



SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET
UPPSALA

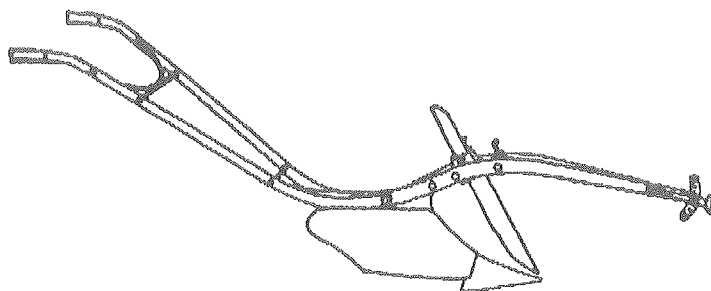
INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

MEDDELANDEN FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala

Department of Soil Sciences

Bulletins from the Division of Soil Management



Nr 14

1995

Daniel Johansson

**GRONING OCH PLANTETABLERING VID
LÅGA TEMPERATURER I KÄRLFÖRSÖK
OCH I FÄLTFÖRSÖK MED TIDIG SÅDD**

*Germination and plant development
at low temperature in pot and
field experiments*

ISSN 1102-6995

ISRN SLU-JB-M--14--SE

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för jordbearbetning
Meddelanden från jordbearbet-
ningsavdelningen. Nr 14, 1995.
ISSN 1102-6995
ISRN SLU-JB-M--14--SE

Daniel Johansson

GRONING OCH PLANTETABLERING VID LÅGA TEMPERATURER I
KÄRLFÖRSÖK OCH I FÄLTFÖRSÖK MED TIDIG SÅDD.

GERMINATION AND PLANT DEVELOPMENT AT LOW TEMPERATURE IN POT
AND FIELD EXPERIMENTS.

Examensarbete i jordbearbetning

Handledare: Johan Arvidsson

FÖRORD

Detta meddelande presenterar resultaten från ett examensarbete som utförts vid avdelningen för jordbearbetning, institutionen för markvetenskap, SLU. Syftet med examensarbetet var att studera hur temperaturförhållanden och sådjud påverkar plantetablering och plantutveckling i fältförsök med tidig sådd. Parallellt med fältstudien genomfördes kärlförsök för att bestämma bastemperatur och temperatursumma mellan sådd och uppkomst under kontrollerade förhållanden. Dessa resultat jämfördes sedan med resultaten från fältförsöket.

Jag skulle vilja tacka alla er vid jordbearbetningsavdelningen som hjälpt till under arbetets gång. Speciellt vill jag tacka min handledare Johan Arvidsson som alltid haft tid att hjälpa till hur stressigt det än har varit.

Ultuna 12/4 1995

Daniel Johansson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INLEDNING	3
BAKGRUND	3
STRÅSÄDENS FENOLOGISKA UTVECKLING	3
Groning och sidoskottsbildning.....	3
Inverkan av miljöfaktorer på stråsådens fenologiska utveckling.....	4
<i>Temperatur</i>	4
<i>Dagslängd</i>	5
<i>Vatten och näringstillgång</i>	5
<i>Sådjup</i>	5
<i>Syreinhåll</i>	6
PLANTUTVECKLING SOM FUNKTION AV TEMPERATURSUMMOR	6
Historik.....	6
Allmänt -temperatursummor och bastemperatur.....	7
Olika faktorerers inverkan på bastemperatur och temperatursumma.....	7
<i>Tillväxtperiod</i>	7
<i>Nederbörd</i>	8
<i>Sådatum</i>	8
Metoder att beräkna bastemperatur och temperatursumma.....	8
<i>Strands metod: -Beräkning av korrelationskoefficienten för sambandet mellan bastemperatur och temperatursumma</i>	8
<i>Porters modell</i>	9
<i>Rickmans modell</i>	11
<i>Wright och Hughes modell</i>	11
MATERIAL OCH METODER	13
KÄRLFÖRSÖK	13
FÄLTFÖRSÖK	14
Beskrivning av försöksplats.....	14
Tempaturmätningstrustning.....	14
Bestämning av bastemperatur och temperatursummor.....	14
Såbäddsundersökning.....	15
Planräkning.....	15
Skotträkning.....	15
Axräkning.....	15
Ogräsräkning.....	15
Rotstudie.....	15
Vattenhaltsmätning.....	16
Allmänt väderdata under säsongen.....	16
RESULTAT	16
KÄRLFÖRSÖK	16
Tid för uppkomst.....	16
Bastemperatur för beräkning av temperatursummor.....	18
Temperatursummor för uppkomst.....	20

<i>FÄLTFÖRSÖK</i>	21
Marktemperatur under grödans etableringsfas.....	21
Bastemperatur och temperatursummor.....	22
<i>Bestämning av bastemperatur och temperatursumma för uppkomst</i>	22
<i>Tillväxt av temperatursumma</i>	23
Såbäddsundersökning.....	24
<i>Sådjup</i>	24
<i>Aggregatstorleksfördelning</i>	24
<i>Vattenhalt</i>	26
<i>Kämplacering</i>	27
Vattenhaltsvariationer i marken.....	28
Plantutveckling.....	28
Rotutveckling.....	30
Ogräsförekomst.....	30
Skördemängder.....	30
DISKUSSION	31
<i>TEMPERATURUTVECKLING</i>	31
<i>MARKSTRUKTUR OCH PLANTETABLERING</i>	32
SAMMANFATTNING	33
SUMMARY	35
LITTERATURFÖRTECKNING	37

INLEDNING

Under lång tid har jordbearbetningen inför sådden varit oförändrad. Det har varit en självklarhet att jorden måste plöjas och därefter harvas innan det varit möjligt att så. I dagens jordbruk försöker man dock alltmer rationalisera för att minska kostnaderna. Det har medfört ett allt större intresse att minimera jordbearbetningen då den både kräver mycket energi och tar mycket tid i anspråk under de stressiga perioderna under vår och höst. 1988 startades vid avdelningen för jordbearbetning, SLU, en försöksserie med tidigarelagd sådd på våren utan föregående harvning. Resultaten av försöken skall bidra till att kunna utveckla ett odlingssystem med minimerad arbetsåtgång och driftskostnad utan att skördenivån minskar jämfört med konventionell sådd (Rydberg, 1991). Minimeringen är emellertid inte helt problemfri, utan kräver ökade kunskaper om jordens egenskaper och dess odlingsmöjligheter.

Angående tidig sådd har man undersökt vad olika faktorer och åtgärder har för effekt på marken och i förlängningen, på grödan. Olika faktorer som man beaktat är till exempel markstrukturens förändring, såtidens inverkan på grödans utveckling och vilka redskap som lämpar sig bäst för att kunna genomföra ett extremt tidigt vårbruk (Arvidsson, 1992; Arvidsson, 1993). Dessutom har Andersson (1994) undersökt hur grödans vattenupptagning påverkas av den tidiga sådden.

Syftet med detta examensarbete var att studera hur temperaturförhållanden och såddjup påverkade groningen, etablering och plantornas fortsatta utveckling i fältförsök med tidig sådd. Parallellt med denna studie utfördes kärnförsök för att bestämma bastemperatur och temperatursumma för plantutvecklingens grönings- och uppkomstfas, för att sedan kunna jämföra dessa med resultaten från fältförsöket. Dessutom undersöktes i fältförsöket hur vattenhalten i marken skilde sig mellan sådd- och skördetidpunkt.

BAKGRUND

STRÅSÄDENS FENOLOGISKA UTVECKLING

Groning och sidoskottsutveckling

Alla sädeslag har mer eller mindre stort behov av att eftermogna innan de kan gro. Hur snabbt de blir gröningsfärdiga beror till viss del på vilken temperatur som de utsätts för. Sår man vid för låg temperatur blir resultatet att en större del av kärnorna förblir i vilotillstånd än vid högre såtemperatur. Andra faktorer som kan påverka kärnorna till att förbli i vilotillstånd är för djup sådd och alltför låg vattenhalt i jorden. (Cochrane, 1993)

När plantan kommit upp startar etableringsfasen med sidoskottsbildning som följd. De sidoskott som utvecklas från huvudskottet kallas primära sidoskott. Utifrån dessa kan det sedan bildas sekundära sidoskott som i sin tur kan ge upphov till tertiära osv. (Keppler et al, 1982). Sidoskottsknappar utvecklas ur bladveckan redan på ett tidigt stadium och om knopporna utvecklas till skott eller ej beror huvudsakligen på plantans tillgång till ljus, vatten och näringsämnen. Själva anläggningen av sidoskottsknappar påverkas dock i väldigt liten utsträckning av den omgivande miljön. (Kirby och Faris, 1972)

Inverkan av miljöfaktorer på stråsädens fenologiska utveckling

I fält är det sällan som förutsättningarna är de absolut optimala för plantans utveckling. Vanligen är det flera olika faktorer som är begränsande och att reda ut vilken faktor som orsakar vad kan vara väldigt svårt. I kärlförsök har man dock undersökt olika faktorer påverkan på utvecklingen. Några huvudfaktorer som undersökts är: temperatur, dagslängd och vattentillgång, hur dessa påverkar utvecklingen beskrivs nedan.

Temperatur

Sådd vid låg temperatur medför långsammare plantutveckling och kortare internoder än sådd vid högre jordtemperaturer. Tidigare sådd medför därför vanligen långsammare plantutveckling, dock erhålles vanligen en bättre plantetablering med bl. a. bättre rotutveckling. Signifikanta skördesänkningar kan uppstå då spannmålen såtts vid annat än optimalt sådjup och/eller såtid. Skördereduktionen orsakas då av dålig utveckling, minskad sidoskottsbildning och minskad sjukdomsresistens. Vilket sådjup som kan anses vara det optimala beror främst på markens fuktighet och temperatur. (Loeppky, et al. 1989)

Vid låga medeltemperaturer blir bildningen av sidoskottsplanlag sämre än vid högre temperaturer, medan det är tvärt om under själva sidoskottsbildningen. På grund av att medeltemperaturen är lägre vid en tidig såtidpunkt medför en tidigarelagd sådd att sidoskottens anlagsbildning missgynnas, medan själva sidoskottsbildningen gynnas. (Åfors, 1988).

För att groningen hos stråsäd ska starta krävs det en temperatur på åtminstone 2-4 °C. För andra grödor, till exempel ärt och v-raps, är kraven emellertid lite lägre och de groningstemperaturer som krävs för dessa är 1-2 °C respektive 2-3 °C. Ökad temperatur medför att groningshastigheten ökar. Man brukar ange den optimala groningstemperaturen för de flesta grödor i lantbruket till mellan 20 och 25 °C. (Geissler, 1983)

När groningsfasen är avklarad startar den tidiga tillväxtfasen hos plantorna. De flesta grödor kräver då lite högre temperaturer än under groningen. För att stråsädesslagen ska börja växa krävs temperaturer på minst 5-6 °C. Detsamma gäller för vårraps medan ärt börjar växa redan vid 4-5 °C. För att tillväxten ska vara "god" under den första tillväxten krävs för stråsäd en temperatur på minst 8-10 °C medan det för ärt och v-raps behövs minst 20-25 °C. (Geissler, 1983) Under bestockningsfasen är temperaturinverkan kopplad till dagslängden. Vid en tilltagande dagslängd (över ca 14 timmar) minskar emellertid temperaturinverkan. (Ohlander, 1985)

Att temperaturen i hög grad påverkar stråsådens utveckling är väl belagt, särskilt av temperaturen runt själva tillväxtpunkten (Aston, 1987). Detta medför att jordtemperaturen under våren blir avgörande på grund av att tillväxtpunkten på unga plantor ligger någonstans mellan alldeles under och strax ovanför jordytan (Hay och Wilson, 1982.). Normalt medför en stigande temperatur en ökad utvecklingshastighet, dock hämmas utvecklingshastigheten om temperaturen överstiger 30 °C. (Amores-Vergara och Cartwright, 1984.)

Dagslängd

Under gröningsfasen har dagslängden inte någon inverkan på utvecklingshastigheten. Det är först efter uppkomsten som en förändrad dagslängd påverkar stråsådens utvecklingshastighet (Jones och Allen, 1986). Det har visat sig att en ökad dagslängd medför en snabbare utvecklingshastighet, ibland trots att en lägre medeltemperatur uppmätts. Detta har påvisats vid försök vid nordligare breddgrader (Åkerberg och Haider, 1976; Kirby och Ellis, 1980). Dagslängden har en stark inverkan på grödan hela perioden fram till blomningens början, därefter avtar dagslängdens påverkan på plantutvecklingen (Bleken och Skjelvåg, 1986).

Vatten och näringstillgång

Om tillväxtresurserna är begränsade utvecklas inga eller ett fåtal av sidoskottsknopporna till sidoskott. Vid riktigt stark resursbrist sker till och med en tillbakabildning av de senast anlagda sidoskotten. Den näring och det vatten som finns i sidoskottet omfördelas då till de skott som fortfarande är under tillväxt. Skulle förhållandena ändras innan tillbakabildningen gått alltför långt, kan sidoskottets vidareutveckling åter fortsätta, dock fördröjd jämfört med de övriga skottens utveckling. (Masle, 1985)

Om grödan utsätts för en torkperiod medför det vanligen en påskyndad plantutveckling. Anledningen till det kan delvis förklaras av den höjning av temperaturen kring axanlaget som följer av den minskade transpirationen. Den ökade utvecklingshastigheten verkar emellertid främst bero på en förkortning av utvecklingsfaserna hos grödan som direkt beror på vattenbrist. (Angus och Moncur 1977)

Sådjup

Rotutvecklingen påverkas av sådjupet. Vid grund sådd utvecklas kronrot och rotskott från stamnoder ungefär 2 cm under jordytan, medan det vid djupare sådd visar sig utvecklas en rad olika mönster av rot och rotskott. Vid djup sådd utvecklades det mer än en nod under jordytan. Rötter utvecklas från alla noder medan axbärande skott utvecklas huvudsakligen från noder nära jordytan. Skott som utvecklas från djupare liggande noder klarar normalt inte att nå upp till jordytan. Några lyckas dock och dessa fortsätter att utvecklas och blir ofta axbärande. En tredje variant är att det utvecklas en ny nod närmare jordytan, från vilken nya skott kan utvecklas för att bli axbärande. (Hadjichristodoulou, et al. 1977)

Ett ökat sådjud medför vanligen minskad sidoskottsbildning och därmed vanligen minskad kärnskörd (Hadjichristodoulou, et al. 1977). Dock har Tadmor och Cohen (1968) visat att det är säkrare och fördelaktigare att så djupt i områden med lite nederbörd. Detta beror på att utvecklingen av djupt sådda plantor är säkrare på grund av att dess rotsystem ligger djupare under plantans tidiga utveckling. Att Hadjichristodoulous (1977) försök visade motsatta resultat berodde troligen på att de grunt sådda plantorna utvecklade fler kronrötter från sidoskotten än de djupt sådda plantorna, vilket kan ha kompenserat att det totala rotsystemet var grundare.

Syreinhåll

Varje negativ påverkan som plantan utsätts för under groningsperioden resulterar i en sämre plantutveckling och därmed en lägre skörd. Haller (1984) presenterar en sammanställning av ett flerårigt försök. Resultaten visar bland annat att en alltför fuktig jord, vid vattenhalter över 60 % av fältkapaciteten i såbädden, kan orsaka syrebrist som i sin tur orsakar en skördesänkning.

