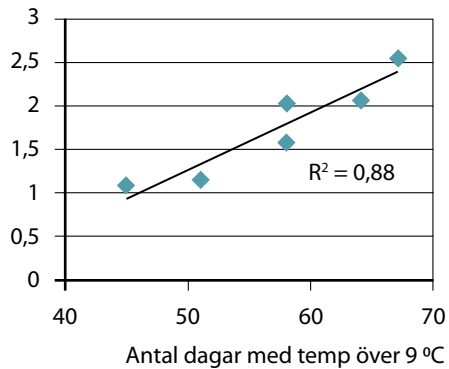
I all litteratur framhålls såtidpunkten som en gemensam och mycket viktig faktor för alla eftersådda fånggrödor. Under fuktiga förhållanden med möjlighet till groning under sensommaren kan sådd före skörd av huvudgrödan ha betydelse för att förlänga tillväxtperioden. Brassica-fånggrödor som sås tidigt visar nästan alltid ett större upptag än de som sås senare. I danska studier som sammanfattas av Møller Hansen m fl (2000) såddes vitsenap och oljerättika efter skörd på lerjord. Vid sådd efter höstkorn var kväveupptaget 40–45 kg N/ha, vilket var betydligt större än vad som uppmättes vid sådd efter vårkorn, 13–18 kg N/ha, som skördades 3–4 veckor senare. En 3-årig studie av oljerättika och vitsenap, sådd 26–28 augusti efter vårkorn i Halland, visade att kväveinnehållet i fånggrödans biomassa var litet på senhösten, endast 5–8 kg N/ha. Vid sådd redan i juni-juli efter färskpotatis uppmättes 20–55 kg/N. Skillnaden berodde inte bara på såtid utan också på kvävemängderna i marken (Torstensson m fl, 2011).

Att definiera när sådd av brassica-fånggrödor ska ske för att få tillräcklig effekt är viktigt, men det varierar förstås beroende på plats och årsmån. Enligt den danska sammanställningen av fånggrödor (Møller Hansen, m fl, 2000) visar danska undersökningar goda erfarenheter vid sådd under augusti, medan sådd efter 1 september resulterade i alltför dålig tillväxt. I ett faktablad från Ohio State University säger man att 60 dagar med goda odlingsbetingelser är önskvärt (Sundermeier, 2008). Enligt en tysk publikation (Lehrke, 2000) är en tumregel att en mellangröda kräver minst 50 dagar med en medeltemperatur på 9 °C för att hinna få en god tillväxt. I en treårig studie på olika platser i Skåne (Olsson, 2009) presenterades tillväxtdata för vitsenap och rättika som fått mellan 45 och 68 dagar som uppfyllde detta villkor. Sambandet mellan antal dagar över 9 °C och biomassa i oktober var tydligt. Det var tydligare än om man satte mängden biomassa i relation till såtidpunkten. Det är i och för sig inte konstigt eftersom alla år har olika klimatförhållanden. Vid 50 dagar med temperaturer över 9 °C kan man enligt sambandet från studien av Olsson (2009) räkna med ett drygt 1 ton ts /ha av både oljerättika och vitsenap (figur 2). Med en antagen kvävehalt på 3 % skulle det betyda ett upptag i ovanjordisk biomassa på ca 40 kg N/ha. Enligt sambandet som erhöles från dessa data skulle en dags kortare tillväxttid kunna betyda 1–2 kg N/ha mindre upptag av kväve i ovanjordisk biomassa. Enligt Vos & van der Putten (1997) kan man förvänta sig en reduktion av upptaget med 3 kg N/dag vid odling av både råg- och brassica-fånggrödor med god kvävetillgång.

Frostkänsligheten på hösten har betydelse för hur länge fånggrödornas upptagskapacitet kan nyttjas. Vitsenap är en av de känsligare, och slås ut vid froster på ett par minusgrader. Variationen hos tidpunkt för första frostnatt i olika delar av Sverige visas i figur 3. Det sätter en begränsning för fortsatt tillväxt, även om det kommer varmare perioder efteråt. Oljerättika är mindre känslig och klarar 4–6 minusgrader under flera dygn. Ibland kan oljerättikan övervintra i sydligaste Sverige, men sortvariationen är stor. Höstraps är däremot en relativt hårdig växt som bara utvintrar helt vid extrema förhållanden i södra Sverige.

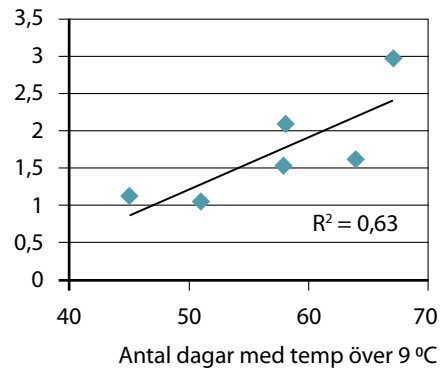
Vitsenap

Ovanjordisk biomassa, ton/ha

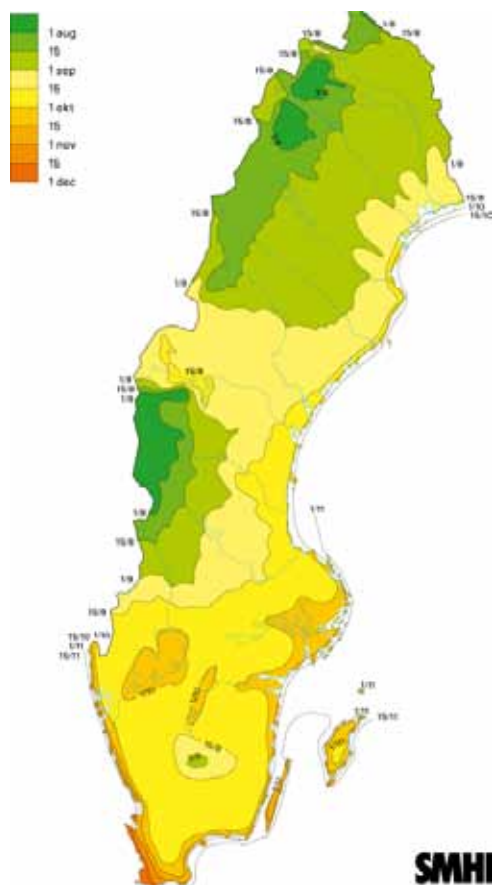


Oljerättika

Ovanjordisk biomassa, ton/ha



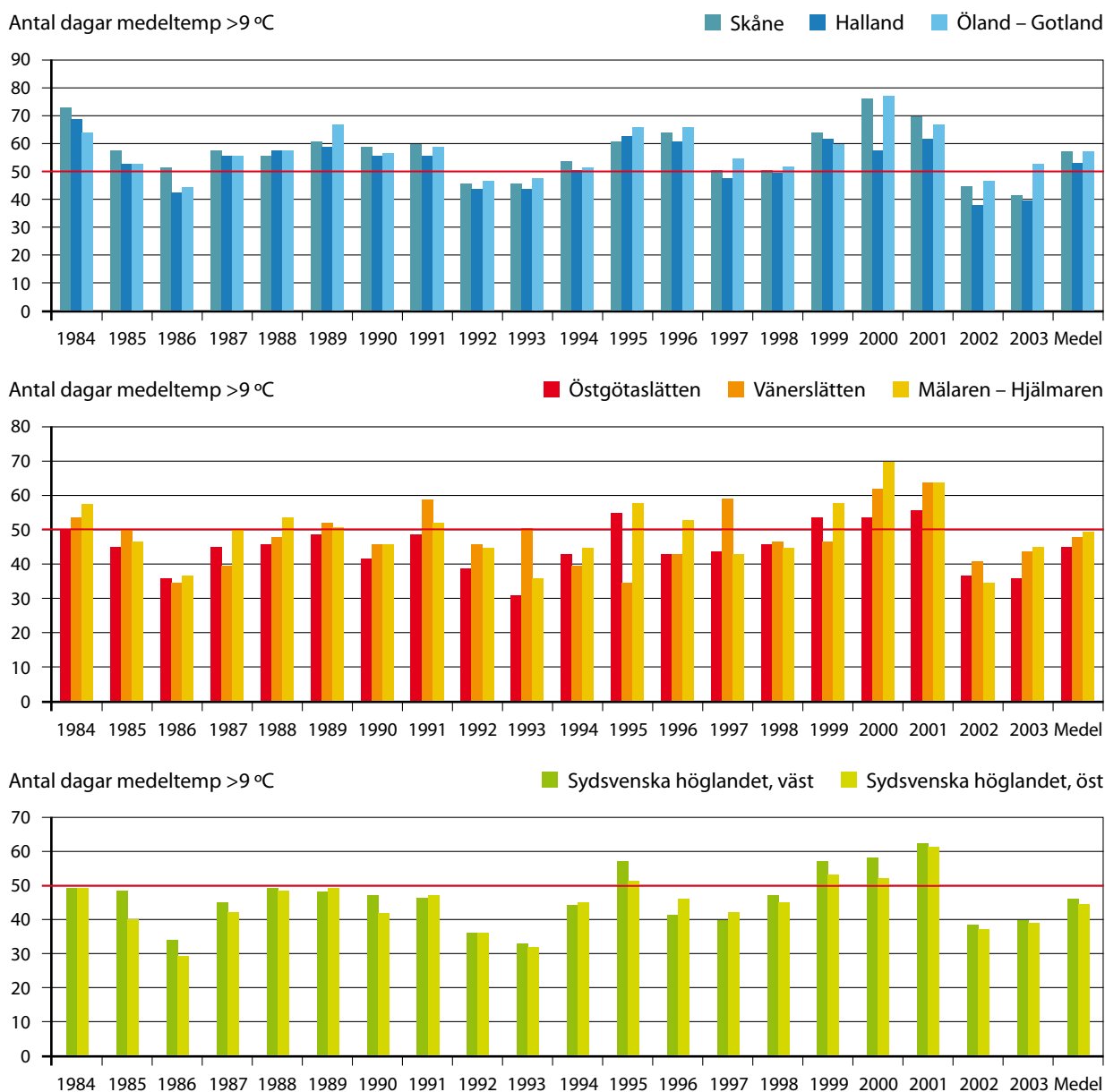
Figur 2. Sambandet mellan tid som fånggrödan får växa och dess produktion av biomassa. Efter: Olsson, Å. 2009. Sanering av betcystnematoder med resistent mellangrödor. Nordic Beet Research slutrapport 409-2006-2009.



