

Slutrapport för SJVprojekt:

**Val av vätskemängd och vindavdriftskänslighet för ogräsbekämpning  
- effekten av koncentration och duschkvalité på dosmarginal och sprutbarhet**

Anders Larsolle, SLU, institutionen för energi och teknik

## FÖRORD

Författaren vill först och främst tacka Jordbruksverket för finansiering av detta projekt. Jordbruksverket är en av få finansiärer i Sverige som inser vikten av en säker och effektiv användning av växtskyddsmedel i en modern och uthållig jordbruksproduktion.

Användningen av växtskyddsmedel, tillsammans med växtförädling, användningen av handelsgödsel och intensifierad mekanisering, har sedan efterkrigstiden varit en viktig faktor i rationaliseringen och utvecklingen av den areella produktionen i Sverige. Med rätt förutsättningar, korrekt använd teknik och gott handhavande kan man i många fall i dag reducera dosen avsevärt jämfört med allmänna rekommendationer. Eftersom detta gäller den konventionella odlingen i Sverige innebär detta, i ett nationellt perspektiv, en potentiellt stor positiv effekt både för lantbrukarens ekonomi och för miljön. Detta är dock inte alltid lätt att kommunicera.

Till detta projekt har en referensgrupp knutits som väldigt värdefull vid diskussioner kring planering av försök och analys av resultat. Denna referensgrupp bestod av Lars Danielsson, försöksledare Hushållningssällskapet Stockholm, Uppsala, Södermanland, AgrD. Anneli Lundkvist SLU, inst. f. ekologi och växtproduktion, Agr. Magnus Sandström, Jordbruksverket - Växtskyddscentralen Uppsala och Karin Jahr, Jordbruksverket - Växtskyddscentralen i Linköping. Lars Danielsson och Karin Jahr har även utfört fältförsök innan detta projekt startade som har varit speciellt värdefulla. Fältförsöken har sedan utförts i Hushållningssällskapet regi under ledning av Lars Danielsson. Detta samarbete har varit mycket gott och viktiga erfarenheter har utbytt.

Författaren vill även tacka Carl Westberg för all hjälp och engagemang vid utförandet av fältförsöket. Carl Westberg är en av de få som har gedigen erfarenhet av den avancerad försöksteknik med linjärdosering som användes i detta projekt.

Uppsala 2009-02-06

Anders Larsolle

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>INLEDNING .....</b>	<b>1</b>
<b>MATERIAL OCH METODER.....</b>	<b>2</b>
PREPARAT.....	2
LINJÄRDOSERING .....	3
FÖRSÖKSLED .....	3
AVLÄSNING MED SPEKTROMETER.....	5
DOSRESPONSANALYS .....	5
<b>RESULTAT .....</b>	<b>6</b>
SEDIMENTATION AV PREPARAT UNDER DOSERING.....	6
GENERELLA EFFEKTER .....	7
DOSRESPONSANALYS .....	7
<b>2006.....</b>	<b>7</b>
<b>2007.....</b>	<b>8</b>
<b>2008.....</b>	<b>8</b>
<b>DISKUSSION.....</b>	<b>11</b>
ANALYS AV DOSRESPONS.....	11
VÄTSKEMÄNGD OCH KONCENTRATION .....	14
DROPPSTORLEK OCH VINDAVDRFTSKÄNSLIGHET .....	15
ÖVERFÖRBARHET TILL ANDRA PREPARAT.....	16
FELKÄLLOR.....	17
<b>Dosering med Plattform .....</b>	<b>17</b>
<b>Förskjutning av doseringen .....</b>	<b>17</b>
<b>SLUTSATSER.....</b>	<b>17</b>
<b>LITTERATUR .....</b>	<b>18</b>
<b>BILAGA A. DIAGRAM.....</b>	<b>19</b>
AVLÄSNINGSDATUM 2006-06-16.....	19
AVLÄSNINGSDATUM 2006-07-04.....	23
AVLÄSNINGSDATUM 2007-07-03.....	27
AVLÄSNINGSDATUM 2007-07-13.....	33
AVLÄSNINGSDATUM 2008-09-23.....	39
AVLÄSNINGSDATUM 2008-10-02.....	42

## INLEDNING

Kemiska växtskyddsmedel är sedan efterkrigstiden en viktig faktor inom den areella produktionen i Sverige och den övriga industrialiserade delen av världen, för att få en effektiv produktion av foder och livsmedel av hög kvalitet.

Rätt användning av växtskyddsmedel är av stor vikt ur flera aspekter, inte minst för att uppnå önskad effekt. En lantbrukares syfte med en bekämpningsinsats med växtskyddsmedel är att få en biologisk bekämpningseffekt, t.ex. att minska ogräsens konkurrensförmåga i grödan. Uteblir denna, t.ex. pga. sprutning vid fel utvecklingsstadium i grödan, är spridningen av växtskyddsmedel helt omotiverad, oavsett hur effektivt sprutningen och arbetet är utfört eller hur stor miljöhänsyn som har tagits.

Sammanfattningsvis kan man säga att bekämpningseffekten vid användning av växtskyddsmedel beror av beror av två faktorer vars prioriteringsordning kan diskuteras. I vilket fall är en avgörande faktor förutsättningarna vid bekämpningstillfället vad gäller val av preparat, utvecklingsstadium, väderlek och dylikt. Den andra faktorn är sedan tekniken, dvs. vad för slags utrustning man använder och hur man använder den.

Om man sedan har rätt förutsättningar för en god bekämpningseffekt av växtskyddsmedel är å andra sidan rätt teknik och rätt handhavande till stora delar avgörande för att kunna sänka dosen utan att försämra bekämpningseffekten, öka avverkningen och minska vindavdriften. Detta är positivt både för lantbrukarens odlingskostnader och för miljön.

Några av de mer grundläggande tekniska parametrarna vid sprutarbetet är dos, vätskemängd och duschkvalitet. Av dessa är i normalfallet dosen av växtskyddspreparatet mest avgörande för effekten. Val av duschkvalitet, som anger storleken på dropparna i sprutduschen, beror bl.a. av preparatets verkningsätt och risken för vindavdrift. Vätskemängden är den totala mängden sprutvätska per ha, dvs. av blandningen av vatten och preparat, som sprids över fältet.

Vätskemängden kan varieras oberoende av själva dosen växtskyddsmedel genom att ändra det totala flödet ur spridarmunstyckena och koncentrationen av preparatet i sprutvätskan. En hög vätskemängd ger som regel en högre rörelseenergi i sprutduschen och kan användas om man vill ha en bättre nedträngning i uppväxta bestånd. Vid andra situationer, såsom örtogräsbekämpning vid 2-4 bladstadiet i en stråsådesgröda, kan man som regel använda lägre vätskemängder.

En reducerad vätskemängd vid sprutning av växtskyddsmedel är positivt för avverkningen genom att tidsåtgången för transport och fyllning av sprutan minskar, vilket resulterar att den sprutade arealen per dag ökar. Minskat antal fyllningar av sprutan minskar även antalet arbetsmoment där växtskyddsmedel hanteras.

En reducerad vätskemängd med bibehållen preparatdos innebär i princip att preparatkoncentrationen ökar. Vissa studier angående användning av glyfosatpreparat (Ramsdale m.fl. 2003; Banks och Schroeder 2002; Fleck m.fl. 1999) och svamppreparat (Cesari m.fl. 1980), har visat att ökad preparatkoncentration kan leda till förbättrad bekämpningseffekt.

Reducerad vätskemängd kan även leda till finare duschkvalité (mindre droppar i sprutduschen). I praktiken ändrar man ofta vätskemängden genom att välja en spridare med en annan storlek på spridaröppningen. Med samma typ av spridare, ger en mindre storlek finare duschkvalité (mindre droppstorlekar) och en större spridaröppning grövre duschkvalité (större droppar). Logiken i detta kan sägas ligga i att man försöker bibehålla samma antal droppar när man ändrar vätskemängden. Hur små droppar som kan användas begränsas i praktiken av möjligheterna att få dropparna dit man vill utan att påverkas av luftrörelser (vindavdrift) och avdunstning. För stora droppar kan minska avsättningen på sprutmålet genom att dropparna studsar eller rinner av bladen (vid t.ex. ogräsbekämpning).

Här kan även verknings sättet för växtskyddsmedlet ha betydelse. När det gäller preparat som är bladverkande, dvs. ger en effekt i och med att den aktiva substansen i växtskyddsmedlet träffar bladet, skiljer man på systemiskt verkande preparat och kontaktverkande växtskyddsmedel. Systemiskt verkande preparat tas upp i växten och hindrar t.ex. ogräsen tillväxt. Kontaktverkande preparat verkar där dropparna träffar bladet. Detta innebär att en god täckningsgrad, med mindre droppar, kan vara mindre viktigt med ett systemiskt preparat än med ett kontaktverkande preparat.

När man ändrar vätskemängden vid en bekämpningsinsats med växtskyddsmedel, t.ex. i syfte att öka avverkningen, är en viktig fråga är vad som händer med bekämpningseffekten när preparatkoncentrationen och duschkvaliteten ändras. Detta är tidigare inte klart utrett i litteratur och försök för ogräsbekämpning vid etablering av en stråsädesgröda i Sverige.

En försöksserie utförd i Mellansvenska försökssamarbetets regi 2003 och 2004 under ledning av Karin Jahr och Lars Danielsson pekar på ökade effekter av ökad koncentration som följd av reducerad vätskemängd för ett kontaktverkande preparat (Platform) medan effekten av ett systemiskt preparat (Express) inte påverkades i lika hög grad. Dessa resultat ledde till att denna studie påbörjades, där man ville försöka utreda detta närmare.

Syftet med denna studie var att undersöka hur effekten av ogräspreparat påverkas av ändrad preparatkoncentrationen, genom att vätskemängden ändras, vid sprutning med bladverkande ogräspreparat. Ogräseffekten undersöktes med utgångspunkt från dosrespons sambandet. I studien användes två preparat, ett systemiskt verkande och ett kontaktverkande preparat. Jämförelsen gjordes mellan två vätskemängder och med två duschkvalitéer.

## **MATERIAL OCH METODER**

Fältförsök utfördes med försöksled med ogräsbekämpning med ett kontaktverkande och ett systemiskt verkande preparat under växtodlingssäsongerna 2006, 2007 och 2008. Vid sprutning av försöken användes teknik för med linjärt ökande dos längs försöksrutorna, för att kunna studera dosresponsen snarare än effekten för enskilda doser. Försöksserien utfördes i rensådd raps som s.k. indikatorgröda (våraps år 2006 och 2007 och höstraps år 2008), där effekten av ogräspreparat studerades genom att mäta spektralt vegetationsindex försöksrutorna.

### **PREPARAT**

Två bladverkande preparat med skilda verknings sätt användes, ett systemiskt verkande preparat, Express (Dupont, ai. Tribenuronmetyl 50 vikt-%) och ett kontaktverkande preparat, Platform (Dupont, ai. Karfentrazonetyl 50 %).

Express är enligt tillverkaren ett systemiskt verkande preparat för örtogräsbekämpning som har god effekt på många av de vanligaste örtogräsen som förekommer i stråsädesodlingen, inklusive raps. Dosrekommendationerna för behandling i vårsäd är 1-1,5 tabletter/ha (1 tablett = 7.5 g) tillsammans med 0.05 vol% vätmedel.

Vid försöksseriens planering var preparatet Platform det enda rent kontaktverkande preparat på marknaden avsett för örtogräsbekämpning i stråsäd. Detta preparat togs sedan bort från marknaden innan försöksseriens sista år. Effekten för Platform var enligt tillverkaren oftast inte tillräckligt bred som ensam produkt, därför var rekommendationerna att använda Platform tillsammans med Express eller Harmony Plus för att öka verkan på svårbekämpade örtogräs såsom Snärjmåra och Åkerveronika. En god täckning sades vara avgörande för att uppnå önskad effekt. Enligt tillverkaren skedde nedvisningen av ogräsen efter en behandling med Platform på 2-5 dagar och efter ca 10 dagar hade maximal effekt uppnåtts. Enligt uppgift hade Platform god effekt på raps. Dosrekommendationerna för behandling i vårsäd med Platform var 30 gram/ha utan vätmedel, dock gällde detta för blandning med 1,5 tablett Express alternativt 2 tabletter Harmony Plus per hektar. Enligt samtal med representant för Dupont inför planering av försöket år 2007 rekommenderades en ökad dos om upp till 40 - 60 g/ha om endast platform användes och dessutom tillsammans med vätmedel för att öka effekten.

## LINJÄRDOSERING

Tekniken med linjärdosering innebar att preparat injicerades i ledningen för sprutvätska med linjärt ökande dos under sprutning längs försöksrutan. Tekniken utvecklades under 90-talet vid nuvarande institutionen för energi och teknik, SLU (se t.ex. Bengtsson m.fl., 1997). Försöksrutorna (bredd 4 m) planerades så att den första delen (ca 3-8 m) var obehandlad, därefter sprutades en sträcka om ca 20 m med linjärt ökande dos från 0 l/ha upp till en dos kring eller något över den av tillverkaren rekommenderade dosen.

## FÖRSÖKSLED

Försöket utfördes år 2006 och 2007 med fem (A till E) och år 2008 med fyra (B till E) appliceringstekniska inställningar med två led med ca 100 l/ha (B, C) och två led med knappt 200 l/ha, vardera med duschkvalité medium respektive fin. Dessutom utfördes ett led med ca 60 l/ha under 2006 och 2007 med duschkvalité fin (A). Dessa appliceringstekniska led utfördes med båda preparaten Express och Platform. På grund av otydliga effekter med Platform i rapsgrödan år 2006 utfördes försöket år 2007 med två varianter av behandlingar med Platform, ett med och ett utan vätmedel. Syftet med vätmedlet var att öka effekten med preparatet Platform, medan leden med enbart Platform kvarstod för att inte helt frånga den ursprungliga försöksplanen. Eftersom effekterna av Platform utan vätmedel år 2007 fortfarande var otydliga, utfördes försöket år 2008 med Express och med Platform enbart med vätmedel. Platform utan vätmedel togs bort ur försöksserien år 2008.

De specifika leden som utfördes betecknades med prefixet EX för led med preparatet Express, PL för led med preparatet Platform utan vätmedel och med PV för led med preparatet Platform med vätmedel (se tabellerna 1, 2 och 3).

Doseringen för Express var 0 till 1 tablett Express/ha (7.5 g/ha) och doseringen för Platform var år 2006 0 till 30 g/ha och år 2007 och 2008 0 till 60 g Platform/ha.

Totalt 30 linjärdosrutor ingick i försöket år 2006 (3 upprepningar), 45 linjärdosrutor år 2007 (3 upprepningar) och 32 linjärdosrutor år 2008 (4 upprepningar). I tabell 1, 2 och 3 visas försöksplanerna för 2006, 2007 respektive 2008 tillsammans med den resulterande körhastigheten och vätskemängden, beräknad utifrån loggfiler från försöksdoseraren.

År 2008 utfördes försöket i renbestånd av höstraps istället för vårraps. Enligt den ursprungliga planen skulle försöket år 2008 utföras i vårraps, men beståndet etablerade sig dåligt och var insektsangripet. Därför utfördes försöket på hösten istället, med höstraps som indikatorgröda för att försäkra sig om att grödan inte gick över i knopp- och blomningsstadium.

Datum för sprutning 2006 var 22/6 och utvecklingsstadium för grödan var ca 3-bladstadiet. År 2007 utfördes sprutning under två dagar, 21/6 resp. 25/6 pga. tekniska problem. Utvecklingsstadium för grödan 2007 var 3-4-bladstadiet. År 2008 sprutades försöket 16/9 och utvecklingsstadiet var 4-5-bladstadiet.

Tabell 1. Försöksplan och verkliga hastigheter och vätskemängder 2006

Led	Preparat	Spridare	Munstycks- flöde [l/min]	Tryck [bar]	Dusch- kvalité	Kör- hastighet [km/h]	vätske- mängd l/ha
A		XR11001	0.23	1	F	5	55
EXA	Express					4.66 <sup>1</sup>	65.90 <sup>1</sup>
PLA	Platform					4.96 <sup>1</sup>	60.79 <sup>1</sup>
B		XR11002	0.79	1	M	5	110
EXB	Express					4.75 <sup>1</sup>	116.50 <sup>1</sup>
PLB	Platform					4.68 <sup>1</sup>	117.32 <sup>1</sup>
C		XR11001	0.28	1.5	F	3	112
EXC	Express					3.02 <sup>1</sup>	130.38 <sup>1</sup>
PLC	Platform					3.02 <sup>1</sup>	129.26 <sup>1</sup>
D		XR11002	0.46	1	M	3	184
EXD	Express					3.03 <sup>1</sup>	171.70 <sup>1</sup>
PLD	Platform					3.08 <sup>1</sup>	169.66 <sup>1</sup>
E		XR11002	0.79	3	F	5	190
EXE	Express					4.71 <sup>1</sup>	206.27 <sup>1</sup>
PLE	Platform					4.96 <sup>1</sup>	201.39 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> data insamlat under utförande med försöksdoseraren

Tabell 2. Försöksplan och verkliga hastigheter och vätskemängder 2007

Led	Preparat	Spridare	Munstycks- flöde [l/min]	Tryck [bar]	Dusch- kvalité	Kör- hastighet [km/h]	vätske- mängd l/ha
A		XR11001	0.23	1	F	5	55
EXA	Express					4.88 <sup>1</sup>	59.99 <sup>1</sup>
PLA	Platform					4.95 <sup>1</sup>	59.15 <sup>1</sup>
PVA	Platform+vät.					4.95 <sup>1</sup>	61.61 <sup>1</sup>
B		XR11002	0.79	1	M	5	110
EXB	Express					4.89 <sup>1</sup>	102.99 <sup>1</sup>
PLB	Platform					4.90 <sup>1</sup>	97.00 <sup>1</sup>
PVB	Platform+vät.					4.84 <sup>1</sup>	103.83 <sup>1</sup>
C		XR11001	0.28	1.5	F	3	112
EXC	Express					3.03 <sup>1</sup>	108.99 <sup>1</sup>
PLC	Platform					3.66 <sup>1</sup>	93.99 <sup>1</sup>
PVC	Platform+vät.					2.98 <sup>1</sup>	111.01 <sup>1</sup>
D		XR11002	0.46	1	M	3	184
EXD	Express					3.01 <sup>1</sup>	168.84 <sup>1</sup>
PLD	Platform					3.06 <sup>1</sup>	160.15 <sup>1</sup>
PVD	Platform+vät.					3.45 <sup>1</sup>	138.19 <sup>1</sup>
E		XR11002	0.79	3	F	5	190
EXE	Express					4.86 <sup>1</sup>	165.17 <sup>1</sup>
PLE	Platform					4.78 <sup>1</sup>	168.65 <sup>1</sup>
PVE	Platform+vät.					-	163.03 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> data insamlat under utförande med försöksdoseraren

Tabell 3. Försöksplan och verkliga hastigheter och vätskemängder 2008

Led	Preparat	Spridare	Munstycks- flöde [l/min]	Tryck [bar]	Dusch- kvalité	Kör- hastighet [km/h]	vätske- mängd l/ha
<b>B</b>		XR11002	0.79	1	M	5	110
<b>EXB</b>	<b>Express</b>					5.20 <sup>1</sup>	126.50 <sup>1</sup>
<b>PVB</b>	<b>Plattform+vättn.</b>					5.34 <sup>1</sup>	122.20 <sup>1</sup>
<b>C</b>		XR11001	0.28	1.5	F	3	112
<b>EXC</b>	<b>Express</b>					3.03 <sup>1</sup>	139.75 <sup>1</sup>
<b>PVC</b>	<b>Plattform+vättn.</b>					3.06 <sup>1</sup>	137.74 <sup>1</sup>
<b>D</b>		XR11002	0.46	1	M	3	184
<b>EXD</b>	<b>Express</b>					3.08 <sup>1</sup>	212.46 <sup>1</sup>
<b>PVD</b>	<b>Plattform+vättn.</b>					3.09 <sup>1</sup>	215.77 <sup>1</sup>
<b>E</b>		XR11002	0.79	3	F	5	190
<b>EXE</b>	<b>Express</b>					5.09 <sup>1</sup>	200.73 <sup>1</sup>
<b>PVE</b>	<b>Plattform+vättn.</b>					5.04 <sup>1</sup>	203.12 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> data insamlat under utförande med försöksdoseraren

### AVLÄSNING MED SPEKTROMETER

Försöket avlästes genom att mäta spektral reflektans med hjälp av en spektrometer på drygt 2 m höjd över grödan i våglängdsområdena 900 nm (nära infrarött: IR) och 580 nm (rött: R). Spektrometern, utvecklad av Larsolle (2003), mäter momentan reflektans genom simultana avläsningar av instrålning från solen och radianter från marken.

Detta motsvarade en yta på marken kring 1/4 m<sup>2</sup>. Spektrometern var monterad på ett hydrostatiskt drivet fordon, ursprungligen byggt för att utrustas till försöksspruta (s.k. SPRUMO). I detta fall hade sprutrampen ersatts med en mättramp där spektrometersensorn monterades ca 2 m till höger om körriktningen.

Reflektansmätningar gjordes varje meter längs rutorna år 2006. Genom att använda positionering i realtid med ett RTK-GPS-system år 2007 och 2008 kunde spektral reflektans mätas kontinuerligt genom att köra fordonet med spektrometern längs rutorna i lämplig hastighet. Tekniken att skanna rutorna med simultana RTK-GPS mätningar år 2007 och 2008 resulterade i ca 5 till 10 mätpunkter per meter. Alla rutor år 2007 och 2008 skannades åt båda hållen längs rutorna, genom att köra fordonet med spektrometer längs rutornas motstående sidor.

Reflektans avlästes dels inom 1-3 dagar innan sprutning samt vid 2 tillfällen efter behandling. År 2006: fyra respektive 12 dagar efter sprutning (26/6 och 4/7), 2007: 9 respektive 19 dagar efter sista sprutdag (3/7 och 13/7) och 2008: 7 respektive 17 dagar efter sista sprutdag (23/9 och 2/10).

Från mätningar av spektral reflektans bedömdes vegetationens status (mängden fotosyntetisk aktivitet) genom att beräkna ett spektralt vegetationsindex med reflektanskvoten IR/R. Med hjälp av reflektansmätningar strax innan sprutning kunde skillnaden mellan vegetationsindex vid spruttillfället och vid aktuellt avläsningsdatum beräknas, här kallat relativt vegetationsindex eller RVI. Med RVI kunde i princip grödans tillväxt från bekämpningstillfället uppskattas. En fördel med RVI var att korrektion i viss mån gjordes för eventuella ojämnheter i beståndet.

