

RAPPORTER FRÅN
JORDBEARBETNINGEN



HÖSTVETE MOT NYA HÖJDER

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala
Department of Soil and Environment

I samarbete med Odling i Balans

Nr 129 2014

Helena Elmquist, Odling i Balans
Johan Arvidsson, SLU
Redaktörer

INLEDNING

Denna rapport är en slutrapport av projektet "Höstvete mot nya höjder".

Under ett års tid har Odling i Balans samlat ledande växtodlingsforskare, rådgivare, lantbrukare och handel i ett unikt samverkansprojekt med målet att nå högre höstveteskördar efter 20 års stagnation. Syftet med detta projekt, som fått namnet "Höstvete mot nya höjder" har varit att identifiera kunskapsluckor och tänkbara orsaker till stagnerade höstveteskördar, samt att prioritera de mest fruktbara insatsområdena för att nå målet om 20 procents skördeökning på 10 år. En viktig restriktion i arbetet har varit att skördeökningarna inte får ske på bekostnad av ekonomin i odlingen eller ge ökad miljöbelastning.

Projektet har letts av en styrgrupp bestående av representanter från näringen Pär-Johan Lööf (Lantmännen) och Kjell Ivarsson (LRF). Projektledare Helena Elmquist, Odling i Balans, har ansvarat för det operativa arbetet tillsammans med en projektgrupp bestående av Per-Göran Andersson, (HIR Malmöhus) och Johan Arvidsson, SLU. Projektet har inkluderat flera experter inom olika ämnesområden; Anders Krafft (Växtråd), Annika Djurle (SLU), Ingrid Wesström (SLU), Abraham Joel (SLU), Emma Lübeck (HS Skaraborg), Kerstin Berglund (SLU), Henrik Eckersten (SLU), Libere Nkurunziza (SLU), Gunilla Frostgård (Yara AB), Göran Bergkvist, (SLU), Tomas Rydberg (SLU), Göte Bertilsson (Greengard), Lena Engström (SLU), Sofia Delin (SLU), Riccardo Bommarco (SLU), Lars Andersson (SLU), Hans Thorell (Lantmännen), Kjell Gustavsson (Agroväst), Kristin Thored (SLU), Amanda Andersson (SLU).

Vi vill tacka **alla** som bidragit med klokskap och synpunkter till projektet och ett speciellt tack vill vi rikta till de lantbrukare som ställde upp på intervjuerna! Utan er medverkan och tålamod med alla intervjufrågor hade inte detta projekt kommit i mål!

"**Höstvete mot nya höjder**" är ett samarbetsprojekt mellan Odling i Balans, SLU, LRF, Hushållningssällskapet Malmöhus, och Växtråd. Det är finansierat av Lantmännens forskningsstiftelse, Stiftelsen Lantbruksforskning, LRF och Yara.



Rapporten finns också tillgänglig på odling i balans hemsida www.odlingibalans.com och jordbearbetningens hemsida (www.slu.se/jbhy).

Stockholm den 7 mars 2014

Helena Elmquist, Odling i Balans, projektledare

Johan Arvidsson, inst. för mark och miljö, SLU

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	7
<i>Short summary</i>	20
1. Höstvete mot nya höjder, bakgrund och syfte	21
2. Odlingsmaterialet	26
3. Etablering	43
4. Jordpackning-luckring	55
5. Bevattning och dränering	71
6. Gödsling och kalkning	84
7. Växtföljds- och förfruktseffekter på höstvete	103
8. Ogräs	114
9. Växtskadegörare	123
10. Väder, klimat och tillväxtmodeller	133
11. Management i höstveteodling – resultat från 32 lantbrukarintervjuer	154

Sammanfattning

Skördepotential och identifierade kunskapsluckor

En genomgång av försöksresultat och relevant forskning inom området har varit en viktig del i projektet ”Höstvete mot nya höjder”. Målet har varit att identifiera kunskapsluckor och tänkbara orsaker till stagnerade höstveteskördar, samt att prioritera de mest fruktbara insatsområdena för forskning och rådgivning. En annan viktig del i projektet har varit att kartlägga praxis hos utvalda lantbrukare för att bättre förstå orsakerna till att skördarna varierar trots likartade förutsättningar. Denna kartläggning har gjorts i form av djupintervjuer med 32 lantbrukare i landets fyra största höstveteregioner. Nedan följer en sammanfattning av varje kapitel:

- Kapitel 1. Bakgrund och syfte med projektet
- Kapitel 2. Odlingsmaterial
- Kapitel 3. Jordbearbetning och etablering
- Kapitel 4. Markpackning och luckring
- Kapitel 5. Bevattning och dränering
- Kapitel 6. Gödsling och kalkning
- Kapitel 7. Växtföljder och förfrukter
- Kapitel 8. Ogräs
- Kapitel 9. Växtskadegörare
- Kapitel 10. Väder, klimat och modeller
- Kapitel 11. Management - resultat från 32 lantbrukarintervjuer

Kapitel 1. BAKGRUND OCH SYFTE MED PROJEKTET

Höstvete är en av de viktigaste spannmålsgrödorna i Sverige och odlas på i genomsnitt 350 000 av landets cirka 1 miljon hektar spannmål. Medelskörden av höstvete per hektar har emellertid inte ökat sedan 1990 utan ligger fortfarande kvar på ca 6 ton per hektar. Den växande konkurrensen om världens åkermark, som inte bara ska föda en växande befolkning utan också räcka till produktion av bioenergi och industriråvara, gör det allt viktigare att hitta orsakerna till de stagnerande höstveteskördarna och medel för att kunna höja dem. En höjning av den svenska medelskörden av höstvete med 20 procent på 10 år har av experter bedömts vara ett rimligt mål.

Projektet har valt att engagera lantbrukare, rådgivare, forskare och handel för att säkra att problematiken blir genomlyst från många synvinklar. Detta breda angreppssätt gör det också enklare att sedan kunna implementera identifierade åtgärder i primärproduktionen. Resultaten från projektet är tänkta att användas för att utforma nya forsknings- och utvecklingsprojekt för att kunna ta fram verktyg och rådgivning som leder till att skördarna blir större.

Kapitel 2. ODLINGSMATERIALET - Göran Bergkvist, Kristin Thored & Amanda Andersson

Slutsatser

Axens tillväxt under perioden före och strax efter blomning är avgörande för höstvetets avkastning. En kraftigt ökad avkastning kräver en förbättrad effektivitet i omvandlingen av ljus till biomassa. Det finns potential att öka avkastningsindex ytterligare. Samverkan av forskning inom olika discipliner krävs för att uppnå stor avkastningsökning. Det är angeläget att anpassa sorter för att utnyttja lokala resurser på bästa sätt.

Skördepotential

Ledande forskare samlade i ett konsortium har satt upp målet att öka avkastningspotentialen med 50 procent på 20 år. Den verkliga ökningen av avkastningarna blir mindre, eftersom det är svårare att uppfylla förutsättningarna för maximal avkastning ju större potentialen är.

Kunskapsluckor

- Förbättra ljusupptag och effektivitet i ljusomvandlingen i nya sorter. Skapa metoder för mätning och värdering av egenskaper kopplade till ljusomvandlings-effektivitet.
- Öka avkastningsindex
- Upprätthålla avkastningspotentialen genom till exempel introduktion av resistens mot sjukdomar i anpassade sorter
- Utveckla miljöanpassade sorter

Kapitel 3. JORDBEARBETNING OCH ETABLERING – Johan Arvidsson, Jakob Eriksson, Mats Magnusson, Björn Andersson.

Slutsatser

Etableringen är grundläggande för god skörd. Såtiden är en mycket viktig skördebestämmande faktor, och viktigare ju längre norrut i landet höstvetet odlas. Ökad utsädesmängd kan inte kompensera för sen sådd, även om optimala utsädesmängden ökar något vid senare sådd. Vid tidig sådd, och särskilt i södra Sverige, kan utsädesmängden ofta minskas utan att avkastningen påverkas negativt.

Höstvete kan odlas framgångsrikt i system med plöjning, plöjningsfri odling och till viss del också direktsådd. Grundbearbetningen behöver främst anpassas efter förfrukt och mängden skörderester. Kunskapsläget inom detta område kan anses gott.

Äldre försök visar att höstvetets avkastning påverkas i relativt hög grad av radavståndet.

Skördepotential

En uppskattning av potentialen kan ligga mellan 0 och 10 procent.