Figur 3. SMHI:s karta över första höstfrosten i olika delar av landet.

Tabell 5. Klimatförutsättningar för brassica-fånggrödornas tillväxt i några olika regioner i södra Sverige med utgångspunkten att sådden sker 20 augusti. Sammanställning baserad på klimatdata (1984–2003) som används i beräkningar av utlakning från Sveriges åkermark (NV, 2008)

Område	Skåne	Halland	Öland-Gotland	Sydsv höglandet v	Sydsv höglandet ö	Östgötaslätten	Vänerslätten	Mälaren-Hjälmaren
Väderstation	Barkåkra	Halmstad	Hoburg	Frösåla m fl	Målilla	Malmslätt	Sätenäs	Stockholm
Medelantal dagar med minst 9 °C under 20 aug till frost	57	54	57	46	44	45	48	50
Andel år med mindre än 50 dagar över 9 °C	20 %	30 %	20 %	80 %	80 %	75 %	60 %	50 %
Ytterligare dagar som krävs för att 80 % av åren ska klara 50 dagar över 9 °C		6 dagar		10 dagar	12 dagar	11 dagar	9 dagar	5 dagar



Figur 4–6. Antal dagar för enskilda år som uppfyller villkoret med dygnsmedeltemperatur >9 °C under perioden 20 augusti fram till frost (dygnsmedeltemp under 0 °C).

3.3.5 Klimatförutsättningar för oljerättika och vitsenap i olika regioner

Om man utgår från resonemanget ovan kan man tänka sig att uppskatta utfallet av fånggrödeodling utifrån klimatdata. I tabell 5 har vi utgått från 20-åriga klimatserier (1984–2003) från några olika regioner i södra Sverige. Det är klimatserier som används vid beräkning av normalutlakning från svensk åkermark (NV, 2008). Om man sätter kriteriet att det krävs minst 50 dagar med dygnsmedeltemperaturer över 9 °C (Lehrke, 2000) kan man beräkna, dels ett medeltal över hela perioden, dels hur många av åren när villkoret uppfylls eller inte. Man också uppskatta hur många fler dagar som behövs i olika regioner för att villkoret ska uppfyllas. I tabellen har det satts start vid sådd 20 augusti och en gräns vid första dygnet med medeltemperaturen lägre än 0 °C. Då antas tillväxten avbrytas, även om det kommer varma dagar efter detta. För att göra en korrekt bedömning av när en fånggröda fryser till döds skulle man lämpligen titta på min-temperaturer under natten, eftersom en riktigt kall natt kan följas av en betydligt varmare dag och resultera i ett dygnsmedelvärde över noll. Resultaten i tabellen och figurerna 4–6 är exempel på ett angreppssätt att bedöma fånggrödor förmåga utifrån temperaturförhållande, som kan behöva modifieras för att bli en bra indikator.

Sådd den 20 augusti verkar, enligt tabell 5 och figur 4, fungera för Skåne, där endast 1 av 5 år har färre dagar än 50 som uppfyller villkoret som satts. Om sådden görs 10 dagar senare ökar däremot antalet år med otillräckligt antal dagar upp till 3 av fem år. I Halland skulle etableringen behöva göras 6 dagar före 20 augusti för att fånggrödan under 4 av 5 år ska uppfylla villkoren. På Öland-Gotland verkar klimatbetingelserna vara lika dem i Skåne, medan klimatet i de övriga fyra regionerna tyder på att fånggrödan skulle behöva sås minst 5–12 dagar tidigare, figur 5–6. Enligt detta angreppssätt ser det ut som om fånggröda av oljerättika kan fungera ända upp i Mälardalen om den sås i början av augusti. För vitsenap, som är mer frostkänslig bör man nog titta närmare på vid vilka datum den första frosten uppträder under olika år för att se när upptaget definitivt avslutas. Det är förmodligen viktigt att se även på andra förutsättningar än klimatet. En sådan är etableringsförhållandena i olika regioner. I områden där det är vanligt med torra förhållanden kanske det snarare är etableringsmöjligheterna som sätter gränsen för odling av fånggröda. En mycket viktig fråga i sammanhanget är om sådden över huvudtaget kan tidigareläggas till början av augusti med tanke på grödornas skördedatum. Om sådden ska ske efter grödan kan det bli svårt i många fall. Det kräver i så fall att fånggrödan etableras i växande gröda, vilket alltså kan vara svårt att lyckas med.

3.3.6 Tidpunkt för brytning av brassica-fånggrödor

Brassica-fånggrödor har ofta högre kvävehalter och lägre C:N-kvoter än exempelvis vallgräsen, och därmed en snabbare återmineralisering av kväve. Kvävehalt och C:N-kvot varierar emellertid avsevärt beroende på utvecklingsstadium. Oljerättika och vitsenap som såtts relativt sent kan ha kvävehalter på 3–5 %, medan fånggrödor som såtts tidigt och som hunnit få mer fiberrika växtdelar kan ha lägre kvävehalter. Kvävehalterna hos ogödslad höstraps var under en femårsperiod i ett försök i Skåne 3,4–4,5 % vid provtagning på senhösten (Aronsson m fl, 2009b). I ett försök på lätt jord i Halland odlades oljerättika och vitsenap som fånggröda efter vårkorn (sådd i slutet av augusti) och efter potatis (sådd i juni-juli) under tre år (Torstensson m fl, 2011). Fånggrödan som såddes tidigt efter potatis utvecklade

lades kraftigt och hade en C:N-kvot på 30–40 i samband med nedbrukning på senhösten. Fånggrödorna som såddes sent visade en liten tillväxt och bestod av ett spätt växtmaterial med C:N-kvot på 10. Både dålig tillväxt, men också snabb återmineralisering av kväve var sannolikt en orsak till att dessa fånggrödor inte gav någon effekt alls på kväveläckaget, medan fånggrödan efter potatis hade god effekt.

För brassica-fånggrödor som såtts under senare delen av sommaren bör man vänta så länge som möjligt med nedbrukningen (Tabell 3), helst tills de dör av frosten. Att utnyttja fånggrödan så länge som möjligt under hösten viktigt är för alla eftersådda fånggrödor och kemisk avdödning bör därför undvikas, rent logiskt. Det måste emellertid vägas mot risken att fånggrödan blir ett ogräs genom att den är svår att rå på mekaniskt, och/eller att den blir en brygga för växtsjukdomar. Frö från fånggrödeplantor i ordinarie oljeväxtgrödor kan försämra kvalitén hos dessa. I praktiken väljer många odlare att avdöda brassica-fånggrödor på kemisk väg under hösten eller ibland under våren om den överlevt vintern (Adholm, muntl.). Fånggrödans avdödning i samband med frost är ett naturligt avslut, och när fånggrödan väl dött finns det, med tanke på läckaget, ingen anledning att vänta med nedbrukningen om man ändå tänkt sig att bearbeta efter fånggrödan. Det döda växtmaterialet frigör snabbt kväve och fosfor. Att välja en frostkänslig fånggröda kan vara en idé om man vill vara säker på att slippa använda kemisk avdödning. Då kan utesluten bearbetning på hösten och direktsådd på våren i den döda fånggrödan vara ett möjligt alternativ (Sundermeier, 2008).

3.3.7 Rötterna och markstrukturen

Flera av brassica-grödorna har en mer eller mindre kraftig pålrot, som snabbt initieras och fort växer på djupet. Särskilt oljerättika visade i en fånggrödestudie bra rottillväxt under hösten (Thorup-Kristensen, 2001), även om de i början växte något långsammare än fånggröderötter av stråsåd. En snabb och djup rottillväxt är en egenskap som har betydelse för funktionen som fånggröda. En förmåga att hämta näring från djupare markskikt kan ha direkt betydelse för läckagerisken genom att kväve löper mindre risk att förloras under rotdjup. På det viset finns också möjligheten att redan förlorad näring med växtens hjälp förflyttas upp igen för att bli tillgänglig för nästa gröda.

Ett pålrotsystem kan bidra till att luckra jorden. En bra markstruktur behöver dock inte bara hänga ihop med rotsystemets fysiska utformning. Det kan vara lätt att förväxla andra positiva effekter av fånggrödor, t ex ökad mullhalt, kväveeffektverkan och ökad aggregatstabilitet som generellt kan härröras till odling av fånggrödor (Kirkegaard m fl, 2008). Biologisk alvluckring (bio-drilling) är ett begrepp som förknippas med just kraftiga pålrotsystem. Det innebär att rötterna kan penetrera jord med kompakteringsproblem, där andra växters rötter skulle hindras eller deformeras. De banar på så sätt väg för efterföljande grödor genom att bilda s.k. bioporor genom den kompakta jorden, som dessas rötter kan utnyttja (Cresswell & Kirkegaard, 1995). Bland oljeväxterna är det främst rättikorna som visat på förmåga att bilda bioporor (Chen & Weil, 2010), medan raps har ett rotsystem som är relativt känsligt för markpackning enligt Peltonen-Sainio m fl (2011). Cresswell & Kirkegaard (1995) konstaterade också att raps inte klarar att skapa nya större porer utan hänvisar till att det troligen främst är fleråriga grödor, t ex lucern, som har denna förmåga. Bland rättikorna är det framför allt vissa typer, som lyfts fram

i detta sammanhang. Arten är densamma (*Raphanus sativus*), men denna art finns i olika variationer. Oljerättikan, den vanligaste i fånggrödesammanhang (var. *oleiformis*), har en kraftig pålrot som förgrenas, medan rättikor av varieteten *longipinnatus* har en ännu kraftigare och oförgrenad pålrot, som delvis syns ovan mark. Denna variant har inte undersökts i större omfattning under svenska förhållanden men den har rönt stort intresse, bland annat i USA.