### DOSRESPONSANALYS

För att beskriva bekämpningseffekten, mätt som RVI, användes en dosresponsfunktion vars form kunde beskrivas med hjälp av fyra parametrar:

$$R(d) = B + \frac{(A - B)}{1 + \left(\frac{d}{a}\right)^b} \quad [1]$$



där  $R$  är bekämpningseffekten, i detta fall uppmätt genom  $RVI$ ,  $d$  är dosen i l/ha,  $A$  är bekämpningseffekten  $R(0)$ , dvs. vid dosen 0 l/ha,  $B$  är maxvärdet för  $R$  när  $d$  går mot oändligheten,  $a$  är den dos där 50 % av full effekt uppnått (ED50) och  $b$  är en parameter som beskriver lutningen på dosresponskurvan (i relation till  $a$  och differensen  $A-B$ ). Parametrarna  $A$ ,  $B$ ,  $a$  och  $b$  tog fram genom att hitta den dosresponskurva som bäst beskrev förhållandet mellan dos och effekt ( $RVI$ ) för varje avläsningstillfälle (2 st.).

Dosresponsparametrarna  $\{A, B, a, b\}$  togs fram numeriskt, dvs. med en iterativ procedur där dosresponskurvan räknas om med ändrade värden på parametrarna så att felet mellan uppmätt bekämpningseffekt (i detta fall  $RVI$ ) och dosresponskurva blev mindre för varje beräkning. Denna procedur avslutades när ingen eller väldigt liten förändring i det nämnda felet ses mellan beräkningscyklerna.

Är dosresponskurvan tydlig hittas dosresponsfunktionen med de fyra parametrarna relativt enkelt. För de fall där dosresponsen var otydlig och spridningen i uppmätt bekämpningseffekt ( $RVI$ ) var stor behövdes begränsningar för parametrarna införas för att förhindra att dosresponsparametrarna fick orimliga värden. Följande begränsningar gjordes vid anpassningen av dosresponsparametrarna till uppmätt bekämpningseffekt:

- $A$  och  $B$  begränsas till området mellan minsta och största uppmätta värde för bekämpningseffekt ( $RVI$ )
- $A$  är alltid större eller lika med  $B$ . D.v.s. det antas att vegetationsindexet ( $RVI$ ) alltid minskar med ökande dos.
- $a$  begränsas av området från 5 % till 100 % av rekommenderad dos.
- $b$  är alltid större eller lika med 1.
- $b$  begränsas uppåt med ett maxvärde (= 10) för den relativa (i förhållande till  $B-A$ ) maximala lutningen på dosresponskurvan (i inflektionspunkten). Om relativ maximal lutning för kurvan behövde minskas, minskades parametern  $b$  och, om det krävdes, kunde då även parametern  $a$  behöva ökas.

Dessa begränsningar gjorde att dosresponsparametrarna antog rimliga värden även om mätningar av  $RVI$  i vissa fall hade relativt stora variationer.

Ett T-test gjordes för parametrarna  $a$  och  $b$  med hjälp av kvadratsumman för felet mellan dosresponskurvan och bekämpningseffekten ( $RVI$ ) i respektive led.

## RESULTAT

### SEDIMENTATION AV PREPARAT UNDER DOSERING

Metoden för linjärt ökande dosering längs försöksrutorna bygger på att preparat injiceras huvudledningen på försökssprutan med ökat under körning längs försöksrutan. Innan sprutning av en försöksruta fylls en injektionsspruta, som rymmer ca 35 ml, med en blandning av vatten och preparat så att injektionssprutan får en viss fyllnadsgrad. I detta fall, när preparaten var i pulver och tablettform krävdes det att preparatet blandades upp med vatten för att överhuvud taget kunna användas med doseraren. Denna injektionsspruta monterades sedan i doseraren, där en stegmotor, styrd från en dator, tryckte preparatblandningen in i huvudledningen från tanken.

Under försöksutförandet år 2007 observerades att Platform sedimenterade relativt fort i den transparenta injektionssprutan. För att avhjälpa problemet monterades hela doseringsenheten inför år 2008 så att injektionssprutans läge blev horisontellt. Under 2006 och 2007 var injektionssprutan monterad i ett vertikalt läge under sprutning. Under försöksutförande år 2008 kunde man fortfarande se en sedimentation i injektionssprutan. Trots att preparatet blandats med vatten i en 250 ml flaska en god tid innan sprutning kunde man se flockar med preparatslam i injektionssprutan som mycket snabbt la sig på botten av sprutan, oavsett om sprutan hölls horisontellt eller vertikalt.

I det fall injektionssprutan var monterad vertikalt (2006 och 2007) kan man tänka sig att dosen blev lägre i början av doseringsförloppet vid låga doser när koncentrationen överst i injektionssprutan, där utloppet var, gradvis minskade när preparatet sedimenterade till botten. Denna effekt borde åtminstone ha varit mindre år 2008 när injektionssprutan monterades horisontellt. Under alla år författaren till denna rapport har arbetat med denna typ av teknik (sedan 1990) har detta fenomen aldrig tidigare observerats.

## GENERELLA EFFEKTER

Generellt kan man se att Platform hade svagare effekt jämfört med Express år 2006 och 2007. År 2007 inkluderades en extra uppsättning led där Platform sprutades tillsammans med vätskeled. Platform med vätskeled visade en något tydligare effekt än leden med endast Platform. Detta resulterade i att Platform endast sprutades med vätskeled år 2008. År 2008 hade däremot Platform nog så god effekt jämfört med Express. Resultatet av avläsningen av linjärdosrutorna kan ses i Bilaga A.

Expressleden uppvisade alla år tydligast effekt och dosrespons samband vid det andra avläsningstillfället. Effekten för platform sista året (2008) uppvisade en tydlig effekt redan första avläsningstillfället, i enlighet med dokumentationen om preparatet från tillverkaren.

## DOSRESPONSANALYS

För att jämföra olika led med olika behandlingar analyserades dosresponsparametrarna  $a$  och  $b$  (se ekv. [1]) i för varje försöksruta. Parameter  $a$  var den dos där 50 % effekt uppnåtts, även kallat ED50. Parametern  $b$  anger lutningen på dosresponskurvan i relation till värdet för  $a$  och till spannet mellan  $B$  och  $A$  (dvs.  $B-A$ ).

Lågt värde på  $a$  och högt värde på  $b$  innebär i princip en dosresponskurva där övergången från låg eller ingen effekt till full effekt sker relativt markant och vid en låg dos. Detta innebär att möjligheterna att sänka dosen med minimal risk för försämrade effekt blir goda.

### 2006

Expressleden visade år 2006 en relativt tydlig dosrespons vid båda avläsningstillfällena. För avläsningen 26/6 kunde man i T-testen för parametern  $a$  (ED50) se att led EXD var skild från led EXE respektive EXB på signifikansnivån 0.10. Värdet för  $a$  i led EXD var 0.904 g/ha vilket var lägst av alla Expressled 26/6. Led EXB hade ett relativt högt  $b$ , vilket kan ses som en "skarp" dosresponskurva med snabbare uppnådd maximal effekt på dosaxeln. Värdet för  $b$  i led EXB var högre än i led EXA och EXC på signifikansnivå 0.10. Led EXA var ett led med extremt låg vätskemängd (duschkvalité fin) som ur praktisk synvinkel inte är lika representerbar som övriga led.

Den 4/7 kan man se att  $a$  i EXE var signifikant högre än övriga led förutom led EXA på signifikansnivå 0.05. Man kunde samtidigt se att led EXD hade en flackare dosresponskurva jämfört med övriga led (förutom led EXA) på signifikansnivå 0.10.

EXE och EXD är samtidigt de led med den högre vätskemängden, och lägre preparatkoncentrationen, vilket skulle innebära en tendens till effektmässig fördel för leden med lägre vätskemängder: EXB och EXC.

Detta år verkar det vara mest relevant att titta på Expressleden. I Platformleden år 2006 var dosresponsen inte lika tydlig som för Expressleden. Detta kan ses i resultatet där man endast hittar signifikant skillnad 4/7 för parameter  $a$  mellan led PLC och PLD. Studerar man dosresponskurvorna ser man dock att detta är i realiteten relativt osäkert.

## 2007

Vid första avläsningstillfället 3/7 2007 var det svårt att se någon tydlig dosrespons varken för leden med Express eller med Platform utan vätmedel. Visserligen finns det signifikans på nivån 0.20 för parameter  $b$ , dvs. "skarpheten" på dosresponskurvan men tittar man på dosresponskurvorna detta datum (Bilaga A) ser man att detta inte säger något definitivt om dosresponsen.

Platformleden med vätmedel verkar uppvisa någon slags konsekvent dosrespons åtminstone jämfört med leden med Platform utan vätmedel, speciellt i led PVC. Effekten är dock "utdragen" och generellt är variationerna fortfarande relativt stora. Led PVC har en tendens till skilt värde på parameter  $a$ , jämfört med PVD, men signifikansnivån är låg, 0.20.

Den 13/7 ser man däremot signifikanta skillnader i Expressleden, upp till signifikansnivå 0.05 för högre  $a$  i led EXD än i övriga led. Led EXD utmärker sig även med ett högre värde på  $b$ .

Sammantaget för det andra avläsningstillfället 13/7 verkar det även här finnas ett visst stör för att man har en positiv effekt av lägre vätskemängd och högre preparatkoncentration. Här ser man även en konsekvent skillnad med ett lägre värde på  $a$  för leden med fin duschkvalité: EXC och EXE jämfört med EXB och EXD. Detta är underbyggt med viss signifikans, åtminstone vid den högre vätskemängden.

Resultatet från Platformleden 13/7 har för stora variationer för att hitta några skillnader mellan leden. Inte desto mindre verkar vätmedlet ha bättrat på effekten för Platform.

## 2008

Till skillnad från tidigare år är effekterna i försöket år 2008 ganska distinkta både för Platform och för Express.

Vad gäller Expressleden vid första avläsningstillfället 23/9 kan man se att led EXE skiljer sig från övriga led på signifikansnivån 0.05 med ett lägre värde på  $a$ . Å andra sidan har EXE även ett lägre värde på parametern  $b$ . Dessa två skillnader har motsatt effekt på dosresponskurvan, ett lågt  $a$  gör att det finns större marginaler nedåt i dos innan effekten försämras medan ett lågt  $b$  innebär att dosresponskurva blir flackare och ökar risken för sämre effekt vid lägre doser. Dessa skillnader i Expressleden kvarstår i stora drag vid andra avläsningstillfället 2/10.

I likhet med år 2007 kan man i Expressleden se ett lägre värde på  $a$  för den finare duschkvalitén, inom respektive vätskemängd, för led EXC och EXE. Signifikans ses för den högre vätskemängdsnivån för båda avläsningstillfällena.

För Platformleden vid första avläsningstillfället har led PVD ett signifikant lägre värde på parametern  $a$ . PVE å andra sidan verkar ha ett något högre värde på  $a$  än övriga led, även om man får använda en sämre signifikansnivå, 0.20. För parametern  $b$  har man dock här en konsekvent skillnad mellan de två vätskemängderna med ett lägre värde för den höga vätskemängdsnivån i led PVD och PVE jämfört med PVB och PVC. Dessa skillnader för Platformleden kvarstår vid andra avläsningstillfället, även om signifikansen inte är lika tydlig.

Tabell 4. Sammanställning och analys av 2006 års försök två avläsningsdatum och två preparat. *vm*: vätskemängd, *a*: dosresponssparameter (ED50), *b*: dosresponssparameter, *konc*: preparatkoncentration. Statistiskt T-test för *a* och *b* inom respektive preparat anges för olika signifikansnivåer.

Led	vm [l/ha]	a [g/ha]	Signifikansnivå*			Konc.	b	Signifikansnivå		
			0.05	0.10	0.20			0.05	0.10	0.20
<b>Avläsningsdatum: 2006-06-26</b>										
<b>Preparat: Express</b>						<b>[mg/l]</b>				
EXA	66	1.683	-	ab	ab	25.532	1.000	-	a	a
EXB	117	1.382	-	a	a	11.862	7.230	-	b	b
EXC	130	1.345	-	ab	ab	10.320	1.411	-	a	a
EXD	172	0.904	-	b	b	5.266	2.130	-	ab	ac
EXE	206	1.584	-	a	a	7.679	3.298	-	ab	c
<b>Preparat: Plattform (utan vätmedel)</b>						<b>[g/l]</b>				
PLA	61	21.191	-	-	-	0.349	5.194	-	-	-
PLB	117	17.929	-	-	-	0.153	5.382	-	-	-
PLC	129	50.371	-	-	-	0.390	1.862	-	-	-
PLD	170	28.710	-	-	-	0.169	1.000	-	-	-
PLE	201	42.639	-	-	-	0.212	1.000	-	-	-
<b>Avläsningsdatum 2006-07-04</b>										
<b>Preparat: Express</b>						<b>[mg/l]</b>				
EXA	66	2.098	ab	ab	ac	31.831	3.007	ab	ab	ac
EXB	117	1.983	a	a	a	17.023	4.086	ab	a	ab
EXC	130	1.882	a	a	ab	14.437	4.662	ab	a	b
EXD	172	1.681	a	a	b	9.789	2.414	a	b	c
EXE	206	2.284	b	b	c	11.073	4.685	b	a	b
<b>Preparat: Plattform (utan vätmedel)</b>						<b>[g/l]</b>				
PLA	61	19.465	ab	a	a	0.320	9.132	-	-	-
PLB	117	17.478	ab	a	a	0.149	11.565	-	-	-
PLC	129	33.289	a	a	b	0.258	3.336	-	-	-
PLD	170	10.275	b	b	c	0.061	6.699	-	-	-
PLE	201	51.484	ab	ab	abc	0.256	1.053	-	-	-

\*: Skilda tecken anger skilda medelvärden

Tabell 5. Sammanställning och analys av 2007 års försök två avläsningsdatum och tre olika preparat. *vm*: vätskemängd, *a*: dosresponssparameter (ED50), *b*: dosresponssparameter, *konc*: preparatkoncentration. Statistiskt T-test för *a* och *b* inom respektive preparat anges för olika signifikansnivåer.

Led	<i>vm</i> [l/ha]	<i>a</i> [g/ha]	Signifikansnivå*			Konc	<i>b</i>	Signifikansnivå		
			0.05	0.10	0.20			0.05	0.10	0.20
<b>Avläsningsdatum: 2007-07-03</b>										
<b>Preparat: Express</b>						<b>[mg/l]</b>				
EXA	60	0.750	-	-	-	12.502	1.000	-	-	-
EXB	103	0.744	-	-	-	7.225	1.001	-	-	-
EXC	109	2.777	-	-	-	25.484	1.000	-	-	-
EXD	169	0.736	-	-	-	4.358	1.003	-	-	-
EXE	165	2.993	-	-	-	18.119	1.000	-	-	-
<b>Preparat: Plattform (utan vätmedel)</b>						<b>[g/l]</b>				
PLA	59	13.561	-	-	-	0.229	1.000	-	-	a
PLB	97	8.824	-	-	-	0.091	5.704	-	-	b
PLC	94	19.448	-	-	-	0.207	1.000	-	-	ab
PLD	160	5.521	-	-	-	0.034	1.018	-	-	a
PLE	169	27.515	-	-	-	0.163	1.397	-	-	a
<b>Preparat: Plattform med vätmedel</b>						<b>[g/l]</b>				
PVA	62	5.090	-	-	a	0.083	1.045	-	-	-
PVB	104	8.766	-	-	ab	0.084	1.079	-	-	-
PVC	111	16.113	-	-	b	0.145	1.151	-	-	-
PVD	138	6.000	-	-	a	0.043	1.000	-	-	-
PVE	163	17.232	-	-	ab	0.106	1.492	-	-	-
<b>Avläsningsdatum 2007-07-13</b>										
<b>Preparat: Express</b>						<b>[mg/l]</b>				
EXA	60	0.466	a	a	a	7.770	1.365	a	a	a
EXB	103	0.659	a	b	b	6.400	2.752	ab	bc	b
EXC	109	0.560	a	ab	ab	5.137	2.108	ab	ab	b
EXD	169	0.940	b	c	c	5.570	4.801	b	c	c
EXE	165	0.682	a	b	b	4.131	2.551	ab	ac	b
<b>Preparat: Plattform (utan vätmedel)</b>						<b>[g/l]</b>				
PLA	59	6.211	-	-	-	0.105	1.000	-	-	a
PLB	97	8.441	-	-	-	0.087	5.439	-	-	b
PLC	94	32.925	-	-	-	0.350	1.000	-	-	ab
PLD	160	5.835	-	-	-	0.036	1.005	-	-	a
PLE	169	25.484	-	-	-	0.151	1.497	-	-	a
<b>Preparat: Plattform med vätmedel</b>						<b>[g/l]</b>				
PVA	62	5.691	-	-	-	0.092	1.010	-	-	ab
PVB	104	6.451	-	-	-	0.062	1.606	-	-	ab
PVC	111	22.026	-	-	-	0.198	1.000	-	-	a
PVD	138	5.428	-	-	-	0.039	1.023	-	-	a
PVE	163	7.826	-	-	-	0.048	5.012	-	-	b

\*: Skilda tecken anger skilda medelvärden

Tabell 6. Sammanställning och analys av 2008 års försök två avläsningsdatum och två olika preparat. *vm*: vätskemängd, *a*: dosresponsparameter (ED50), *b*: dosresponsparameter, *konc*: preparatkoncentration. Statistiskt T-test för *a* och *b* inom respektive preparat anges för olika signifikansnivåer

Led	<i>vm</i> [l/ha]	<i>a</i> [g/ha]	Signifikansnivå*			Konc	<i>b</i>	Signifikansnivå		
			0.05	0.10	0.20			0.05	0.10	0.20
<b>Avläsningsdatum: 2008-09-23</b>										
<b>Preparat: Express</b>						[mg/l]				
EXB	123	1.038	a	a	ab	8.467	4.748	-	a	a
EXC	132	0.966	a	a	a	7.320	4.945	-	a	a
EXD	200	1.129	a	a	b	5.645	3.039	-	a	a
EXE	186	0.529	b	b	c	2.844	1.156	-	b	b
<b>Preparat: Plattform med vätmedel</b>						[g/l]				
PVB	118	10.549	a	a	a	0.089	5.093	ac	a	a
PVC	128	10.511	a	a	a	0.082	5.844	a	a	a
PVD	202	9.189	b	b	b	0.046	3.136	bd	b	b
PVE	192	11.352	a	c	c	0.059	3.832	cd	b	c
<b>Avläsningsdatum 2008-10-02</b>										
<b>Preparat: Express</b>						[mg/l]				
EXB	123	1.256	a	a	a	10.242	3.666	a	a	a
EXC	132	1.214	a	ab	a	9.201	3.456	ab	a	a
EXD	200	1.100	a	b	b	5.499	3.312	ab	ab	a
EXE	186	0.885	b	c	c	4.755	2.228	b	b	b
<b>Preparat: Plattform med vätmedel</b>						[g/l]				
PVB	118	12.042	ac	ac	a	0.102	3.322	ab	ab	a
PVC	128	11.307	ab	ab	b	0.089	4.026	a	a	b
PVD	202	10.812	b	b	c	0.054	2.659	b	b	c
PVE	192	12.846	c	c	d	0.067	2.737	b	b	c

\*: Skilda tecken anger skilda medelvärden

## DISKUSSION

### ANALYS AV DOSRESPONS

Effekten i leden med olika vätskemängd och med olika duschkvalité utvärderas i denna studie genom att analysera dosresponsen, dvs. hur ogräsbekämpningseffekten förändras med förändrad preparatdos. Anledning till detta är att man i denna studie jämför behandlingar i termer av risken för försämrade effekt vid lägre doser snarare än skillnader i absolut effekt vid fasta doser. Att jämföra olika appliceringstekniska inställningar, som i detta fall var droppstorlek och vätskemängd/koncentration, genom att studera effekten vid en fast dos motsvarande rekommenderad dos är tämligen utsiktslöst, huvudsakligen av två orsaker.

För det första: Tillverkare av växtskyddsmedel tillhandahåller en effekt snarare än en kemikalie till lantbrukaren. Det torde då vara så att man på något plan vill försäkra sig om att även lantbrukare som har en lägre nivå av kompetens, vad gäller att kalibrera sprutan, välja spruttidpunkt, spruta växtskyddsmedel och underhålla sin spruta, får en godtagbar effekt. Det kan även i praktiken vara så att lantbrukaren i slutänden inte ens har möjlighet att spruta under bra förhållanden, t.ex. kan spruttidpunkten försenas pga. att andra operationer i vårbruket har högre prioritet, eller så kan vindförhållandena kring den annars optimala tidpunkten för sprutning vara för höga. Detta gör att det är motiverat att lägga den rekommenderade dosen för ogräsmedlet med en viss marginal i förhållande till den, under optimala förhållanden och med optimal teknik, minsta nödvändiga dosen. På detta sätt får i praktiken de flesta lantbrukare, så länge inte förhållandena är alltför dåliga, en godtagbar effekt. Detta innebär även att om de rådande förhållandena inte är alltför dåliga, t.ex. vid användning av god sprutteknik vid godtagbara väderleksförhållanden, uppnås oftast full effekt vid en lägre dos än den rekommenderade, och att höja dosen ytterligare har ingen inverkan på ogräseffekten.

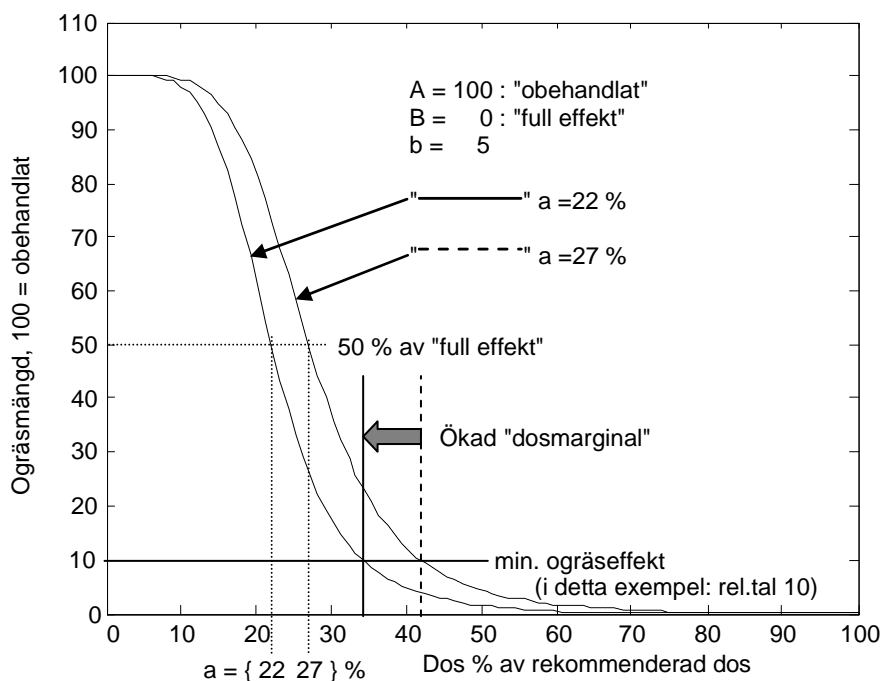
För det andra: Ogräseffekten vid örtogräsbekämpning, åtminstone när det gäller kvarvarande ogräs efter ca 4 veckor i en stråsädesgröda, är oftast i princip nära noll ogräs/m<sup>2</sup>. Detta är nära den teoretiskt maximala gränsen för ogräseffekten. Det går inte att få bättre effekt än noll ogräs per m<sup>2</sup>. Att jämföra olika tekniker och metoder vid rekommenderad dos kommer med största sannolikhet att resultera i att man inte hittar några skillnader. Man har i historien på detta sätt bl.a. avfärdat olika sprutteknikers betydelse.