Kunskapsluckor

- Omfattande odlingstekniska försök genomfördes framförallt på 60- och 70-talet. I många fall behövs nya försök med aktuella sortmaterial avseende bland annat såtid och utsädesmängd.
- Det finns mycket omfattande detaljstudier av såbäddens funktion för vårsådda grödor, men väldigt lite för höstsådd. Det gäller till exempel såbäddens finhetsgrad och sådjupets betydelse, som potentiellt skulle kunna ha en stor inverkan på etablering och avkastning. Inom detta område finns behov av ny forskning. Även studier av bland annat radavstånd skulle vara av intresse, eftersom det idag blir vanligare med såmaskiner med ökat radavstånd.

Kapitel 4. MARKPACKNING – Johan Arvidsson

Slutsatser

Höstvete, liksom korn och vårvete, är relativt tåligt mot packning i matjorden. Negativa effekter av jordpackning erhålls framförallt på lätt jord då höstvetets rotutveckling förhindras. Positiv effekt av t.ex. alvluckring erhålls också framförallt på lätt jord, eller på jord med rotspärrande skikt, då rotutvecklingen förbättras. Höstvetets goda möjlighet till rotutveckling och etablering av ett djupt rotsystem redan på hösten medverkar antagligen till att känsligheten för packning minskar. God struktur i alven får dock ses som en mycket viktig faktor för höstvetets produktionsförmåga. Särskilt på styv jord finns ofta problem med låg genomsläpplighet, vilket kan ge speciellt svåra påfrestningar under övervintringen. För höga höstveteskördar är det därför mycket viktigt att upprätthålla en god markstruktur som ger goda möjligheter för rötterna att exploatera markprofilen, och en god dränering under vinterhalvåret. Försök med strukturförbättring av alven har också gett större utslag i höstvete än i vårsådda grödor. En god struktur erhålls genom en kombination av olika åtgärder; främst genom att hålla marken bevuxen så stor del av året som möjligt, god dränering, minimerat antal överfarter, låga ringtryck samt trafik under så torra förhållanden som möjligt. Odling av djupluckrande grödor eller alvluckring tillsammans med inkorporering av stabiliserande material är också möjliga åtgärder.

Skördepotential

Potentialen att höja skörden kan uppskattas till 0-15 procent.

Kunskapsluckor

- Vi behöver ökad kunskap om alvens betydelse för skördepotentialen
- Ny forskning behövs om hur vi långsiktigt ska kunna förbättra markstrukturen, framförallt i alven, och grödans rotutveckling för att få en högre skörd.

Kapitel 5. BEVATTNING OCH DRÄNERING – Ingrid Wesström & Abraham Joel

Slutsatser

Känsligheten för vattenstress varierar under olika utvecklingsstadier. Vattenbrist är i ett globalt perspektiv den största begränsande faktorn för odling av vete och kan bli ett större problem i Sverige. I Sverige är tillskottsbevattning ofta nödvändig för att optimera produktionen under torra år och vid dåligt bestånd på våren.

Ett väl fungerande dräneringssystem är grundläggande för en hög skördepotential. Klimatförändringar bör tas med i beräkningen vid dimensionering av nya och förbättringar av befintliga dränerings- och bevattningssystem samt vid dimensionering av vattentillgångar för bevattning.

Skördepotential

Bevattning kan öka skörden med 20 procent. Tillskottsbevattning i rätt utvecklingsstadium kan öka skörden med 15 procent. På jordar med naturligt hög grundvattennivå är god dränering en grundförutsättning för odling. Vid längre perioder av nederbörd under odlingssäsongen har dränering en stor potential att öka skörden. Det är svårt att sätta en siffra för skördeökning av dränering då den kan variera mellan 0 och 100 % beroende på årsmån och jordart.

Kunskapsluckor

- Bevattningsförsök behövs för att klargöra torktålighet och potentiella skördenivåer hos nyare höstvetesorter.
- Praktiskt användbara hjälpmedel behövs för att avgöra tidpunkt för bevattning.
- Tillskottsbevattning har stor potential, men nettoeffekten kan variera. Det behövs kalkyler på vad det ger i Sverige under olika förhållanden.
- Dräneringsförsök behövs för att klargöra känslighet för vattenmättnad hos nyare höstvetesorter.
- Optimalt avstånd och djup mellan ledningar behöver undersökas. Rekommendationer behöver uppdateras för långsiktigt hållbar markanvändning.
- Rekommendationer för dimensionering av flöde behöver uppdateras, då ett förändrat klimat och en ändrad markanvändning kan ge mer avrinningsvatten.