Även rotutvecklingen påverkas av lågt syreinhåll i jorden och en syrebrist under själva groningsperioden medför en sämre rotutveckling även efter uppkomsten (Siegel och Rosen, 1962).

PLANTUTVECKLING SOM FUNKTION AV TEMPERATURSUMMOR

Historik

Att undersöka relationen mellan temperatur och plantutveckling genom att studera ackumuleringen av dygnsmedeltemperatur över en viss bastemperatur har gjorts ganska länge. Genom att studera ackumuleringen av s.k. dygnsgrader kan man ta reda på hur många dygnsgrader eller s.k. "heat-units" som krävs för att plantan ska uppnå ett visst stadium. Redan år 1730 startades den första undersökningen av att mäta antalet dygnsgrader under växtperioden. Den utfördes av René A.F. de Réaumur och när han beräknade antalet dygnsgrader för plantutvecklingen vid olika stadier upptäckte han att summan blev i det närmaste konstant år efter år. Denna undersökning som publicerades år 1735 blev sedermera känd som "Réaumur's thermal constant of phenology". Han menade att hans termokonstant uttryckte mängden av värme som behövs för att plantan ska nå en viss mognad. Denna teori har sedan utvecklats och givit upphov till de system och den kunskap som finns idag för att beräkna antalet dygnsgrader och vilka variationer som finns vid olika förhållanden. (Wang, 1960)

Allmänt -temperatursummor och bastemperaturer

Beräkning av temperatursummor görs genom en addition av dygnsmedeltemperaturen som överstiger en viss s.k. bastemperatur. Bastemperaturen är den temperatur som ska motsvara den lägsta temperaturen med fortsatt plantutveckling. Vilken bastemperatur som ska användas för stråsäd går dock inte att fastställa generellt. Vid olika undersökningar som olika forskare har genomfört, har bastemperaturer mellan 0 och 5 grader Celsius använts. (Rickman et al, 1983; Bauer et al, 1984)

Det finns flera nordiska forskare som rekommenderar 0 °C som den mest lämpliga bastemperaturen, dock finns det också belägg för att senare utvecklingsstadier än groningfasen kräver en högre bastemperatur (Strand, 1987). För att komma fram till den mest lämpliga bastemperaturen kan man använda sig av flera olika beräkningssätt. Några av dessa kommer att behandlas längre fram i litteraturstudien. (Strand, 1987; Kirby et al, 1982; Porter, 1987)

Enligt Strand (1987) är det enklast att använda sig av 0 °C som bastemperatur vid beräkningar av temperatursummor. Emellertid frågar han sig om man då inte erhåller ett resultat som avviker lite för mycket från verkligheten. Istället för 0 °C bör man kanske försöka använda sig av den lägsta "effektiva temperaturen" för grödan i fråga. Definitionen på effektiv temperatur är att grödan vid denna skall utvecklas och mogna normalt. Ett annat kriterium som bör uppfyllas vid bastemperaturen, är att det inte skiljer något mellan temperatursummor vid olika temperaturer, vilket medför att temperatursumman inte påverkas av temperaturskillnader för olika säsonger. (Strand, 1987)

Olika faktorerers inverkan på bastemperatur och temperatursumma

I Strands försök (1987) undersöktes några faktorerers påverkan på bastemperaturen, bland annat effekten av sortskillnader på grödan, tillväxtperioder, nederbörds mängd, temperaturnivåer och såtidpunkt. Därefter har han försökt uppskatta faktorernas effekt på bastemperaturen i grader Celsius, vilket medför att förändringar av förhållandena påverkar bastemperaturen antingen negativt eller positivt.

Tillväxtperiod

Under plantans utveckling ändras bastemperaturen mycket. Efter groning kräver grödan vanligen en ökad bastemperatur. Ökningen som krävs kan ibland vara flera grader Celsius och hur stor ökningen bör vara beror av flera faktorer, bl. a. vilken gröda och sort som odlas. Från sådd till axgång kan bastemperaturen enligt Strand ändras upp till 3 °C och från axgång till mognad ytterligare cirka 3 °C.

Nederbörd

Strand (1987) undersökte skillnaden i bastemperatur vid torra respektive våta förhållanden genom att jämföra olika årsresultat med olika nederbörd men med ungefär samma såtidpunkt och temperaturförhållanden. Jämförelsen ger att bastemperaturen är högst under torra förhållanden. Strands undersökning visar att bastemperaturen varierar mellan 0 och 4 °C för olika sorter under regnfattiga år. De år som grödan utsatts för rikligt med regn är bastemperaturen mycket lägre, från noll till några minusgrader.

Sådatum

Av alla miljöfaktorer har såtidpunkten den starkaste inverkan på bastemperaturen. Anledningen är att dagslängden inverkar på plantutvecklingen efter plantans uppkomst och då dagslängden är kortare vid tidigare såtidpunkter än vid senare inverkar såtidpunkten på bastemperaturen. En sen sådd medförde bastemperaturer mellan 4 och 7 °C, medan tidig sådd medförde betydligt lägre bastemperaturer. (Strand, 1987)

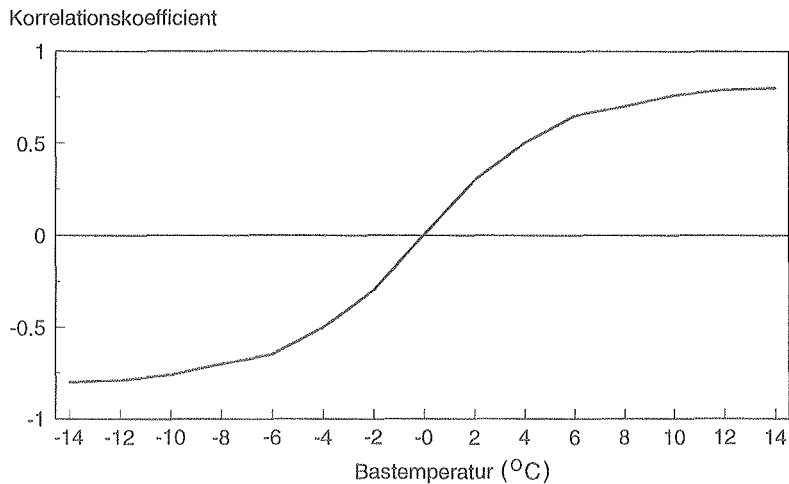
Strand (1987) har visat att det inte finns någon bastemperatur som är allmängiltig för alla grödor eller ens olika sorter av en gröda. Inte heller är det möjligt att beräkna en bastemperatur som är tillfredsställande för olika miljöbetingelser eller tillväxtperioder. Enligt Strand var bastemperaturmedlet för alla sorter i hans försök -1 °C för perioden mellan sådd och axgång. Medlet mellan axgång och mognad var 6,6 °C.

Metoder att beräkna bastemperatur och temperatursumma

Nedan redovisas några olika sätt att beräkna bastemperaturer och temperatursummor för olika utvecklingsstadier. De flesta nedanstående modeller presenteras med en undersökning som grund.

Strands modell: -Beräkning av korrelationskoefficienten för sambandet mellan bastemperatur och temperatursumma

För att försöka ta reda på den bäst lämpade bastemperaturen vid korrelationen av temperatursumman användes bastemperaturer mellan -14 och 14 grader Celsius. (Resultaten grundar sig på temperatursummor från flera års försök.) Därefter skapades ett diagram (figur 1) där bastemperaturen var given på x-axel (abscissa) och den resulterande temperatursummans korrelationskoefficient på y-axeln (ordinata). Kurvans utformning visar den allmänna relationen mellan bastemperaturen och temperatursummans korrelationskoefficient. Korrelationen mellan bastemperatur och temperatursumma är $r=+1.0$ då den använda bastemperaturen är lika med medeltemperaturen för växtperioden. Om bastemperaturen sätts högre än medeltemperaturen minskar åter korrelationskoefficienten. När korrelationen är lika med noll är temperatursumman oberoende av temperaturen under odlingssäsongen, vilket betyder att man funnit den lämpligaste bastemperaturen. Bastemperaturer högre än medeltemperaturen resulterar i minskad korrelationskoefficient. Bastemperatur lägre än medlet resulterar också i minskad korrelationskoefficient. (Strand, 1987)



Figur 1. Schematisk kurva över hur korrelationskoefficienten varierar vid olika bastemperaturer. (Strand, 1987).

Beroende på gröda, sort, tillväxtperiod, såtidpunkt och klimatförhållanden är korrelationskoefficienten noll vid bastemperaturer mellan -5 och $+5$ °C. Dock resulterar lägre bastemperatur i ökande negativa värden. Vid -14 °C varierar r-värdet mellan $-0,5$ till $-0,7$. Därefter planar kurvan ut och vid absoluta nollpunkten är r-värdet $-0,7$ till $-0,8$ beroende på ovanstående nämnda faktorer. (Strand, 1987)

Strands (1987) studie visar att bastemperaturen ofta hamnar under noll grader Celsius om man tar hänsyn till andra faktorer än temperaturens inverkan på bastemperaturen. Han menar dock att man bör bortse ifrån detta då plantans utveckling endast fortgår då temperaturen är högre än strax över noll grader Celsius. Hans slutsats blir därför att man bör använda sig av noll grader Celsius som bastemperatur.

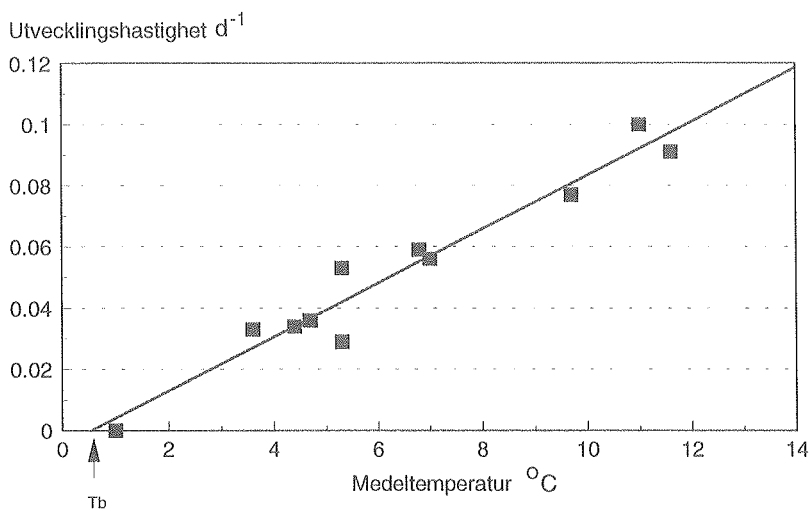
Porters modell

Porter menar att utvecklingshastigheten är positivt korrelerad med temperatur och dagslängd. För att beräkna vid vilka temperatursummor som plantan har nått olika utvecklingsstadier använder även han uttrycket dygnsgrader. För att plantan ska kunna utvecklas från ett fenologiskt stadium till ett annat krävs det en viss temperatursumma. Olika faser ackumulerar olika typer av termisk tid beroende på om utvecklingsfasen i fråga är känslig för enbart temperatur (främst fram till uppkomsten) eller för temperatur och fotoperiod tillsammans. Vanligen är parametrarna i en modell härledda från fältförsök med olika såtidpunkter. Den mest enkla hypotesen vid ett liknande experiment är att anta att det för varje enskild såtidpunkt är samma förhållande mellan plantans utvecklingshastighet och medeltemperaturen. Ur denna hypotes, som skulle hålla under alla förhållanden, kan man beräkna både olika fasers temperatursummebehov och bastemperatur. (Porter, 1987)

Som exempel på denna hypotes tas upp ett försök som Jones och Allen genomförde 1984. I försöket såddes korn vid tio olika tillfällen. Tiden från sådd till uppkomst anges som skillnaden i dagar mellan sådd och uppkomst för de tio olika såtillfällena. Utvecklingshastigheten under denna period är det inverterade värdet av antalet dagar under perioden, vilket innebär utveckling/dygn (1/d), Tabell 1. Om medeltemperaturen för perioden mellan sådd och uppkomst anges för varje enskilt såtillfälle, kan man skapa ett förhållande mellan utvecklingshastigheten och temperaturen, figur 2. Sambandet är linjärt och skär temperaturaxeln vid $+1^{\circ}\text{C}$, vilket är detsamma som bastemperaturen. (Porter, 1987)

Tabell 1. Utvecklingshastighet och medeltemperatur för Jones och Allens försök (1984)

Såtillfälle.	Antal dagar (d) (sådd-uppkomst).	Utvecklings- hastighet (1/d).	Medeltemperatur ($^{\circ}\text{C}$).
1	13	0.077	9.7
2	11	0.091	11.6
3	29	0.034	4.4
4	28	0.036	4.7
5	30	0.033	3.6
6	34	0.029	5.3
7	18	0.056	7.0
8	19	0.053	5.3
9	17	0.059	6.8
10	10	0.100	11.0



Figur 2. Regressionskurva över förhållandet mellan utvecklingshastighet och medeltemperatur. Mätvärdena representerar Jones och Allens försök 1984. $1/d=0$ innebär att motsvarande temperatur= bastemperaturen.

Antalet dygnsgrader som krävs för att nå ett visst utvecklingsstadium kan beräknas genom att dividera medeltemperaturen med utvecklingshastigheten under förutsättningen att bastemperaturen är frändragen vid beräkningen. (Porter, 1987)

Om vi sätter utvecklingshastigheten till $0,10 \text{ d}^{-1}$, vilket är fallet vid $12 \text{ }^\circ\text{C}$, figur 2. (d^{-1} =utvecklingshastigheten) är det detsamma som att säga att antalet dygnsgrader (den termiska tiden) från sådd till uppkomst är 110 dygnsgrader

$$\frac{1}{0,10\text{d}} \times (12 - 1^\circ\text{C})$$

vid en bastemperatur på 1°C . Samma typ av beräkning kan genomföras för andra faser av utvecklingen fast då kan det bli aktuellt att inkludera beräkningar för fotoperiodens inverkan, beroende på vilken utvecklingsfas som beräkningen gäller. (Porter, 1987)

Rickmans modell

Rickman undersökte (1983) hur utvecklingen av grödan påverkades av skillnader i ackumulerad mängd dygnsgrader. För att beräkna antalet dygnsgrader användes formeln:

$$t_n = \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{T_{i,\text{max}} + T_{i,\text{min}}}{2} - T_b \right\}$$

Vid beräkningarna av antalet dygnsgrader användes den högsta temperaturen ($T_{i \text{ max}}$, $^\circ\text{C}$) och den lägsta temperaturen ($T_{i \text{ min}}$, $^\circ\text{C}$) för varje dygn (i). T_b bestämdes till 3°C , hur den bestämdes till $3 \text{ }^\circ\text{C}$ beskriver han dock inte. Summan av antalet dygnsgrader som grödan utsattes för (t_n), beräknades som summan av alla dygnsgrader under det antal dygn (n) som plantutvecklingen krävde.