3.3.8 Oljerättika (*Raphanus sativus* var *oleiformis*)

Oljerättikan hör till familjen korsblommiga växter (*Brassicaceae*). Oljerättika som sås på våren genomgår sin livscykel under säsongen. Vid sådd som fånggröda på hösten når den däremot oftast inte blomningsstadium. Om den hinner gå i blom (vilket beror av sort och såtidpunkt) finns risken att den uppträder som ett fröspritt ogräs följande år. Ett sätt att undvika detta är att slå av fånggrödan, vilket den tål bra. Det finns en stor sortvariation, där de sena sorterna är att föredra för funktionen som fånggröda eftersom de håller sig kvar i aktivt växande vegetativ fas under hösten (som en bladrosett). Oljerättikan är härdig ned till ungefär 6 minusgrader och utvintrar vanligen, men inte alltid. Det finns emellertid sorter som är betydligt frostkänsligare. Oljerättika är den rättikatyp som det finns störst erfarenhet av under svenska förhållanden. Den etableras snabbt och har ett djupgående rotsystem med kraftig pålrot. Den har små frön och är torkkänslig, vilket ställer stora krav på anpassning av etablering.

Lämpliga huvudgrödor

För att utnyttja brassica-fånggrödornas förmåga fungerar de bäst efter huvudgrödor som skördas tidigt, så att fånggrödorna får augusti månad tillgänglig för tillväxt. Vårkorn och höstvetete är de vanligaste huvudgrödorna, men tidigt skördad potatis och grönsaker är annars grödor där oljerättika kan fylla en viktig funktion, liksom efter vallbrott. Många odlare vill använda sig av oljerättikans sanerande effekt på skadegörare inför sådden av potatis, vilket begränsar möjligheten att använda den som fånggröda efter potatisen. Just oljerättikans förmåga att gå på djupet gör den lämplig efter grödor med grunt rotsystem där risken är stor att det finns överblivet gödselkväve kvar i profilen efter skörd, t ex i grönsaksodling. De flesta sorter av oljerättika är toleranta mot klumprotsjuka, men inte helt resistenta. För den som vill minimera riskerna för uppförökning av klumprotsjuka bör oljerättikan därför betraktas som vilken brassica-fånggröda som helst i växtföljden med det intervall mellan brassica-fånggrödor som då rekommenderas (minst 4 år).

Såtidpunkt, tidpunkt för brytning m m

Som etableringsmetod för oljerättika är sådd efter skörd, med någon form av yttlig myllning det som generellt rekommenderas för säkrast etablering (se avsnitt 3.3.2). Under fuktiga förhållanden kan sådd med fördel göras i växande huvudgröda, vilket förlänger fånggrödans tillväxtperiod. Det är emellertid mer riskfyllt, och frön som inte gror fullt ut i samband med sådd skadas, och kan sedan inte gro när förhållandena blir de rätta.

Såtidpunkter, etableringsstrategier och brytningstidpunkter för brassica-fånggrödor diskuteras allmänt i avsnitten ovan, exempelvis tabell 3 och 4.

Erfarenheter kring effekt på kväveläckage

Oljerättika har inte undersökts i så stor utsträckning i utlakningsförsöken. I ett 3-årigt utlakningsförsök i Halland visade det sig att färskpotatis följt av oljerättika inte gav upphov till större utlakning än vårkorn, och betydligt lägre utlakning än matpotatis som följdes av höstråg som fånggröda (Torstensson, m fl, 2011). Däremot gav inte sådd av vitsenap eller oljerättika minskad utlakning efter vårkorn, då den såddes i slutet av augusti. Det berodde på en dålig tillväxt hos fånggrödan.

3.3.9 Rättika (*Raphanus sativus var longipinnatus*)

Rättikor av varieteten *longipinnatus* kallas ofta daikon-/dichonrättika, japansk rättika, forage radish, grönsaksrättika eller maträttika. I Sverige har sorter av denna rättikatyp samlats under namnet Structurator, medan de i USA kallas Tillage-radish. Enligt ett faktablad från University of Maryland är denna s. k. Tillage-radish inte lika vinterhärdig som oljerättikan, som anses klara 6 minusgrader under några dagar. Tillage-radish dör efter en tid då temperaturen understiger -4 °C. Dessa rättikavarianter har ännu kraftigare och mer oförgrenad pålrot än den vanliga oljerättikan. Enligt ett informationsblad från en svensk återförsäljare av fröer (www.agortus.com) är Structurator-sorternas fördelning av biomassa mellan rot och skott 1:1,25 medan den är 1:2 för oljerättika. Det kan jämföras med vitsenap som enligt samma källa har fördelningen 1:4.

Utifrån de provodlingar som gjorts i Sverige verkar rättikan bete sig ungefär på samma sätt som oljerättikan när det gäller tillväxt i ovanjordisk biomassa. Rotdjupet är troligen likartat, även om dess karaktär skiljer sig åt. Rättika används nu i flera forskningsprojekt. Ett gäller exempelvis mellangrödor i potatisodling (Persson, P., muntl.). Andra gäller strukturförbättrande effekt och fosforutlakning (Liu m fl, 2010). Rättika ingår också i ett i utlakningsförsök söder om Stockholm (Ulén, muntl.). Rättikans inverkan på risken för spridning av klumprotsjuka bedöms vara på samma nivå som oljerättika (Wallenhammar, muntl.) eller mindre. Enligt Diedrichsen m fl (2009) är det hos de japanska rättikorna man funnit störst tolerans mot klumprotsjuka.

3.3.10 Vitsenap (*Sinapis alba*)

Vitsenap är en ettårig växt som växer snabbt och som också har en snabb utveckling, särskilt under långdagsförhållanden. Vitsenap som sås i början av augusti kan sätta frö innan den utvintrar, vilket den gör vid ca 2 minusgrader. Om den sås in i huvudgrödan under sommaren finns dessutom risk att den tar skada vid skörd eftersom den inte tål avslagning så bra. Vitsenap har en pålrot, men inte så kraftig som rättikorna och breder ut sig i ett mer finförgrenat rotsystem.

Lämpliga huvudgrödor, såtidpunkt, etablering och utlakning

Vitsenapens användningsområde och råden för odling är lika de för oljerättikan. Dess sämre vinterhärdighet gör den mindre lämplig för de riktigt läckagebenägna jordarna och det är också viktigare att inte så den för tidigt med tanke på dess snabba utvecklingsförlopp. Den är mer mottaglig för klumprotsjuka än oljerättikan, vilket gör den direkt olämplig i växtföljder med oljeväxter. Detta har begränsat användningen av vitsenap i Sverige. Annars är den mindre torkkänslig än oljerättika genom att den har större frön, och den är därför lättare att etablera på sensommaren.

I övrigt, se under oljerättika samt i de allmänna avsnitten för brassica-fånggrödor ovan.

3.3.11 Höstraps (*Brassica napus*)

Att så höstraps som fånggröda är sällan ett alternativ till att odla den som ordinarie gröda. Den är ändå ett exempel på en övervintrande brassica-art med bra fånggrödefunktion. Höstraps utvintrar sällan i södra Sverige. Visserligen dör delar av rapsgrödan under vintern; hela 25 kg N/ha förlorades från bladmassan enligt Engström m fl (2008) i en studie i Västergötland. Ändå har raps, med måttlig gödsling på hösten, fungerat bra i utlakningssammanhang. I ett utlakningsförsök vid Lönnstorp i Skåne odlades höstraps efter grön- respektive stubbräda utan kvävetillförsel på hösten, vilket resulterade i kväveutlakning som var lika liten som i led med insådd fånggröda vissa år (Aronsson m fl, 2009b). En ordinarie höstrapsgröda som gödglas på hösten kan också klara att hålla nere läckaget på låga nivåer. Enligt Engström m fl (2010) kunde rapsen (sådd 18 augusti) gödglas med 60 kg N/ha utan att läckaget blev större än från raps odlad med en mindre giva. Kraftig höstgödsling innebär emellertid en risk om grödan ej växer som förväntat, vilket visats i tidigare utlakningsstudier vid Lönnstorp i Skåne (Hessel m fl, 1998).

3.4 Höstsäd som eftersådd fånggröda

3.4.1 Höstråg (*Secale cereale*), Höstvetete (*Triticum aestivum*), Rågvetete (*Triticale*), Höstkorn (*Hordeum vulgare*)

Alla våra höstsådda stråsådesgrödor kan fungera som eftersådda fånggrödor. Vid en sammanställning av ett 70-tal observationer i Götaland och Svealand (Lindén m fl, 2000) visade höstråg något större tillväxt och kväveupptag än höstvetete och rågvete. Särskilt under förhållanden med mycket kväve i marken kan höstrågen ta upp mer kväve. I utlakningssammanhang är också höstråg den gröda som främst undersökts, både i Sverige och utomlands.