Kapitel 6. VÄXTNÄRING – Lena Engström & Göte Bertilsson

Slutsatser

En utebliven ökning av kvävegivan på gårdsnivå beräknas endast bidra en liten grad till stagnerande skördar.

Ett bättre utnyttjande av skördepotentialen på en plats är möjligt genom platsspecifik anpassning av kvävegivan.

Viktigt att inte ha för låga fosfortal ($P < 6$) eller lågt pH ($< 6,3$) i marken om man vill försäkra sig om en hög skördepotential.

Skördepotential

En utebliven skördeökning enligt SCB's statistik, trots stigande skördar i fältförsök, kan till 13 % förklaras av en lägre lönsamhet att gödsla för högre skördar efter 2000 jämfört med tidigare. Ytterligare 10 % (100 kg/ha) kan möjligtvis förklaras av att man underskattat skördepotentialen och kvävebehovet.

Försöken visar maxskördar på 2-3 ton högre än svensk medelskörd enligt SCB. Det finns alltså en stor ökningspotential som är nästan lika stor i Mellansverige som i Sydsverige.

Precisionsgödsling anpassad till inomfältvariationer kan öka skörden med 3 procent.

Kunskapsluckor

- För att kunna gödsla platsspecifikt och beräkna en korrekt optimal kvävegiva behöver man kunna göra bättre skördeprognoser och förutsäga mineraliseringen i marken. För detta behöver praktiska metoder och gödslingsmodeller utvecklas, t.ex. med hjälp av noll- och maxrutor och handburna grödsensorer.
- Fosforgödsling på jordar med låga fosfortal och kalkning på jordar med lågt pH behöver uppmuntras för att öka möjligheterna till högre skördar. Samspelet mellan mikronäringsämnen, och sjukdomar behöver utredas för att undanröja orsaker till skördebegränsning.
- Gödslingsstrategier med kompletteringsgödsling, kopplat till beståndsutveckling, behöver studeras för dagens sorter.
- Proteinhalten ska ses som ett managementhjälpmedel, inte bara som en kvalitetskontroll. Det behöver utredas om proteinanalyser kan ersätta markkväveanalyser vid skörd, för att påvisa över/underoptimal gödsling.
- Forskning behövs om i vilken mån en fånggröda kan användas som säkerhetsnät för att hålla nere kväveutlakning vid höga kvävenivåer, i de fall skörden ej blir så hög som förväntat.

Kapitel 7. VÄXTFÖLJDER – Göran Bergkvist & Libere Nkurunziza

Slutsatser

Med bra förfrukt blir avkastningen i genomsnitt ett ton större än med höstvetes som förfrukt. Effekten av en förfrukt varierar mycket beroende på miljö och är svår att förklara och förutsäga. De långsiktiga effekterna av vall i växtföljden är säkert betydelsefulla, men svåra att kvantifiera.

Skördepotential

Potentialen att förbättra höstvetets avkastning med hjälp av växtföljden beror på hur många hektar det är möjligt att ersätta en dålig förfrukt med en bra och möjligheten att hitta avsättning för vall i stråsädesdominerade växtföljder.

Kunskapsluckor

- Det saknas tillfredsställande beskrivningar av vilken betydelse växtföljd och odlingssystem har haft och varför.
- Verktyg saknas för hantering av växtföljders komplexa system.
- Kort- och långsiktiga effekter av växtföljd på ogräs och skadegörare och dess samspel med miljö bör utredas.

Kapitel 8. OGRÄS – Lars Andersson

Slutsatser

En snabb genomgång av svenska fältförsök tyder inte på att de avtagande skördeökningarna kan förklaras av ökade problem med ogräs. En omfattande dansk studie av 224 herbicidförsök under åren 1998-2007 ger också stöd till denna slutsats. Den danska studien kunde inte heller bekräfta att gräsogräsen ökat i mängd. Men det finns anledning att utfärda en varning här. Mycket talar för att effekten av kemisk ogräsbekämpning mot i synnerhet gräsogräsen kommer att minska i framtiden om inte ökat fokus sätts på integrerade kontrollstrategier.