Wright och Hughes modell

Wright och Hughes (1987), använde sig av Baker och Gallaghers (1983) modell för att korrelera hastigheten för initieringen av småax. De använde sig av indexet $(T - T_b) \times (P - P_b)$ då T , P och T_b , P_b står för medel respektive basvärde på temperatur och dagslängd under småaxens initieringsfas. De skapade sedan en linjär regression för småaxens initieringshastighet mot medeltemperaturen. Ur diagrammet erhöles därefter en bastemperatur som inte skilde sig signifikant från $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ($T_b = -0,3 \text{ }^\circ\text{C}$), (standardavvikelse $= 0,28$).

Modeller som är grundade på temperatur, dagslängd och justerad temperatur (liknande Baker och Gallaghers modell) refereras till som modeller i vilka fototermisk tid beräknas. För att kunna härleda modellerna anges följande förutsättningar:

1. Temperatur (T) och dagslängd (P) har basvärden under vilka ingen vidare utveckling sker.

2. Graden av utveckling som sker varje dag är direkt proportionell mot varje dags temperatursumma (T_d) och dagslängd (P_d) överskjutande basvärdena. Om $T_d > T_b$ respektive $P_d > P_b$ så är $T = T_d - T_b$ respektive $P = P_d - P_b$. I modellen som baserade sig på fototermisk tid var både temperatur och dagslängd tvungna att överskrida respektive basvärde för att fortsatt utveckling skulle ske.

3. Utveckling (ackumulering av temperatur (ΣT), dagslängd (ΣP) och fototermisk tid (ΣTP)) förutsattes att ske på daglig basis och att vara irreversibel.

4. För att uppnå nästa steg av apikal utveckling förutsattes det behövas en ackumulation av ett speciellt antal enheter (grader, timmar och gradtimmar) av ovanstående variabler. Dessa är refererade till som tröskelvärde (THR) av ackumulerad temperatur (THR(ΣT)), dagslängd (THR(ΣP)) och fototermisk tid (THR(ΣTP)). Temperaturen ackumuleras från sådden medan dagslängd och fototermisk tid ackumulerades från grödans uppkomst.

5. Värdena på T_b , P_b , THR(ΣT), THR(ΣP) och THR(ΣTP) förutsattes vara oberoende av såtidpunkt och säsong, trots det finns det försök som visar att T_b varierar med såtidpunkt (Kirby et al. 1982, 1985). Resultat från försök används sedan för att härleda värden för T_b , P_b , THR(ΣT), THR(ΣP), THR(ΣTP), som bäst passade mätningarna för de olika utvecklingsfaserna. variationskoefficienten av mängden ackumulerad temperatur.

I modellerna baserade på antingen temperatur eller dagslängd var proceduren använd för att härleda värdena för T_b , P_b , THR(ΣT) och THR(ΣP) enligt följande. Wright och Hughes (1987) använde sig av samma modell som Strand (1987) och först beräknades den ackumulerade temperatursumman, för en rad olika bastemperaturer, för varje såtidpunkt (-10 till 10 °C med intervall av 0,1°C). Tidsintervallet var från sådden till färdigutvecklandet av dubbelringsstadiet. För varje bastemperatur beräknades därefter ett medel för alla såtidernas temperatursummor. Därefter beräknades korrelationskoefficienten för de olika temperatursummorna och den bastemperatur (T_b) som representerade korrelationskoefficienten lika med noll användes för att beräkna den sökta temperatursumman.

Bastemperaturerna och dagslängderna ökade gradvis alltmedan växtperioden fortskred. Vid beräkningarna kan man erhålla samma mängd fototermisk tid vid en rad olika förutsättningar. En hög bastemperatur kan uppvägas av en låg basdagslängd och vice versa. Beräkningen av standardavvikelse och variationskoefficient varierar också systematiskt med bastemperatur och basdagslängd. (Wright och Hughes, 1987)

MATERIAL OCH METODER

KÄRLFÖRSÖK

Vid kärlförsöken användes fem olika grödor: V-korn (Filippa), havre (Vital), v-vete (Dragon), ärt (Capella) och v-raps (Paroll). Frön fick gro i konstantrum vid fyra olika temperaturer: 5, 10, 15 och 20 °C. Fröna planterades i burkar, med diametern 11 cm och djupet 12 cm, på tre olika sådjup. Korn, vete, havre och ärt såddes på 2,5 5,0 och 7,5 cm djup och raps på 1,0 3,0 och 5,0 cm djup. För alla grödor utom ärt placerades 20 stycken frön/burk. I burkarna med ärt placerades 15 stycken frön.

Vid försöket användes siktad sandjord med kornstorleksfördelningen: ler 3,7%, mjäla 1,9%, mo 26,7%, sand 66,3 och 1,4% mull. Jorden siktades med en standard sikt (2 mm). Därefter standardiserades vattenhalten till 13 vikts-% i såbotten och 8 vikts-% i såbädden. För att såbädden inte skulle torka ut täcktes burkarna med plast.

Uppkomsten bestämdes genom att kontrollera kärnen en gång per dygn. De tidpunkter som noterades var den första uppkomsten och då 50 % av antalet sådda frön kommit upp.

Tillväxten i cm/dygn beräknades genom att jämföra tid för uppkomst mellan det djupaste och det grundaste sådjupet för varje såtemperatur. På detta vis erhöles den tillväxthastighet (cm/dygn) som plantan hade vid penetreringen av såbädden.

Vid försökets avslutning gjordes en visuell jämförelse av grödornas inbördes utveckling, både plantans ovanjordiska utseende och rotutvecklingen.

För att försöka bestämma den mest optimala bastemperaturen fram till uppkomsten för kärlförsöken användes olika bastemperaturer vid beräkningar av temperatursummor för 50 % uppkomst.

För att bestämma vilken av bastemperaturerna som var lämplig för kärlförsöken utformades en regressionskurva enligt samma modell som Strand (1987). Temperatursummorna beräknades från sådd till uppkomst för var och en av de olika såtemperaturerna. Vid beräkningarna varierades bastemperaturerna mellan 0 och 4,5 °C. Ur dessa beräkningar erhöles olika r-värden för de olika bastemperaturerna. Därefter ritades ett diagram med r-värdet som en funktion av bastemperaturen. Kurvan antog en sigmoid form från negativa till positiva värden. Ur diagrammet gick det sedan att ta fram den mest lämpliga bastemperaturen, vilken är då r-värdet är lika med noll eftersom antalet dygnsgrader då är oberoende av dygnsmedeltemperaturen.

Dessutom användes Porters modell (1987), i vilken utvecklingshastigheten beräknades genom att invertera antalet dagar mellan sådd och uppkomst. Därefter ritades en regressionskurva över förhållandet mellan utvecklingshastigheten och medeltemperaturen. Ur detta erhöles medeltemperaturen som motsvarade utvecklingshastigheten=0, vilket var detsamma som bastemperaturen.

FÄLTFÖRSÖK

Beskrivning av försöksplats

Samtliga fältstudier utfördes i försök 569/93 som ingår i försöksserie R2-4025 med tidig sådd. Försöksplatsen var belägen på Lövsta gård utanför Uppsala. Försöket var trefaktoriellt split plot försök och totalt ingick fyra block med vardera tre plöjda och tre oplöjda rutor. Dessa tre rutor såddes med korn (Filippa) vid tre olika såtidpunkter (11/4, 19/4 och 28/4). De oplöjda leden såddes med tre olika sådjup vid varje såtillfälle. De inställda sådjupen var djupt: 7,5 cm, normalt: 5,0 cm, grunt: 2,5 cm medan de plöjda leden såddes endast med normalt sådjup. Jorden var en mycket styv lera med 60 % ler, mjåla 24,3%, mo 8,6%, sand 1% och mull 6,1%. Vissningsgränsen för den styva leran på Lövsta var 24 viktsprocent (15 atm).

Vid sådden användes en Väderstad Rapid (3 m) med skivbillar. Vid den extra tidiga och den tidiga sådden användes inte såmaskinens efterharv, vilket däremot gjordes vid den normala sådden.

Temperaturmätningssutrustning

Utrustningen för temperaturmätning bestod av termoelement av koppar/konstantan. Dessa kopplades till en multiplexor som användes för att kunna koppla in tillräckligt många termoelement. Multiplexorn kopplades i sin tur till en Campbell logger 10X som mätte temperaturen vid varje termoelement en gång var annan minut. Därefter beräknades ett medelvärde varje timme som lagrades i loggerns minne.

Utrustningen monterades den 12/4-94 och placerades i en ruta med extra tidig sådd. Vid vart och ett av de tre olika sådjupen placerades fem termoelement på såbotten. Dessutom grävdes åtta stycken termoelement ner på 15, 25, 35, 45, 55, 65, 85 och 105 cm djup. Förutom dessa element placerades ett termoelement 150 cm över marken i en solskyddad behållare för att mäta lufttemperaturen.

Som referenstemperatur till de uppmätta temperaturerna användes den termistor som fanns inbyggd i loggern. Loggern och multiplexorn var placerade i isolerade lådor och ihopkopplade med samma typ av kabel som termoelementen var gjorda av.

Bestämning av bastemperatur och temperatursummor

För att bestämma bastemperaturen vid beräkningen av temperatursummorna i fältförsöken användes samma modell som Strand (1987) använde. (Se material och metodbeskrivning av kärnförsök.) Vid beräkningen av temperatursummorna mellan sådd och uppkomst användes bastemperaturerna: 0 1 2 2,5 och 3,5 °C. Därefter beräknades korrelationen mellan antalet dygnsgrader som behövdes och de olika sådjupen.

Såbäddsundersökning

Såbäddsundersökningen utfördes i direkt anslutning till sådden med en upprepning/ruta. Vid undersökningen kontrollerades medelsådjup, aggregatstorleksfördelning (med såbädden indelad i tre olika skikt), kärnplacering och dessutom vattenhalten i de tre olika skikten plus såbotten. (Kritz, 1983)

Planträkning

Planträkning utfördes den 9/5-94 i alla rutorna. Antalet plantor räknades inom en ram (0,5 x 0,5 m) som placerades slumpvis i rutorna. Detta upprepades två gånger/ruta.

Vidare placerades, vid den extra tidiga såtidpunkten, skärmtak i två oplöjda rutor. I varje ruta monterades ett skärmtak/sådjup, vilket medför totalt sex stycken skärmar (varje oplöjd ruta delades upp i tre olika sådjup). Anledningen till undersökningen var att kontrollera om uppkomsten förändrades vid avsaknad av nederbörd.

Skotträkning

Räkning av antalet skott/planta utfördes 14-15/6-94. I varje ruta slumpades en tråkäpp ut diagonalt över såraderna. Utifrån käppens placering räknades antalet skott på tio plantor i två rader. Därefter lämnades en rad för att sedan upprepa räkningen i ytterligare två rader. Totalt räknades antalet skott på 40 plantor/ruta.

Axräkning

Axräkningen utfördes med hjälp av samma "slumpsystem" som användes vid skotträkningen. I varje ruta bestämdes antalet ax på 40 plantor.

Ogräsräkning

Kontrollen av antalet ogräs i olika led utfördes genom att räkna antalet ogräs inom en ram (0,5 x 0,5 m) som slumpades ut två gånger/ruta.

Rotstudie

Studie av rotutvecklingen genomfördes den 2/6-94. Undersökningen utfördes genom att gräva djupa hål och därefter notera det största rotdjupet som hittades. Försöket utfördes i fyra olika rutor med två upprepningar/ruta. Av de led som undersöktes var två plöjda och två oplöjda med vardera en extra tidig sådd och en normal sådd.

Vattenhaltsmätning

Undersökning av vattenhalten i marken genomfördes på våren ungefär en vecka efter sådden och i anslutning till skörden på hösten. Vattenhalten kontrollerades gravimetriskt i två plöjda led, ett med extra tidig sådd och ett med konventionell såtid. I varje led gjordes två upprepningar. Prover togs var tionde centimeter ner till en meters djup.

Allmänna väderdata under säsongen

Vädret under växtsäsongen 1994 började med en kylig period som varade ända till mitten av juni. Grödans utveckling hade hittills gått väldigt sakta men så slog vädret om och temperaturen steg till mellan 25 och 35 °C. Grödans utveckling gick rasande fort tills det började bli alltför torrt och tillväxten avstannade. Resten av växtperioden utsattes sedan för kraftig torka med en brådmognad som följde. Dock klarade sig försök R2-4025 på Lövsta relativt länge tack vare den styva leran med den höga mullhalten.

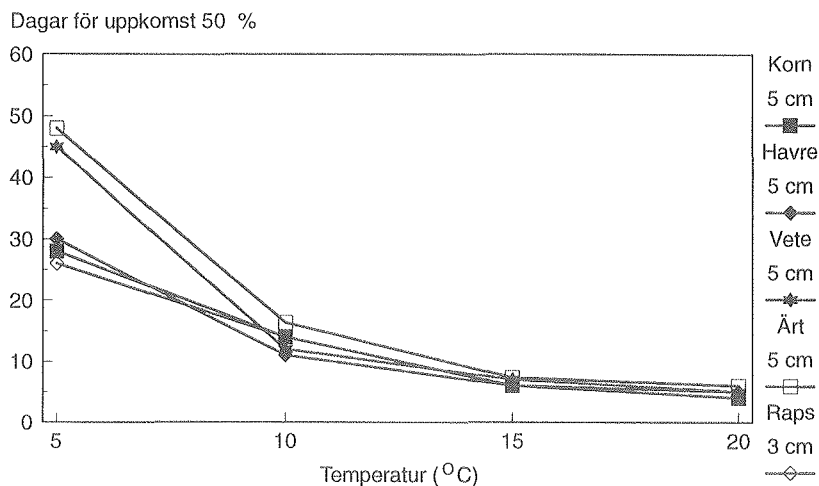
RESULTAT

KÄRLFÖRSÖK

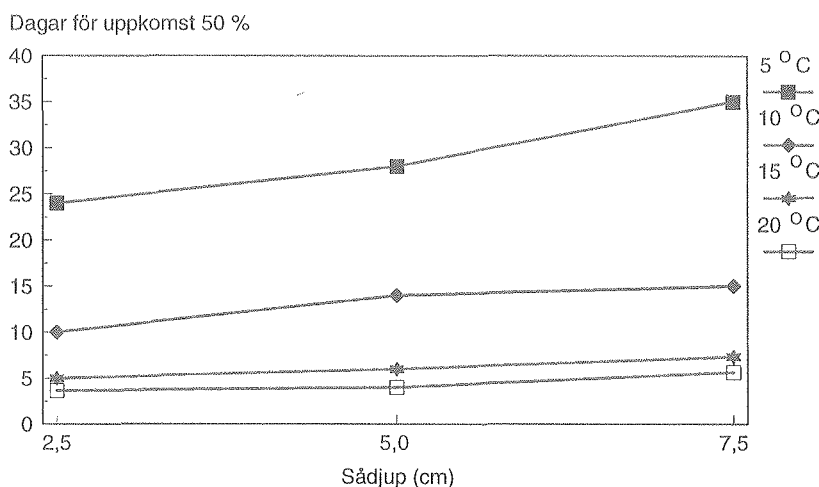
Vid jämförelse mellan stråsädesslagen var det genomgående, för alla olika temperaturerna, att v-korn hade kraftigare tillväxt och var mer välutvecklat än v-vete och havre även om uppkomsttiden i vissa fall var den samma för de olika grödorna. Vid försökets avslutning kontrollerades rotutvecklingen hos de olika grödorna. Genomgående var kornets rötter betydligt kraftigare och mer välutvecklade än de övriga grödornas rötter. Sämst rotutveckling hade v-vetet.