Man ser i och för sig i historiska försök att man använt sig av full (1/1-), 3/4-, 1/2- ner till 1/4-dos i sprutförsök. Signifikanta skillnader hittas sällan i nivåerna 1/1, 3/4 och 1/2 av rekommenderad dos. Ibland inte heller vid 1/4-dos. Detta beror på att dosresponsen inte är linjär. Dosresponsen för ogräsbekämpning har oftast utseendet av en "sigmoidkurva" där det mesta av övergången från noll effekt till full effekt sker inom ett begränsat dosintervall (se exemplen figur 1 och 2). En ökning av dosen efter detta steg har sedan ingen större inverkan på effekten. Detta gäller dosresponskurvor framtagna under optimala förhållanden. Dosresponskurvor, vid sprutning i fält under dåliga förhållanden och med bristfällig teknik resulterar i en "flackare" dosresponskurva. I sådana fall kan det vara motiverat med full rekommenderad dos för att uppnå godtagbar ogräseffekt, enligt ovanstående stycke angående nivåerna för rekommenderad dos.

Med detta resonemang bör man således undersöka marginalerna nedåt i dos för dosresponsen snarare än absoluta värdet av effekten i fasta doser. Ett exempel på den praktiska betydelsen av en god dosmarginal är att man minskar risken för försämrad ogräseffekt pga. underdosering, som kan vara en följd av t.ex. dålig spridningsjämnhet, fel i kalibreringen av sprutan, variationer i tryck eller körhastighet. En god dosmarginal betyder även, som tidigare nämnts, att möjligheterna att reducera dosen utan att försämra ogräseffekten är större. Detta praktiseras inte sällan av erfarna och kompetenta lantbrukare.

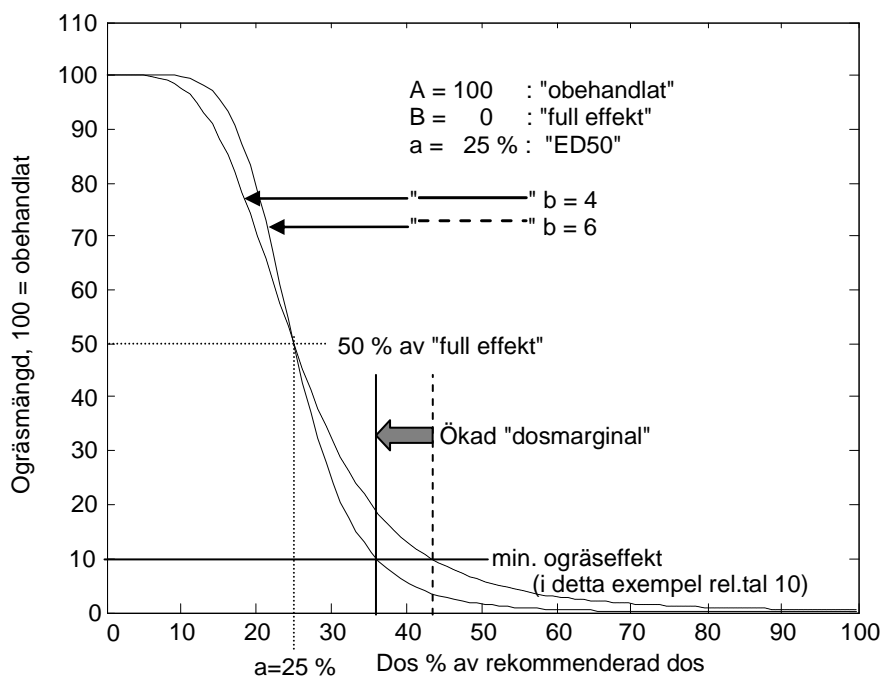
För att undersöka dosresponsen krävs att man kan mäta effekten av ett spektrum av doser i fält. Det skulle i princip räcka med fyra doser, men det skulle vara svårt att välja rätt doser för att kunna uppskatta utseende av dosresponskurvan i alla lägen. I denna studie användes en teknik för linjärdosering, där en och samma försöksruta omfattade hela dosområdet från noll till (i detta fall något över) rekommenderad dos.

Sedan anpassades en matematisk funktion, enligt ekvation [1], till fältdata. Ur denna formel kan man sedan objektivt undersöka två parametrar som har betydelse för den så kallade dosmarginalen: parameter  $a$  och  $b$ . Parameter  $a$  i denna matematiska funktion anger dosen där 50 % effekt har uppnåtts. Detta värde kallas ibland ED50, dvs. Effektiv Dos vid 50 % effekt. Olika värden på parameter  $a$  innebär att dosresponskurvan förskjuts längs dosaxeln. I exemplet i figur 1 visas två dosresponskurvor som går från noll effekt vid relativt 100, som anger ogräsmängden vid obehandlat, mot full effekt som i detta fall går mot relativt 0, när dosen går från 0 till 100 %. Den ena dosresponskurvan har värdet 22 [%] för parameter  $a$  och den andra 27 [%]. Dosresponskurvan med det lägre värdet på parameter  $a$  ligger förskjuten nedåt i dos (åt vänster) jämfört med den andra dosresponskurvan. Om man antar en lägsta ogräseffekt, som i detta exempel är ett maximalt värde vid relativt 10 för kvarvarande ogräs, kan man se i figur 1 att man kan gå lägre ner i dos utan att överskrida denna gräns med dosresponskurvan med det lägre värdet på parameter  $a$  jämfört med dosresponskurvan med det högre värdet på parameter  $a$ . Marginalen i dos för fullgod effekt i dos är alltså högre vid ett lägre värde för parameter  $a$ . Ett lågt  $a$  ger skulle med detta innebära en "bättre" dosrespons.



Figur 1. Dosrespons för ogräsbekämpning med olika värden på parameter  $a$ , som anger effekten vid 50 % effekt. Dosresponskurvorna ligger förskjutna längs dosaxeln, vilket ger en ökad "dosmarginal" för ett lägre  $a$ . I figuren är detta exemplifierat vid en minsta ogräseffekt vid relativt 10.





Figur 2. Dosrespons för ogräsbekämpning med olika värden på parameter  $b$ , som anger lutningen för dosresponskurvan. Ett högre värde på  $b$  ger en "skarpare" dosresponskurva, som i sin tur ger en ökad "dosmarginal". I figuren är detta exemplifierat vid en minsta ogräseffekt vid relativt tal 10.

Parameter  $b$  i dosresponsfunktionen ger dosresponskurvan dess "skarphet" dvs. ett högre värde på parameter  $b$  ger en dosresponskurva med en brantare övergång från noll till full ogräseffekt. Ett lägre värde på parameter  $b$  ger en "flackare" dosresponskurva. I exemplet i figur 2 visas två dosresponskurvor, motsvarande de i figur 1, men med olika värden på parameter  $b$ . De två kurvorna har samma värde på parameter  $a$  (25 %), vilket kan ses genom att båda dosresponskurvorna uppnår 50 % effekt vid dosen 25 [%]. Lutningen på dosresponskurvorna är dock olika. Dosresponskurvan med det högre värdet på parameter  $b$  har en brantare lutning kring dosen 25 [%] än den med det lägre värdet på parameter  $b$ . Om man i figur 2 använder samma lägsta nivå för ogräseffekt som i figur 1, relativt tal 10, kan man se att man kan gå lägre ner i dos för dosresponskurvan med värdet 6 för parameter  $b$  än för den med värdet 4 på parameter  $b$ . Dosmarginalen för godtagbar ogräseffekt är alltså större vid ett högre värde på parameter  $b$ . Ett högt  $b$  ger alltså en "bättre" dosrespons.

## VÄTSKEMÄNGD OCH KONCENTRATION

En lägre vätskemängd ger en kapacitetsmässig fördel för lantbrukaren i och med att kapaciteten för sprutning ökar när varje tank räcker till större areal och antalet tankfyllningar per ha, som omfattar transport till gården och fyllning, minskar. Detta betalar sig i princip genom att läglighetskostnaden minskar, man har större möjlighet att utföra sprutningen på kortare tid och därmed sammantaget närmare den ekonomiskt optimala tidpunkten. I princip kan därför lägre vätskemängd vara ett alternativ till att köpa en dyrare spruta med högre kapacitet (t.ex. med längre sprutbom, med större tank eller med avancerad teknik som lufttillsats).

Vad gäller andra följder av lägre vätskemängder, kan man här ha ett antal frågeställningar om risker för försämrade effekter. Lägre vätskemängd skulle i princip kunna innebära sämre nedträngning i grödan pga. lägre rörelseenergi i sprutduschen. Man skulle här kunna säga att åtminstone när det gäller örtogräsbekämpning i tidigt utvecklingsstadium, motsvarande stråsädesgrödans 2-4-bladstadium, är grödan relativt gles och riskerna pga. dålig nedträngning är antagligen små.

En annan väsentlig faktor skulle kunna vara den ökade preparatkoncentrationen vid lägre vätskemängder. Detta är en följd av att preparatdosen hålls konstant samtidigt som den totala mängden vatten och preparat per ha minskas. I denna studie har ogräseffekten undersökts. I princip skulle man kunna ha skillnader i effekt på grödan av ogräspreparatet. En eventuellt negativ effekt på grödan är sannolikt större vid relativt höga doser. Om det skulle vara så att effekten, både vad gäller ogräs och gröda, blir så pass bättre med ökat preparatkoncentration att detta blir en viktig faktor, är det snarare en fråga om att sänka preparatdosen för att maximera ogräseffekten samtidigt som effekten på grödan minimeras. Effekten på grödan har inte undersökts i denna studie.

Från resultatet kan man säga att det inte verkar vara någon nackdel för ogräseffekten med högre preparatkoncentrationer. Snarare tvärtom. De skillnader som hittades under denna försöksserie pekar på att man har stöd för att säga att det är en effektmässig fördel med högre preparatkoncentration i leden med lägre vätskemängd, kring 100 l/ha, jämfört med lägre preparatkoncentration vid högre vätskemängd, vid 150-200 l/ha.

Man kan se detta i Plattformleden:

- 1:a avläsningstillfället 2008, med lägre värde på parameter  $a$ , duschkvalité fin
- 1:a avläsningstillfället 2008, med högre värde på parameter  $b$  vid båda duschkvalitéerna

Man kan se detta i Expressleden:

- 2:a avläsningstillfället 2006, med lägre värde på parameter  $a$ , duschkvalité fin
- 2:a avläsningstillfället 2006, med högre värde på parameter  $b$ , duschkvalité medium
- 2:a avläsningstillfället 2007, med lägre värde på parameter  $a$ , båda duschkvalitéerna
- 2:a avläsningstillfället 2008, med högre värde på parameter  $b$  vid båda duschkvalitéerna

Hypoteser om verkan av preparatkoncentrationen beroende av preparatets verkningsätt skulle kunna var knutna till dels mängden aktiv substans på varje ställe på bladet, där droppen träffar, och dels till antalet droppar. Vid samma duschkvalité måste antalet droppar minska om paratkoncentrationen ökar. Fördelen med högre mängd aktiv substans på varje träffpunkt på bladet, om än med färre punkter totalt, skulle kunna vara en effektivare inträngning i bladet och en högre effekt under en längre tid. För ett systemiskt preparat, som Express, är detta en logisk fördel eftersom preparatet verkar genom att den aktiva substansen tränger in i bladet och tas upp i växten. För ett kontaktverkande preparat, som Plattform, är det inte lika uppenbart att detta är en fördel eftersom man i teorin även skulle kunna ha en fördel med en jämnare fördelning av den totala mängden aktiv substans över bladet, vilket skulle innebära fler enskilda punkter med lägre mängd aktiv substans, vilket i sin tur skulle vara resultatet av en lägre preparatkoncentration.

Skillnader i effekt i denna försöksserie mellan de olika preparaten, det systemiska preparatet Express och det kontaktverkande preparatet Plattform, är inte enkelt att säga något definitivt om, mycket pga. utförandemässiga problem (se nedan). Men både Express och Plattform uppvisar en positiv effekt av ökad koncentration. Så det verkar som om även ett kontaktverkande preparat kan ha positiva effekter av att den aktiva substansen sprutas med högre koncentration med färre antal droppar totalt.

## DROPPSTORLEK OCH VINDAVDRFTSKÄNSLIGHET

För att minska vätskemängden byter man som regel till ett munstycke med lägre flöde. Så länge det är fråga om samma typ av vanlig spaltspridare, leder detta till en finare duschkvalité med mindre droppar. I princip innebär mindre droppar en minskad risk att dropparna studsar eller rinner av ogräsbladen, vilket innebär bättre avsättning. Detta är positivt för ogräseffekten, oavsett om det gäller ett systemiskt eller kontaktverkande preparat. Sedan ger i princip ger en finare duschkvalité en bättre täckningsgrad på ogräsblad vilket som regel är positivt för bekämpningseffekten. Notera att detta gäller för bladverkande preparat. I denna försöksserie har både duschkvalité fin och medium använts för båda vätskemängdsnivåerna. Således skulle man här kunna se en bättre effekt med finare duschkvalité.

En sådan effekt kan ses i Expressleden:

- 2:a avläsningstillfället 2006 båda vätskemängderna, med högre värde på parameter b
- 2:a avläsningstillfället 2007 båda vätskemängderna, med lägre värde på parameter a
- 1:a och 2:a avläsningstillfället 2008 båda vätskemängderna, med lägre värde på parameter a

Positiva effekter av finare duschkvalité kunde även ses i Platformleden, främst 1:a och 2:a avläsningstillfället 2008 båda vätskemängderna, med högre värde på parameter b.

En hypotes man skulle kunna ha var att Platform, som var ett kontaktverkande preparat, skulle förväntats vara mer beroende av en god täckningsgrad på bladen jämfört med Express. Positiva effekter av finare duschkvalité har uppnåtts både för Express och för Platform och det är svårt att säga om det ena preparatet har en större fördel än det andra.

Nu kan man tycka att detta motsäger den tidigare ställda hypotesen om en fördel med att få en hög mängd aktiv substans på färre antal ställen på bladet (se avsnittet ovan om vätskemängd och koncentration). Inte desto mindre verkar det som om den positiva trenden går mot mindre droppar och högre koncentration.

Riskerna med finare duschkvalité är att de mindre dropparna lättare påverkas av luftrörelser på vägen från munstycket ner till marken/grödan, vilket kan leda till vindavdrift. Den positiva effekten pga. bättre täckningsgrad gäller alltså så länge man får dropparna dit man vill.

Nu ska man komma ihåg att dessa resultat är framtagna med fältförsök, under relativt kontrollerade förhållanden, åtminstone om man jämför med en normal situation där en konventionell växtskydds-spruta används i praktiken. En mindre munstycksstorlek, med finare duschkvalité som följd, ställer i praktiken högre krav på utrustning och utförande. I och för sig är inte sådana krav orimligt höga för en lantbrukare att uppfylla, så länge duschkvalitén inte är alltför fin. Det finns dock alternativ. Man kan använda munstyckstyper som reducerar andelen små droppar, t.ex. så kallade "antidrift-" eller "lowdriftmunstycken", om man vill ha en viss försäkran mot vindavdrift vid reducerade vätskemängder.

## ÖVERFÖRBARHET TILL ANDRA PREPARAT

En viktig fråga vad gäller tillämpbarheten är sedan om resultatet här är helt eller delvis överförbart till andra bladverkande ogräspreparat på marknaden. Detta beror naturligtvis i grunden på den aktiva substansen och övriga ingredienser i preparatformuleringen i fråga. Det kontaktverkande preparatet är i denna studie svårast att säga något definitivt om, mycket beroende på de praktiska problemen vad gäller doseringen. En positiv effekt av en finare duschkvalité borde gälla för andra kontaktverkande preparat. Om ökad koncentrationen även gäller för andra kontaktverkande preparat är lite svårare att säga definitivt om. Detta torde dock inte vara helt osannolikt, även om detta måste åtföljas av en diskussion kring aktuell aktiv substans.

Nästan alla bladverkande ogräspreparat för motsvarande bekämpning av örtogräs i stråsäd på marknaden i dag är helt eller åtminstone delvis systemiskt verkande. Med detta kan man säga att en specifik fråga som är viktig för tillämpbarheten av denna studie är om resultaten i Expressleden skulle kunna vara helt eller delvis överförbara till andra motsvarande systemiska bladverkande ogräspreparat. Det första man kan säga är här att fördelen med ökad preparatkoncentration förmodligen gäller på ett mer generellt plan för andra systemiskt bladverkande ogräspreparat, enligt den diskussion som förts i föregående stycken. Även den positiva effekten av finare duschkvalité borde på någon nivå vara överförbart till andra preparat. Även om detta är beroende på vilken aktiv substans som det är fråga om, finns det här en logik i att få en tillräcklig mängd systemiskt verkande aktiv substans på ett maximalt antal träffpunkter på bladet.

## FELKÄLLOR

### Dosering med Platform

Det var uppenbart under utförandet av försöket år 2007 och 2008 att Platform sedimenterade relativt fort i injektionssprutan vid sprutningen av försöksrutorna. Detta resulterade till ett fel i doseringen år 2006 och 2007. Injektionssprutan var monterad vertikalt, med utloppet uppåt, och koncentrationen minskade sannolikt relativt snabbt i övre delen av injektionssprutan under tiden för förberedelse inför sprutning och själva sprutningen. Man kan se en effekt av detta i diagrammen med dosresponsen i bilaga A för platformleden 2006 och 2007, där effekten ofta var väldigt flack med ökande effekt även långt upp i dos, till höger på dosaxeln. Effekten för Platform var en helt annan år 2008. Detta år monterades injektionssprutan horisontellt för att motverka effekten av sedimenteringen. Visserligen kunde man även 2008 se att preparat sedimenterade väldigt fort, men utloppet på injektionssprutan var i vertikalt led placerat i mitten av injektionssprutans vätskevolym vilket skulle göra att nivåskillnader i koncentration hade mindre betydelse.

### Förskjutning av doseringen

Skillnader i värden för parametrarna  $a$  och  $b$  är ibland inte konsekventa, dvs. ett lägre värde på parameter  $a$  kan åtföljas av ett lägre värde på parameter  $b$ . Dessa skillnader har, som tidigare diskuterats, motsatta effekter på dosmarginalen.

En av de större felkällorna med tekniken för linjärdosering är att hålla reda på förskjutningen av doserna i försöksrutorna. Ett fel i förskjutning av doseringen i försöksrutorna innebär i princip ett fel i dosresponsparametern  $a$ . Dosresponsparameter  $b$  är däremot okänslig för förskjutningen av doserna i rutan. Doseringen i linjärdosrutorna blir alltid förskjuten en sträcka som beror av slangvolymen mellan injiceringsstället och munstycket och vätskemängden. Ett fel i bestämningen av dessa två parametrar, slangvolym och vätskemängd, påverkar således resultatet vad gäller parameter  $a$ . Hur stort detta fel är har inte uppskattats i denna studie.

Förutom att doseringen sköts automatsikt av en styrdator, mäts både körhastigheten och vätskeflödet kontinuerligt under sprutning. Det minsta man kan säga är att man har mer kontroll av vad som sker under utförandet av linjärdosförsök, i jämförelse med konventionella sprutförsök med rutor konstanta doser, där i regel ingenting mäts under sprutningen.

## SLUTSATSER

- En högre preparatkoncentration, som följd av lägre vätskemängd, var positivt för ogräseffekten, både för Express och för Platform.
- En finare duschkvalité var positivt för ogräseffekten, både för Express och för Platform.
- Inga skillnader mellan preparaten, med olika verkningsätt, kunde ses.
- högre koncentration och finare duschkvalité, som ett resultat av att byta till mindre munstycken, bör i praktiken vara positivt för ogräseffekten, så länge risken för vindavdrift anses kunna hållas på en acceptabel nivå. I annat fall bör man använda munstycken som ger en duschkvalité med mindre andel fina droppar.
- Det finns ingen uppenbar anledning att detta resultat inte är överförbart på andra preparat för motsvarande bekämpningssituation på marknaden. Man bör dock utvärdera denna överförbarhet utifrån aktiv substans och övriga komponenter i formuleringen för preparatet i fråga.

## LITTERATUR

Banks, PA; Schroeder, J. 2002. Carrier volume affects herbicide activity in simulated spray drift studies. *Weed Technology*, 16(4) 833-837.

Bengtsson, P., Engqvist, A., Enfaelt, P. and Alness, K. 1997. A method with linear increased injection rate of pesticides for dose response studies. **Aspects of Applied Biology**, 48. Proceedings, Optimising Pesticide Applications, Long Ashton Research Station, 6-7 January 1997, 65-70

Cesari, A; Zaccarelli, M; Fiaccadori, R. 1980. The influence of concentration (at medium volume) on the activity of plant protective chemicals applied to grapevine. *Vignevini*, 7(3) 39-44.