Lämplig huvudgröda, såtidpunkt, m m

Höstsåden har inte lika kraftig tillväxt under hösten som brassica-fånggrödorna, och kräver ofta någon form av såbäddsberedning innan sådd. Jordbearbetning tidigt på hösten leder till en ökad kväveminerialisering, och i utlakningsstudier har man sett att höstsådens upptag och den ökade frigörelsen av kväve i marken ibland tar ut varandra (Hessel m fl, 1998; Torstensson m fl, 1994). Trots att tidig jordbearbetning på hösten ökar kväveminerialiseringen är tidig sådd, dvs första halvan av september, viktigt för höstsådens funktion som fånggröda. I studien av Lindén m fl (2000) kom man till slutsatsen att vid sådd senast 15 september i Götaland kan man få en bestockning hos höstsåden, och nå ett kväveupptag på ca 12 kg/ha i ovanjordisk biomassa. Vid sådd i månadsskiftet augusti-september uppmättes kväveinnehåll på i medeltal 20 kg/ha i grönmassan, medan sådd i början av oktober endast resulterade i några få kilo. Även i amerikanska studier i t ex Minnesota (Feyereisen m fl, 2006) anges mitten av september som en gräns för senast tänkbara sådd. Nackdelen med tidig sådd av höstsäd är att risken för angrepp av skadedörare, såsom fritfluga och olika svampsjukdomar ökar.

Eftersådda fånggrödor av höstsäd lämpar sig alltså efter grödor som skördas

senast i början av september, gärna tidigare, t ex potatis och oljeväxter. Dessa grödor är inte heller är släkt med gräsen, vilket är positivt ur växtföljdsynpunkt. För växtföljder där inte brassica-fånggrödor är lämpade, t ex med tanke på risk för klumprotsjuka, kan höstsäden vara ett alternativ.

Tidpunkt för brytning

Fånggrödor av höstsäd bör brukas ned på våren för bästa summaeffekt på läckage och kvävedynamik (Feyereisen m fl, 2006; Staver & Brinsfield, 1998; Thorup-Kristensen & Dressbøll, 2010). De består vanligtvis av växtmaterial med relativt hög kvävehalt (låg C:N-kvot), och frigörelsen av kväve kommer snabbt igång efter nedbrukning. Till viss del sker också en naturlig avdödning av fånggrödan under vintern, vilket ytterligare påskyndar kväveminaliseringen. Särskilt eftersom marken ofta bearbetats inför sådd av fånggrödan är det viktigt att inte ytterligare bearbeta under hösten.

Erfarenheter kring effekt på kväveläckage

Höstråg, höstkorn och rågvete som fånggröda har studerats i utlakningsförsök på lätt jord i Halland och Västergötland, främst efter potatis (Lindén m fl, 1999; Torstensson m fl, 1992; Torstensson m fl, 1994 och Torstensson & Håkansson, 2001). Kväveupptaget i fånggrödans ovanjordiska biomassa varierade mellan några få upp till ca 20 kg/ha beroende på såtidpunkt och kvävetillgång i marken, vilket också gav varierad effekt på läckaget. Ofta ger rågfånggröda en tydlig minskning av kväveläckaget, förutsatt att den sås i tid. Däremot kan man inte räkna med att den kan tömma markprofilen lika bra som brassica-fånggrödor eller insådda gräs-fånggrödor, om det finns rikligt med kväve i marken. Upptagskapaciteten räcker helt enkelt inte till. I ett utlakningsförsök vid Lönnstorp i Skåne såg man exempelvis att tidigare sådd höstvetet ledde till betydligt bättre tillväxt, men höstvetet förmådde ändå inte tömma markprofilen särskilt väl på kväve efter en höstrapsgröda (Aronsson m fl, 2009b). I amerikanska studier har man sett god effekt av rågfånggrödor (Feyereisen m fl, 2006; Morgan m fl, 1942; Staver & Brinsfield, 1998).

3.5 Övriga fånggrödor

3.5.1 Cikoria (*Cichorium intybus*)

Cikoria är en flerårig växt i familjen korgblommiga växter (*Asteraceae*). Den växer vilt, men används som vallväxt i förädlad form. Den har ganska länge rönt ett intresse som fånggröda genom sin förmåga att växa under hösten och sitt djupgående pålrotsystem (Karlsson-Strese m fl, 1996; Rydberg, 1998; Thorup-Kristensen m fl, 2003). I studier av olika grödors förmåga att luckra kompakterade jordar (Löfkvist, 2005) visade cikorian nästan lika goda resultat som lusern, vilken har ett allmänt gott rykte som alvluckrare. Cikorian är torktålig, klarar avslagning bra och är hårdig i stora delar av Sverige. Eftersom den inte är släkt med våra åkergrödor riskerar den inte att bli brygga för växtföljdssjukdomar kopplade till specifika grödor.

För att hinna etablera cikoria bör den användas som insådd fånggröda, i exempelvis stråsäd. När etableringen lyckats har den växt lika bra som engelskt rajgräs

(Bergkvist m fl, 2002; Stenberg m fl, 2005; Liu, muntl.), men man verkar få räkna med att den kan misslyckas under 2 av 3 år (Bergkvist m fl, 2002). Glest mellan fånggrödeplantorna och en uppförökning av ogräs är något som observerats i fältförsöken. Cikorians akilleshäl är just att den konkurrerar dåligt med ogräs genom att bestånden ofta blir luckiga. Det fungerar inte att hantera ogräsen kemiskt under säsongen eftersom cikorian ej klarar behandlingen. Den riskerar också att bli kvar som ett ogräs genom att hela roten inte alltid dör i samband med nedbrukning.

Cikoria studeras just nu med avseende på läckage av fosfor efter frost. Den är visserligen en hårdig växt, men då den utsätts för kraftig frost kan växtmaterialet släppa ifrån sig löst fosfor. I en studie där cikorian fick växa i jordkolonner innan den utsattes för frost och sedan bevattnades kraftigt, var fosforförlusterna betydligt mindre än i led med hundäxing, rajgräs, honungsört och oljerättika, enligt preliminära resultat (Liu m fl, 2010).

3.5.2 Honungsört (*Phacelia tanacetifolia*)

Honungsörten är en ettårig växt i familjen strävbladiga växter (*Boraginaceae*). Den har fått stort intresse världen över både genom sin funktion som fånggröda och som viktig växt för bin. Den är inte släkt med våra vanliga åkergrödor varför risken är liten för uppförökning av växtskadegörare. Enligt flera studier har den under gynnsamma förhållanden snabb tillväxt med stort kväveupptag under hösten, både ovan och under jord. I en dansk studie växte den lika bra som vitsenap och bättre än italienskt rajgräs (Olsen, 1994). Fältstudier i Västmanland och Västergötland har visat en tillväxt på 600–1300 kg ts/ha (Liu, muntl.).

I odlingssystemförsök vid Lönnstorp i Skåne, där honungsört provades ett år, växte den däremot betydligt sämre än vitsenap (Nilsson & Christensson, 2010). Rotutvecklingen (med pålrot) sker snabbt på djupet (Thorup-Kristensen, 2001) och den är genom sitt bladverk troligen en bra ogräskonkurrent. Den är mycket känslig för frost. I samband med den första frostnatten kan man räkna med att honungsörten dör vilket betyder att tidpunkten för fånggrödans brytning kan uppstå relativt tidigt i frostkänsliga lägen (figur 3). Honungsört har provats i samodling med rödklöver i Skåne för att ha en gröda som tar över under hösten när honungsörtens tillväxt avtar (opublicerat).

Honungsörten tål inte avslagning och skulle därför inte kunna odlas som en insädd fånggröda som riskerar att slås av vid skörd. Fröna kräver mörker för att gro och därför kan den inte heller bredsås innan skörd. Någon form av myllning efter skörd av huvudgrödan är det alternativ som återstår och sådden bör sannolikt ske under första halvan av augusti månad för att få en tillräckligt kraftig gröda innan första frosten slår till.

Internationellt framhålls honungsörten ofta som en grüngödslingsgröda. Den är ingen kvävefixerare, men har en förmåga att snabbt släppa ifrån sig kväve efter frost eller nedbrukning, vilket kan ge god förfruktseffekt men också risk för utlakning. Det är något som man i den danska utredningen om fånggrödor (Møller Hansen m fl, 2000) ansåg begränsa intresset för honungsört som fånggröda. Samtidigt visar preliminära resultat från studier av fosforutlakning att frostskadad honungsört, förvånansvärt nog, inte verkar ge större läckage av fosfor jämfört med andra fånggrödor (Liu m fl, 2010), snarare lägre (Riddle, 2011).

3.5.3 Luddvicker (*Vicia villosa*)

Luddvicker är en vinterannuell baljväxt (familjen *Fabaceae*). Den gror under sommar/höst för att sedan gå upp i blom efterföljande år. Därmed riskerar den inte att producera frö under hösten. Det är en fånggröda som lämpar sig för eftersådd, och när den sås i augusti-september har den en relativt god vinterhärdighet (-15 °C), men det finns en sortvariation. Om den sås tidigare är risken däremot stor att den utvintrar (Stivers m fl).