Tid för uppkomst

Uppkomsttiden var betydligt kortare för de kärl som varit utsatta för en högre temperatur. Dock blev tidsskillnaden för perioden fram till uppkomst mindre för temperaturförändringar vid högre temperaturer än vad den blev vid lägre temperaturer, (figur 3). Genomgående för kärlförsöket var att uppkomsttiden ökade med fröstorleken, (figur 4). Med andra ord var uppkomsttiden för raps vid ett normalt såddjup betydligt kortare än ärtornas, dock såddes rapsen grundare. Men även då man jämförde de olika grödornas uppkomsttid vid samma såddjup var tiden mellan sådd och uppkomst kortare för raps jämfört med de andra grödorna. Ärt och v-vete hade en uppkomsttid vid 5 °C, för 50 % uppkomst, som var ungefär 1,5 gånger längre än de övriga grödorna. Även vid högre temperaturer krävde ärt ett större dagantal än de övriga grödorna även om skillnaden minskade kraftigt.

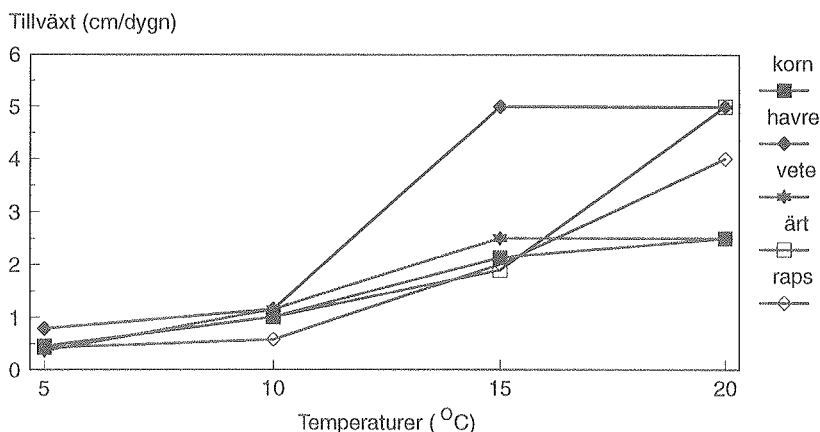


Figur 3. Antalet dagar för 50 % uppkomst för korn vid olika såtemperaturer. Antalet dagar för 50 % uppkomst visas för sådjupen: 2,5, 5 och 7,5 cm.



Figur 4. Tiden för 50 % uppkomst vid olika temperaturer och normalt sådjup för de grödor som ingick i kärlförsöken.

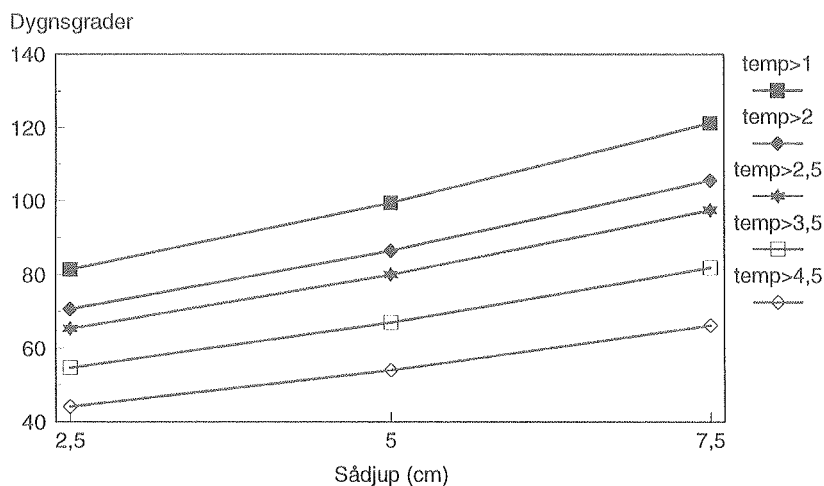
Jämför man istället tillväxten/dygn från gröningsfasens avslutning till uppkomsten (figur 5) visade resultaten att v-rapsen var känsligast för låga temperaturer medan havren var tåligast. Vidare var det havren som svarade bäst på en temperaturökning upp till 15 °C. De grödor som gav sämst tillväxtrespons vid en temperaturökning var v-vetet och v-kornet som för övrigt hade ungefär samma tillväxttakt. Ärt och raps intog någon slags mellanställning genom att påverkas ganska kraftigt vid en temperaturökning, särskilt vid höjningen mellan 15 och 20 °C. Tillväxtkurvorna för ärt och raps följde varandra ganska väl. Tillväxten för raps var den lägsta av alla grödors tillväxt nästan ända fram till 15 °C, därefter tog tillväxten fart.



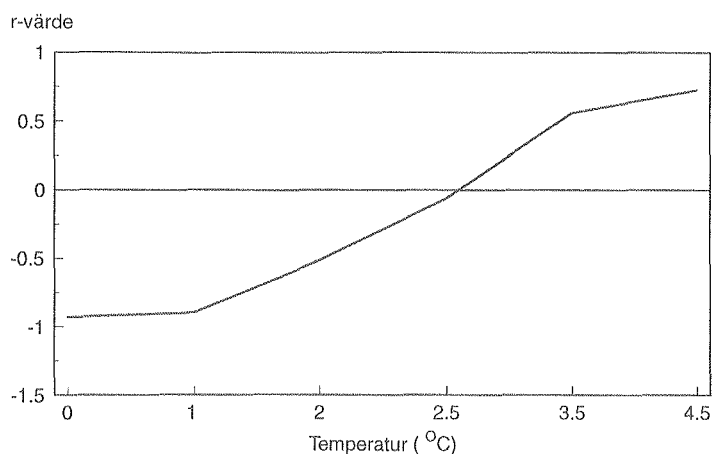
Figur 5. De olika grödornas tillväxt/dygn efter att groningsfasen är avklarad. Tillväxten/dygn visas för olika såtemperaturer. Signifikans fanns för skillnader mellan såtemperaturerna ($p \leq 0,001$). För skillnader mellan grödor saknades signifikans.

Bastemperatur för beräkning av temperatursummor

För att försöka bestämma den mest optimala bastemperaturen för beräkningar av temperatursummor från sådd och fram till 50 % uppkomst för kornet, varierades bastemperaturen vid beräkningarna. I figur 6 visas antalet dygnsgrader som krävdes, för att kornet skulle nå 50 % uppkomst, vid olika bastemperaturer och för olika sådjup. Då sådjupet ökades från 2,5 cm till 7,5 cm ökade dygnsgradsbehovet fram till uppkomst med 50 %.



Figur 6. Antalet dygnsgrader som krävdes för 50 % uppkomst för korn vid ett genomsnitt för de olika såtemperaturerna vid olika sådjup och bastemperaturer.



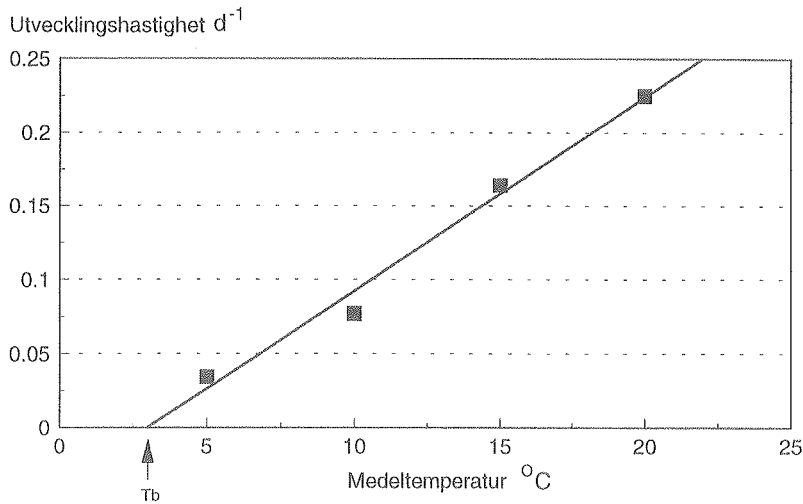
Figur 7. Regressionskurva som är framtagen enligt Strands modell (1987) för att finna den lämpliga bastemperaturen för korn. I figuren ritas r-värde mot bastemperatur och då r-värdet =0 var bastemperaturen =2,5 °C.

För att försöka bestämma vilken bastemperaturer som var lämplig för korn i kärnförsöket utformades en regressionskurva enligt Strands modell (1987). Vid beräkningarna varierades bastemperaturen mellan 0 och 4,5 °C. R-värdena som en funktion av bastemperaturerna visas i figur 7 där man kan utläsa att bastemperaturen var något större än 2,5 °C.

Resultaten av en annan modell, Porters modell (1987), för att beräkna bastemperaturen för korn presenteras i figur 8. Värdena som användes till figur 8 presenteras i tabell 2. Resultatet blev i det närmaste exakt detsamma som vid användandet av Strands modell (1987), vilket innebär att bastemperaturen blev något större än 2,5 °C.

Tabell 2. Uppkomst och utvecklingshastighet för korn vid olika såmedeltemperaturer

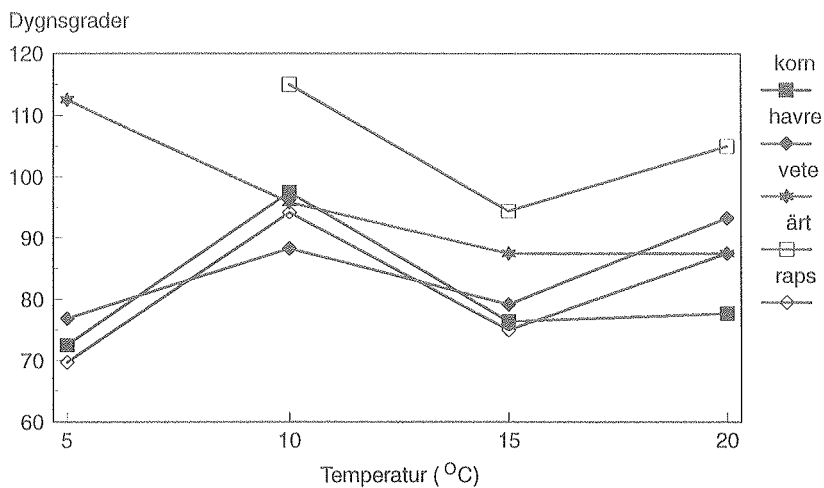
Såtemperatur	5 °C	10 °C	15 °C	20 °C
Uppkomst (dagar)	29	13	6,11	4,44
Utvecklings-hast. (1/d).	0,034	0,077	0,164	0,225



Figur 8. Beräkning av bastemperaturen för korn med hjälp av Porters modell (1987).

Temperatursummor för uppkomst

När den optimala bastemperaturen bestämts till 2,5 °C var det lämpligt att jämföra temperatursummorna, för de olika grödorna, som erhålles då bastemperaturen dragits ifrån. Visserligen finns det undersökningar som visar att bastemperaturen är väldigt varierande mellan olika grödor men här jämfördes ändå de olika grödornas temperatursummebehov för uppkomst 50 % vid samma bastemperatur (figur 9).



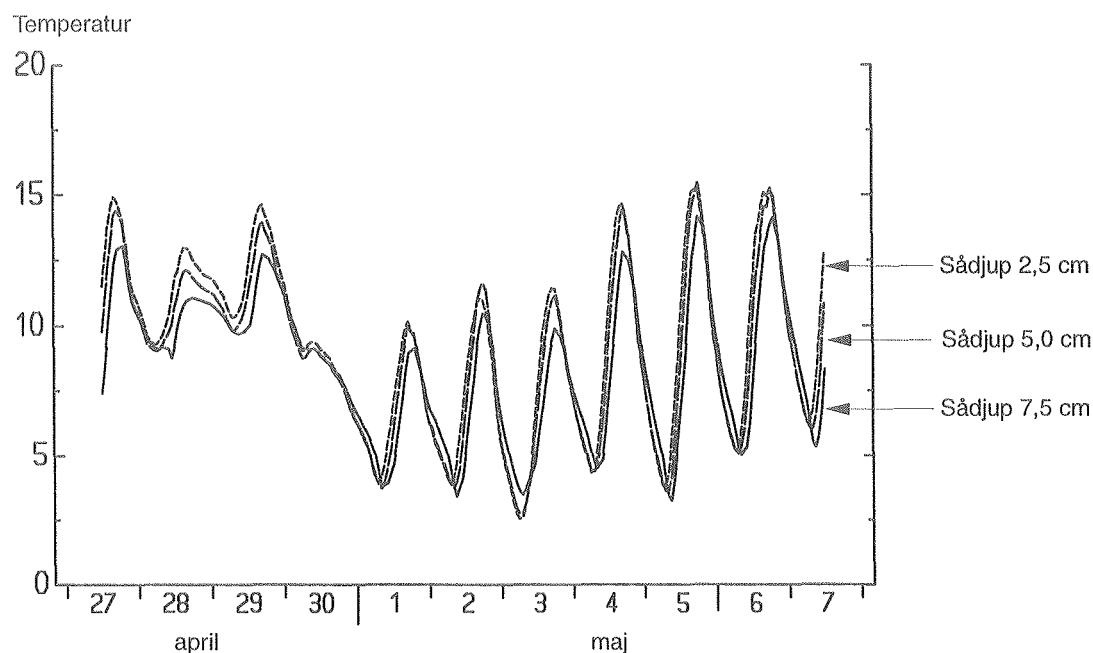
Figur 9. Antalet dyngsgrader som de olika grödorna krävde för 50 % uppkomst vid de olika såtemperaturerna. Bastemperatur vid beräkningarna var 2,5 °C. Signifikanta skillnader fanns mellan grödor ($p < 0,05$).

Resultaten i figur 9 visade att ärt var den gröda som behövde flest antal dygnsgrader för att klara gronings- och uppkomststadiet. Vid 5 °C grodde visserligen de flesta ärtor, däremot var troligen temperaturen alltför låg för att groddarna skulle fortsätta utvecklas. Därför blev uppkomsten för ärt vid 5 °C väldigt dålig. Liknande fenomen uppstod för v-vetet, även om vetet lyckades klara uppkomsten, dock nådde ungefär 30 % av antalet sådda kärnor aldrig markytan. Vid de andra såtemperaturerna var uppkomsten ungefär 98 %. Jämför man v-vetets behov av dygnsgrader vid olika såtemperaturer minskade behovet vid en höjning av såtemperaturen. Det innebär att v-vetet krävde lite högre bastemperatur än 2,5 °C under gronings- och kanske framförallt under uppkomststadiet. Temperatursummorna för de övriga grödorna var i princip lika. Summorna som krävdes för att havre, korn och raps skulle klara av uppkomsten varierade relativt lite vid jämförelse mellan olika såtemperaturer. Detta tydde på att 2,5 °C som bastemperatur var ganska nära dessa gröders verkliga bastemperaturen.