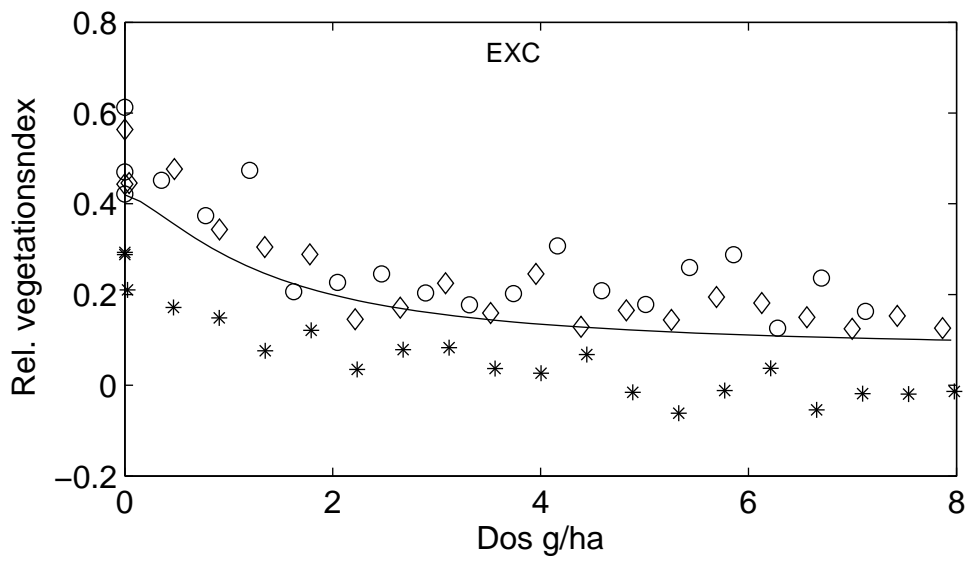
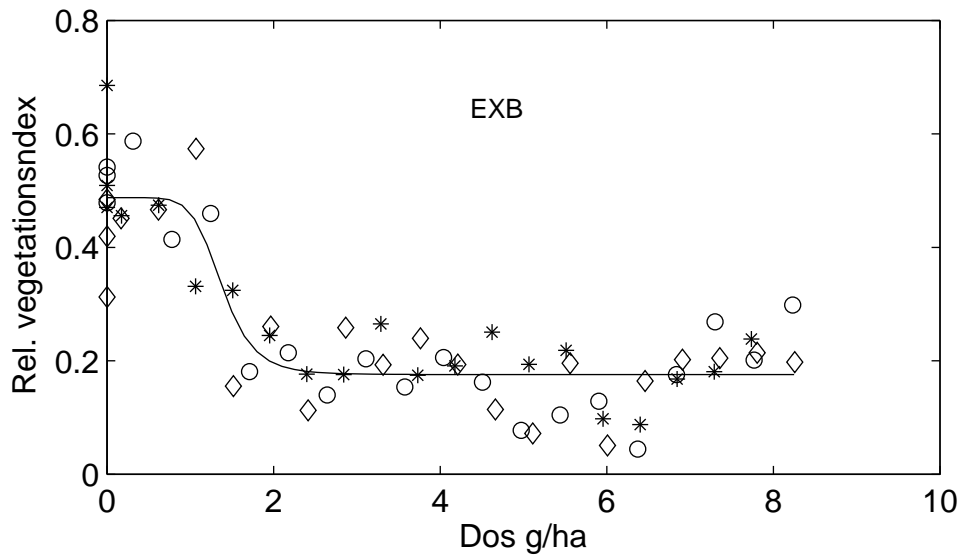
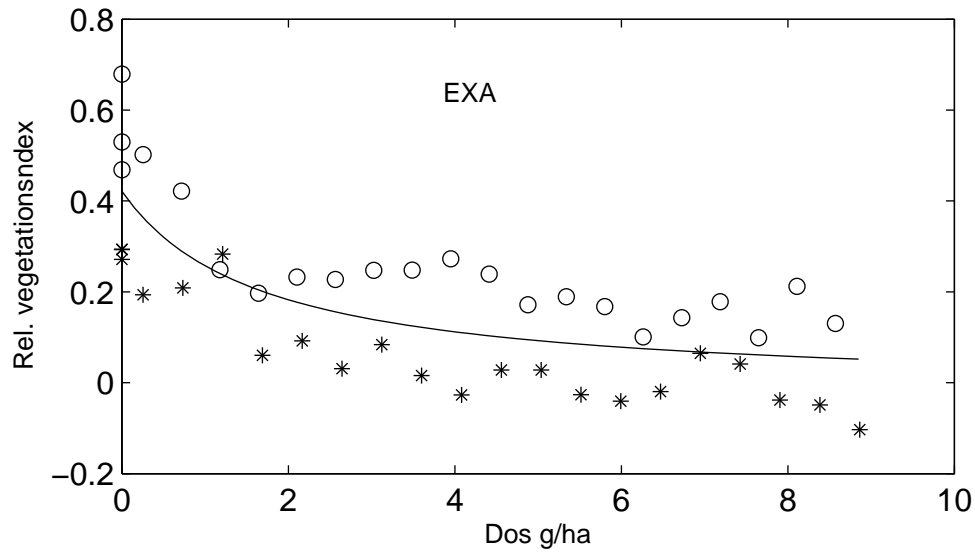
Fleck, NG; Vargas, L; da Cunha, MM; Andres, A. 1999. Effects of application parameters on desiccation action of herbicide sulfosate on rice. *Planta Daninha*, 17(1) 139-149.

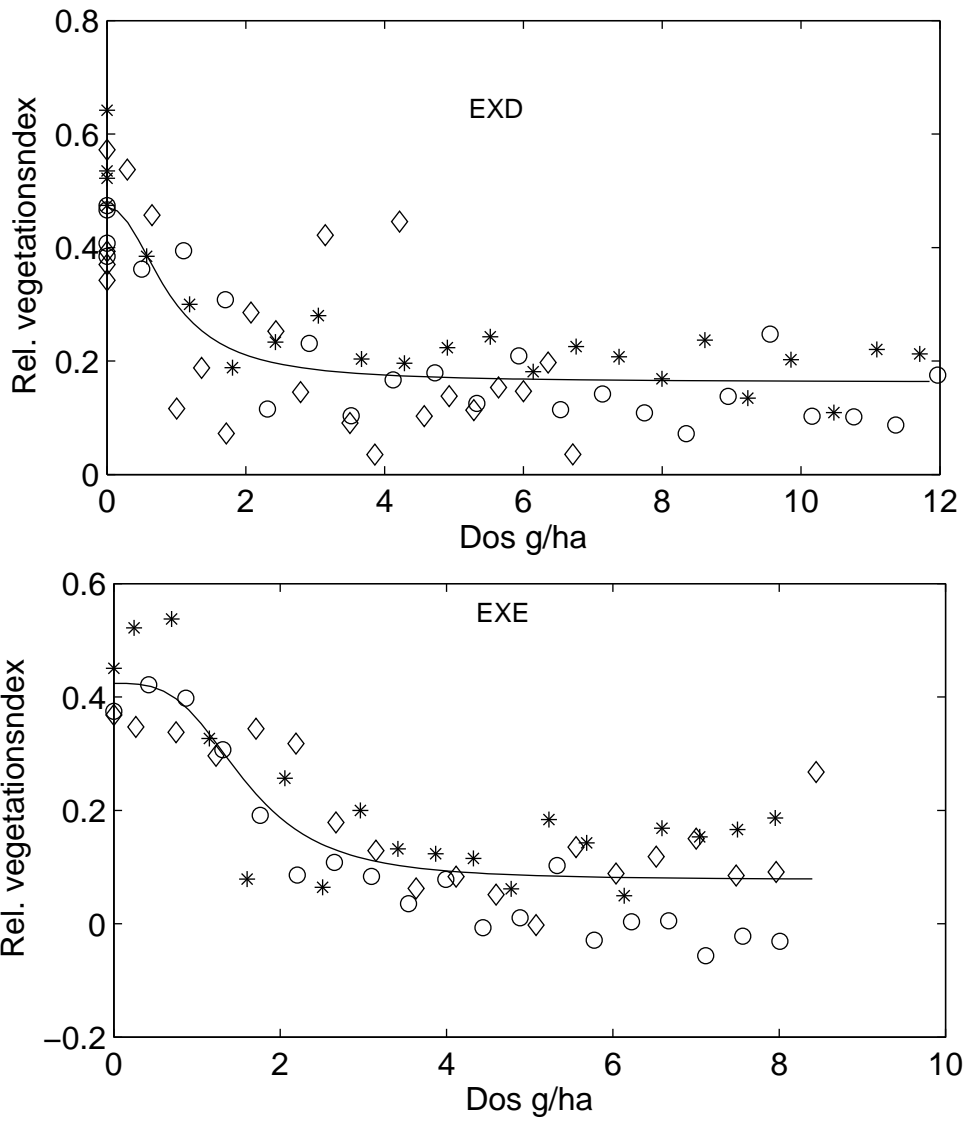
Larsolle, A. 2003. Instantaneous measurement of reflectance spectra in the open field using diode array spectrometers. *Biosystems Engineering*, 86, 1-8

Ramsdale, BK; Messersmith, CG; Nalewaja, JD. 2003. Spray volume, formulation, ammonium sulfate, and nozzle effects on glyphosate efficacy. *Weed Technology*, 17(3) 589-598.

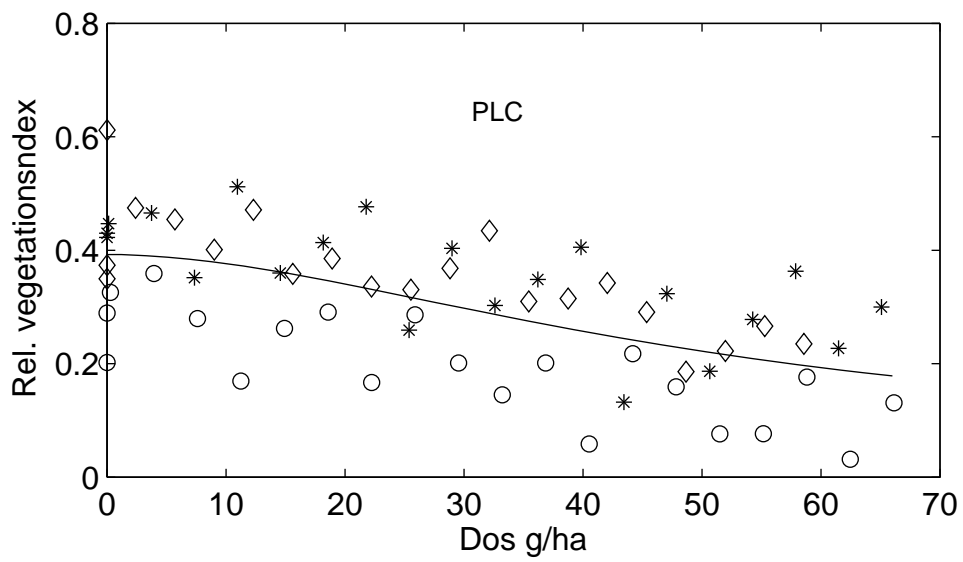
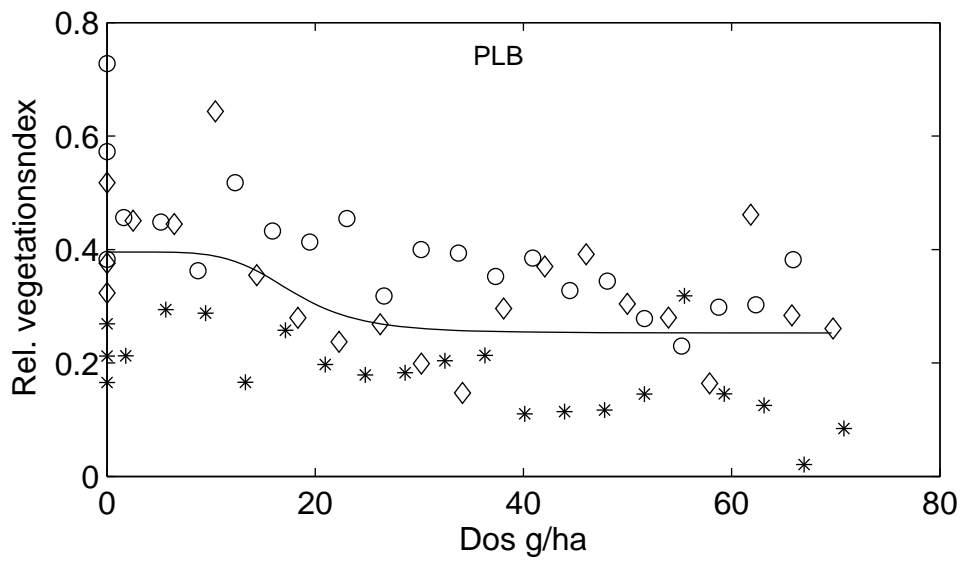
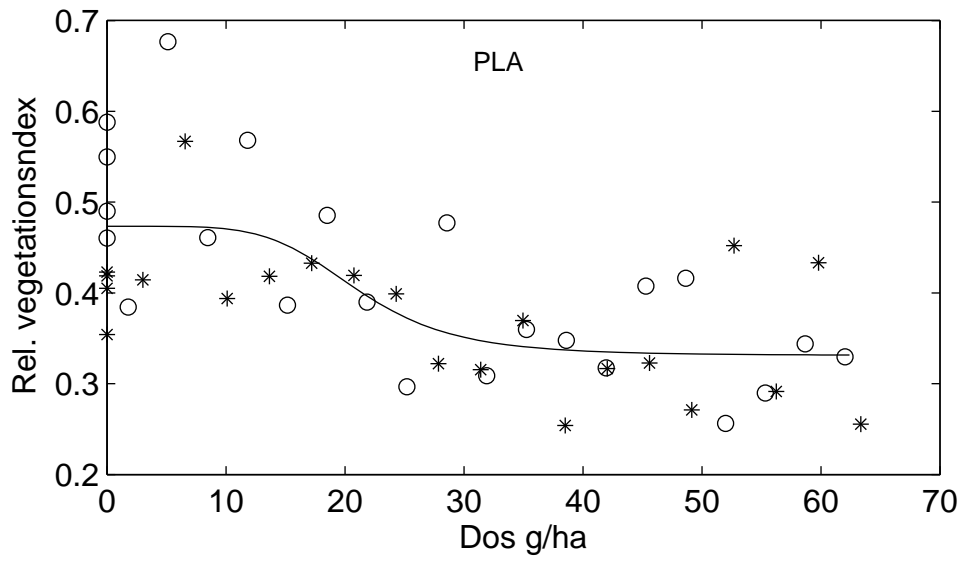
# BILAGA A. DIAGRAM

AVLÄSNINGSDATUM 2006-06-16

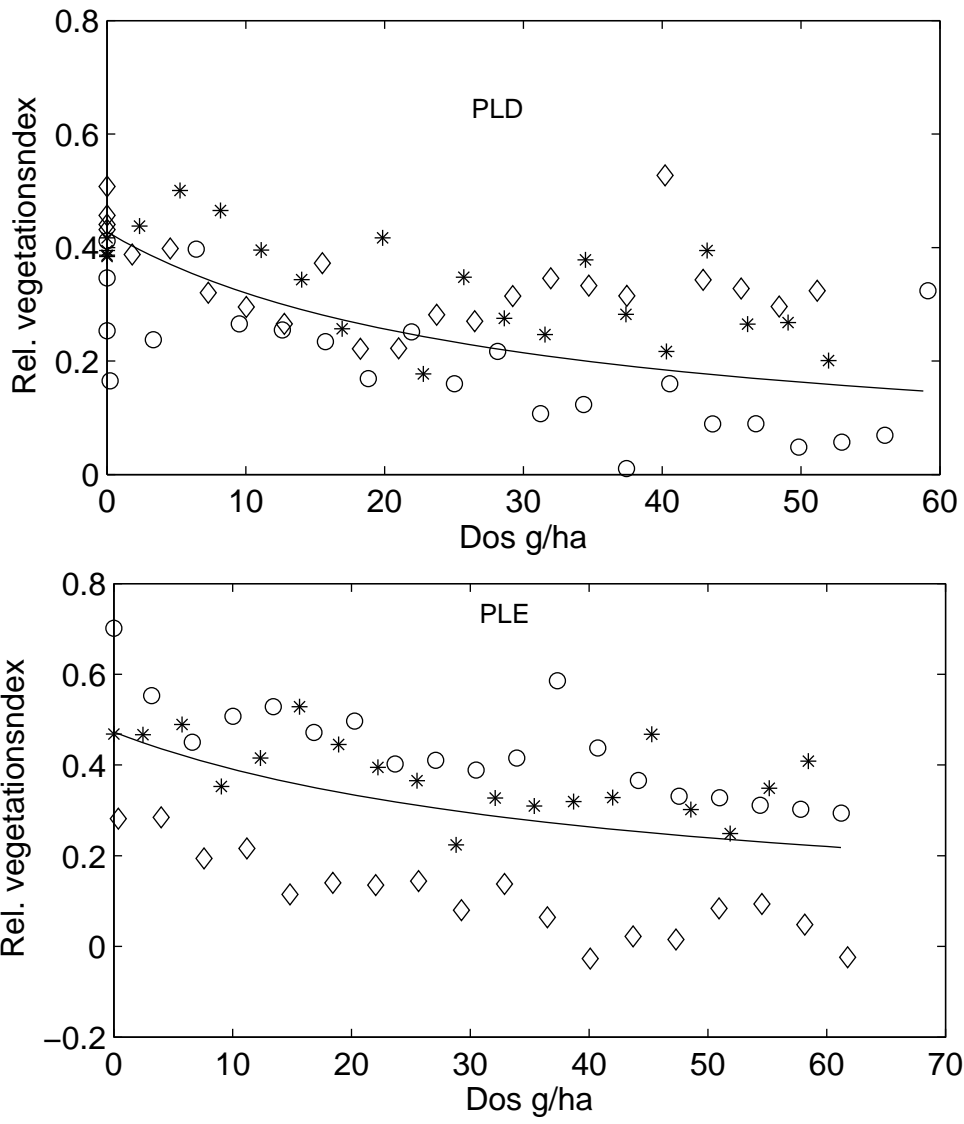




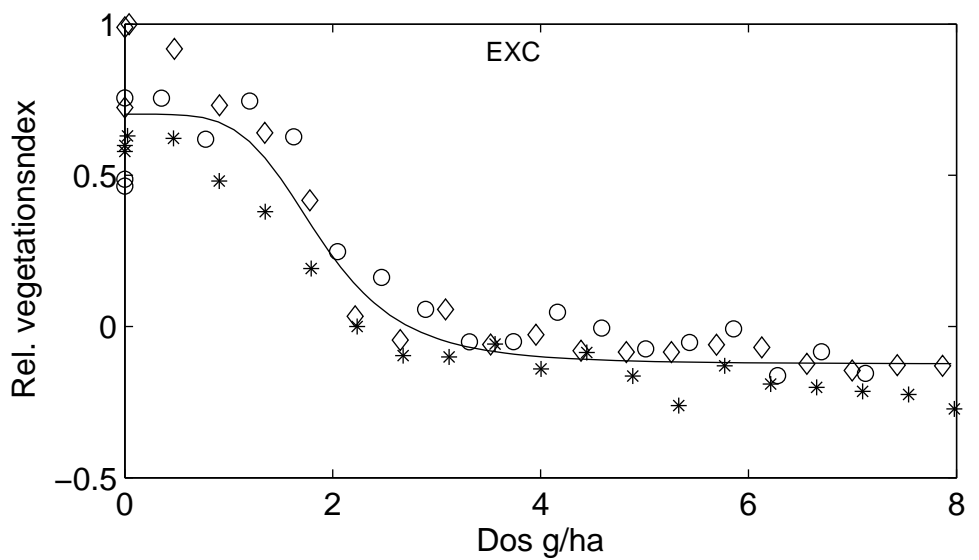
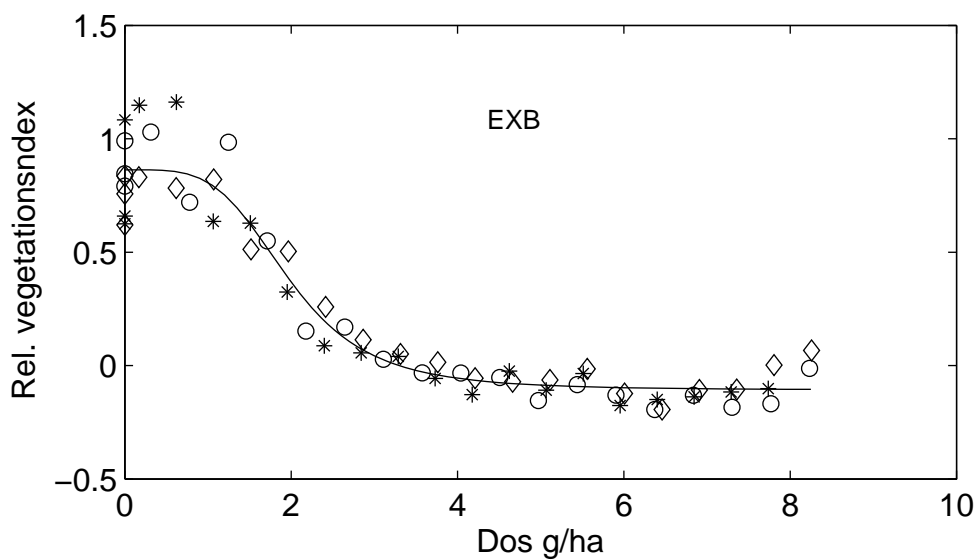
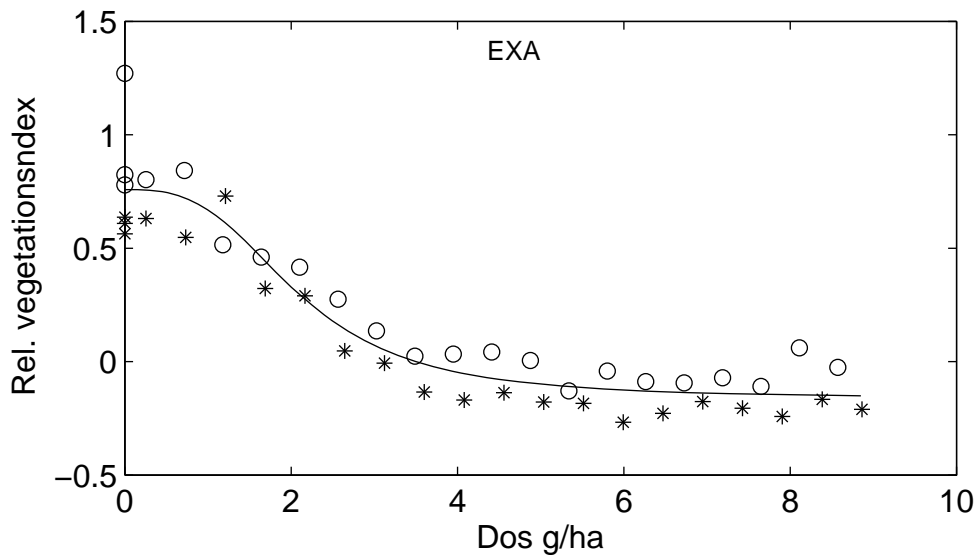
Figur 3. Dosresponskurvor, Express 2006, avläsningsdatum 2006-06-16