Luddvicker är en fånggröda som rönt intresse både i Europa och USA, främst som en kombinerad fånggröda/gröngödslingsgröda. Tillväxten under hösten är ofta inte det som framhålls, även om den anses växa bra under låga temperaturer (Power & Zachariassen, 1993). Teasdale m fl (2004) tog fram en funktion för att prediktera luddvickerns tillväxt utifrån temperatur. Bland annat kom man fram till att med gränsen satt vid +4 °C behövs temperatursumman 655 daggrader för att få 50 % marktäckning av grödan fram till senhösten. Tillväxten på våren är ofta det som poängteras och den kan därför vara lämplig som fånggröda före en gröda som sås sent på våren. Där kan den bli en bra förfrukt med snabb leverans av kväve (Stute & Posner, 1995). I en norsk studie på några platser sådde man luddvicker i augusti-september och lät den sedan växa fram till slutet av juni. Huvuddelen av tillväxten skedde efter första maj, då biomassan ökade från ca 1 ton till i medeltal 5 ton ts/ha (Brandsaeter m fl, 2008). Kväveeffekten var god och man rekommenderade denna gröda för sådd som gröngödslingsgröda senast i början av september efter stråsäd. Etableringen kan göras genom bredsådd före skörd om förhållandena är fuktiga. Annars är någon form av myllning viktig. Ofta rekommenderas samodling med stråsäd (höstråg, havre eller höstvetete) för att få ett större kväveupptag under hösten, och man har t om provat att avdöda stråsäden på våren för att låta luddvickern fortsätta växa ytterligare en tid under våren (Clark m fl, 2007).

Luddvickern verkar ha en viss allelopatisk verkan mot ogräs (Teasdale & Daughtry, 1993), och ingen direkt koppling till någon skadegörare under våra förhållanden. I vissa studier har man sett en ökad risk för uppförökning av några typer av nematoder, bland annat *Meloidogyne arenaria* (http://www.sarep.ucdavis.edu/ccrop/search_ccrop.html).

Svenska erfarenheter

I försök i Västergötland och Skåne användes luddvicker i renbestånd som eftersådd fånggröda i jämförelse med oljeväxter och höstråg. Luddvickern var den fånggröda som tömde marken sämst under hösten, men hade ändå en viss effekt jämfört med led utan fånggröda. Hur förhållandena såg ut på våren studerades inte (Stenberg m fl, 2007).

3.5.4 Fältkrassing (*Lepidium campestre*)

Fältkrassing är en tvåårig vinterhärdig växt från familjen *Brassicaceae* som växer vilt i södra och mellersta Sverige. Den saknar relevans som fånggröda idag, men den har egenskaper som gör den intressant, och dessutom pågår förädlingsarbete. Genom sin tvååriga livscykel och lovande avkastning (upp till 3,7 ton/ha enligt Merker & Nilsson (1995)) har den valts ut bland olika oljeväxtarter som intressant för att kombinera vinterbevuxen mark och produktion av olja. Fältkrassingens förädlingsarbete studerats sedan början av 1990-talet vid SLU i Alnarp och ett omfattande föräd-

lingsarbete pågår, både genom traditionella metoder och med genteknik (Eriksson, 2009).

Fältkrassingens har en stor tendens att drösa vilket gör den mindre intressant att odla som den ser ut idag. Som brassica-fånggröda, för nedbrukning på våren innan blomning skulle den däremot kunna vara intressant. Fältkrassingens kan kombinera fördelen med att så in fånggrödan i huvudgrödan på redan våren (vilket annars är vallväxternas styrka), med brassica-växtens goda förmåga att tömma marken på kväve under hösten. Fältkrassingens är mottaglig för klumprot-sjuka, och lämpar sig inte i växtföljder med andra oljeväxter, men i gräsdominerade växtföljder kan den vara ett alternativ till eftersådd oljerättika. Särskilt efter sent skördade grödor och i nordligare delar av Götaland, där det är svårt hinna etablera en eftersådd fånggröda, skulle den kunna bli intressant.

3.6 Fånggrödor i internationellt perspektiv

I den internationella litteraturen betraktas fånggrödor sällan enbart med tanke på funktionen att fånga kväve. Därför används oftare benämningen täckgrödor (cover crops), eftersom det växttäckede de ger har fler funktioner. Skydd mot erosion, förbättring av markstruktur och andra odlingsförhållanden, gröngödslingseffekt, ogräshämning och sjukdomssanering är sådana. Detta gör att täckgrödorna ofta odlas mer intensivt, och till och med gödslas för att ge den nytta man förväntar sig totalt sett. Gräsen och stråsåden finns där, tillsammans med brassica-grödor och olika baljväxter. Baljväxterna är särskilt intressanta med tanke på gröngödslingsfunktionen. Olika former av klöver (*Trifolium* spp), lusern (*Medicago* spp), vädplig (*Melilotus* spp) och vicker (*Vicia* spp) är släkten av baljväxterarter man hittar i litteraturen. Förutom röd- och vitklöver identifierade Karlsson-Strese m fl (1996) smultronklöver (*T. fragiferum*) som en möjlig fånggröda för våra förhållanden. Brandsaeter m fl (2008) konstaterade att även blodklöver (*T. incarnatum*) kan vara intressant för nordiska förhållanden, men inte subklöver (*T. subterraneum*). Bland vickerarterna är det, som framgår ovan, främst luddvicker (*V. villosa*) som är intressant för våra förhållanden och som kan ge en ny nisch genom att den är vinterannuell. Gul sötvädplig (*M. officinalis*) ser man ofta nämnd i amerikanska rekommendationer och den bör enligt Brandsaeter m fl (2008) vara funktionell i Norden, men däremot inte lusern. Andra baljväxtfånggrödor som nämns som tänkbara i Danmark av Møller Hansen m fl (2000) är perserklöver (*T. resupinatum*), käringtand (*Lotus corniculatus*), fodervicker (*V. sativa*) och foderärt (*Pisum sativum*).

Bland gräsarterna är höstråg och havre (som utvintrande fånggröda), vanliga fånggrödor för att motverka kväveläckage, särskilt i delar av USA. Insådda fånggrödor av vallgräs, särskilt rajgräs, är generellt sedda som mycket väl fungerande fånggrödor om man vill ha en bra effekt på utlakningen av kväve.

I Europeiska länder söder om oss, t ex Tyskland och Frankrike, är fånggrödor av vitsenap, oljerättika m fl populära, liksom honungsört (*Phacelia tanacetifolia*). Bovete (*Fagopyrum esculentum*), solros (*Helianthus annuus*) är också växter som används. Solros lyfts fram som en mycket snabbväxande gröda, liksom bovetet. Bovete är torktålig, men mycket frostkänslig. I Tyskland förekommer även åkerklätt (*Agrostemma githago*) och malva (*Malva sylvestris*) som tänkbara fånggrödor.

Här är det ofta bristen på släktskap med andra arter i växtföljden, strukturförbättring och sjukdomshämning som man är ute efter snarare än minskad kväveutlakning (Neumann, muntl.). Cikoria används däremot inte som fånggröda i Tyskland, och är inte heller så förekommande i de amerikanska faktabladen om täckgrödor.

4 Referenslista

- Abawi, G.S., & Widmer, T.L. 2000. Impact of soil health management practices on soilborne pathogens nematodes and root diseases of vegetable crops. *Applied Soil Ecology* 15, 37–47.
- Adholm, A. 2005. Vårsådd av fånggrödor i höstvet. Skåneförsöken 2005. Tillgängligt på: <http://www.skaneforsoken.nu/dokument/L3-2259-2005.pdf> (hämtat 2011-08-23)
- Andersson, G. 2008. Knäpparelarver i majs – ett återkommande problem. I: Rapport från växtodlings- och växtskydds dagar i Växjö den 10 och 11 december 2008. Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet nr 61, SLU, Alnarp, s. 33:1–33:8.
- Aronsson, H., Torstensson, G. Och Lindén, B. 2003. Långliggande utlakningsförsök på lätt jord i Halland och Västergötland. Effekter av flytgödseltillförsel, insådda fånggrödor och olika jordbearbetningstidpunkter på kvävedynamiken i marken och kväveutlakningen. *Ekohydrologi* nr 74. Avdelningen för vattenvårds-lära, SLU, Uppsala.
- Aronsson, H., Stenberg, M & Rydberg, T. 2009a. Kväve- och fosforutlakning från lerjord vid odling av två-årig grönträda med olika putsningsfrekvens. *Ekohydrologi* 111, SLU, Uppsala.
- Aronsson, H., Stenberg, M. & Rydberg, T. 2009b. Kväve- och fosforutlakning från två växtföljder på lerjord med grön- och stubbträda. *Ekohydrologi* 113, SLU, Uppsala.
- Aronsson, H. & Torstensson, G. 2009. Långsiktiga effekter av flytgödsel och fånggrödor på växtnäringsdynamik i marken och utlakning. Mellby försöksfält 1989–2009. *Ekohydrologi* 114, SLU, Uppsala.
- Aronsson, H. & Stenberg, M. 2010. Leaching of nitrogen from a 3-yr grain crop rotation on a clay soil *Soil Use and management* 26, 274–285.
- Aronsson, H., Stenberg, M. & Ulén, B. 2011. Leaching of N, P and glyphosate from two soils after herbicide treatment and incorporation of a ryegrass catch crop. *Soil Use and management* 27, 54–68.
- Baggs, E.M., Watson, C.A. & Rees, R.M. 2000. The fate of nitrogen from incorporated cover crop and green manure residues. *Nutrient cycling in agroecosystems* 56, 153–163.
- Bechmann, M. E., Kleinman, P. J. A., Sharpley, A.N. & Saporito, L. S. 2005. Freeze-thaw effects on phosphorus loss in run-off from manures and catch-cropped soils. *Journal of Environmental Quality* 34, 2301-I detta fall gav en tidigare avdödning av rågen dock ingen ökad kväveefterverkan.
- Bergkvist, G., Ohlander, L. och Rydberg, T. 2002. Insådd av mellangrödor i höstsäd. Rapport 4. Institutionen för ekologi och växtproduktionslära, SLU, Uppsala.
- Bergkvist, G. 2003. Perennial clovers and ryegrasses as understorey crops in cereals. *Agraria* 414, Doktorsavhandling, SLU, Uppsala