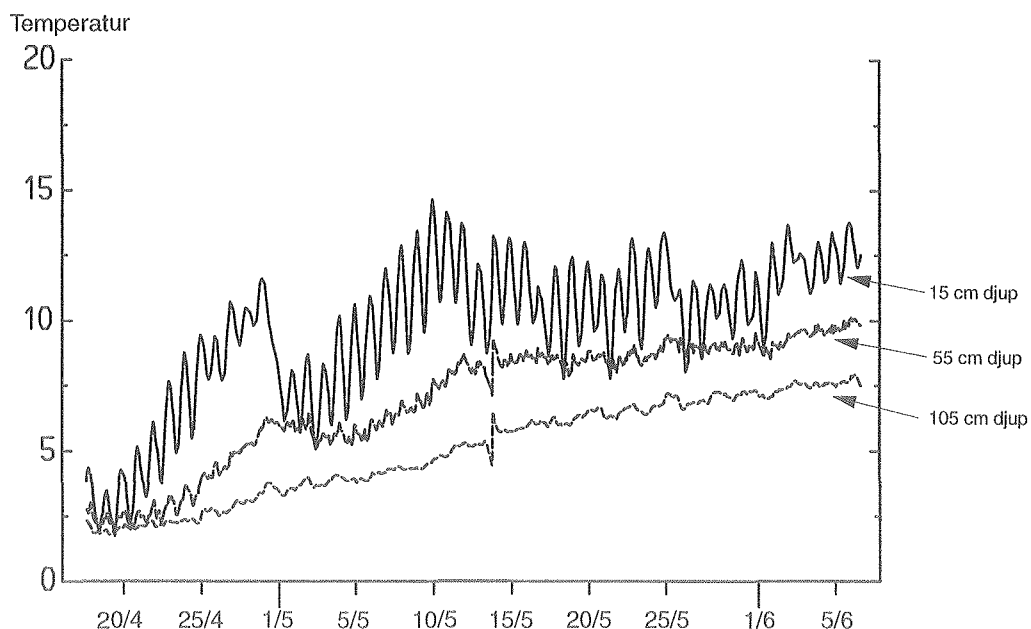
FÄLTFÖRSÖK

Marktemperatur under grödans etableringsfas

Medeltemperaturen i marken skilde sig inte mellan de olika sådjupen, vilket framgår av figur 10 där ungefär en vecka av temperaturmätningen som totalt pågick i två månader visas. Skillnader som kunde påvisas var att amplituden ökade allteftersom sådjupet minskade, dessutom kunde det urskiljas en viss fördröjning av temperaturförändringar vid ökat djup. Temperaturen under gronings- och uppkomstfasen vid sådjup låg mellan någon plusgrad och upp till ungefär 10 °C.



Figur 10. Temperatur på såbotten vid grund, normal och djup sådd. Temperaturen mättes 18/4-7/6 1994. I figuren visas ett utdrag av temperaturmätningen för att bättre kunna visa variationerna mellan de olika sådjupen.



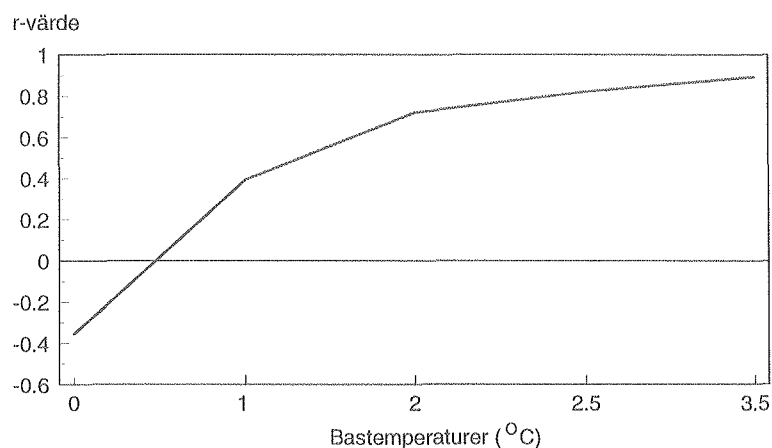
Figur 11. Temperatur på 15, 55 och 105 cm djup i jorden under tidsperioden 18/4-7/6 1994.

Längre ner i marken minskade temperaturamplituden med djupet (figur 11). Dessutom urskiljs en fördröjning i temperaturstegringen vid djupare skikt. Mätningen visar att temperaturen vid en meters djup knappt nått 5 °C i mitten av maj.

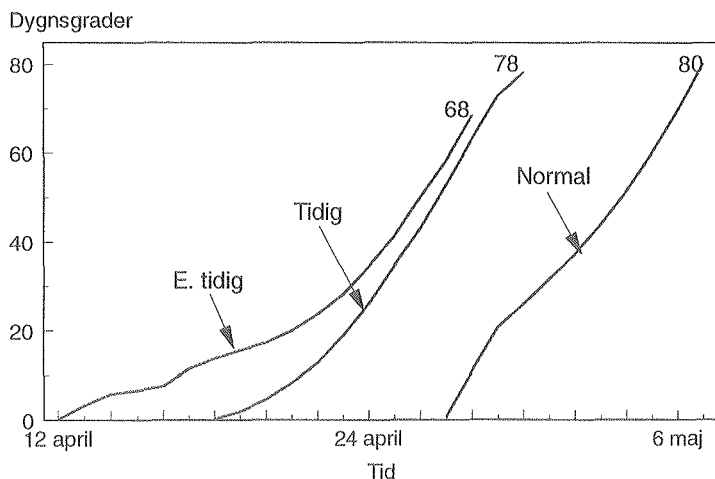
Bastemperatur och temperatursummor

Bestämning av bastemperatur och temperatursumma för uppkomst

För att kunna beräkna storleken på temperatursummorna som krävdes fram till uppkomsten beräknades den mest lämpliga bastemperaturen. Återigen användes Strands modell (1987). Med hjälp av denna bestämdes bastemperaturen till mellan 0,5 och 1°C (figur 12).



Figur 12. Regressionskurva för att bestämma bastemperaturen för fältförsökets temperaturmätning. Figuren visar att bastemperaturen var mellan 0,5 och 1°C.

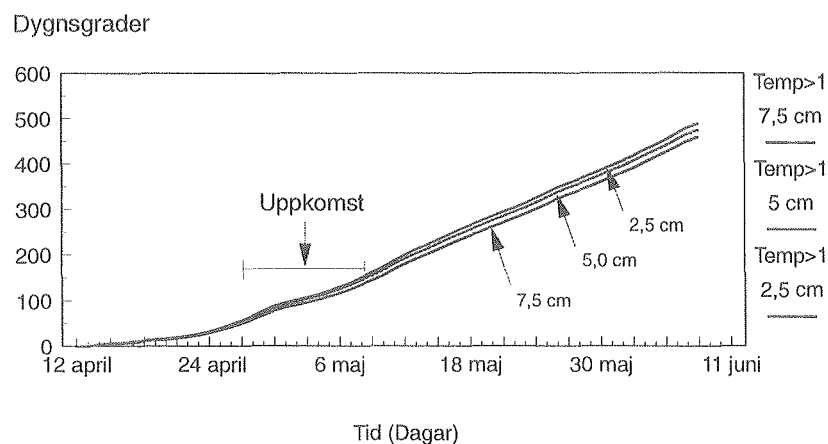


Figur 13. Temperatursummornas tillväxt från sådd till uppkomst för de 3 olika såttillfällena med bastemperaturen 1 °C.

Därefter beräknades temperatursummorna från respektive sådd fram till uppkomsten för normalt såddjup. Den totala temperatursumman som krävdes under denna fas av utvecklingen varierade inte speciellt mycket för de olika såtiderna även om de tidigare såtiderna krävde något lägre temperatursumma (figur 13). Däremot syns tydliga skillnader i temperatursummornas tillväxthastighet. Vid de tidigare såtiderna var tidsperioden för att nå temperatursumman som representerar uppkomst längre än vid konventionell såtid.

Tillväxt av temperatursumma

Vid beräkningen av de olika kumulativa temperatursummorna med start från sådd användes bastemperaturen 1°C, vilken var den som låg närmast den framräknade bastemperaturen. Skillnaderna mellan de olika sådjupens kumulativa medeltemperatur blev ganska liten under de första veckornas mätningar (figur 14). Skillnader uppstod först senare under våren och för hela perioden blev temperatursumman något högre närmare markytan.



Figur 14. De kumulativa temperatursummorna för de olika såddjupen 7,5, 5,0 och 2,5 cm vid bastemperaturen 1°C.

Såbäddsundersökning

Vid såbäddsundersökningen kontrollerades hur såbäddskvaliteten varierade mellan de olika leden.

Sådjup

Vid sådden eftersträvades att erhålla de inställda sådjupen vilket lyckades relativt bra (tabell 3). Emellertid kunde man se en trend vid jämförelse mellan de tre olika såtidpunkterna. Då såmaskinsinställningen var densamma vid de olika tidpunkterna visade det sig att svårigheterna att komma ner till inställt djup ökade vid den normala såtiden medan det uppmätta sådjupet visade sig vara något djupare än det inställda vid de andra såtidpunkterna. Denna trend visade sig både i plöjda och plöjningsfria led, dock var det tydligast för de plöjningsfria, tabell 3.

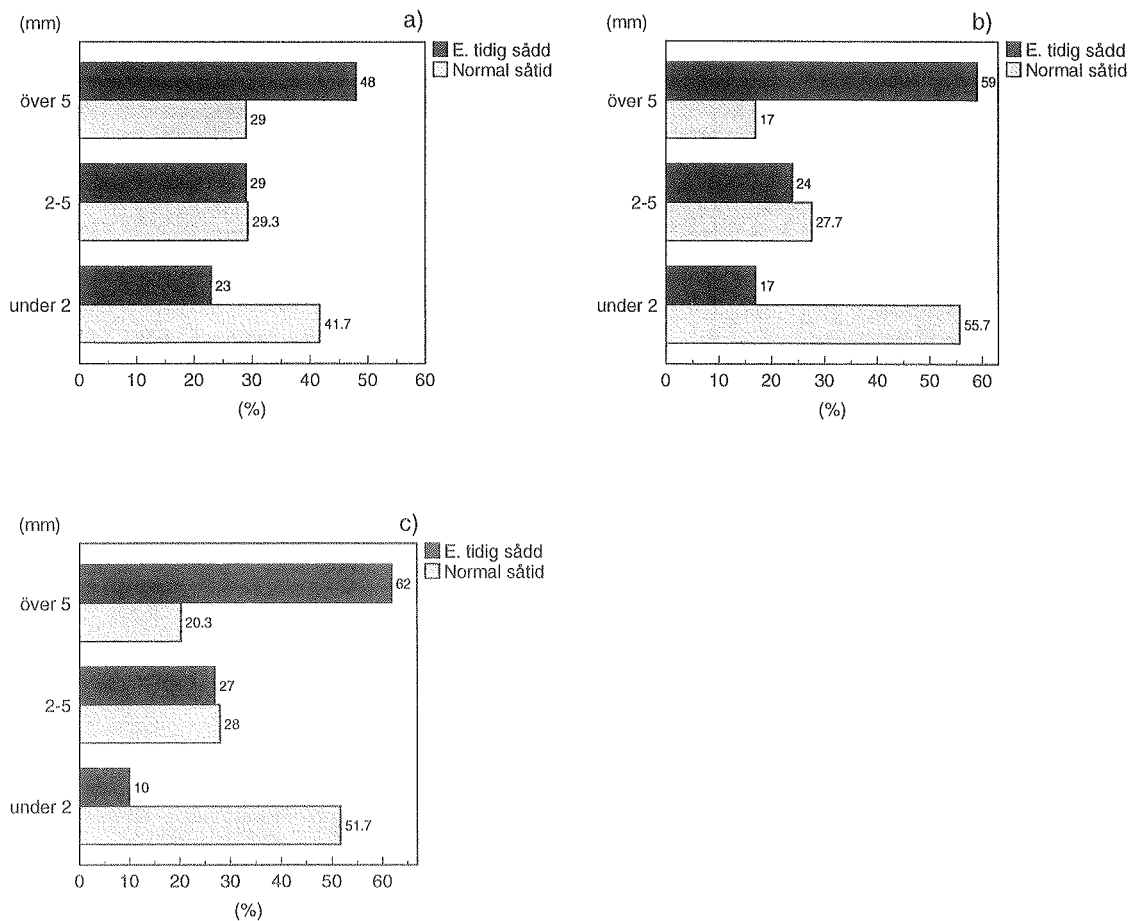
Tabell 3. Inställt och uppmätt sådjup vid de olika såtiderna

Plöjningsfritt							
	Extra tidig	Extra tidig	Extra tidig	Tidig	Tidig	Tidig	Normal
Inställt sådjup	2,5	5,0	7,5	2,5	5,0	7,5	5,0
Uppmätt sådjup	2,9	4,6	6,9	3,0	5,1	8,1	3,2

Plöjt			
	Extra Tidig	Tidig	Normal
Inställt sådjup	5,0	5,0	5,0
Uppmätt sådjup	4,4	5,6	3,0

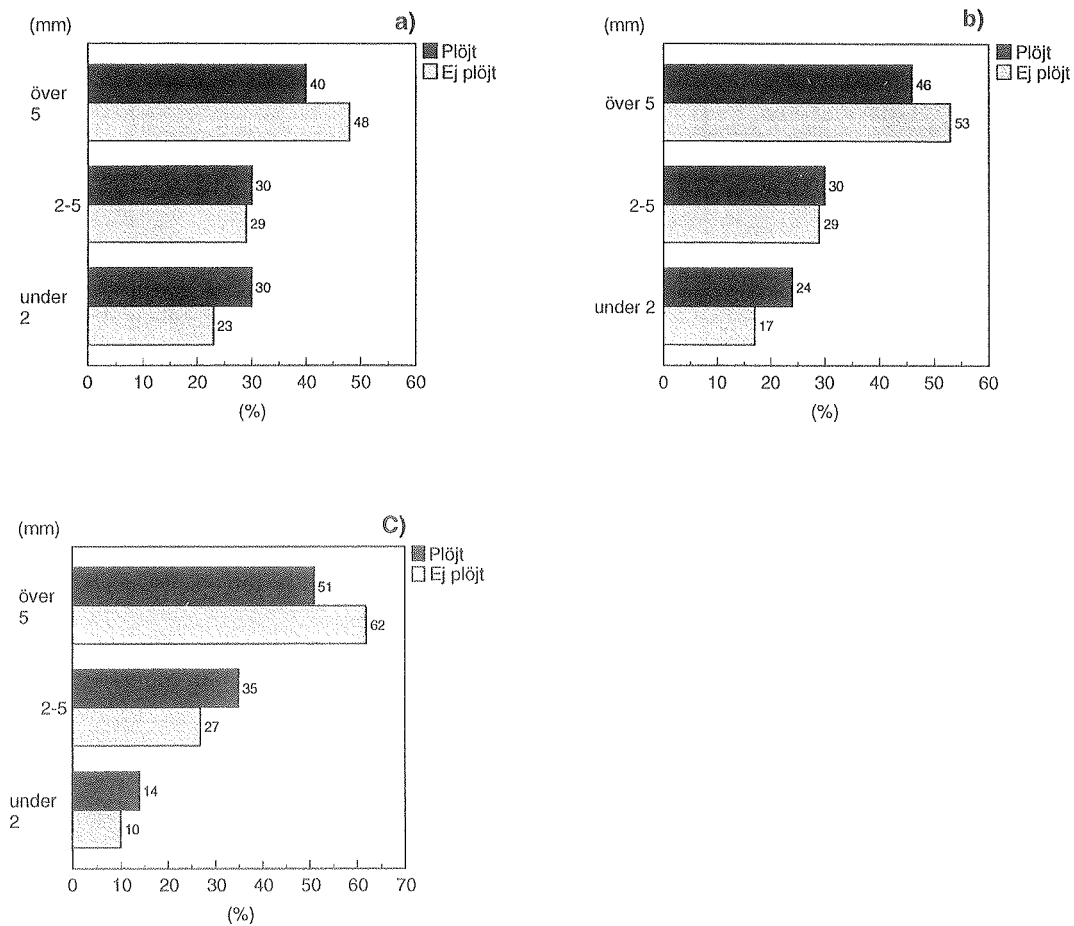
Aggregatstorleksfördelning

Skillnaderna i aggregatstorleksfördelning mellan extra tidig och normal såtid i plöjningsfria led vid normalt sådjup var markanta. De tidigast sådda leden innehöll 2-3 gånger så stor mängd grova aggregat jämfört med den konventionella såtiden, medan det rädde omvänt förhållande för de finaste aggregaten. Störst var skillnaden i lagret alldeles ovanför såbotten där det nästan var totalt avsaknad av fina aggregat vid den extra tidiga sådden (endast 10 % av aggregaten var under 2 mm) medan det vid den konventionella såtiden innehöll över 50 % aggregat mindre än 2 mm (figur 15). Även den tidiga sådden medförde betydligt större andel grova aggregat än den konventionella såtiden. Signifikanta skillnader för olika såtider fanns för aggregatstorlek över 5 mm i skikt a och c ($p < 0,001$). För aggregatstorlek 2-5 mm fanns signifikans för skillnaderna i skikt a ($p < 0,01$) och i skikt c ($p < 0,001$). I den finaste fraktionen, aggregat mindre än 2 mm, fanns signifikanta skillnader i skikt b och c ($p < 0,01$).