Antalet selektiva herbicider mot gräsogräs är begränsade på grund av ogräsens nära släktskap med stråsäden vilket lett till stora problem med resistens hos vissa gräsogräs. I Storbritannien har man konstaterat resistent populationer av renkavle på över 2000 gårdar. Ökad uppmärksamhet vad gäller resistensutveckling i kombination med rådgivning om preventiva åtgärder, inklusive effektiva integrerade strategier har identifierats som en nyckelfråga för den framtida höstvetedodlingen. Uppmaningen lyder därför:

- Vårda kapitalet! Låt inte gräsogräsen ta över.
- Förebygg herbicidresistens genom att utnyttja hela verktygslådan (=IPM).

Skördepotential

- Hög lägstanivån! Största potentialen för högre skördar finns i de fall där ogräskontrollen inte fungerat fullt ut.

Skördeförlusten vid utebliven direkt ogräskontroll, visar på skördeförlust på 11 % (medianvärde) men med risk för betydligt större skördeförluster beroende på ogräsart och grödans konkurrenskraft. Gräsogräsen har större skördesänkande potential. Potentiella skördeminskningar orsakade av arter som renkavle, sandlosta och åkerven är mycket stora. Risken för skördeminskning är stor om inte ökat fokus riktas mot att ta fram integrerade kontrollstrategier.

Kunskapsluckor

- Ökad kunskap behövs om konkurrens effekten av enskilda ogräsarter. Det saknas tillräckliga data för att kunna analysera effekten av renkavle och sandlosta.
- Ett noggrannare studium av variationer i tidigare fältförsök skulle kunna ge värdefull kunskap om vad som påverkat behandlingseffekten.
- Effektiva integrerade strategier måste utvecklas för att kunna hantera en ökande resistens hos i synnerhet gräsogräsen.

Kapitel 9. VÄXTSKADEGÖRARE Annika Djurle & Riccardo Bommarco

Slutsatser

Växtskadegörare orsakar kvantitativa och kvalitativa skördeförluster varje år. Vilka skadegörare som svarar för huvuddelen av förlusten och förlustens storlek varierar mellan år och plats.

Säsongen 2009/10 behandlades 70 procent av den svenska höstvetarealen med fungicider och 33 procent med insekticider, och 94 procent med herbicider (SCB 2012). I fältförsök uppmäts allt från marginella till stora skördeökningar efter fungicidbehandling mot svampsjukdomar. Om man tar hänsyn till kostnaderna för dessa åtgärder är de i många fall inte lönsamma för lantbrukaren. Lönsamheten påverkas starkt av årsmån, odlingsområde och vetepreis. De vanligaste skadeinsekterna i vete, sädesbladlus och vetemyggor, kan inte anses vara begränsande för veteskördar i nuläget.

Det finns inget som tyder på att ökade angrepp av växtskadegörare eller försämrade effekter av fungicider (strobiluriner och triazoler) är huvudorsak till de stagnerande höstveteskördarna i Sverige. I Danmark har man kommit fram till samma slutsats.

Skördepotential

Skördepotentialen i en situation, fri från skadegörare, är inte känd och den situationen är inte heller realistisk. Med ökade insatser i form av bekämpningsmedel, odlingstekniska åtgärder och optimal skötsel av grödan skulle veteskördarna kunna öka, men det är inte troligt att alla bekämpningsinsatser skulle vara lönsamma eller överensstämma med intentionerna för integrerat växtskydd. Det ekonomiskt optimala utfallet för odlingen beror på en mängd faktorer utöver de rent biologiska.

Kunskapsluckor

För framtiden är det viktigt att kunna hantera nya skadegörare, förändringar av skadegörare och deras populationer över tiden, samt effekter på grund av klimatförändringar, pesticidresistens och indragna registreringar av bekämpningsmedel. Det är också viktigt att kunna övervaka och förstå betydelsen av naturliga fiender för kontroll av skadegörar-populationer.

Kunskap om samspel mellan olika skadegörare samt mellan skadegörare, deras naturliga fiender och andra faktorer i odlingen behöver utvecklas ytterligare. Däri ingår effekter på kort och lång sikt av olika odlingsåtgärder och andra förebyggande åtgärder.

Förklarande samband mellan angrepp av såväl enskilda skadegörare som komplex av flera skadegörare och skörd är en förutsättning för att vi ska kunna anpassa odlings-system så att skadegörarnas betydelse minimeras. Det är viktigt att bygga upp en resistensförädling med fokus på nordiska förhållanden.

Kapitel 10. VÄDER, KLIMAT OCH MODELLER – Henrik Eckersten et.al.