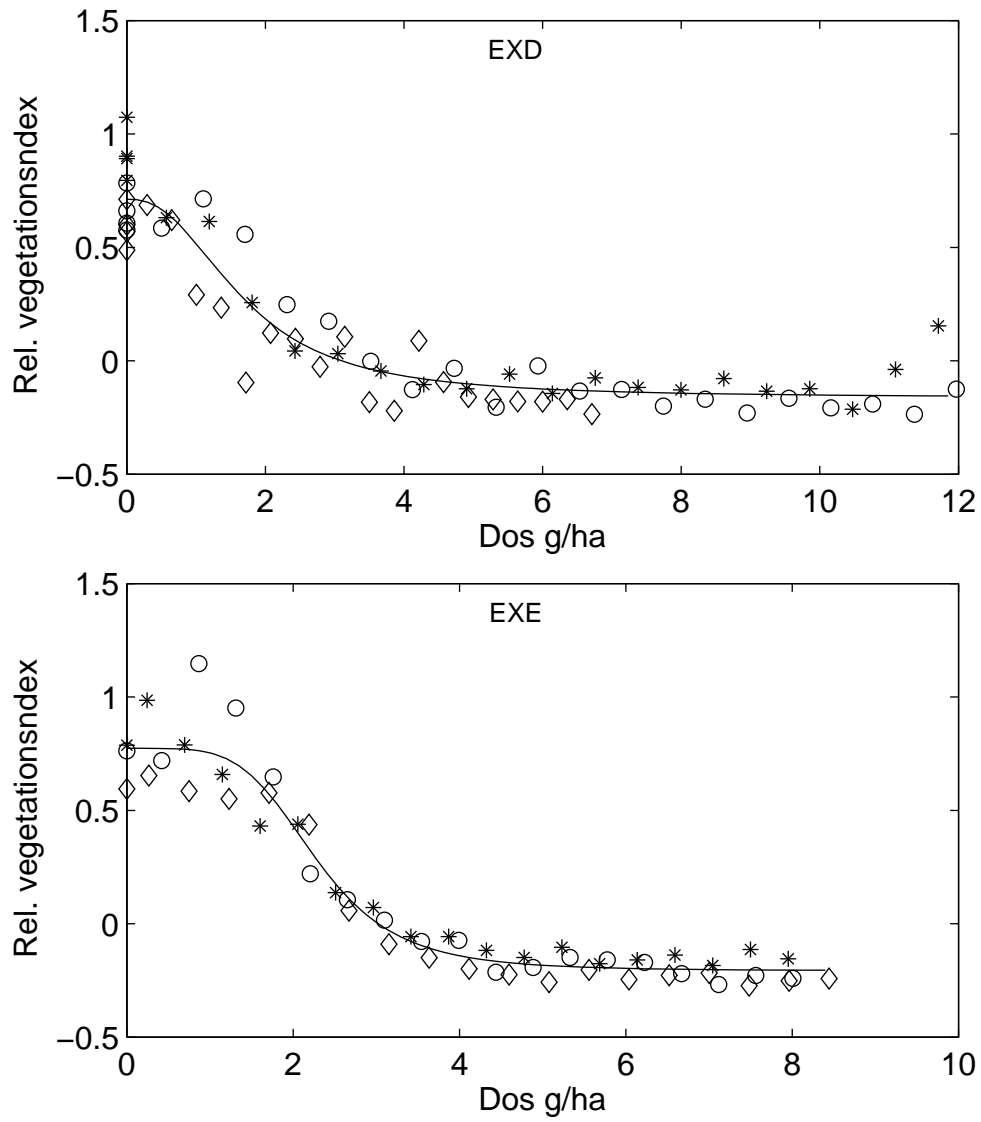




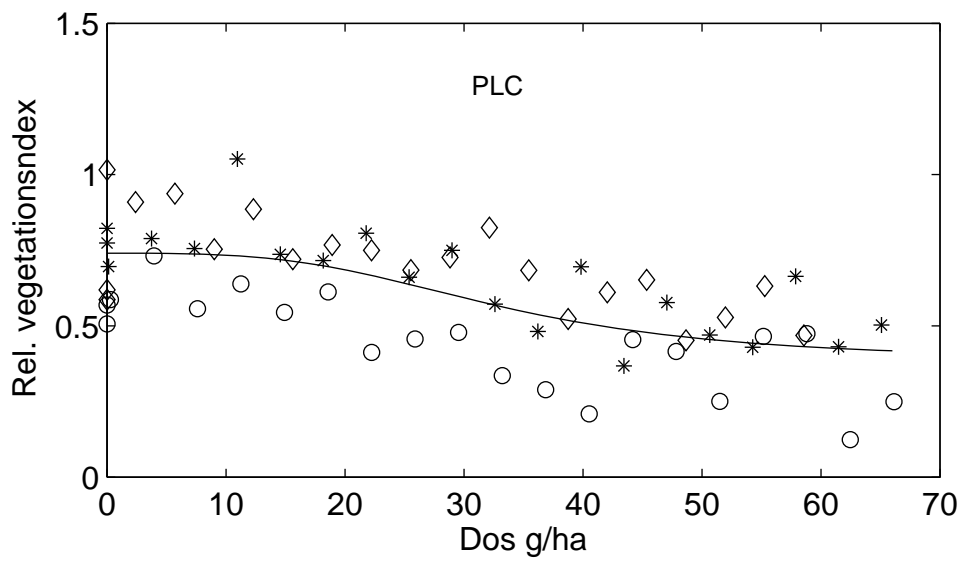
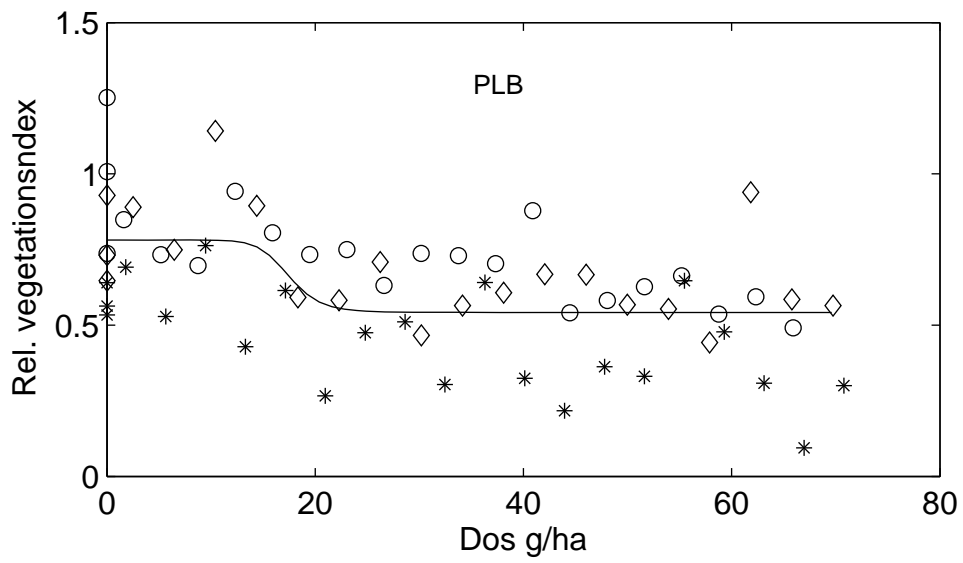
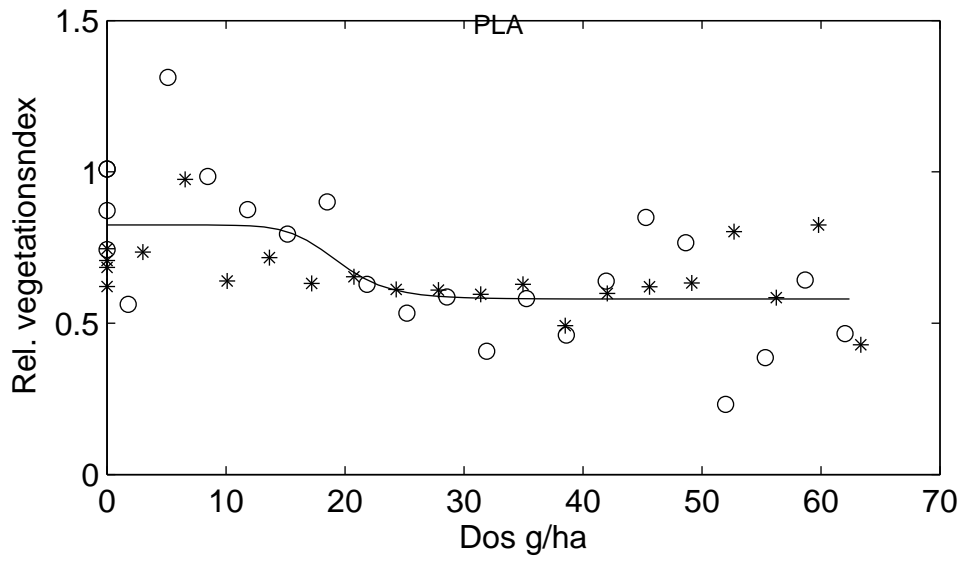


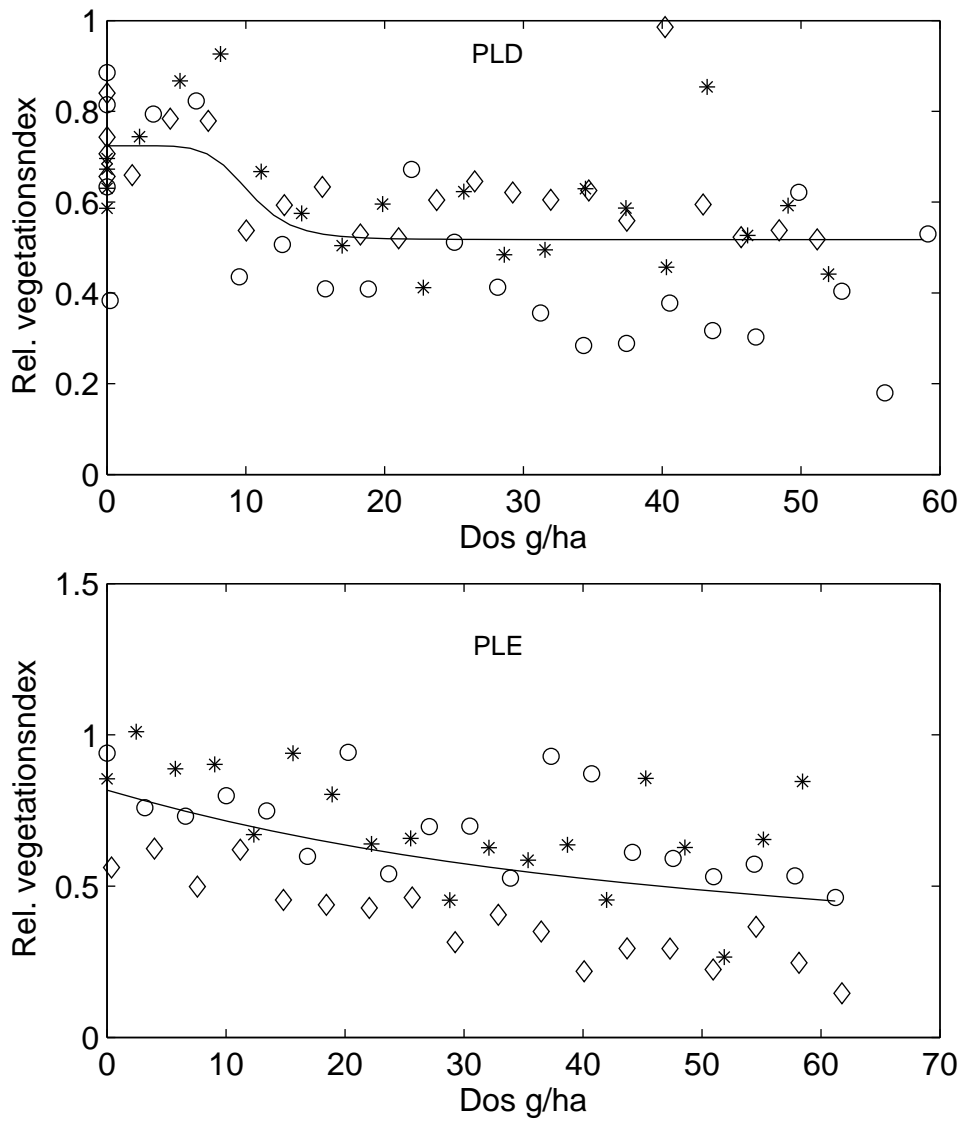
Figur 4. Dosresponskurvor 2006 , Platform, avläsningsdatum 2006-06-26



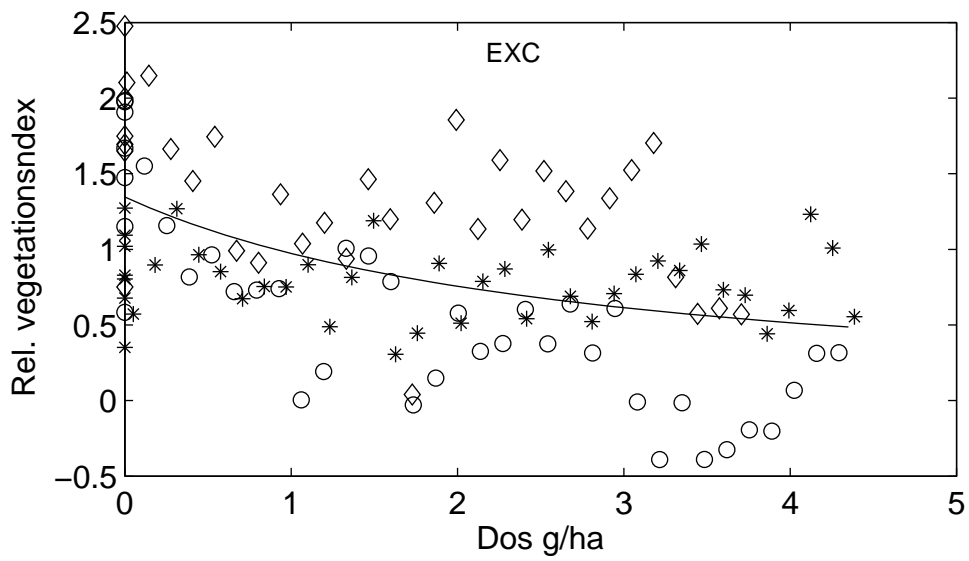
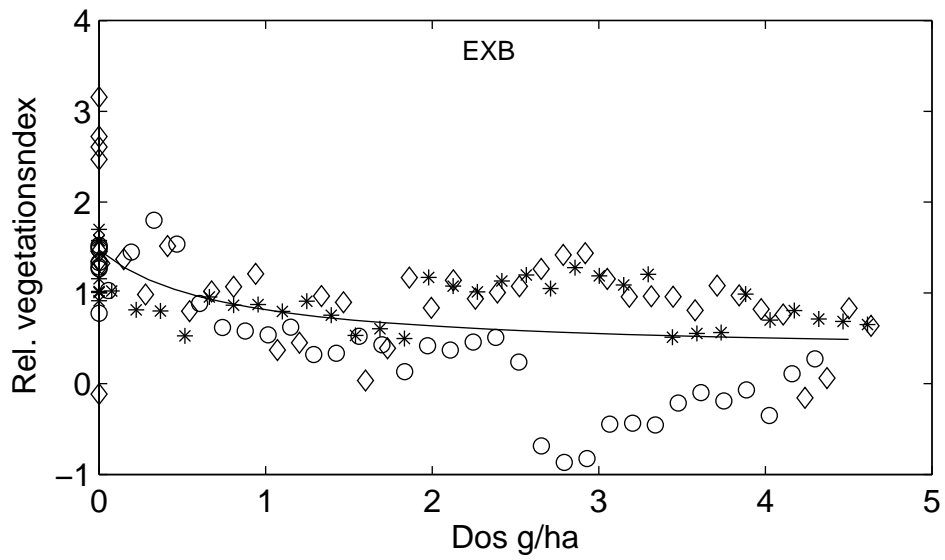
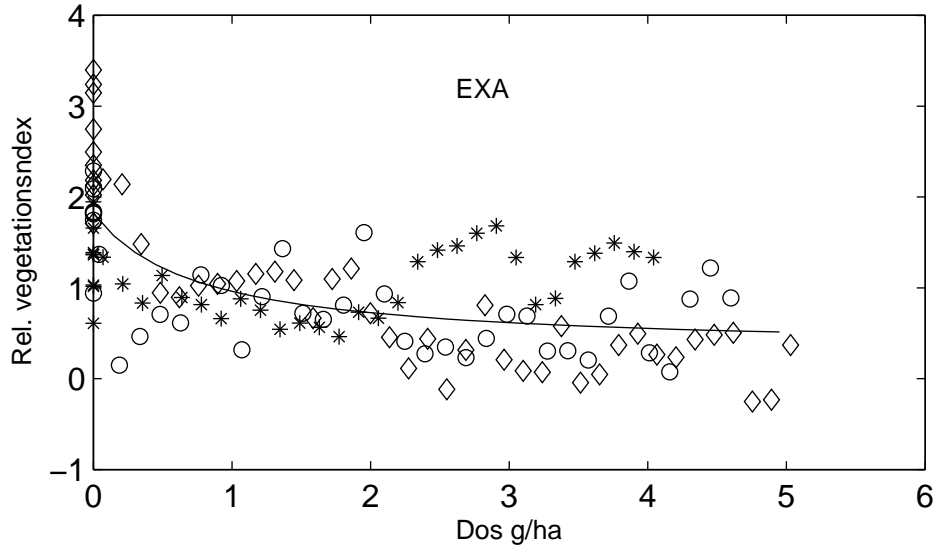


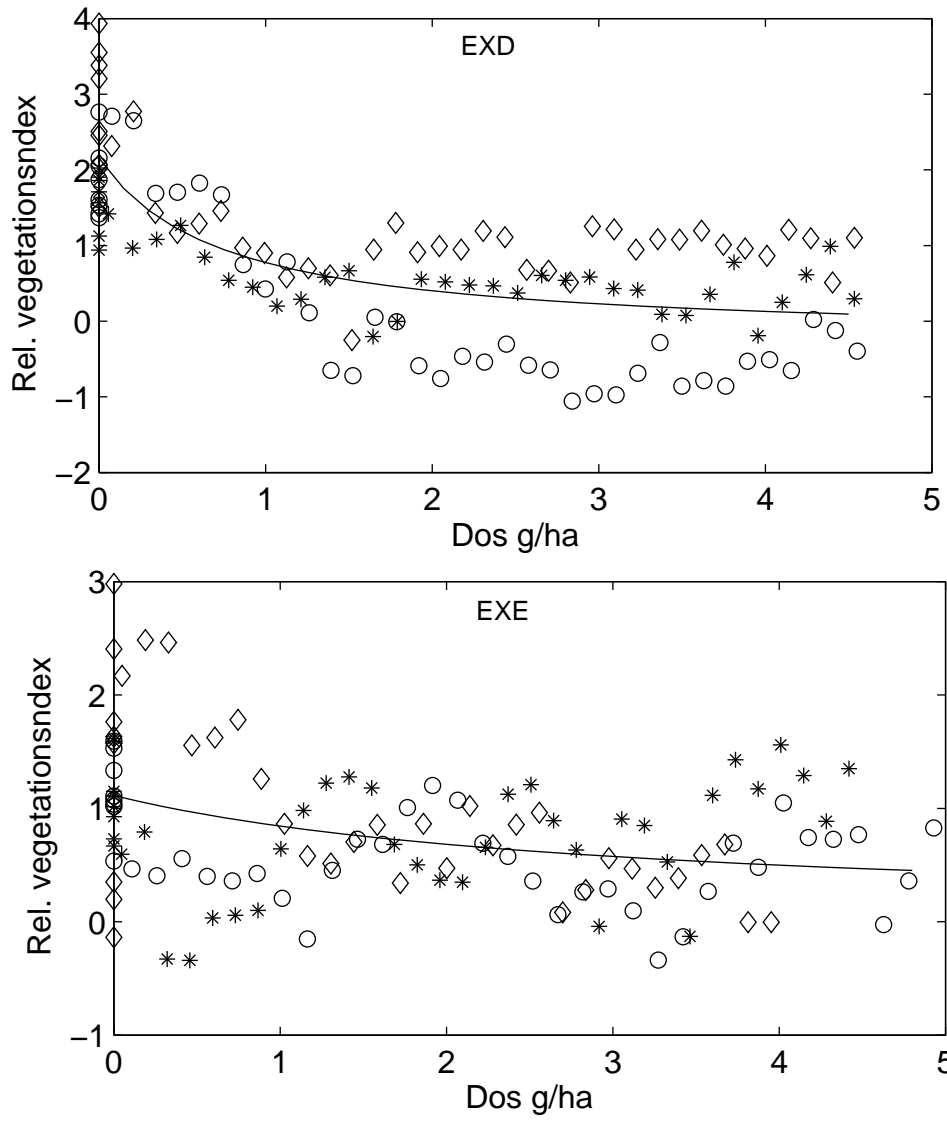
Figur 5. Dosresponskurvor 2006, Express, avläsningsdatum 2006-07-04



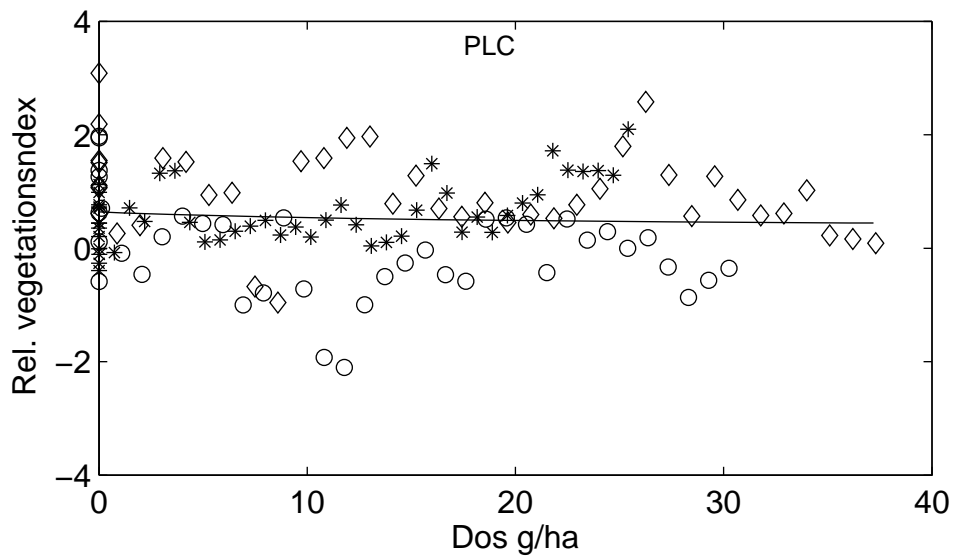
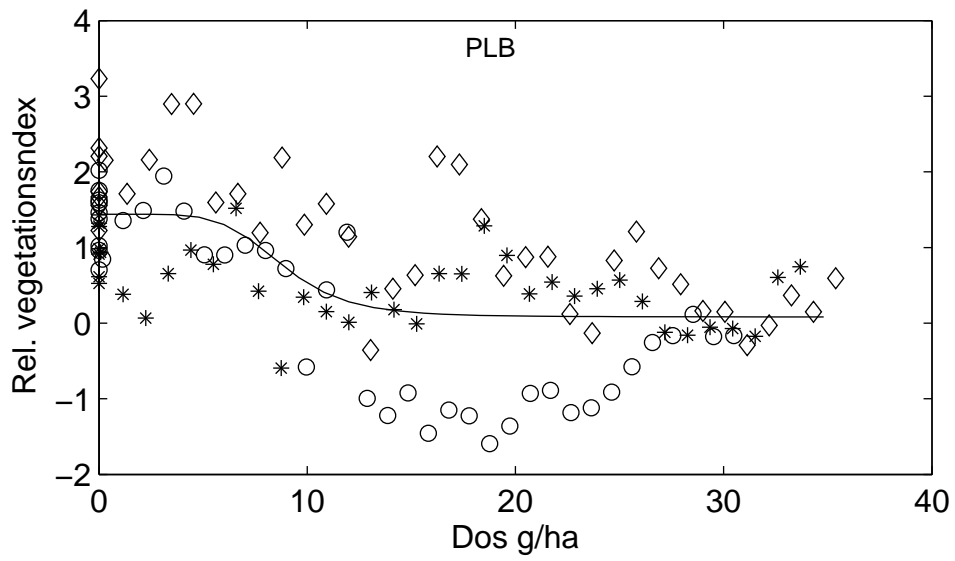
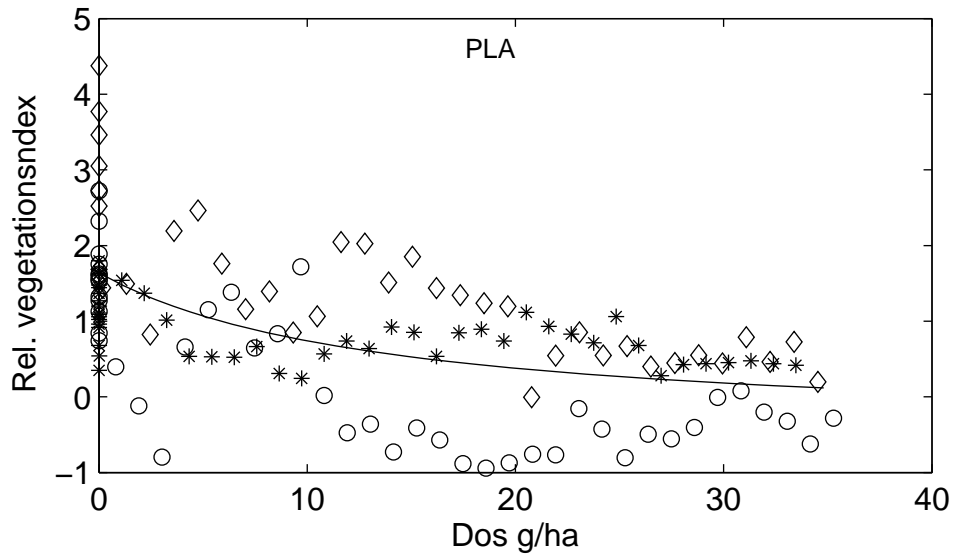