Figur 15. Aggregatstorleksfördelningen i såbädden för plöjningsfria led med normalt såddjup och extra tidig respektive normal såtid. Såbädden delades in i 3 skikt. A representerar det ytligaste, b det mellersta och c det djupaste skiktet.

Jämförs istället skillnaderna i storleksfördelning för aggregaten mellan plöjda och oplöjda led vid normalt såddjup och extra tidig sådd, så innehöll de oplöjda leden en större andel grova aggregat jämfört med de plöjda leden. Skillnaderna var genomgående i hela såbädden, (figur 16). Dessutom innehöll både de plöjda och plöjningsfria leden en större andel grova aggregat djupare ner i såbädden jämfört med de ytligare skikten. De signifikanta skillnader som fanns mellan plöjda och plöjningsfria led var: För aggregatstorlek över 5 mm i skikt a ($p < 0,01$) och i skikt b ($p < 0,05$). För aggregatstorlek 2-5 mm i skikt c ($p < 0,001$) och för aggregat mindre än 2 mm i skikt b ($p < 0,001$) och i skikt c ($p < 0,05$).

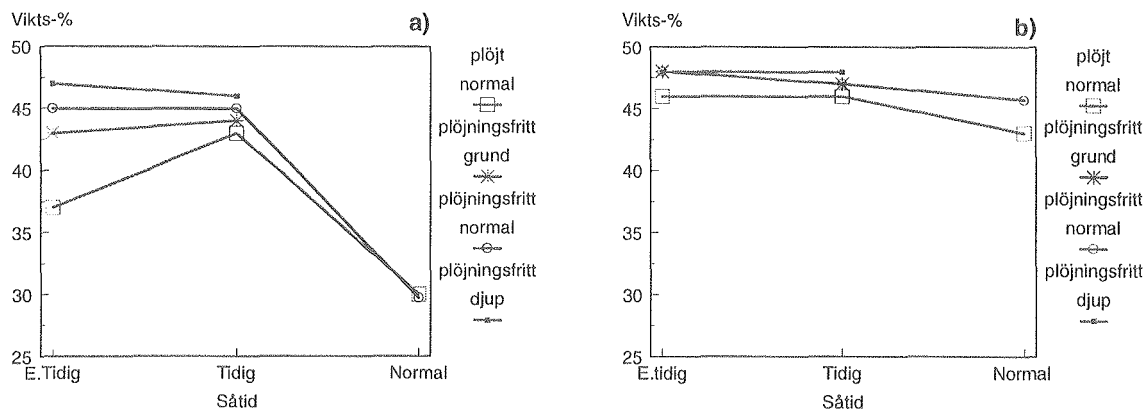


Figur 16. Aggregatstorleksfördelningen vid normalt sådjudup och extra tidig sådd i plöjda och oplöjda led. Skikt a representerar det ytligaste och b det mellersta medan c representerar det djupaste skiktet i såbädden.

Vattenhalt

Vattenhalten i skiktet alldeles ovanför såbotten varierade kraftigt mellan de olika såtillfällena (figur 17a). Högst vattenhalt vid de två tidigaste såtillfällena innehöll plöjningsfria led med djup sådd. Därefter följde plöjningsfri normal och grund sådd. Lägst var vatteninnehållet i plöjda led. Vid den extra tidiga såtiden innehöll plöjda led över 10 viktsprocent lägre vattenhalt än oplöjda led. Denna skillnad minskade dock till endast ett par viktsprocent vid tidig sådd då vattenhalten i plöjda led steg under tidsperioden mellan såtillfällena. För de oplöjda leden däremot var vattenhalten i stort sett oförändrad.

Däremot skedde en kraftig förändring mellan den tidiga och den konventionella såtiden då vattenhalten för de plöjda leden sjönk nästan 15 viktsprocent och för de oplöjda leden ytterligare några viktsprocent (figur 17a). Vattenhalten i jorden låg då endast drygt 5 viktsprocent ovanför vissningsgränsen.



Figur 17. Förändringen av vattenhalten i viktsprocent i a) skiktet alldeles ovanför såbotten b) i såbotten, för de olika såtiderna. Signifikanta skillnader i figur 17a fanns för olika sådjup i plöjningsfria led vid extra tidig och tidig sådd ($p < 0,01$) och för olika såtider i plöjningsfria led med normalt sådjup och plöjda led ($p < 0,01$). Signifikanta skillnader i 17b fanns mellan olika såtider vid normalt sådjup och för skillnader mellan plöjda och plöjningsfria led vid normalt sådjup ($p < 0,001$).

Jämför man istället vattenhalterna i såbotten var vattenhalterna betydligt högre än strax ovanför såbotten. Figur 17b visar att vattenhalten vid sådden inte var någon begänsande faktor för att klara uppkomsten. Även i såbotten hade plöjda led en lägre vattenhalt än oplöjda led (genomgående 2-4 viktsprocent lägre vattenhalt). Jämförs vattenhalten i såbotten med skiktet alldeles ovan såbotten så var skillnaderna vid de två tidigaste såtiderna små, med undantag av plöjd extra tidig sådd där skillnaden var ungefär 10 viktsprocent. Vid normal såtid däremot, var skillnaden mellan såbotten och såbädden ungefär 15 viktsprocent.

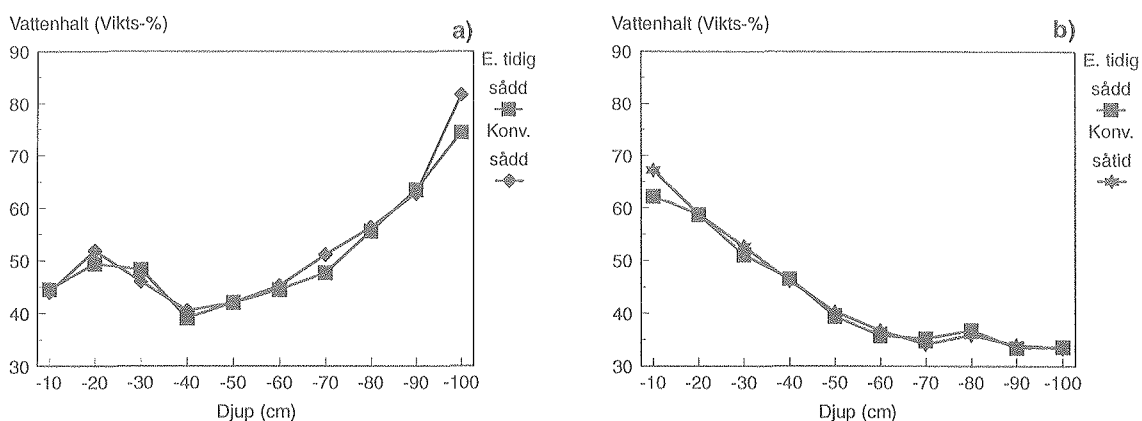
Kärnplacering

I led med höstplöjning som förbearbetning blev kärnplaceringen bättre än vid plöjningsfri odling, åtminstone vid senare såtidpunkter. Kärnplaceringen för plöjda led var i stort sett densamma för de olika såtiderna. Problemen med att få ner kärnorna till inställt sådjup i de oplöjda leden ökade vid senare såtidpunkt jämfört med tidigare sådd, tabell 4. Dessutom var kärnplaceringsproblemen störst vid minskade sådjup. Då sådjupsinställningen ändrades till 7,5 cm blev andelen kärnor ovanför såbotten mindre.

Tabell 4. Kärnplaceringen vid olika såtider i plöjningsfria led, samt kärnplacering för de olika sådjupen vid extra tidig sådd för plöjningsfria led

Kärnor i % av tot. antalet.	Plöjn.fritt E. Tidig sådd. 5,0 cm.	Plöjn.fritt Tidig sådd. 5,0 cm.	Plöjn.fritt Normal såtid. 5,0 cm.	Plöjn.fritt E.tidig sådd. 2,5 cm.	Plöjn.fritt E.tidig sådd. 5,0 cm.	Plöjn.fritt E.tidig sådd. 7,5 cm.
Skikt 1.	0	8	11,5	17	0	0
Skikt 2.	11	19	18	49	11	8
Skikt 3.	89	72	70,5	34	89	92

Vattenhaltsvariation i marken



Figur 18. Vattenhalten vid olika djup i plöjda led med extra tidig och konventionell såtid. a) Vattenhalt på våren (3/5-94). b) Vattenhalt vid skörd (24/8-94).

Varken efter sådden på våren (figur 18a) eller på hösten (figur 18b) skilde sig vattenhalten signifikant åt mellan normal och extra tidig sådd. För vattenhalten på våren och hösten blev kurvorna helt motsatta med stigande vattenhalt vid ökat djup på våren och sjunkande på hösten.

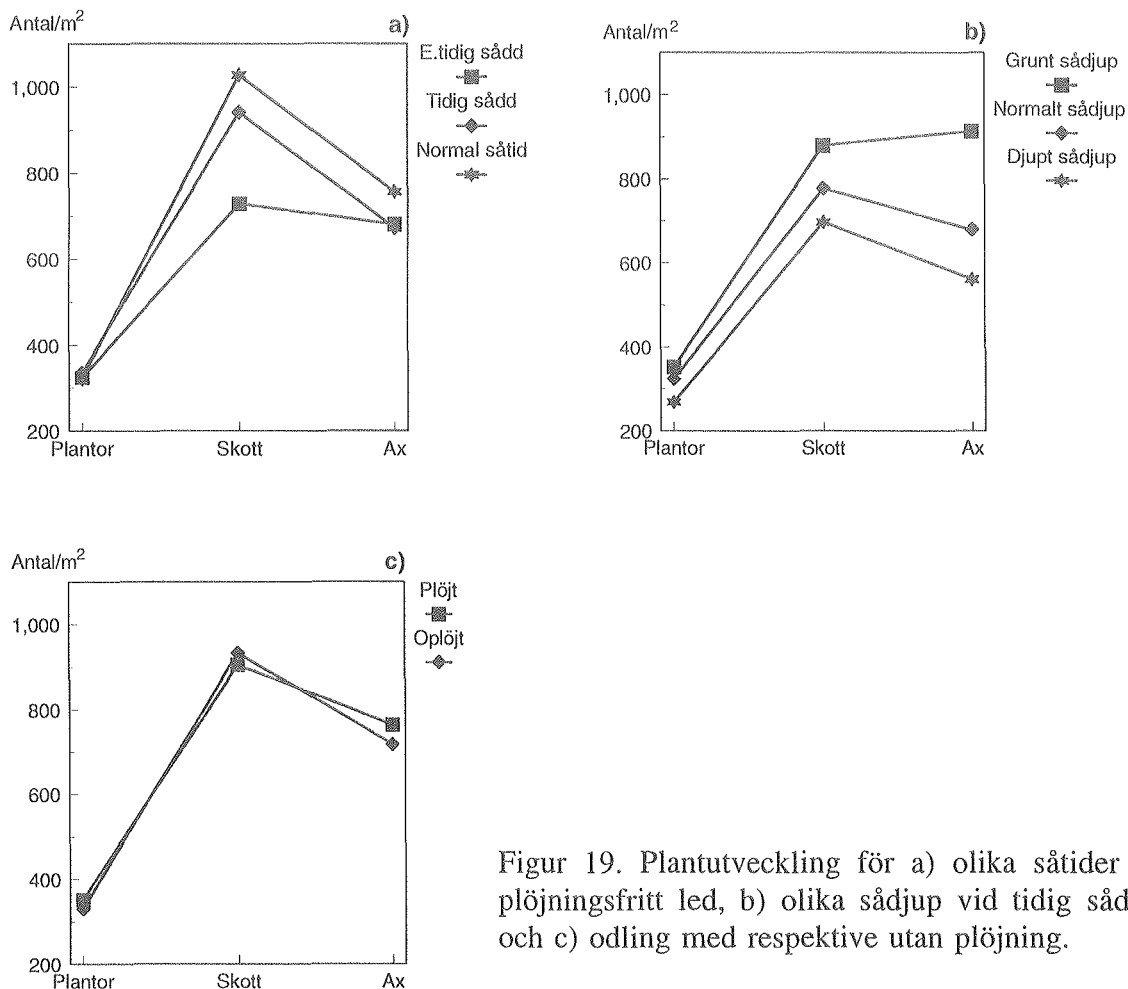
Plantutveckling

Antalet uppkomna plantor/m² var i stort sett lika för de olika såtiderna vid plöjningsfri sådd. Skillnader i plantutveckling uppstod först under bestockningsfasen och undersökningen visade att den extra tidiga sådden hade den sämsta sidoskottsutvecklingen medan den konventionella såtiden utvecklade flest sidoskott. Skillnaderna mellan dessa led var cirka 300 skott/m², huvudskott inräknade.

Skillnaderna mellan leden minskade emellertid vid axbildning då nästan alla skott vid den extra tidiga sådden gick i ax, medan det vid den konventionella såtiden var ungefär 2/3 av skottantalet som gick i ax. Den tidiga sådden intog en mellanställning genom hela utvecklingen, Figur 19a. Signifikanta skillnader i figur 19a fanns endast för antalet skott vid normala sådjup ($p < 0,001$) plus för antalet skott vid extra tidig och tidig sådd i plöjningsfria led ($P < 0,05$).