- Bergkvist, G., Adler, A. & Weih, M. 2010. Red fescue undersown in winter wheat suppresses *Elytrigia repens*. *Weed Research* 50, 447–455.
- Bergkvist, G., Stenberg, M., Wetterlind, J., Båth, B. & Elfstrand, S. 2011. Clover crops under-sown in winter wheat increase yield of subsequent spring barley – Effect of N dose and companion grass. *Field Crops Research* 120, 292–298.
- Bithell, S.L., Butler, R.C., Harrow, S., McKay, A. & Cromey, M.G. 2011. Susceptibility to take-all of cereal and grass species, and their effects on pathogen inoculum. *Annals of Applied Biology* 159 (2), 252–266
- Borggaard, O. K. & Gimsing, A. L. 2008. Review Fate of glyphosate in soil and the possibility of leaching to ground and surface waters. *Pesticide management* 64, 441–456.
- Bottomley, P.J., Sawyer, T.E., Boersma, L. . Dick, R. P & Hemphill, D.D. 1999. Winter cover crop enhances 2,4-D mineralization potential of surface and sub-surface soil. *Soil Biology and Biochemistry* 31, 849–857.
- Brandsaeter, L.O., Heggen, H., Riley, H., Stubhaug, E.& Henriksen, T. 2008. Winter survival, biomass accumulation and N mineralisation of winter annual and biennial legumes sown at various times of year in Northern temperate regions. *European Journal of Agronomy* 28. 437–448.
- Bång, U.& Wallenhammar A-C. 2007. Senap har starka gifter! Potatis och Grön-saker/Viola nr 12, 34–35
- Chen, G. & Weil,R.R. 2010. Penetration of cover crops through compacted soils. *Plant Soil* 331, 31–43.
- Clark, A.J., Meisinger, J.J. & Decker, A.M.2007. Effects of a Grass-Selective Her-bicide in a Vetch-Rye Cover Crop System on Corn Grain Yield and Soil Moisture. *Agronomy Journal* 99(1): 43–48.
- Courtney A D (1980). *Proc. British Crop Protection Conference – Weeds*, Brighton, UK.
- Creamer, N.G. & Bennett, M.A. 1997. Evaluation of cover crop mixtures for use in vegetable production systems. *Horticulture Science* 32:866–870.
- Cresswell, H.P. & Kirkegaard, J.A. 1995. Subsoil amelioration by plant roots – the process and the evidence. *Australian Journal of Soil Research* 33, 221–239.
- Dahlin, A.S., Stenberg, M. 2010. Cutting regime affects the amount and allocation of symbiotically fixed N in green manure leys. *Plant and Soil* 331, 401–412. DOI:10.1007/s11104-009-0261-1.
- Dabney, S. M., Delgado, J. A. and Reeves, D. W.2001.Using winter cover crops to improve soil and water quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32:7,1221–1250.
- Delgado, J.A. & R.F. Follett, eds. 2010. *Advances in Nitrogen Management for Water Quality*. Ankeny, IA: Soil and Water Conservation Society, Chapter 9: Dabney, S.M., Delgado, J.A., Meisinger, J.J., Schomberg, H.H., Liebig, M.A., Kaspar, T., Mitchell, J. & Reeves, W. Using Cover crops and cropping systems for nitrogen management.p. 230–281.

- Delgado, J.A., Del Grosso S.J. & Ogle, S.M. 2010. ^{15}N isotopic crop residue cycling studies and modeling suggest that IPCC methodologies to assess residue contributions to N_2O -N emissions should be reevaluated. *Nutrient cycling in agroecosystems* 86, 383–390.
- Diederichsen, E, Frauen, M., Linders, E.G.A., Hatakeyama, K. & Hirai, M. 2009. Status and Perspectives of Clubroot Resistance Breeding in Crucifer Crops. *J Plant Growth Regul* 28:265–281
- Eichler-Löbermann, B., Köhne, S., Kowalski, B. & Schnug, E. 2008. Effect of Catch Cropping on Phosphorus Bioavailability in Comparison to Organic and Inorganic Fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 659–676.
- Engström, L., Lindén, B. & Roland, J. 2000. Höstraps i Mellansverige – Inverkan av såtid och ogräsbekämpning på övervintring, skörd och kvävehushållning. Rapport 7, Institutionen för jordbruksvetenskap, SLU, Skara
- Engström, L., Lindén, B., Aronsson, H. & Stenberg, M. 2008. Höstraps och ärter i växtföljden – metoder att minimera en ökad risk för kväveutlakning. *Precisionsodling* 2008:5, SLU, Skara
- Engström, L., Stenberg, M., Aronsson, H and Lindén, B. 2010. Reducing nitrate leaching after winter oilseed rape and peas in mild and cold winters. *Agronomy for sustainable development* 31(2), 337–347.
- Eriksson, D. 2009. Towards the domestication of *Lepidium Campestre* as an undersown oilseed crop. *Acta Univ. Agric. t. Suecia Agraria* 2009-65- ISSN 1652-6249, ISBN 978-91-576-5412-8.
- Feyereisen, G.W., Wilson, B.N., Sands, G.R., Strock, J.S. & Porter, P.M. 2006. Potential for a Rye cover crop to reduce nitrate loss in southwestern Minnesota. *Agronomy Journal* 98, 1416–1426.
- Fogelfors H (2008) http://ekoforsk.slu.se/Projekt/Resultat2004/Kvickrot_2008.pdf
- Gardiner J, Morra MJ, Eberlein CV, Brown PD and Borek V, 1999. Allelochemicals released in soil following incorporation of rapeseed (*Brassica napus*) green manures. *J. Agric. Food Chem.* 47, 3837–3842
- Greppa näringen, 2008. Mellangrödor för friskare jordar. *Greppa-nyhet* 21/10 2008.
- Hessel, K., Aronsson, H., Lindén, B., Stenberg, M., Rydberg, T. och Gustafson, A. 1998. Höstgrödor-Fånggrödor- Utlakning-kvävedynamik och kväveutlakning på en moränlättna i Skåne. *Ekohydrologi* nr.46, SLU, Uppsala
- Hjellström, R. 2001. Arter och metoder för vårinsådd av mellangrödor i höstvet. Examensarbeten/Seminarieuppsatser nr 41. Institutionen för ekologi och växtproduktionslära, SLU, Uppsala.
- Jensen, P. K. 2010. Longevity of seeds of *Poa pratensis* and *Lolium perenne* affected by simulated soil tillage practices and its implications for contamination of herbage seed crops. *Grass and Forage Science*, 65, 85–91.

- Josefsson, A-S. 1996. Growth of catch crops undersown in spring cereals and effects on main crop and weeds. Seminarier och examensarbeten 921. Institutionen för växtodlingslära, SLU, Uppsala.
- Karlsson-Strese, E.-M., Umaerus, M. & Rydberg, I. 1996. Strategy for catch crop development. 1. Hypothetical ideotype and screening of species. *Acta Agriculturae Scandinavica* 46, 106–111.
- Kasimir Klemedtsson, Å., Nylinder, J., Stenberg, M., Klemedtsson, L. 2011. Organic field beans have low nitrous oxide emissions and high N-efficiency. 'Nitrogen and Global Change' international conference. Edinburgh 2011.
- Kirkegaard, J.A. and Sarwar, M. 1999. Glucosinolate profiles of Australian canola (*Brassica napus annua* L) and indian mustard (*Brassica juncea* L) cultivars: implications for biofumigation. *Australian Journal of Agricultural Research*. 50: 315–24
- Kirkegaard, J., Christen, O., Krupinsky, J. & Layzell, D. 2008. Break crop benefits in temperate wheat production. *Field Crops Research* 107, 185–195.
- Kløcher, C. 2011 Praktiske erfaringer med etablering og håndtering af efterafgrøder. Presentation på Plantekongres 2011, www.plantekongres.dk
- Kon, K. F., Follas, G. B. and James, D. E. 2007. Seed dormancy and germination phenology of grass weeds and implications for their control in cereals. *New Zealand Plant Protection* 60, 174–182.
- Kvist, M. 1992. Catch crops undersown in spring barley – competitive effects and cropping methods. Dissertation, Crop Production Science 15, SLU, Uppsala, 210 p.
- Krijger, A-K. 2011. Växtföljd och jordbearbetnings inverkan på knäpparlarvers förekomst. Slutrapport 2011 för SLF projekt V0642007 och H0842022
- Känkänen, H. 1994. The effect of undersown clover and grass on the nitrogen leaching risk during autumn and winter. In proceedings from NJF seminar no 245 "The use of catch or cover crops to reduce leaching and erosion". Knivsta, Sweden, 3–4 october 1994, p. 236–241.
- Känkänen, H. & Eriksson, C. 2007. Effects of undersown crops on soil mineral N and grain yield of spring barley. *European Journal of Agronomy* 27, 25–34.
- Larsson, H. 1995. Skadedjur i vintergröna marker. Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet 46, SLU.
- Larsson, L., Ferm, M., Kasimir-Klemedtsson, Å. & Klemedtsson, L. 1998. Ammonia and nitrous oxide emissions from grass and alfalfa mulches. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51, 41–46.
- Leck, M. A., Parker, V. T. and Simpson, R., L. (eds). 1989. Ecology of soil seed banks. Academic press, Inc. San Diego, California, 462 p.
- Lehrke, U. 2000. Frühe Ernte schafft optimale Voraussetzungen für den Zwischenfruchtanbau. *Zuckerrübe*, 49, 204–207.
- Lerenius, C. 2001. Växtskyddsproblem och fånggrödor. Regional växtodlings- och växtskyddskonferens, Uddevalla 10–11 januari 2001, Inst för jordbruksvetenskap, Skara