Figur 6. Dosresponskurvor 2006, Plattform, avläsningsdatum 2006-07-04

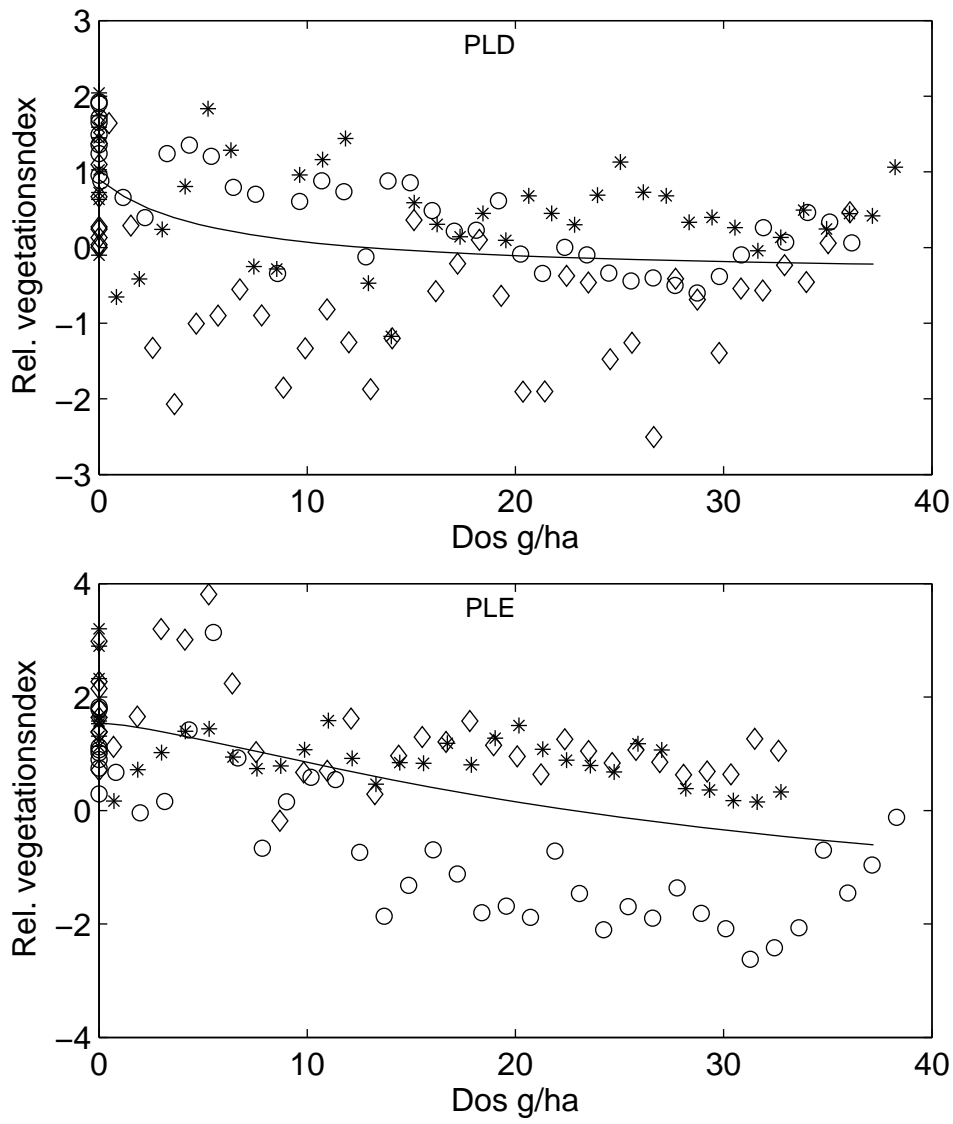




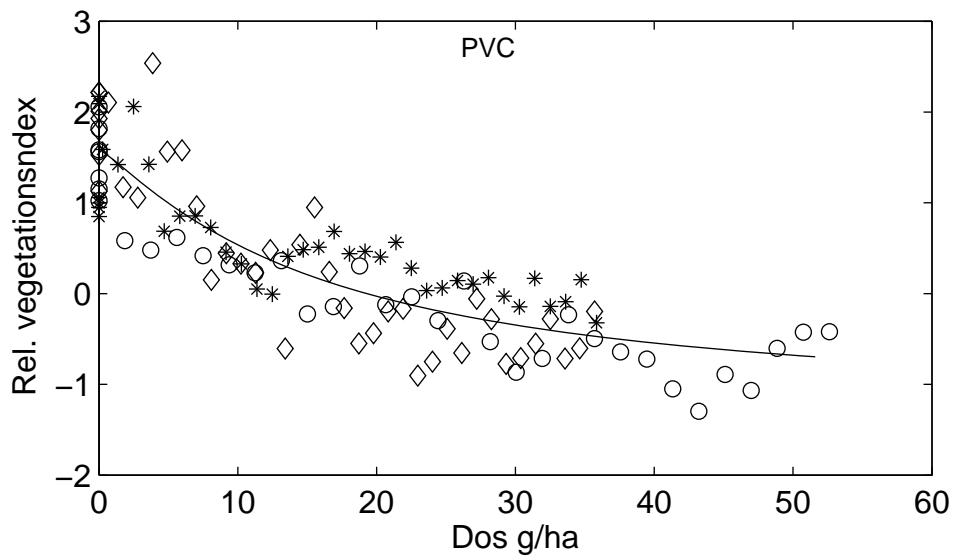
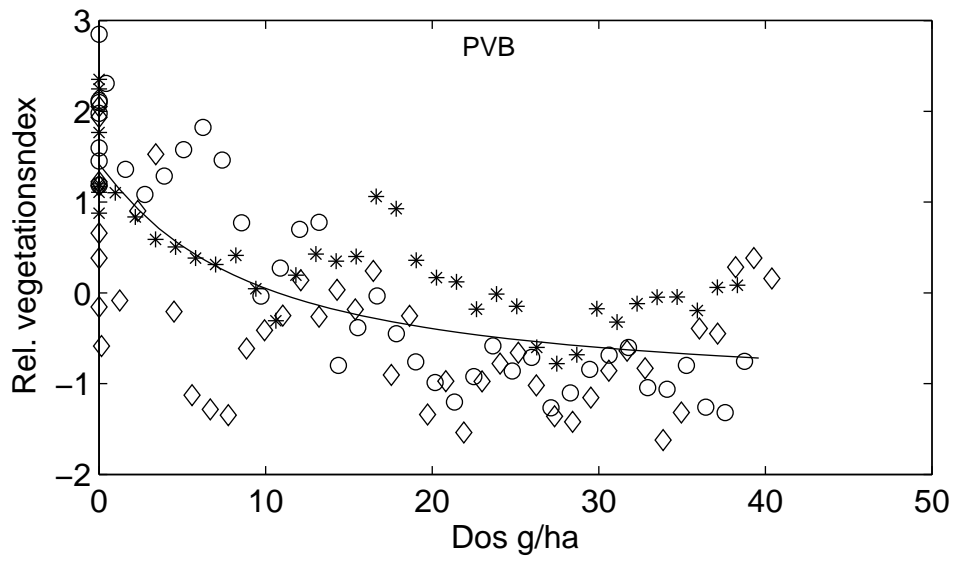
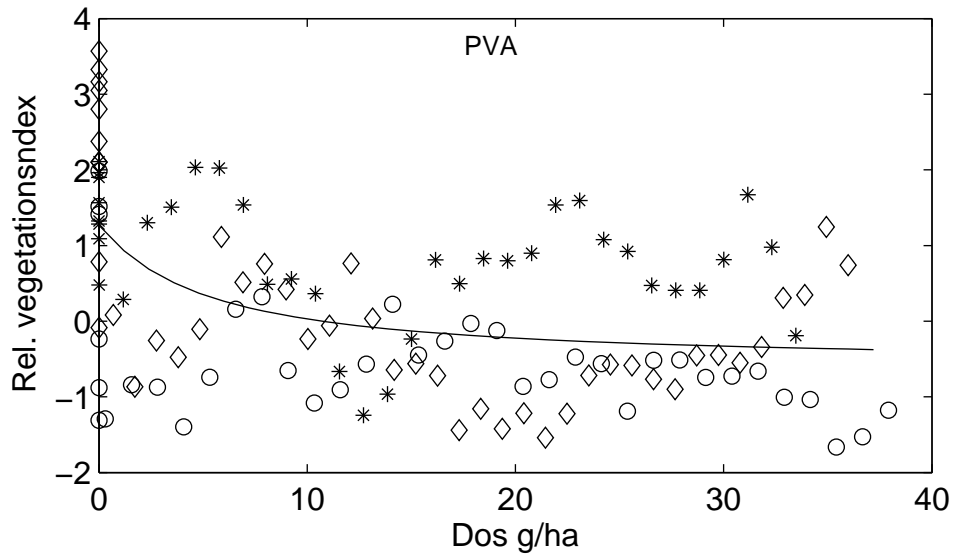
Figur 7. Dosresponskurvor 2007, Express, avläsningsdatum 2007-07-03

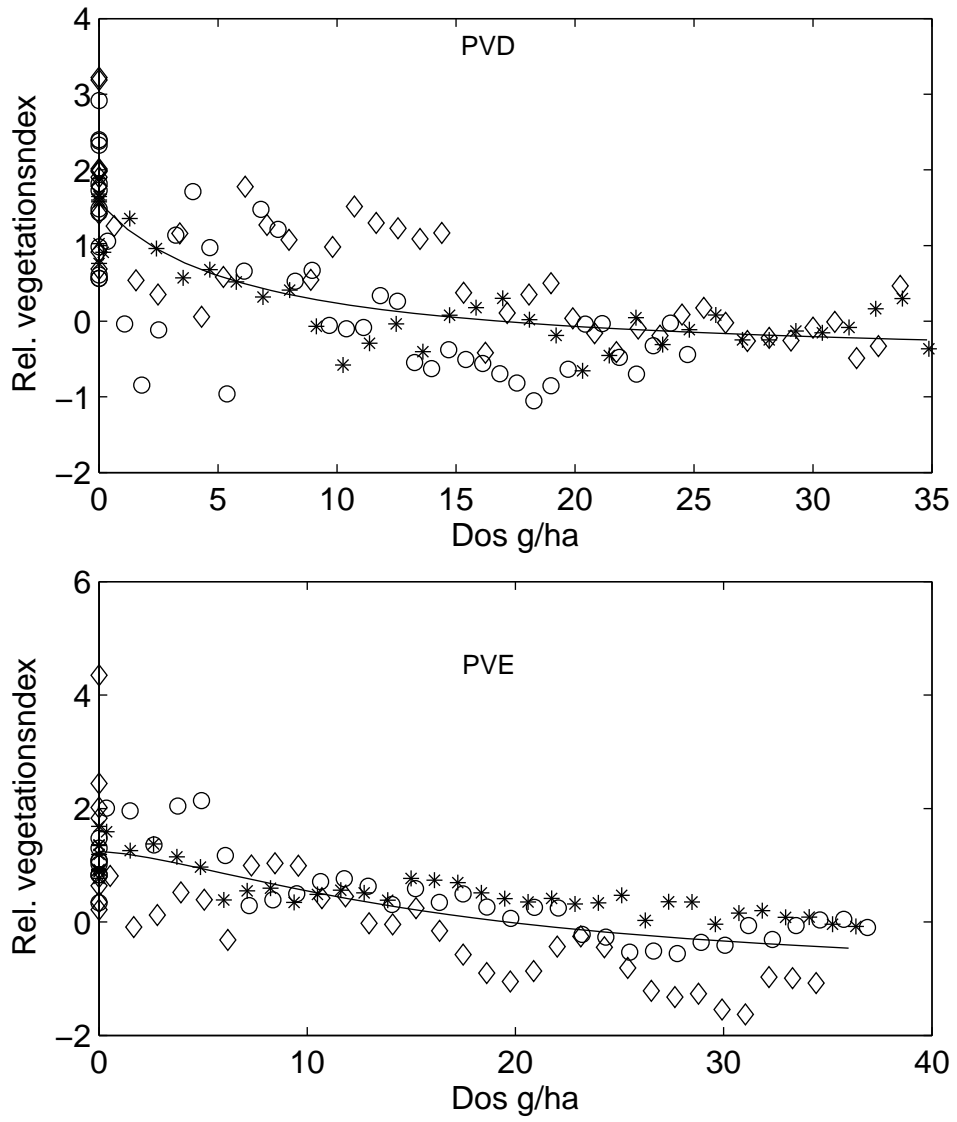




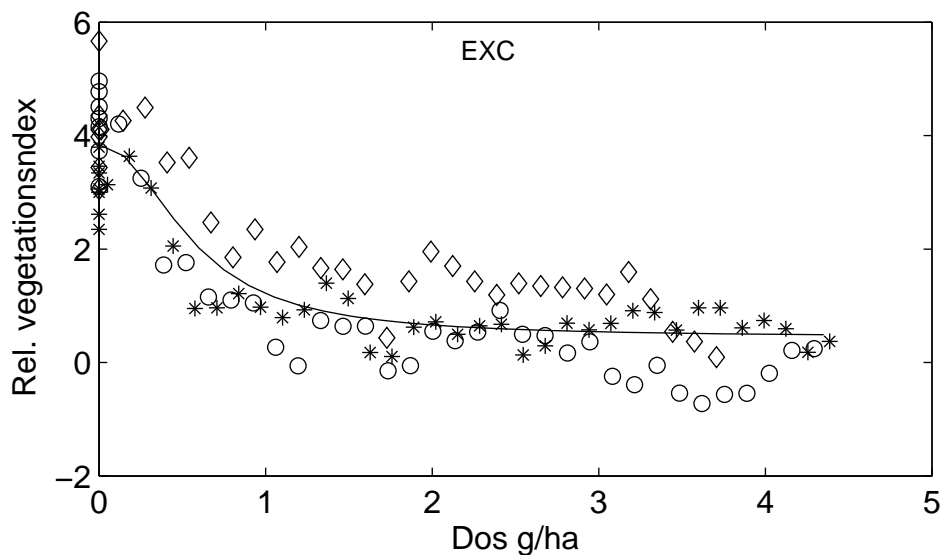
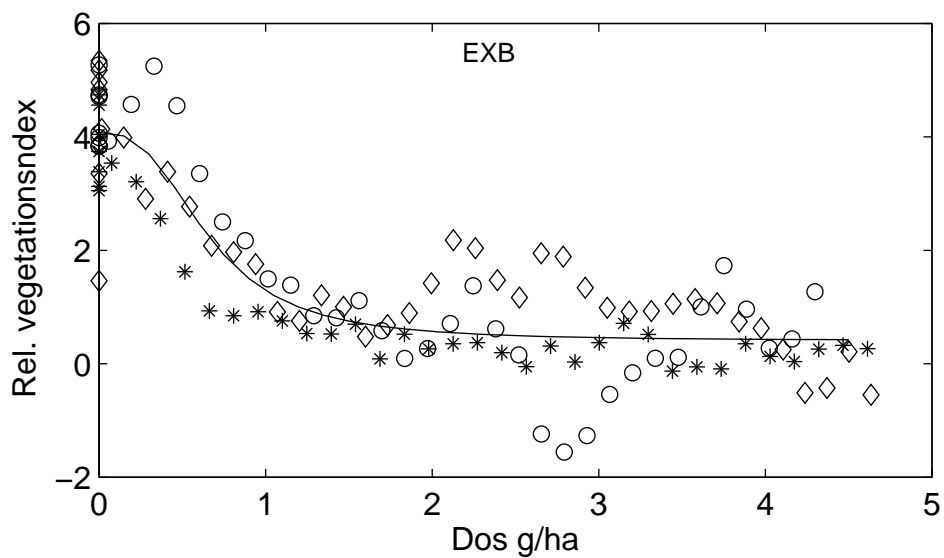
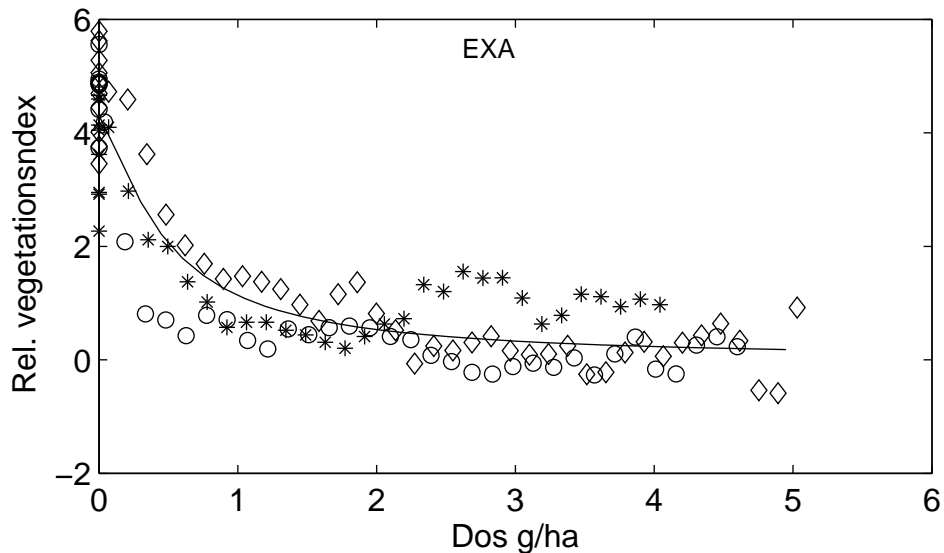


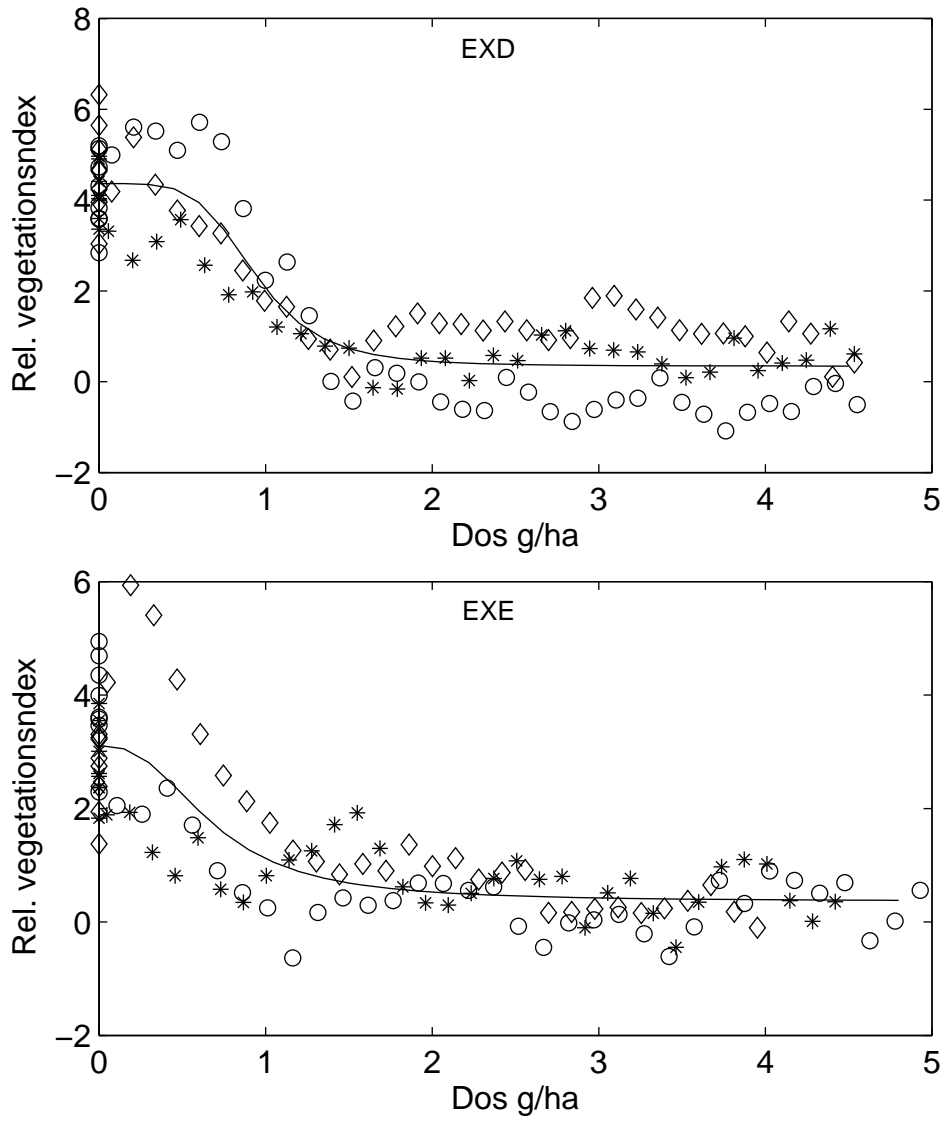
Figur 8. Dosresponskurvor 2007, Plattform, avläsningsdatum 2007-07-03