Utvecklingen vid de olika sådjunen, vid extra tidig sådd i plöjningsfria led, jämförs i figur 19b. Den djupa sådden hade genom hela säsongen den sämsta plantutvecklingen medan de grunt sådda leden uppvisade både den bästa plantetableringen, den kraftigaste bestockningen och dessutom flest antal ax/m². Skillnaderna i antal etablerade plantor, var liksom för de olika såtiderna, inte så stor utan skillnaderna uppstod främst vid sidoskottsbildningen. Differensen mellan den grundaste och den djupaste sådden var omkring 250 skott/m², huvudskott inräknade. Vid den fortsatta utvecklingen bildade nästan alla skott ax vid den grunda sådden, medan endast ungefär 80 % vid den djupa sådden. Skillnaden i axsättning mellan dessa led blev på detta vis väldigt stor då den djupa sådden redan innan hade en sämre utveckling. Signifikanta skillnader fanns för det grunda och djupa sådjet för: Antalet plantor ($p < 0,01$) och för antalet ax ($p < 0,001$).

I figur 19c illustreras plantutvecklingen för plöjda och plöjningsfria led. Skillnaderna var ej signifikanta.



Figur 19. Plantutveckling för a) olika såtider i plöjningsfritt led, b) olika sådjup vid tidig sådd och c) odling med respektive utan plöjning.

Rotutveckling

Rotdjupen som uppmättes presenteras i tabell 5. Några direkta skillnader mellan olika led gick inte att påvisa.

Tabell 5. Rotdjup den 2/6-94 för led med extra tidig respektive normal sådd. Rotdjupet mättes i rutor med normalt sådjup

Ej plöjt Extra tidig sådd. (cm)	Ej plöjt Normal såtid. (cm)	Plöjt Extra tidig sådd. (cm)	Plöjt Normal såtid. (cm)
60	61	55	62

Ogräsförekomst

Skillnaderna i ogräsförekomst var markanta. Ogräsen som fanns var nästan uteslutande då. Överlag var det över dubbelt så mycket ogräs i plöjda som i oplöjda led. I oplöjda led varierade ogräsmängden mellan 100 och 250 ogräs/m² mellan de olika såtiderna, medan mängden i plöjda led varierade mellan 250 och 550 ogräs/m². Vid de tidigaste såtiderna låg antalet i överkant medan det vid konventionell såtid låg i nederkant av intervallen. Signifikanta skillnader fanns för alla tre såtiderna i plöjda led plus för alla tre såtiderna vid de olika sådjupen vid den plöjningsfria sådden ($p < 0,01$). Dessutom fanns signifikanta skillnader mellan plöjda och plöjningsfria led vid normalt sådjup ($p < 0,001$).

Skördemängder

Skördesiffrorna för försök R2-4025 under 1994 presenteras i tabell 6. Skörden visade sig bli lägre för den tidiga sådden jämfört med konventionell sådd. Vid relativ skörd för konv.sådd=100 blev den tidiga såddens relativa skörd=93 och den extra tidiga såddens relativa skörd endast 85. Vid jämförelse mellan plöjt och plöjningsfritt visade det sig att skörden blev lägre för de plöjningsfria leden än för de plöjda leden. Sammanställs skördeskillnaderna mellan de olika sådjupen med det konventionella sådjupets relativa skörd=100, så erhöles en relativ skörd=97 för grunt sådjup och 98 för djupt sådjup. Signifikanta skillnader fanns för såmetoderna. Dock saknades signifikans för skillnader mellan plöjt och plöjningsfritt samt för samspelet mellan plöjt/plöjningsfritt och såmetod.

Tabell 6. Skördemängd för försök R2-4025 under året 1994.

	Konv. såtid	Tidig sådd	Extra tidig sådd
Plöjt	5200 kg=100	92	84
Ej plöjt	95	89	82
Genomsnitt	100	93	85

DISKUSSION

TEMPERATURUTVECKLING

Då temperatursummebehovet för uppkomst i kärlförsöket jämfördes, vid olika såtemperaturer, visade sig en topp vid 10 °C. Varför behovet ökade vid 10 °C jämfört med 5 °C, för att sedan åter minska är lite svårt att förklara. Eventuellt tyder det på att temperaturhöjning från 5 °C till 10 °C är mindre effektiv än från 10 °C till 15 °C. För att ta reda på om detta stämmer skulle man behöva utföra fler kärlförsök med kortare intervall mellan groningstemperaturerna. Om man jämför de olika grödornas uppkomsttid behövde ärt längst tid mellan sådd och uppkomst, medan v-raps klarade sig med en kortare tidsperiod. Att groningsperioden tog olika lång tid för olika fröstorlekar berodde troligen på att stora frön krävde mer syre och vatten som trängde igenom skalet innan groningen kunde starta. Tillväxtskillnaderna efter groning mellan raps och ärt var dock små. En annan faktor som påverkade uppkomsttiden var att ärt och v-vete hade problem att klara av uppkomsten vid låga såtemperaturer, detta tydde på att dessa två krävde högre såtemperaturer jämfört med de övriga grödorna. Vid förändring av sådjupet blev konsekvenserna att uppkomsten fördröjdes några dagar vid djupare sådd jämfört med grundare, speciellt vid lägre såtemperaturer. Detta bidrog till att den grundare sådden erhöll några dagars försprång i plantutvecklingen.

I fältförsöken kunde en viss fördröjning av temperaturändringen med djupet urskiljas, detta trots att djupskillnaderna mellan sådjupen ej var speciellt stora. Dessutom fanns en viss skillnad i amplitud mellan de olika sådjupen men om denna spelade någon roll vid sidoskottsanlagsbildningen eller ej var svårt att säga då själva anlagsbildningen gynnas av en högre medeltemperatur medan bestockningen gynnas av en lägre. Differensen i medeltemperatur var emellertid väldigt liten och påverkade troligtvis inte groningshastigheten i någon riktning. Då kan man istället undra om det spelar någon roll att amplituden för temperatursvängningarna var större vid grundare sådd jämfört med djupare? Detta är dock inte troligt då även denna skillnad var liten. Istället är det sannolikt att såtidens inverkan var betydligt mycket viktigare, både vid anlagsbildning och sidoskottsbildning. På grund av att anlagsbildning gynnas av hög medeltemperatur medan sidoskottsbildning gynnades en låg så missgynnas plantutvecklingen av tidig sådd. Om man beaktar just dessa faktorer borde tidig sådd främst vara optimalt för höstsådd. Vid mätning på större markdjup tog det ungefär två månader längre tid för medeltemperaturen att stiga till cirka 5 °C en meter ner i marken jämfört med på markytan. Eventuellt medförde detta att rotutvecklingen hämmades och att djupgående rötter fick problem att utvecklas på djupet jämfört med i de övre jordlagren. Kanske kan detta medföra skillnader i rotutveckling i olika jordarter (då värmeledningsförmågan skiljer sig mellan olika jordar) vid olika såtidpunkter.

Granskas skillnaderna mellan kärlstudien och fältförsöket blir resultatet att kornet i kärlförsöken behövde i medeltal (för olika temperaturer) 80 dygnsgrader för 50% uppkomst medan fältförsöken fordrade i medeltal (för de olika såtiderna) 75 dygnsgrader. Beräkningen baseras då på de skattade bastemperaturerna som var 2,5 °C i kärlförsöket och 1 °C i fältförsöket. I fältförsöken grundades beräkningarna av bastemperaturen dock endast på 3 olika såtider, vilket gav en ganska osäker skattning.

Om man istället beräknade temperatursumman för fältförsöket med bastemperaturen för kärlförsöket blev behovet 58 dygnsgrader, vilket var betydligt lägre än behovet i kärlförsöket. Varför behovet blev lägre för fältförsöket är svårt att förklara då kärlförsökets förutsättningar borde varit optimala och därmed temperatursummebehovet lägsta möjliga.

Vid granskning av skillnaderna mellan försök 569/93 och andra tidigare utförda undersökningar, ges att försök 569/93 på Lövsta som såddes med v-korn behövde 70-80 dygnsgrader från sådd och fram till uppkomst, vilket kan jämföras med Wright och Hughes undersökning (1987) i vilken v-korn (Triumph) såddes. I deras försök undersöktes temperatursummebehovet med hjälp av temperaturmodellen (se litteraturstudien). Vid beräkningarna användes $T_b = 0,6$ °C, som kan jämföras med $T_b = 1$ °C i försök 569/93. Temperatursummebehovet i Wright och Hughes beräkningar blev 111 dygnsgrader. Vidare kan man jämföra försök 569/93 med Porters undersökning (1987) och Rickmans försök (1983). I båda dessa var grödan h-vete, Porter använde sorterna Hustler och Avalon medan Rickman använde Stephens. I Porters undersökning beräknades T_b till 1 °C och temperatursumman mellan sådd och uppkomst till 150 respektive 130 dygnsgrader för de två olika sorterna. I Rickmans försök användes $T_b = 3$ °C och temperatursumman som fordrades för 50 % uppkomst beräknades till mellan 85 och 105 dygnsgrader för olika led. Jämförelsen visar att variationen mellan olika undersökningar är stor, både för vilken bastemperatur som används och för antalet dygnsgrader som behövs, vilket gör att det inte går att fastställa några generella likheter. Det var svårt att hitta undersökningar att jämföra beräkningarna av temperatursummor från försök 569/93 och kärlförsöket med, då undersökningen ska gälla tidsperioden mellan sådd och uppkomst. De flesta undersökningar som utförts har rört sig om försök under tidsperioden mellan sådd och flaggbladsbildning eller från sådd till axgång.

Trots att utrustningen isolerades och kapslades in för att skydda mätresultaten mot att påverkas av en temperaturgradient mellan termistorn i loggern och termoelementens anslutning till loggern vid variationer i lufttemperaturen så misslyckades det. Felet gick dock att beräkna med hjälp av temperaturmätningen ner till 1 m djup där i princip inga dygnsvariationer ska kunna urskiljas. Därför beräknades temperatursvängningarna vid en meters djup. Felet användes därefter för att korrigera uppmätta temperaturer i högre jordlager. Förutom detta visade sig denna typ av temperaturmätning fungera väldigt bra.

MARKSTRUKTUR OCH PLANTETABLERING

Vid jämförelse mellan skördesiffrorna erhöles den största skörden vid den konventionella såtiden. Varför blev resultatet av försök 569/93 så, när det förväntade var att den tidigaste sådden skulle uppnå den största skörden? Nedan behandlas olika faktorerers inverkan på de olika leden, hur de kan ha påverkat utvecklingen av grödan och därmed skörden.

Den troligaste anledning till den lägre skörden vid extra tidig sådd var att grödans vattenförsörjning klarades bättre vid konventionell såtid, jämfört med extra tidig sådd, beroende på ett bättre avdunstningsskydd. Såbäddsundersökningen visade att vid extra tidig såtid var aggregaten större än vid konventionell såtid, vilket i sin tur troligen berodde på att såbädden vid extra tidig sådd innehöll en högre viktsprocent vatten.

Hur stor inverkan detta haft vid plantutvecklingen är svårt att säga, men ett sämre avdunstningsskydd borde kraftigt försämrat förutsättningarna. Särskilt då växtperioden 1994 drabbades av kraftig torka borde detta varit en avgörande orsak till att skörden blev lägre för den extra tidiga sådden. Detta trots att den innehöll en högre viktsprocent vatten vid sådden. Dock är det möjligt att de olika såtidernas skillnaderna i aggregatstorleksfördelning minskade allteftersom upptorkningen fortskred. Anledningen torde i så fall vara att den högre fukthalten vid den extra tidiga sådden bidrog till att hålla ihop större aggregat. Redan vid den extra tidiga sådden innehöll såbädden en större mängd grova aggregat i djupare liggande skikt jämfört med de ytligare skikten. Detta berodde troligen på den högre fukthalt djupare ner i såbädden. Att andelen grova aggregat redan hade minskat i det ytligaste skiktet stärker teorin att den större andelen grova aggregat, jämfört med konventionell såtid, troligen minskade då upptorkningen fortskred. Allteftersom vattenhalten minskade i såbädden ökade kraven på en bra kärnplacering för att plantetebleringen skulle bli bra. Vid den konventionella såtiden var markens vattenhalt ovan såbotten 30 viktsprocent. Detta var endast 6 % över den permanenta vissningsgränsen, vilket brukar anges som den nedre gränsen för groning (Håkansson, 1976). Detta medförde att kraven på såmaskinen ökade alltmer ju senare sådden blev. Dock ökade problemen alltmer desto senare sådden blev då såbillen fick svårt att placeras utsädet på rätt sådjup. Anledningen till detta var sannolikt att penetrationsmotståndet för billen ökade allteftersom jorden torkade upp. Dessutom ökade procentandelen alltför grunt placerade kärnor med en grundare sådjupsinställning. Detta berodde troligen på ojämnheter i fältet plus skillnader i penetrationsmotstånd för såbillen.

Grund sådd hade den inverkan att fler sidoskott bildades, som i sin tur gav upphov till många fler ax än vid djupare sådd. Detta innebar att marken innehöll tillräckligt med fukt för plantans tidiga utveckling även vid grund sådd. Emellertid uppstod problem då för många ax per ytenhet bildades, konkurrensen mellan axen ökade och axstorleken minskade. Dessutom drabbades led med väldigt många ax hårdare av torkan då mer vatten krävdes för matningen av det stora axantalet. Att skörden även blev lägre för led med djup sådd jämfört med led med normalt sådjup kan till viss del förklaras med att det istället bildades alldeles för få ax/m². Därtill blev sidoskottsbildningen försämrad i led med stort sådjup och dessutom försämrades förutsättningarna för de få sidoskott som bildades att utvecklas normalt. Vid jämförelse av olika såtider vid normalt sådjup blev utvecklingen vid extra tidig sådd sämre än vid konventionell såtid. Detta var oväntat då den tidigarelagda sådden borde möjliggjort en bättre plantutveckling på grund av att vegetationsperioden utnyttjas bättre.

SAMMANFATTNING

Tidig sådd innebär att sådden sker tidigare än normalt, utan föregående vårbearbetning, vid en högre fuktighet än vid konventionell såtid. Vanligen sker sådden vid såpass fuktiga förhållanden att endast en överfart är möjlig, detta medför att markytan måste jämnas redan på hösten. Dessutom krävs breda däck med låga lufttryck för att klara packningsproblemen. Syftet med tidig sådd är att utnyttja växtperiodens längd effektivare än vid konventionell såtid och att minska kostnaderna för såbäddsberedningen.

Under 1994 genomfördes ett fältförsök på mycket styv lera på Lövsta utanför Uppsala (försök nr 569/93) som syftade till att studera hur temperaturförhållanden och sådjup påverkade groning, etablering och plantornas fortsatta utveckling i fältförsök med tidig sådd. Dessutom studerades plantutveckling i plöjda och plöjningsfria led vid olika såtider. I de plöjningsfria leden varierades sådjupet mellan grunt (~2,5 cm), normalt (~5 cm) och djupt (~7,5 cm). Grödan som såddes var v-korn (Filippa) som såddes vid tre olika såtidpunkter: extra tidig (11/4), tidig (19/4) och normal såtid (28/4).