- Lindén, B. & Wallgren, B. 1993. Nitrogen mineralization after leys ploughed in early or late autumn. *Swedish J. agric. Res.* 23: 77–89.
- Lindén, B., Aronsson, H., Gustafson, A. & Torstensson, G. 1993. Fånggrödor, direktsådd och delad kvävegiva – studier av kväveverkan och utlakning i olika odlingssystem i ett lerjordsförsök i Västergötland. SLU, Avd. för vattenvårdslära. *Ekohydrologi* 33.
- Lindén, B., Engström, L., Aronsson, H., Hessel Tjell, K., Gustafson, A., Stenberg, M. och Rydberg, T. 1999. Kvävemineralisering under olika årstider och utlakning på en mojord i Västergötland. *Ekohydrologi* 51, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lindén, B., Roland, J. & Tunared, R. 2000. Höstsäds kväveupptag under hösten. Rapport 5 serie, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, SLU.
- Lindgren, J., Stenberg, M. & Lindén, B. 2007. Teknik för maximerat kväveutnyttjande och minimerad kväveutlakning i potatisodling. Rapport 8, Avdelningen för precisionsodling, SLU, Skara
- Liu, J., Ulén, B. & Bergkvist, G. 2010. Potential catch crops for phosphorus leaching. Poster abstract In: Proceedings from Cost action 869: Riparian buffer strips as a multifunctional management tool in agricultural landscapes, April 25–28 2010, Ballater, Scotland
- Löfkvist, J. 2005. Modifying Soil Structure Using Plant Roots. Doctoral thesis. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 2005: 60.
- Malgeryd, J. & Torstensson, G. 2005. Kvävehushållning och miljöpåverkan vid olika strategier för skötsel av grön gödslingsvallar. JTI-rapport Lantbruk & Industri 335. JTI-Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Mathiessen, J.N. & Kirkegaard, J.A. 2006. Biofumigation and Enhanced Biodegradation: Opportunity and Challenge in Soilborne Pest and Disease Management. *Critical Reviews in Plant Sciences* 25, 235–265.
- Mengel, K. & Kirkby, E.A. 1987. Principles of plant nutrition. Lang Druck AG, Liebefeld, Bern.
- Merker, A. & Nilsson, P. 1995. Some oil crop properties in wild *Barbarea* and *Lepidium* species. *Swedish Journal of Agricultural Research* 25, 173–178.
- Miller, M.H., Beauchamp, E.G., Lauzon, J.D. 1994. Leaching of nitrogen and phosphorus from the biomass of three cover crop species. *Journal of Environmental Quality*, 23, 267–272.
- Morgan, M.F., Jacobson, H.G.M., LeCompte Jr, S.B. 1942. Drainage water losses from a sandy soil as affected by cropping and cover crops. Bulletin 466. New Haven, CT: Connecticut Agricultural Extension Station.
- Myrbeck, Å., Arvidsson, J. & Keller, T. 2003. Plöjningstidpunktens inverkan på markstruktur, växtproduktion och kväveutlakning på lerjord. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen nr 105, SLU, Uppsala.

- Myrbeck, Å., Stenberg, M., Rydberg, T. 2011. Etablering av höstgrödor – Strategier för minskat växtnäringsläckage. In: Regional växtodlings- och växtskyddskonferens. Uddevalla den 13–14 jan 2011. Inst. F. precisionsodling och pedometri, SLU.
- Møller Hansen, E., Thomsen, I. K., Djurhuus, J., Kyllingsbaek, A., Jørgensen, V. & Thorup-Kristensen, K. 2000. Efteraftrøder. DJF rapport Markbrug nr 37. Danmarks jordbrugsforskning.
- NV. 2008. Läckage av näringsämnen från svensk åkermark. Naturvårdsverket Rapport 5823.
- Narwal, S., Sindel, B.M. and Jessop, R.S. 2006. Effects of tillage and burning of residue on annual ryegrass (*Lolium rigidum* Gaud.). In proceedings from NJF seminar 378 “Tillage systems for the benefit of agriculture and the environment” Nordic Agricultural Academy, Odense, Denmark, 29–31 May 2006. p. 62–67.
- Nilsson-Linde, N., Bergkvist, G. & Ohlander, L. 1994. Species and varieties of undersown catch crops in spring barley. In proceedings from NJF seminar no 245 “The use of catch or cover crops to reduce leaching and erosion”. Knivsta, Sweden, 3–4 october 1994, p. 236–241.
- Nilsson, C. 2005. Erfarenheter av mellangrödor i Lönnstorps odlingssystem, Södra jordbruksförsöksdistriktet nr 58. Rapport från växtodlings- och växtskydds-dagar i Växjö 7–8 dec 2005.
- Nilsson, M. 2008. Kväveupptag hos fånggrödorna vitsenap och oljerättika vid olika etableringsmetoder. Examensarbete inom lantmästarprogrammet, SLU, Alnarp
- Nilsson, C. & Christensson, B. 2010. Ett odlingssystem för Integrerad Produktion med låg energianvändning och hög produktionsförmåga. Redogörelse för det första och andra växtföljdsomloppet i odlingssystemförsöket på Lönnstorps försöksstation, Alnarp. Jordbruk – odlingssystem, teknik och produktkvalitet, SLU Alnarp, Rapport 2010:22.
- Ohlander, L., Bergkvist, G., Stendahl, F. & Kvist, M. 1996. Yield of catch crops and spring barley as affected by time of undersowing. *Acta Agriculturae Scandinavica* 46, 161–168.
- Olsen, C.C. 1994. Establishment, effect and residual effect of catch crops in winter cereals. In proceedings from NJF seminar no 245 “The use of catch or cover crops to reduce leaching and erosion”. Knivsta, Sweden, 3–4 october 1994, p. 43–54
- Ohlsson, E. 1988. Mellangröda ur växtskyddssynpunkt. Växtskyddsrapporter jordbruk nr 49, s 104–110, SLU.
- Olsson, Å. 2009. Sanering av betcystnematoder med resistent mellangrödor. Nordic Beet Research slutrapport 409-2006-2009
- Oscarsson, H. 2003. Håll din jord i tillväxt. Väderstad-verken AB. NRS Tryckeri AB, Jönköping

- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Laitinen, P., Salopelto, J., Saastamoinen, M. & Hannukkala, A. 2011. Identifying difficulties in rapeseed root penetration in farmer's fields in northern European conditions. *Soil Use and Management* 27(2), 229–237.
- Persson, P. 2010. Slutrapport till det SLU EkoForsk finansierade projektet "Oljerättika och senap – sjukdomssanerare med stor potential" 2008–2010, inst för växtproduktionsekologi, SLU. <http://www.slu.se/Documents/extern-webben/centrumbildningar-projekt/ekoforsk>
- Petersen, SO., Mutegi, JK, Hansen, EM & Munkholm, LJ. 2011. Tillage effects on N₂O emissions as influenced by a winter cover crop. *Soil Biology & Biochemistry*, 43(7): 1509–1517
- Power, J.F. & Zachariassen, J.A. 1993. Relative nitrogen utilization by legume cover crops species at three soil temperatures. *Agronomy Journal* 85, 134–140.
- Pålsson, O. ???. Senap och rättika som fånggrödor. Rapport från Jordbruksverket.
- Ranells, N.N. & Wagger, M.G. 1992. Nitrogen release from crimson clover in relation to plant growth stage and composition. *Agronomy Journal* 84, 424–430.
- Raajimakers, J.M., Paulitz, T.C., Steinberg, C., Alabouvette, C. & Moenne-Loccoz, Y. 2009. The rhizosphere: a playground and battlefield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms. *Plant and Soil* 321, 341–361.
- Rice, E.L. 1984. Allelopathy. Academic Press, Orlando, Florida, 422 p.
- Riddle, M. 2011. An indoor freeze/thaw lysimeter study of phosphorus leaching from soils with four catch crops. Examensarbeten 2011:14 Institutionen för mark och miljö, SLU, Uppsala
- Rufelt, S. 1986. Studies on Fusarium root rot of red clover (*Trifolium pratense* L.) and the potential for its control. Sveriges Lantbruksuniversitet. Inst. för växt- och skogsskydd, Uppsala. Doktorsavhandling. 33 s.
- Rydberg, I. 1998. Breeding of Catch Crops – a Way to Reduce Nitrate Leaching From Arable Land. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Agraria, 107. Uppsala, Sweden.
- Shili-Touzi, I., De Tourdonnet, S., Launay, M. & Dore, T. 2010. Does intercropping winter wheat (*Triticum aestivum*) with red fescue (*Festuca rubra*) as a cover crop improve agronomic and environmental performance? A modeling approach. *Field Crops Research* 116, 218–229.
- Six, J., Frey, S.D., Thiet, R.K., Batten, K.M. 2006. Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. *Soil Science Society of America Journal*, 70:555-569.
- Sjursen, H., Brandsaeter, L.O. & Netland, J. 2011. Effects of repeated clover undersowing, green manure ley and weed harrowing on weeds and yields in organic cereals. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science*, 1-1.
- SJV. 2010. Miljöersättning vid odling av fånggröda. Rapport 2010:28. Jordbruksverket, Jönköping.