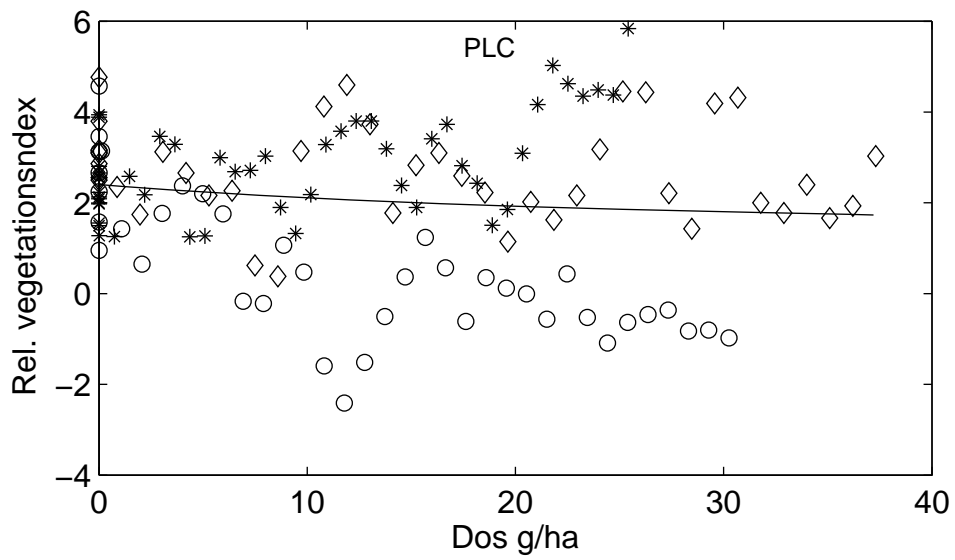
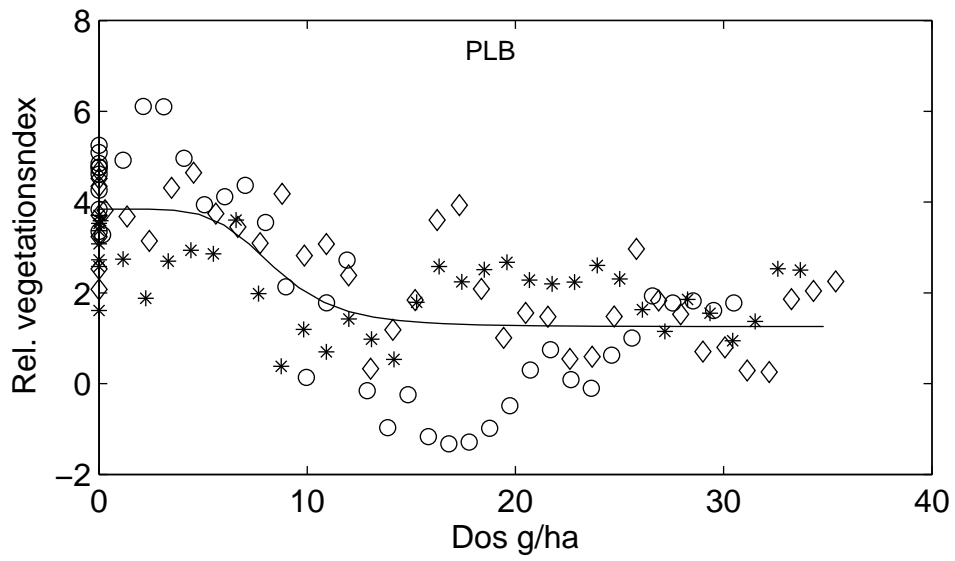
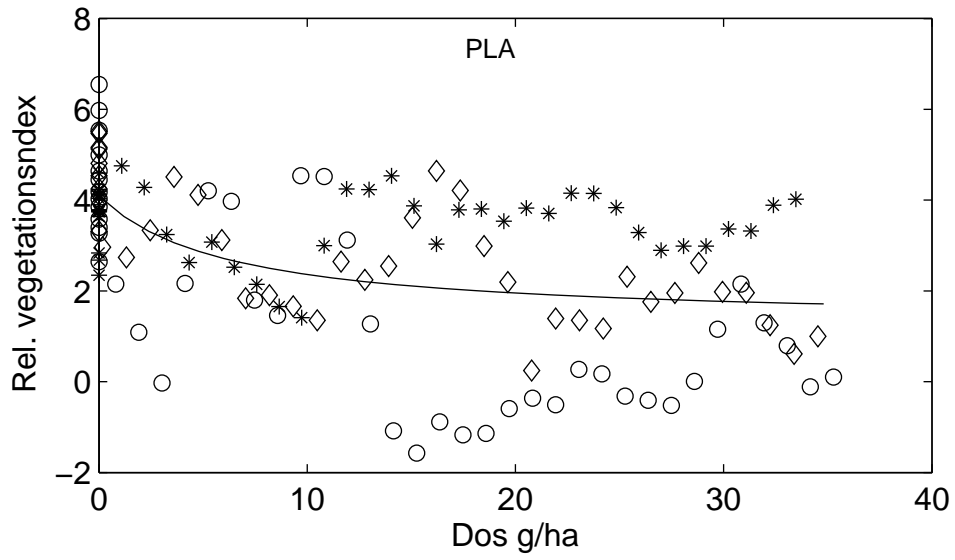


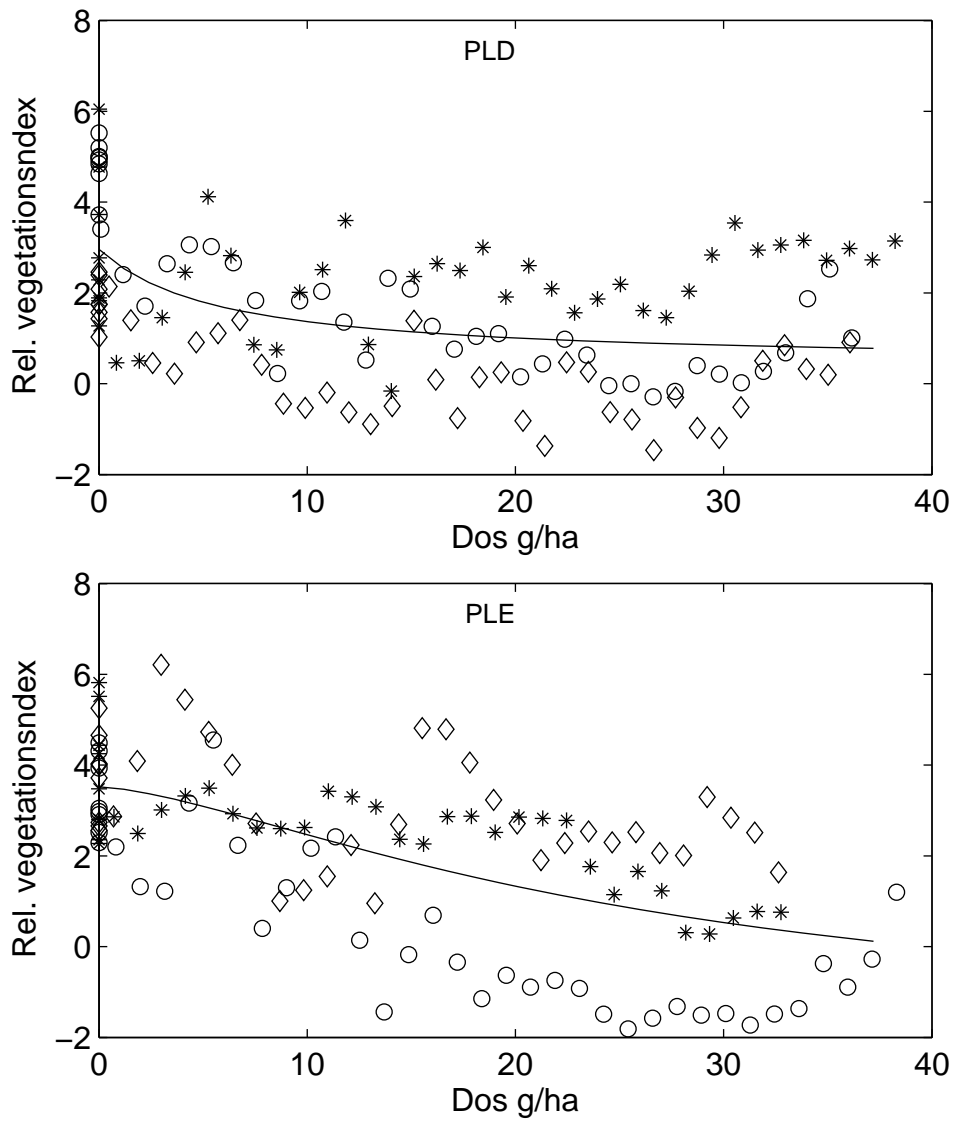
Figur 9. Dosresponskurvor 2007, Plattform med vätmedel, avläsningsdatum 2007-07-03



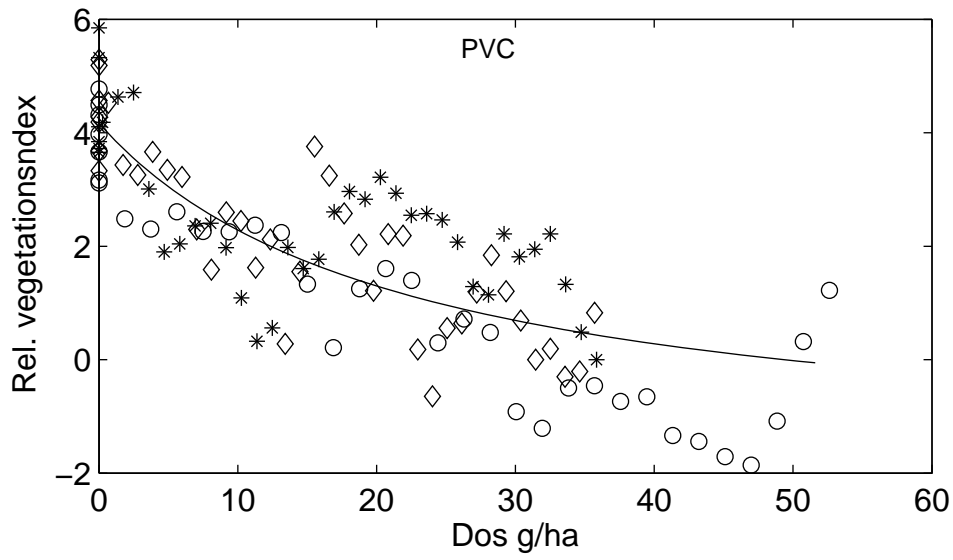
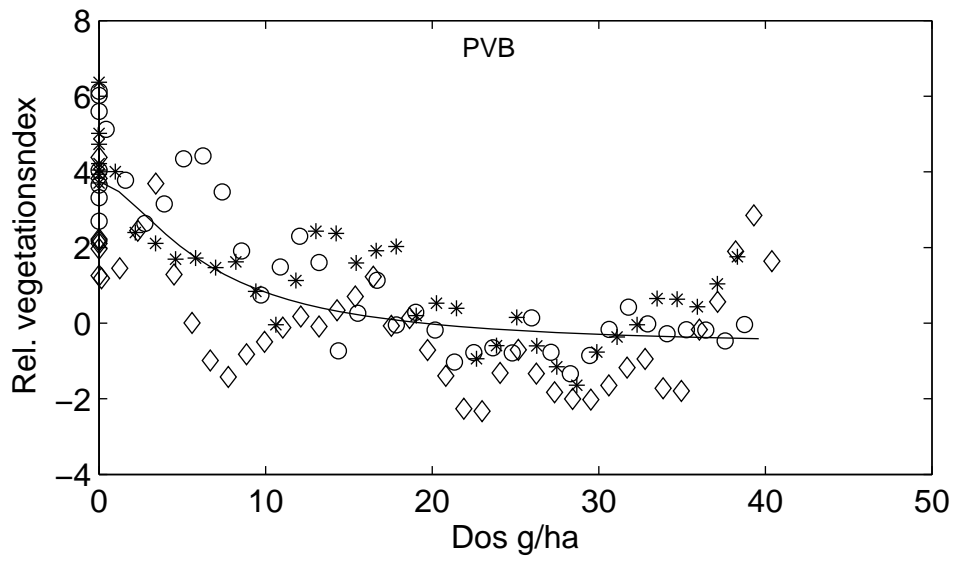
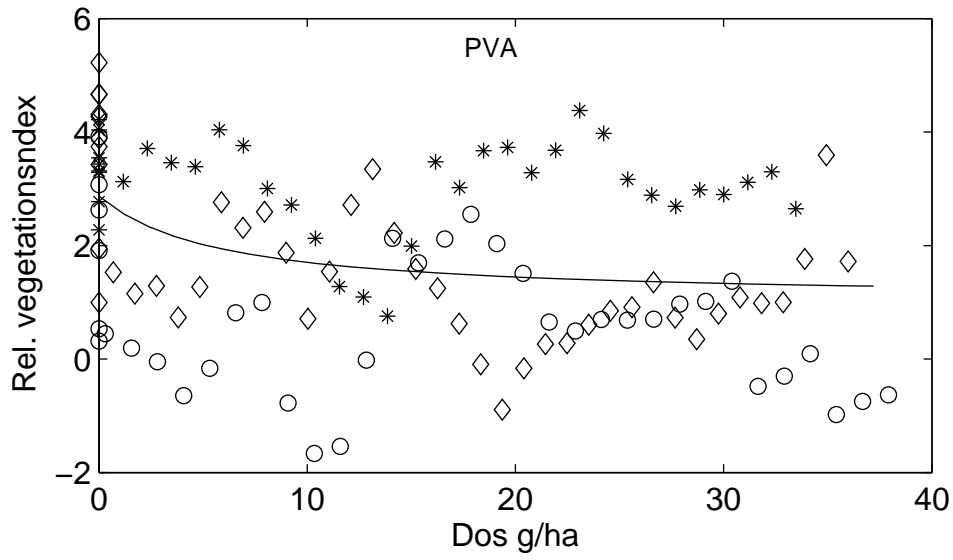


Figur 10. Dosresponskurvor 2007, Express, avläsningsdatum 2007-07-13

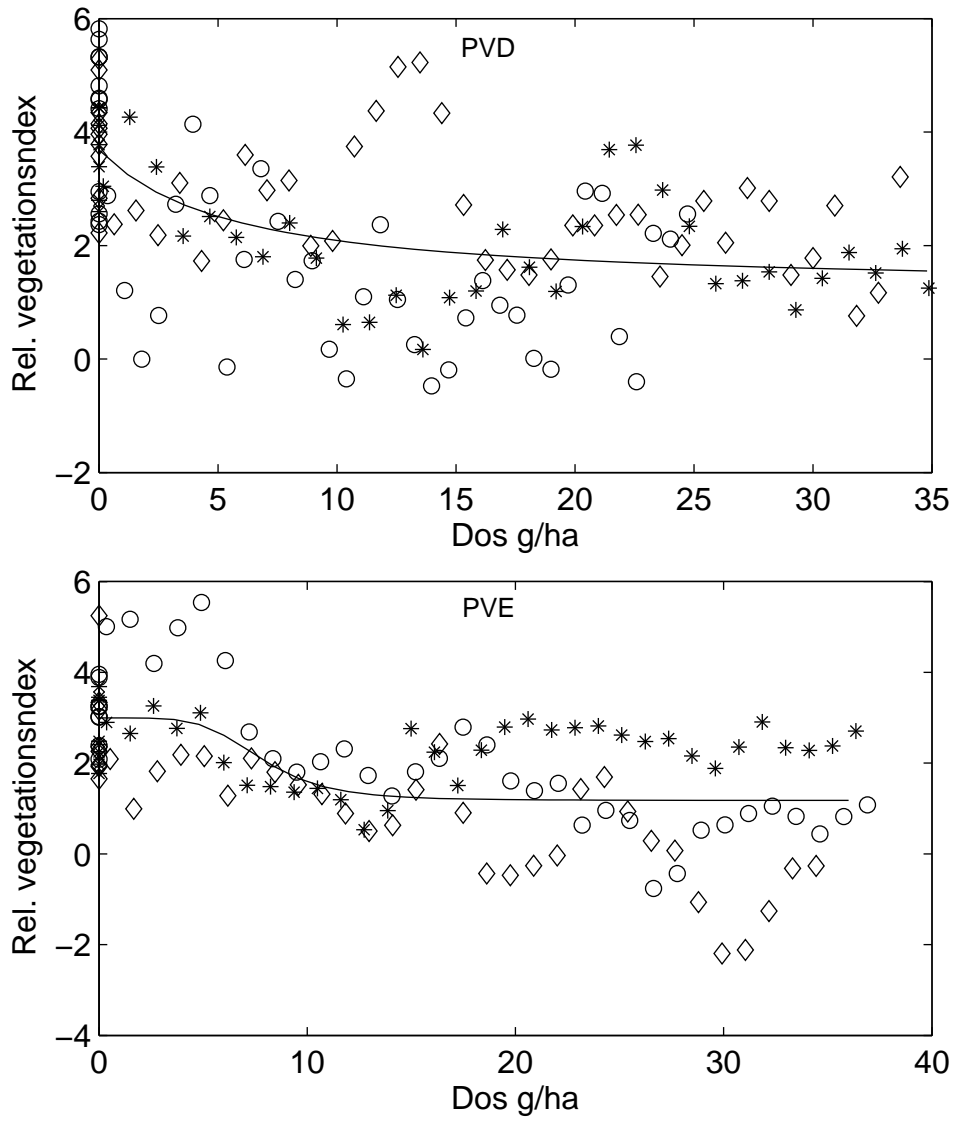




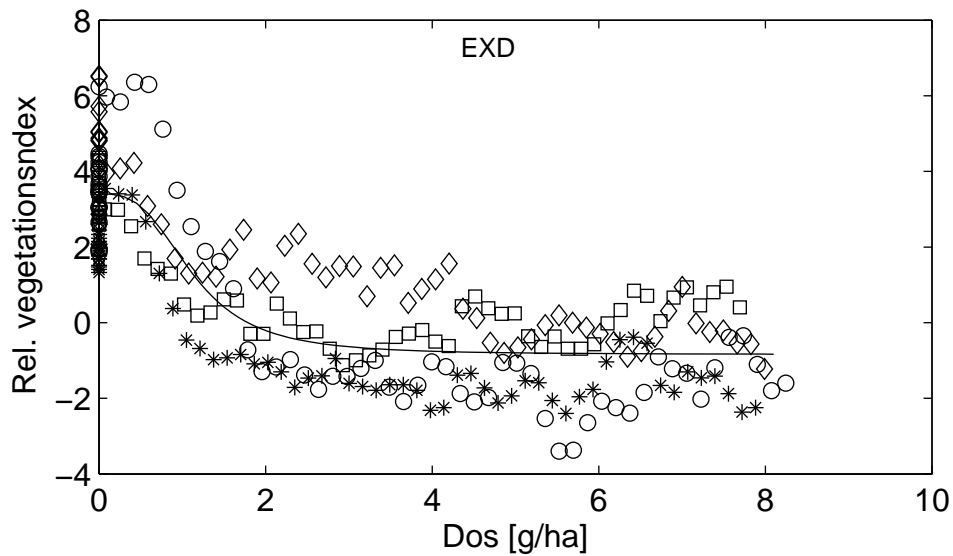
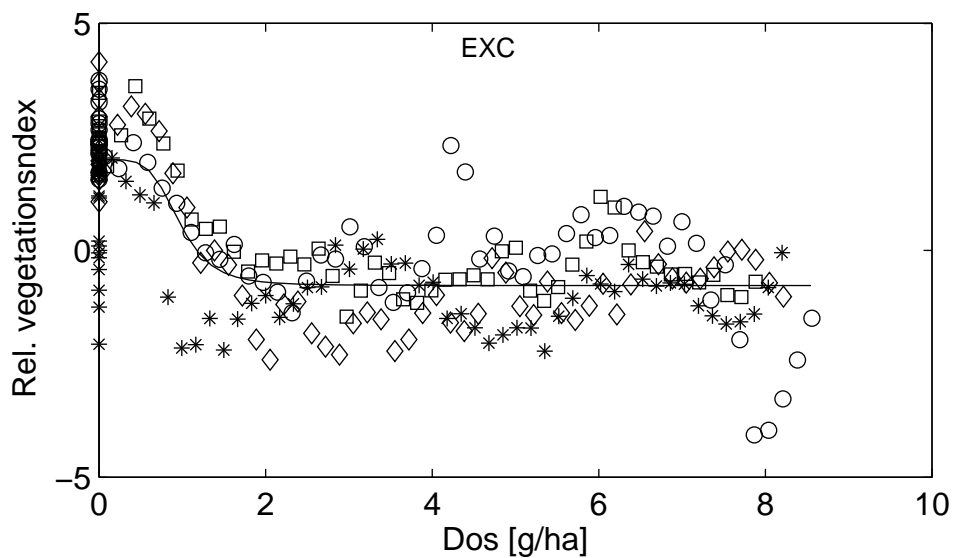
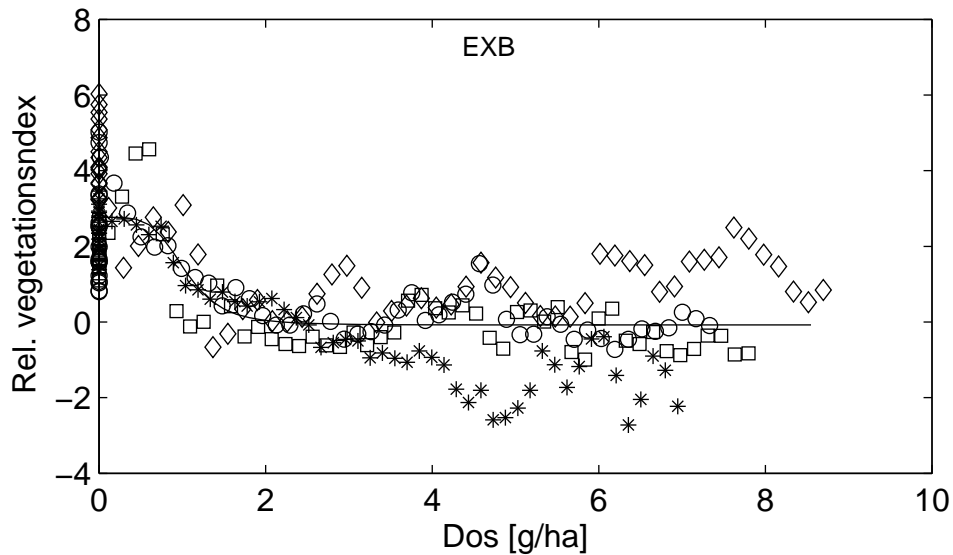
Figur 11. Dosresponskurvor 2007, Plattform, avläsningsdatum 2007-07-13