Parallellt med denna studie utfördes kärlförsök för att bestämma uppkomsttiden vid olika sådjup och såtemperaturer för grödorna v-korn, v-vete, havre, ärt och v-raps. Syftet med kärlförsöket var att kunna jämföra resultat från fältförsöken med resultat från studier under mera kontrollerade förhållanden.

I direkt anslutning till varje sådd i fältförsöket genomfördes en såbäddsundersökning för att kontrollera såbäddskvaliteten i de olika leden. Faktorer som jämfördes var sådjup, aggregatstorleksfördelning, kärnplacering och vattenhalt i såbädd och såbotten. Vid de tidigare såtiderna erhöles en större andel grova aggregat än vid konventionell såtid. De grova aggregaten medförde troligen ett sämre avdunstningsskydd som i sin tur orsakade tidigare problem med vattenförsörjningen då växtperioden utsattes för kraftig torka. Vattenhalten i såbädden sjönk kraftigt från den tidigaste till den konventionella såtiden, då den låg strax över vissningsgränsen. Detta medförde att kraven på en bra kärnplacering ökade alltmer desto senare sådden blev. I såbotten förhöll sig dock vattenhalten i det närmaste konstant.

Vid temperaturmätningen i fält användes termoelement som placerades vid de 3 olika sådjupen vid den extra tidiga såtidpunkten. Skillnaderna i temperatursumma fram till uppkomst för de olika sådjupen blev nära noll, vilket innebar att man inte påverkade temperaturutvecklingen i såbädden genom att variera sådjupet. Amplituden var dock något större närmare markytan.

För både kärll- och fältförsök beräknades lämplig bastemperatur och vilken temperatursumma som krävdes från sådd och fram till uppkomst. Bastemperaturen i kärlförsöket blev 2,5 °C medan fältförsökets bastemperatur blev 1°C. Underlaget för beräkningarna i fältförsöket var dock endast tre mätresultat varför bastemperaturen blev grovt skattad. Därför jämfördes temperatursummorna för kärlförsöket och fältförsöket vid kärlförsökets bastemperatur. Temperatursummorna som krävdes i kärlförsöket var 80 dygnsgrader (medeltal för olika temperaturer) medan fältförsöket krävde 58 dygnsgrader (medeltal för olika såtider). Att kärlförsöket krävde en större temperatursumma än fältförsöket är anmärkningsvärt då kärlförsökets förhållanden varit optimala.

Förutom temperaturundersökningen i anslutning till sådjupet utfördes en temperaturmätning för att kontrollera hur temperaturen förändrades med tiden ner till en meters djup. Resultaten visade att det tog ungefär två månader längre tid för medeltemperaturen att nå 4-5 °C en meter ner i marken jämfört med nära markytan.

Utvecklingen av plantorna undersöktes genom att kontrollera plantantal, bestockning, axantal och rotutveckling vid de olika såtiderna och sådjupen. Det visade sig att plantetableringen vid den djupaste sådden blev sämst. Den grundaste sådden gav flest antal skott och ax per ytenhet, men gav ändå inte den högsta skörden. Anledningen till det kan vara att plantorna fick svårt att försörja det stora skott- och axantalet på grund av den kraftiga torkan. Den extra tidiga såddens plantutveckling blev i början av säsongen något sämre än vid de senare såtiderna. En anledning till detta kan ha varit en större avdunstning vid tidig sådd på grund av ett sämre avdunstningsskydd.

SUMMARY

Early seeding implies to sow earlier than normal, without any harrowing in the spring and at a higher water content than at conventional seeding time. In general, because of the wet conditions, only one pass is possible which makes it necessary to level the soil surface already in the autumn. To avoid soil compaction it is necessary to use broad tyres with low inflation pressure. Introduction of early seeding in agriculture is aimed at using the growing period in a more effective way than what is done with conventional seeding and to decrease the costs of the seedbed preparation.

During 1994 a field experiment was carried out on a clay soil at Lövsta outside Uppsala (experiment nr 569/93), which aimed at studying how temperature and seeding depth affected germination, establishment and plant development. The experiment included three seeding dates in plots with mouldboard ploughing and with shallow tillage. Three seeding depths were used in plots with shallow tillage: Shallow (~2.5 cm), normal (~5 cm) and deep (~7.5 cm). The seeding depth in the ploughed plots was 5 cm. Spring barley (Filippa) was seeded at three different seeding times: Very early (11/4), early (19/4) and conventional seeding time (28/4).

Parallell with the field experiment plants were grown in pots to determine emergence time at different seeding depths and seeding temperatures for the following crops: Spring barley, spring vheat, oat, pea and spring rapeseed. The pot experiment was carried out to compare the results of the field study with results performed from a study under more controlled conditions.

In the field experiment a seedbed investigation was carried out in association at every seeding time to measure the quality of the seedbed. The seeding depth, the size of aggregates, seed placement and water content was compared for the different plots. At the earlier seeding times there was a greater proportion of coarse aggregates than at the conventional seeding time. The coarse aggregates probably resulted in a poor evaporation control which was negative to the crop in the dry summer of 1994. The water content just above the seedbed bottom decreased from 45 % at the time of early sowing to 30 % at the conventional seeding time, which was only 6 % above the permanent wilting point. However, in the seedbed bottom, the water content was almost the same for the different seeding times with sufficient moisture for germination. This means that at normal seeding time it is essential to place the seeds on the bottom of the seedbed.

Thermocouples placed at the three different seeding depths at the very early seeding time, was used to measure the temperature. Until emergence, there was no difference in heat sum for the different seeding depths. However the amplitude of the temperature near the surface was somewhat larger.

The base temperature and the heat sum required from seeding time until emergence for both the pot experiments and the field study was calculated. The base temperature in the pot experiment was calculated to 2.5 °C while the base temperature in the field study was 1 °C. However calculations for the field study was based only on three seeding times which means that the base temperature was a rough estimate. Because of this the heat sums for the field study and the pot experiment was compared using the pot experiment base temperature. The required heat sum in the field study was 58 day degrees (average for different seeding times) and in the pot experiment 80 day degrees (average for different seeding temperatures). The difference is remarkable considering the conditions in the pot experiment was optimal.

In addition to the measurement of temperatures connected to the seeding depths, the temperature down to the level of one meter was determined. It took approximately two months more for the temperature to reach 4-5 °C at one meter than at the soil surface.

Plant establishment at the most shallow seeding depth was poorer than at the other seeding depths. The most shallow seeding depth gave the highest number of tillers and heads per unit area but not the highest yield. This could have been caused by the serious drought, which made it difficult for the plants to support the great number of shoots and heads.

Plant development in the early season was somewhat poorer for the earliest sown crop compared to the later seeding times. A reason for this could have been an increased evaporation at very early seeding times caused by a coarser seedbed. With early seeding, there was a reduced number of tillers and heads/m² and a lower yield than with conventional seeding.

LITTERATURFÖRTECKNING

Angus, J.F. Moncur, M.W., 1977. Water stress and phenology in wheat. *Aust. J. Agric. Res.*, 28, 177-181.

Amores-Vergara, E., Cartwright, P.M., 1984. Effects of short period of exposure to high temperature on the phenology and shoot apex development of wheat cv. Sonora 64. *Aust. J. Agric. Res.*, 35, 139-148.

Andersson, J., 1994. Vattenhaltsmätningar med TDR och neutronsond i försök med tidig sådd av korn. Meddelande från avd. för jordbearbetning, inst. för markvetenskap, SLU, nr 11.

Arvidsson, J., 1992. Tidig sådd - resultat 1988-92. Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet. Handlingar från växtodlings- och växtskydds dagar i Växjö den 9-10/12 1992. Sveriges Lantbruksuniversitet. 39:21.

Arvidsson, J., 1993. Tidig sådd. Jordbearbetningens årsrapport 1993. Rapport från avd. för jordbearbetning inst. för markvetenskap, SLU., nr 86, 40-44.

Aspinall, D., Paleg, L.G. 1963. Effects of daylength and light intensity on growth of barley. 1. Growth and development of apex with a fluorescent light source. *Botanical Gazette*, 429-437.

Aston A.R. 1987., Apex and root temperature and early growth of wheat. *Aust. J. Agric. Res.*, 38, 231-238.

Bauer, A., Frank, A.B., Black, A.L., 1984. Estimation of spring wheat leaf growth rates and anthesis from air temperature. *Agron. J.* 76, 829-835.

Bleken, M.A., Skjelvåg, A.O., 1986. The phenological development of oat (*Avena sativa* L.) cultivars as affected by temperature and photoperiod. *Acta Agric. Scand.*, 36, 353-365.

Geissler, G., 1983. Ertragsphysiologie von Kulturarten. (Berlin och Hamburg.) Citerat ur *Aktuellt från lantbruksuniversitetet* 362, Mark. Växter, Uppsala 1987. av Olof Hammar och Lennart Henriksson.

Hadjichristodoulou, A., Della, A., och Photiades, J., 1977. Effect of sowing depth on plant establishment, tillering capacity and other characters of cereals. *J. Agric. Sci.*, 89, 161-167.

Hay, R.K.M., Wilson, G.T., 1982. Leaf appearance and extension in field-grown winter wheat plants: the importance of soil temperature during vegetative growth. *J. agric. Sci.*, 99, 403-410.

Jones, J.L., Allen, E.J., 1986. Development in barley (*Hordeum sativum*). *J. Agric. Sci.*, 107, 187-213.

Kirby, E.J.M., Ellis, R.P., 1980. A comparison of spring barley grown in England and Scotland. 1. Shoot apex development. *J. agric. Sci.*, 95, 101-110.

Kirby, E.J.M., Appleyard, M., och Fellowes, G., 1982. Effect of sowing date on the temperature response of leaf emergence and leaf size in barley. *Plant, Cell and Environment*. 5, 477-484.

Kirby, E.J.M., Appleyard, M., och Fellowes, G., 1985. Effect of sowing date and variety on main shoot leaf emergence and number of leaves of barley and wheat. *Agronomie*, 5 (2), 117-126.

Kirby, E.J.M., Faris, D.G., 1972. The effect of plant density on tiller growth and morphology in barley. *J. agric. Sci.*, 78, 281-288.

Keppler, B., Rickman, R.W., Peterson, C.M., 1982. Quantitative characterization of vegetative development in cereal grains. *Agron. J.*, 74, 789-792.

Kritz, G., 1983. Såbäddar för vårsäd. En stickprovsundersökning. 187 s. Physical conditions in cereal seedbeds. A sampling investigation in Swedish spring-sown fields. 187 p.

Loeppky, H., Lafond, G.P., Fowler, D.B., 1989. Seeding depth in relation to plant development, winter survival and yield of no-till winter wheat. *Agron. J.*, 81, 125-129.

Masle, J., 1985. Competition among tillers in winter wheat : consequences for growth and development of the crop. NATO advanced research workshop on wheat growth and modelling. Bristol 1984. Eds. Day, W., Atkin, R.K.

Ohlander, L., 1985. Produktionsbiologi - Stråsäd. Stencil, Inst. för Växtodlingslära, SLU.

Rickman, R.W., Keppler, B.L., Peterson, C.M., 1983. Time distributions for describing appearance of specific culms of winter wheat. *Agron. J.*, 75, 551-556.

Rydberg, T., 1991. Plöjningsfri odling och/eller tidig sådd, en väg till förbättrad lönsamhet. Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet. 38, SLU.

Siegel, S.M., Rosen, L.A., 1962. Effect of reduced oxygen tension on germination and seedling growth. *Physiologia Plantarum*, 15, 3.

Strand, E., 1987. Base temperature levels in heat sum calculations. *Acta Agric. Scand.*, 37, 279-286.

Wang, J.Y., 1960. A critique of the heat unit approach to plant response studies. *Ecology*, 41, (4), 785-790.

Wright, D., Hughes, L.L.G., 1987. Relationships between time, temperature, daylength and development in spring barley. *J. Agric. Sci.*, 109, 365-373.

Åfors, M., Ohlander, L., Stendahl, F., 1988. Stråsädens utveckling 1. En litteraturstudie och beskrivning av en skala för bestämning av stråsädens ax- respektive vippanlag. Stencil, inst. för växtodling, SLU.

MEDDELANDEN FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Nr	År	
1	1992	Johan Arvidsson, Sixten Gunnarsson, Lena Hammarström Inge Håkansson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Bo Thunholm: 1990 års jordbearbetningsförsök. 40 s.
2	1992	Mats Tobiasson: EKOODLAREN - En studie av ett kombinationsredskap för sådd och ogräshackning, utförd våren och sommaren 1991. Examensarbete. 19 s.
3	1993	Mats Tobiasson: Såbillar för reducerad bearbetning. Undersökningar av nya såbillar för odlingssystem med reducerad bearbetning, utförda 1991 och 1992. 23 s.
4	1993	Anna Borg: Flöden av kväve och fosfor i Forshällaåns avrinningsområde - beräkning av olika källors bidrag till växtnä ringsläckaget. Examensarbete. 45 s. <i>Flows of nitrogen and phosphorus in the Forshällaån watershed - estimations of the contributions from different sources to the leaching of plant nutrients. 45 pp.</i>
5	1993	Thomas Grath: <i>Effects of soil compaction on physical, chemical and biological soil properties and crop production.</i> 101 pp.
6	1993	Estela Pasuquin: <i>Tillage influences on soil conditions and crop response under dry weather in the Philippines and in Sweden.</i> 62 pp.
7	1994	Hans Pettersson: Radhackning i stråsäd med ny hackutrustning. Examensarbete. 28 s. <i>Rowhoeing in cereals with new hoeing equipment. 28 pp.</i>
8	1994	Jörgen Lidström och Lars Olsson: Nya såmaskiner för reducerad bearbetning. Examensarbete. 57 s. <i>New drills for reduced tillage. 57 pp.</i>
9	1994	Sara Lindén: Tidig start och tillväxt av sockerbetor. Examensarbete. 37 s. <i>Early start and growth of sugarbeets. 37 pp.</i>
10	1994	Sasa Ristic och Tomas Rydberg. Optimering av bearbetningsintensitet och jordpackning samt studier av markfysikaliska orsaker till ojämna bestånd i oljevaxter. 13 s.
11	1994	Jennie Andersson: Vattenhaltsmätningar med TDR (time domain reflectometry) och neutronsond i försök med tidig sådd av korn. 37 s. <i>Soil moisture measurements with TDR (time domain reflectometry) and neutron probe in a field experiment of early sown barley. 37 pp.</i>

Nr	År	
12	1994	Anders Gustafsson: Totalinnehåll och djupfördelning av organisk substans i mångåriga plöjningsdjupsförsök. Examensarbete. 25 s. <i>Total content and vertical distribution of organic matter in long-term experiments with different ploughing depths. 25 pp.</i>
13	1995	Sixten Gunnarsson och Göran Kritz. Olika bearbetningssystem i potatisodlingen. 12 s. <i>Different tillage systems and potato growth. 12 pp.</i>
14	1995	Daniel Johansson: Groning och plantetablering vid låga temperaturer i kärlförsök och i fältförsök med tidig sådd. 35 s. <i>Germination and plant development at low temperature in pot and field experiments. 35 pp.</i>