Slutsatser

Enkla klimatindex och multivariabla regressionsmodeller ger en oklar bild av vädrets inverkan på höstvetesskördar i Sveriges mest produktiva odlingsområden. Resultaten antyder att modeller som inte explicit relaterar till ekofysiologiska processer, och samspillet mellan dessa processer, inte heller kan förutse klimatets inverkan på variationer i höstvetets hektarskördar mellan år för de stora odlingsområdena av höstvet i Sverige.

Skördepotential

Svår att förutsäga. I en tillväxtmodell har höstvet av en given sort odlat i Uppsala, vid 1,7°C temperaturökning, 7 procents nederbördsökning och en ökning av koldioxidhalt med 45 procent, beräknats öka sin ovanjordiska biomassa med 15 procent. Vid liknande Europeiska framtidsscenarioer har dock kärnskorde inte ökat, utan tvärtom minskat på grund av en förkortad kärnfyllnadsperiod.

Kunskapsluckor

- Frost, svampangrepp och isbrännors betydelse för utvintring och täckningsgrad på våren bör undersökas samt kopplingen mellan täckningsgrad på våren och skörden.
- Extremvädrets effekter bör beräknas på lokal produktion och produktionssäkerhet i relation till skötsel och odlingsförhållanden.
- Grödm modeller bör utvecklas och testas som kan förklara vädrets, klimatets och sortegenskapers roll för variationer i observerade skördar utifrån ekofysiologiska processer.
- Ekofysiologiskt baserade grödm modeller förmåga att förutsäga höstvetes skördar i praktiskt jordbruk i Sverige bör jämföras med förutsägbarheten hos agro klimatiska index baserade på ekofysiologiska processer.

Kapitel 11. MANAGEMENT - resultat från 32 lantbrukarintervjuer.

Elmquist, H., Krafft, A., Andersson P-G., Arvidsson, J.

32 djupintervjuer med lantbrukare i Sveriges fyra största höstveteregioner visar att god management, bra tajming och markbördighet är de viktigaste förklaringarna till att vissa lantbrukare har högre skördar än andra i områden med likartade odlingsförutsättningar.

De 32 intervjuerna genomfördes med utvalda lantbrukare på fyra normalgårdar och fyra så kallade plusgårdar i vart och ett av de fyra områdena: Skåne, Västergötland, Östergötland och Mälardalen. Normalgårdarna och plusgårdarna i respektive område hade sinsemellan jämförbara odlingsförutsättningar men plusgårdarna skördade i genomsnitt 1000 kilo mer höstvetete per hektar. Medelskörden för de 32 gårdarna var 6,9 ton/ha. Den genomsnittliga gårdsstorleken var 270 hektar i Skåne, 438 hektar i Västergötland, 270 hektar i Östergötland och 508 hektar i Mälardalen. Höstvetete odlades på i genomsnitt 40 procent av arealen.

Den sammantaga viktigaste orsaken till att plusgårdarna hade högre skördar var bättre management. I undersökningen definierades management som förmågan att fatta rätt beslut i rätt tid, och att göra rätt prioriteringar mellan olika sysslor.

- Lantbrukarna på plusgårdarna ansåg i högre utsträckning att management – sådd, gödsling och svampbekämpning i rätt tid samt personalplanering - var den viktigaste frågan för att få bra skörd.
- 81 procent av plusgårdarna bedömde att de sådde vid optimal tidpunkt mot 44 procent av normalgårdarna.
- Plusgårdarna i Västergötland, Mälardalen och i Östergötland har sått färdigt 4-8 dagar före normalgårdarna. I Skåne är såtidsfönstret större och här fanns heller ingen skillnad mellan normal och plusgårdarna.
- Plusgårdarna prioriterade i högre utsträckning sådd framför skörd jämfört med normalgårdarna.

Resultaten visade också att markens status skiljer mellan plus- och normalgårdarna. Jordarna var mer svårbearbetade på normalgårdarna och fler i den gruppen bedömde att markpackning var ett problem. Fosforklasserna var något högre för plusgårdarna. pH- värdena var också något högre på plusgårdarna i Skåne och i Östergötland.

Resultaten visade att gårdsstorlek, antalet brukningsenheter och arrondering kan göra det svårare att bruka marken optimalt. Normalgårdarna var mer utspridda och det har

antagligen en koppling till timing. Att köra vid fel tidpunkter ökar risken för markpackning vilket i sin tur ökar risken för stående vatten som kan ge lägre skörd.