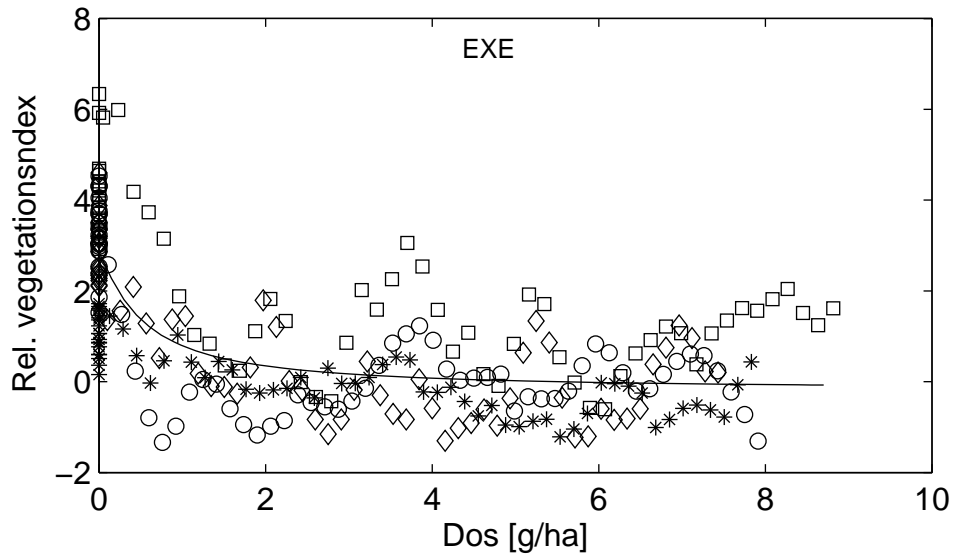




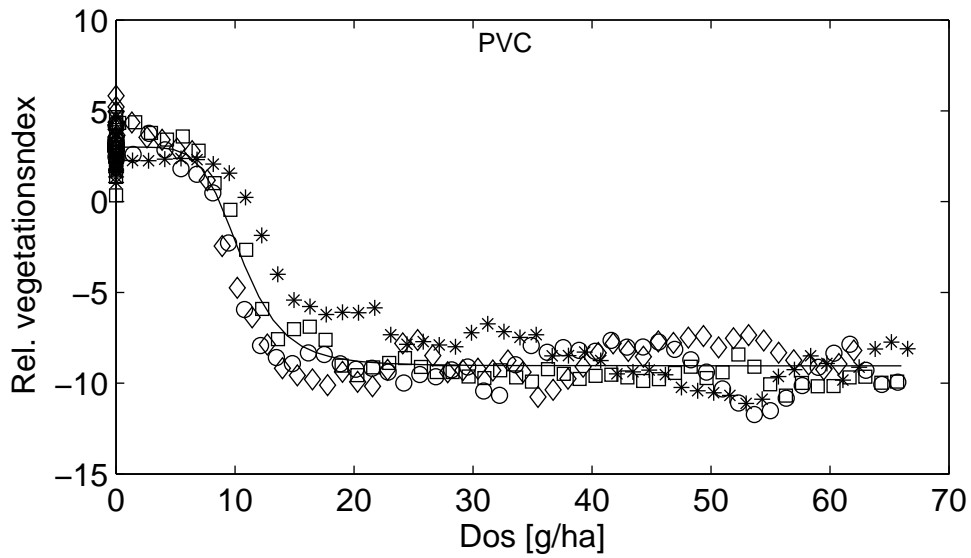
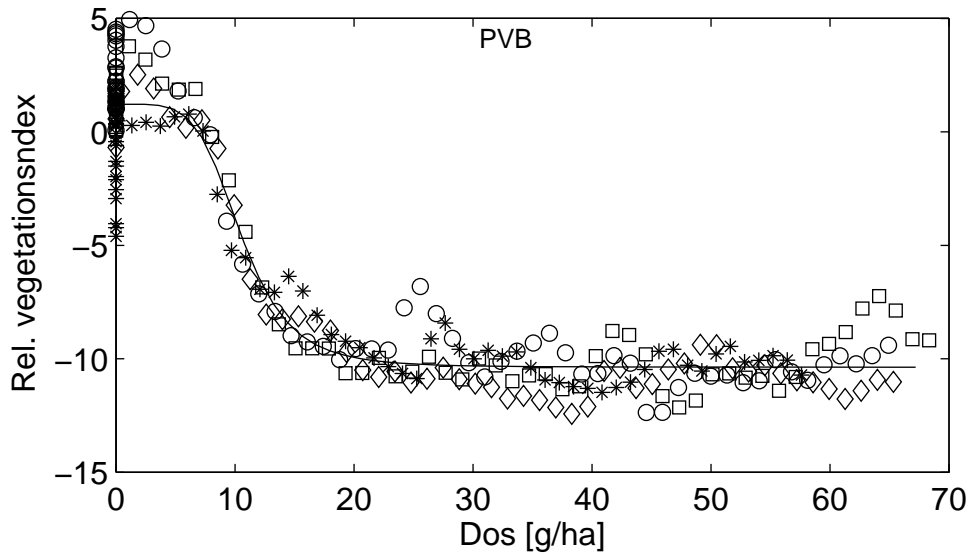


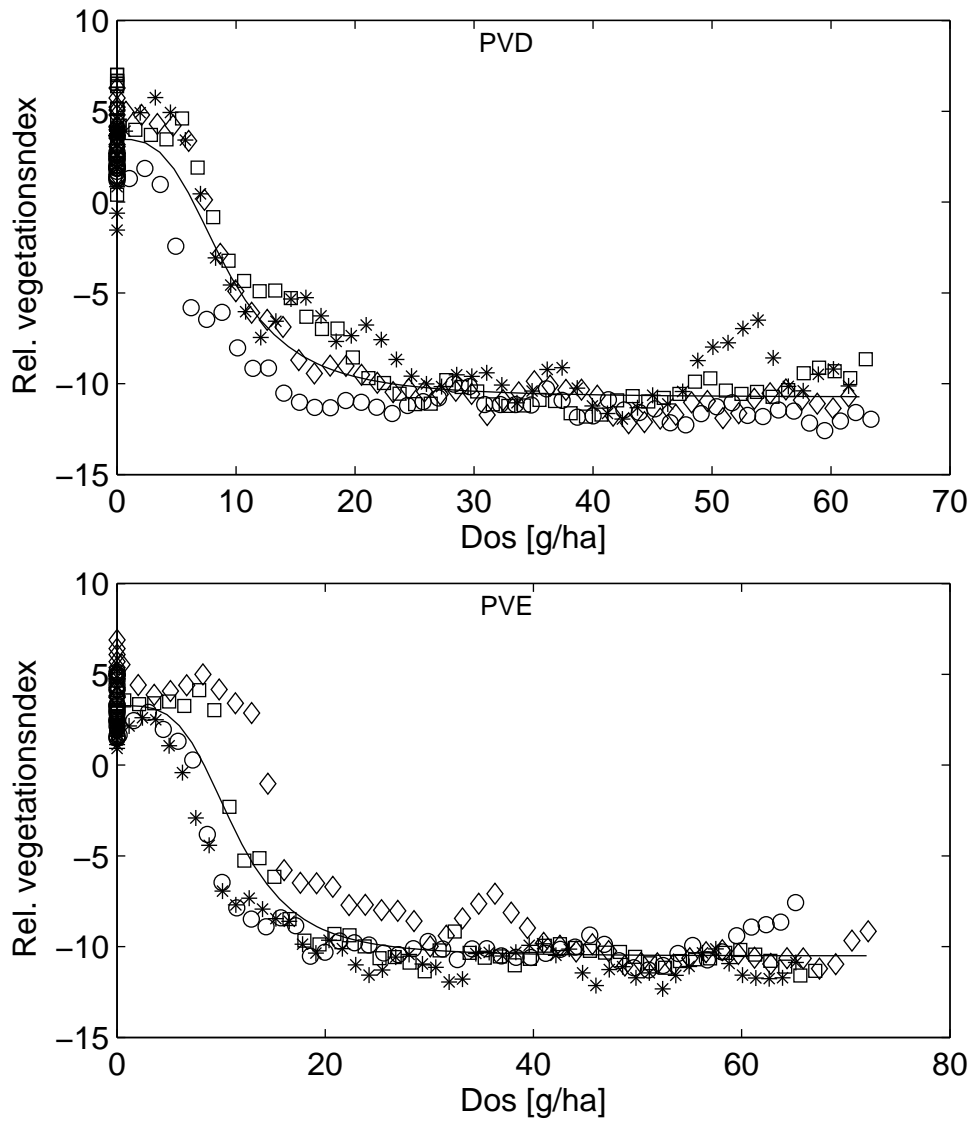
Figur 12. Dosresponskurvor 2007, Plattform med vätmedel, avläsningsdatum 2007-07-13



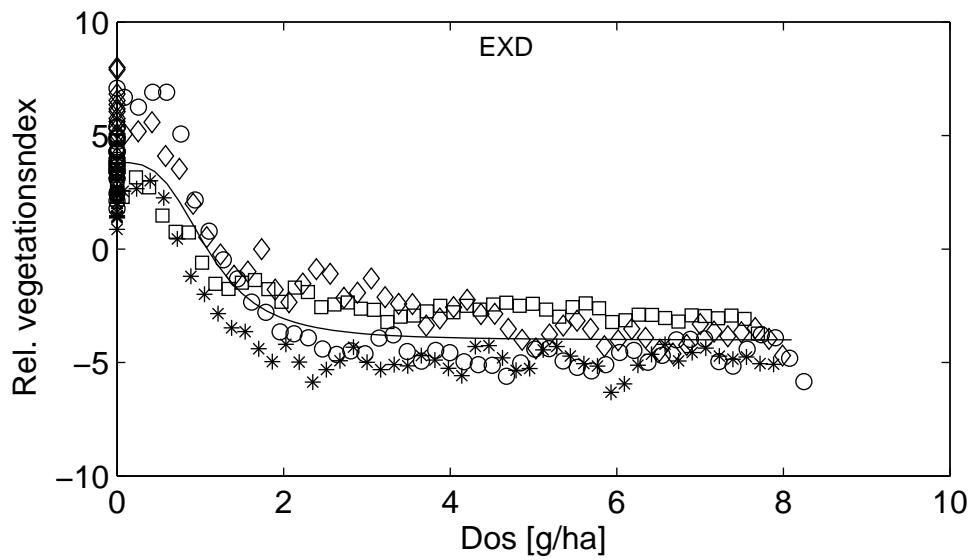
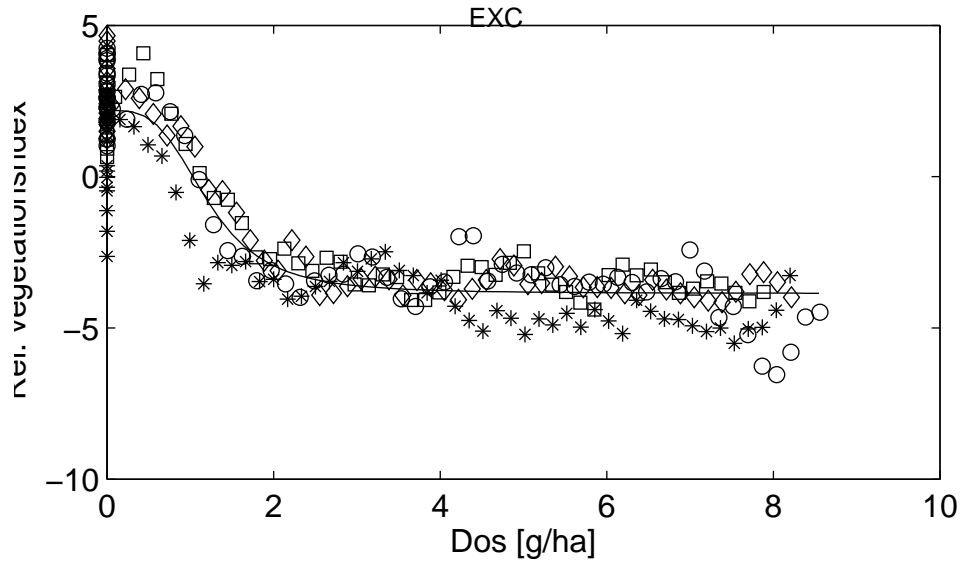
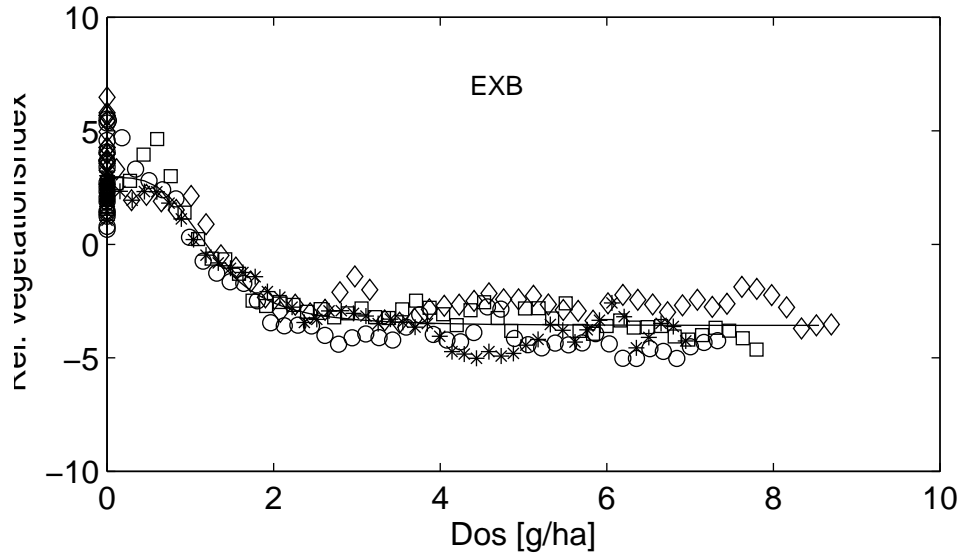


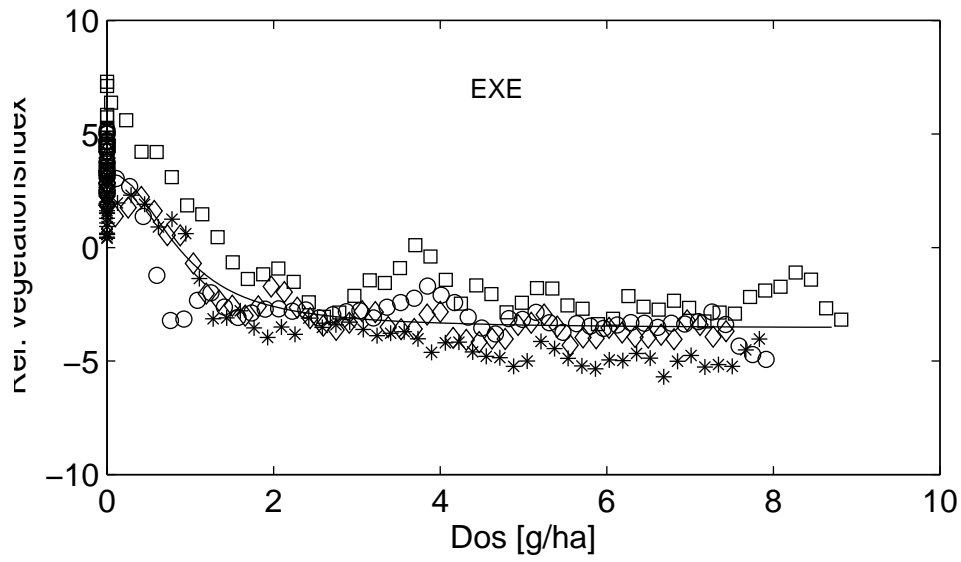
Figur 13. Dosresponskurvor 2008, Express, avläsningsdatum 2008-09-23



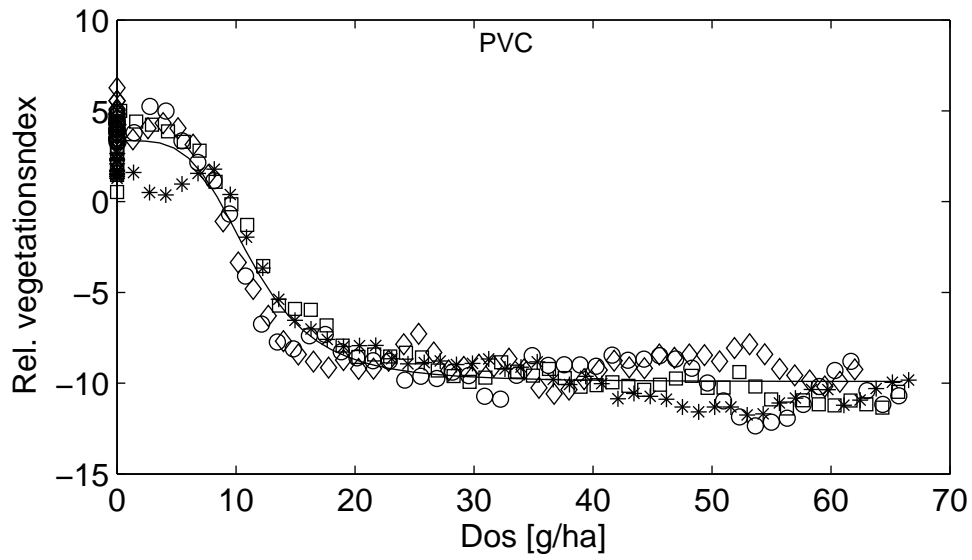
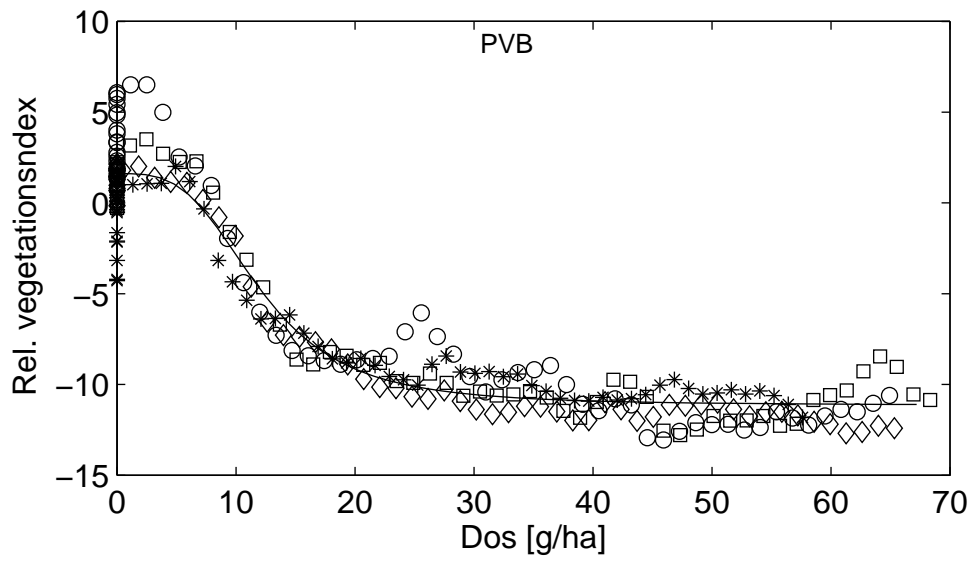


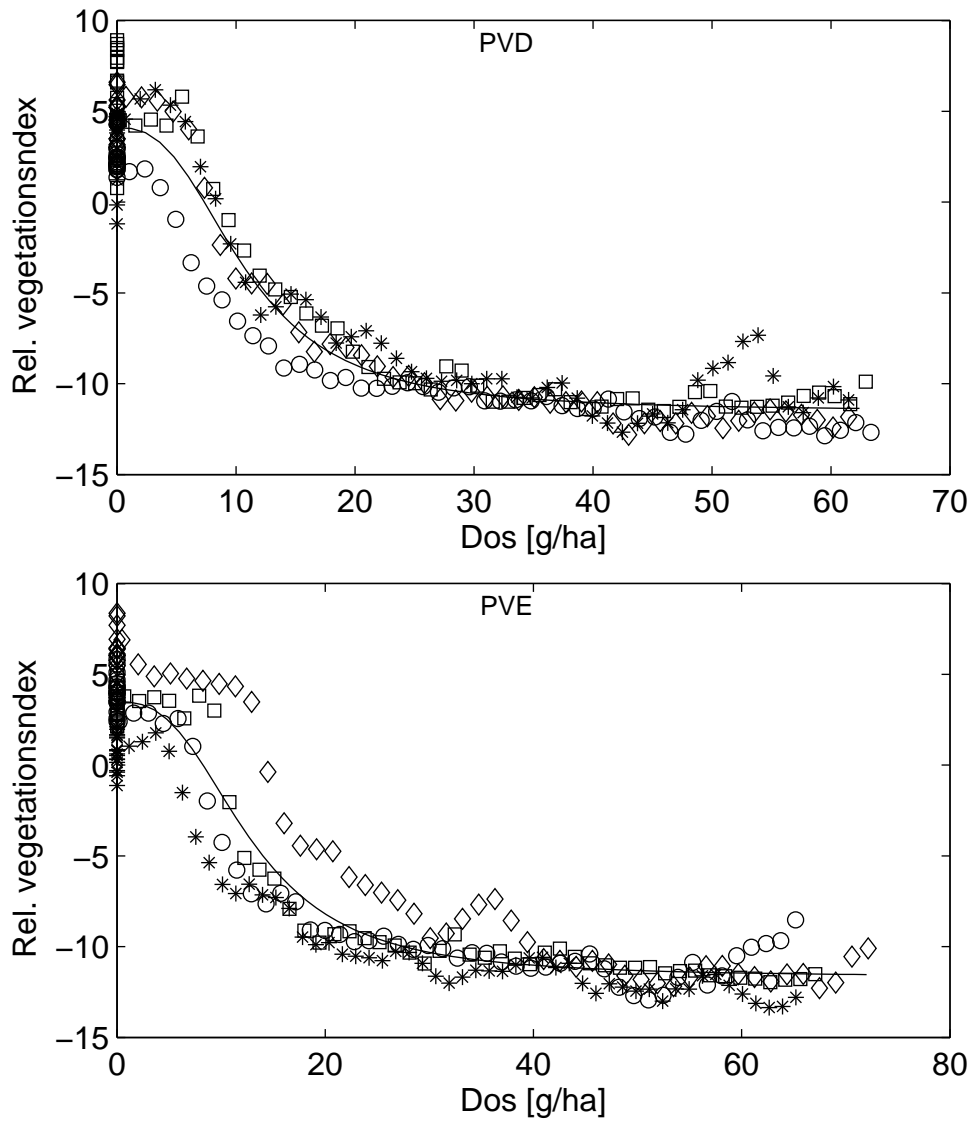
Figur 14. Dosresponskurvor 2008, Plattform med vätmedel, avläsningsdatum 2008-09-23





Figur 15. Dosresponskurvor 2008, Express, avläsningsdatum 2008-10-02





Figur 16. Dosresponskurvor 2008, Plattform med vätmedel, avläsningsdatum 2008-10-02