- Snapp, S.S. & Borden, H. 2005. Enhanced nitrogen mineralization in mowed or glyphosate treated cover crops compared to direct incorporation. *Plant and Soil*, 270, 101–112.
- Soldevilla Martinez, M. 2009. Influence of Cover Crops on the Development of some Soil-borne Plant Pathogens. Examensarbete, Institutionen för växtproduktionsekologi, SLU, Uppsala.
- Staver, K.W. & Brinsfield, R.B. 1998. Using cereal grain winter cover crops to reduce groundwater nitrate contamination in the mid-Atlantic coastal plain. *Journal of Soil and Water Conservation*, 53(3), 230–240.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T. & Gustafson, A. 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. *Soil Tillage Res*, 50:115–125.
- Stenberg, M., Myrbeck, Å., Lindén, B. & Rydberg, T. 2005. Inverkan av tidig och sen jordbearbetning under hösten på kvävemineriseringen under vinterhalvåret och på utlakningsrisken på en lerjord. Rapport 3, Avdelningen för precisionsodling, SLU, Skara.
- Stenberg, M., Etana, A., Bergkvist, G., Wetterlind, J., Myrbeck, Å., Aronsson, H., Rydberg, T. och Lindén B. 2007. Uthålliga täck- och fånggrödesystem. Rapport 11, Avdelningen för precisionsodling, SLU, Skara
- Stevenson, F.J. 1986. *Cycles of soil*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Stivers, L.J., Brainard, D.C., Agawi, G.S. & Wolfe, D.W. årtal??. Cover crops for vegetable production in the northeast Information Bulletin 244, Cornell Cooperative Extension, Cornell University,
- Stute, J.K. & Posner, J.L. 1995. Synchrony between legume nitrogen release and corn demand in the upper Midwest. *Agronomy Journal* 87, 1063–1069.
- Sundermeier, A. 2008. Oilseed radish cover crop. Fact sheet SAG-5-08. The Ohio State University extension.
- Teasdale, J.R. & Daughtry, C.S.T. 1993. Weed suppression by live and desiccated hairy vetch. *Weed Science* 41, 207–212.
- Teasdale, J.R., Devine, T.E., Mosjidis, J.A., Bellinder, R.R. & Beste, C.E. 2004. Legumes, growth and development of hairy vetch cultivars in the northeastern United States as influenced by planting and harvesting date. *Agronomy Journal* 96, 1266–1271.
- Thompson, K., Bakker, J.P., Bekker, R.M. 1997. *The soil seed banks of north west Europe*. Cambridge University press, 276 s.
- Thorup-Kristensen, K. 1993. The effect of nitrogen catch crops on the nitrogen nutrition of a succeeding crop. I. Effects through mineralization and pre-emptive competition. *Acta Agriculturae Scandinavica* 43, 74–81.
- Thorup-Kristensen, K. 2001. Are differences in root growth of nitrogen catch crops important for their ability to reduce soil nitrate-N content, and how can this be measured? *Plant and Soil* 230, 185–195.

- Thorup-Kristensen, K., Magid, J. & Stoumann Jensen, L. 2003. Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Advances in Agronomy* 79.
- Thorup-Kristensen, K. & Dresbøll, D.B. 2010. Incorporation time of nitrogen catch crops influences the N effect for the succeeding crop. *Soil Use and Management* 26, 27–35.
- Torstensson, G., Gustafson, A., Lindén, B. & Skyggesson, G. 1992. Mineralkvävedynamik och växtnäringsutlakning på en grovmojord med handels- och stallgödslade odlingssystem i södra Halland. *Ekohydrologi* 28, Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Torstensson, G., Aronsson, H. & Lindén, B. 1994. Winter crops as green cover crops, nitrogen uptake capacity and effects on nitrogen leaching. In proceedings from NJF seminar no 245 “The use of catch or cover crops to reduce leaching and erosion”. Knivsta, Sweden, 3–4 october 1994, p. 257.
- Torstensson, G. 1998. Nitrogen delivery and utilization by subsequent crops after incorporation of leys with different plant composition. *Biological Agriculture and Horticulture* 16, 129–143.
- Torstensson, G. and Aronsson, H. 2000. Nitrogen leaching and crop availability in manured catch crop systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 56(2): 139–152.
- Torstensson, G & Håkansson, M. 2001. Kväveutlakning på sandjord – motåtgärder med ny odlingsteknik. *Ekohydrologi* 57. Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Torstensson, G. 2003. Ekologisk odling – utlakningsrisker och kväveomsättning. *Ekohydrologi* nr 72, Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Torstensson, G., Aronsson, H and Ekre, E. 2011. Utlakningsförsök med vitsenap och oljerättika som eftersådda fånggrödor. *Ekohydrologi* 124, SLU, Uppsala.
- Ulén, B., H. Aronsson, M. Bechmann, T. Krogstad, L. Øygarden, and M. Stenberg. 2010. Soil tillage measures to control phosphorus loss and potential side-effects: a Scandinavian review. *Soil Use and Management* 26:94-107.
- University of Maryland. Maryland cooperative extension. Forage radish: New multi-purpose cover crop for the Mid-Atlantic, Fact sheet 824.
- Van Schöll, L., van Dam, A.M. & Leffelaar, P.A. 1997. Mineralisation of nitrogen from an incorporated catch crop at low temperatures: experiment and simulation. *Plant and Soil* 188, 211–219.
- Vereecken, H. 2005. Mobility and leaching of glyphosate: a review. *Pest Management Science*, 61:1139–1151
- Vos, J. & Putten, P.E.L. 1997. Field observations on nitrogen catch crops. I. Potential and actual growth and nitrogen accumulation in relation to sowing date and crop species. *Plant and Soil* 195, 299–309.
- Vyn, T.J, Faber, J.G, Janovicek, K.J & Beauchamp, E.G. 2000. Cover crop effects on nitrogen availability to corn following wheat. *Agronomy journal* 92, 915–924

- Wagger, M.G. 1989. Time of dessication effects on plant composition and subsequent nitrogen release from several winter annual cover crops. *Agronomy Journal* 81, 533–538.
- Wallgren, B. & Lindén, B. 1994. Effects of catch crops and ploughing times on soil mineral nitrogen. *Swedish Journal of Agricultural research* 24 (2), 67–75.
- Wallenhammar, A-C., 1996. Prevalence of *Plasmodiophora brassicae* in a spring oilseed rape growing area in central Sweden and factors influencing soil infestation levels. *Plant Pathology*, 45. 710–719.
- Wallenhammar, A-C. and Pettersson, B. 2003. Management of Take all in spring wheat by different precrops. Nordic Association of Agricultural Scientists 22nd Congress, Turku , 1–4 July, Finland.
- Wallenhammar, A-C. 2007. Fånggrödor kan skada oljeväxterna. I *Svensk frötidning* 3/2007, s.18–21.
- Wallenhammar, A-C, Almquist, C., Jonsson, A. 2011. In-field distribution and quantification of *Plasmodiophora brassicae* in soil samples measured using real-time PCR. *Plant Pathology*. Article first published online: 25 May 2011, DOI:10.1111/j.1365-3059.2011.02477.
- Wessén, G. 2006. Root rot in red clover (*Trifolium pratense* L.). MSc Thesis, 20 credits, D-level. Sveriges Lantbruksuniversitet. Inst. F. skoglig mykologi och patologi.
- Wetterlind, J., Stenberg, M., Lindén, B. & Båth, B. 2005. Baljväxters kväveefferverkan och betydelse för kväveförsörjningen i ekologiskt lantbruk. *Jordbruksinformation 1-2005*, Jordbruksverket
- Wetterlind, J. Stenberg, B., Stenberg, M. & och Lindén, B. 2006. Tidig höstplöjning på lerjordar – riskbedömning av kväveutlakning. Avdelningen för precisionsodling rapport 6, SLU, Skara
- Østergaard, HS. 2011. Etablering af efterafgrøder før og efter høst. Presentation på Plantekongres 2011, www.plantekongres.dk

Muntliga referenser

- Adholm Anders, rådgivare vid HS Malmöhus, Borgeby
(anders.adholm@hushallningssallskapet.se)
- Andersson Lars, forskare, Inst f växtproduktionsekologi, SLU, Uppsala
(Lars.andersson@slu.se)
- Bergkvist Göran, forskare, Inst f växtproduktionsekologi, SLU, Uppsala
(goran.bergkvist@slu.se)
- Bittman Shabtai, forskare, Agriculture and Agri-Food, Canada
(shabtai.bittman@agr.gc.ca)
- Christerson Olof, företagare, Agortus(Olof.h.christerson@agortus.com)
- Danielsson Lars, avdelningschef, HS Konsult Uppsala (Lars.Danielsson@hush.se)

Gunnarsson Albin, Svensk raps AB, (albin@svenskraps.se)

Hallqvist Henrik, Växtskyddscentralen, Jordbruksverket, Alnarp,
(Henrik.Hallqvist@jordbruksverket.se)

Lennartsson, Karl-Johan, rådgivare, HS Sjuhärad,
(karl-johan.lennartson@radgivarna.nu)

Liu Jian, doktorand, Inst f mark och miljö, SLU, Uppsala (jian.liu@slu.se)

Neumann Angelika, forskare, Inst f mark och miljö, SLU, Uppsala
(Angelika.neumann@slu.se)

Persson Paula, forskare, Inst f växtproduktionsekologi, SLU, Uppsala
(paula.persson@slu.se)

Persson Lars, konsult, Nordic Beet Research, brandsbergagard@brevet.nu

Stenberg Maria, forskare, Inst f mark och miljö, SLU, Skara (Maria.stenberg@slu.se)

Ulen Barbro, forskare, Inst f mark och miljö, SLU, Uppsala (barbro.ulen@slu.se)

Wallenhammar Ann-Charlotte, rådgivare/forskare HS konsult Örebro/Inst f mark
och miljö Skara (Ann-Charlotte.Wallenhammar@hushallningsallskapet.se)

Rapporten kan beställas från

Jordbruksverket • 551 82 Jönköping • Tfn 036-15 50 00 (vx) • Fax 036-34 04 14
E-post: jordbruksverket@jordbruksverket.se
www.jordbruksverket.se