- Utvintringen mellan gårdarna varierade mellan 0,5 och 15 procent under åren 2008-2012. Omsådd har varit vanligare på normalgårdarna än på plusgårdarna.
- Plusgårdarna har 10 procent mer avbrottsgrödor som förfrukt till höstvete jämfört med normalgårdarna.
- Markpackning upplevdes som ett relativt stort problem, och klart större på normalgårdar än på plusgårdar. Mönstret var extra tydligt i Mälardalen.
- Två av tre, 62 procent, av lantbrukarna på normalgårdarna upplever att skördevariationerna blivit större under de senaste åren, jämfört med 50 procent av plusgårdarna.
- Ringtrycken var lägre på plusgårdarna.
- En mycket liten andel mark var täckdikad de senaste 20 åren framför allt i Östergötland och Mälardalen.
- Plusgårdarna hade ett högre **kväveutnyttjande**, 21 kg N per ton skörd mot 25 kg N per ton skörd för normalgårdarna. Detta visar att det finns en potential för skördeökning genom att bättre anpassa gödslingen efter beståndet och markens leverans.
- Det fanns ingen tydlig skillnad i beräknad maskinkapacitet mellan plus- och normalgårdar. Trots detta anger en högre andel av plusgårdarna, 94 procent, att de har bra maskinkapacitet mot 75 procent av normalgårdarna. En förklaring till detta kan vara att plusgårdarna har mindre problem att leja in extra kapacitet: 56 procent av plusgårdarnas lantbrukare säger sig inte ha problem att finna extra kapacitet att leja in mot bara 13 procent av normalgårdarna
- Andelen lantbrukare som tyckte det var viktigt att hålla nere kostnaderna var större på normalgårdarna än på plusgårdarna.

Sammanfattande slutsatser:

Plusgårdarna var bättre på att balansera alla områdena mot varandra på ett effektivt sätt. Troligen är plusgårdarna mer medvetna vilka effekter ett beslut har på övriga delar inom företaget.

Potential

Lantbrukarna själva bedömde att skördarna på lite sikt kan öka med mellan 7 och 47 procent. De flesta trodde på en ökning i intervallet 10-20 procent.

Kunskapsluckor

Managementfrågorna är komplexa och behöver belysas ytterligare. Det saknas enkla verktyg som är lätt tillgängliga för odlare, som visar vad det betyder i skörd och netto att göra rätt saker i rätt tid.

Summary

The aims of the project “Winter wheat to new heights” were to identify knowledge gaps and possible causes for stagnating wheat yields, and to prioritize the most effective areas for research and extension. Another part of the project was to identify practices of selected farmers to learn why yields vary among farms despite similar conditions. A total of 32 in-depth interviews with farmers in Sweden’s four most important winter wheat production regions were conducted.

The results show that good management, good timing, and soil fertility were the main reasons why some farmers had higher yields than others. The time of sowing is a vital factor affecting the yield, and the effect is more important the further north winter wheat is grown. Increased seed rates cannot compensate for late sowing, although the optimum seed rate is slightly higher for late sowing. Detailed studies of the seedbed’s function for winter wheat are needed. Suitable varieties should be selected to efficiently utilize local resources to produce high yields.

Winter wheat has time to produce a comprehensive and deep root system, which probably helps making the crop relatively insensible to soil compaction. However, especially on heavy clay soils, poor water permeability and water saturation, may severely stress the seedlings during the winter. To obtain a high winter wheat yield on such soils, it is important to maintain good soil structure so that roots are given the opportunity to exploit the soil profile.

Sensitivity to water stress varies during different stages of development. Good drainage is a prerequisite for cultivation on soils with naturally high groundwater. Supplementary irrigation at proper stage of development can also increase yields.

A better utilization of the yield potential of a location is made possible through site-specific adaptation of nitrogen supplementation. Too low phosphorous content ($P < 6$) or low soil pH (< 6.5) must be avoided to ensure a high yield potential.

Winter wheat grown after a break crop produce, on average, one tonne more grains, than if winter wheat is the preceding crop. The effect of a preceding crop varies greatly, depending on the environment and is difficult to explain and predict. The potential for improving winter wheat yields by using crop rotation depends on how many acres of cereal-precrop that can be replaced with an un-related crop, considering the market for the break crops.

A quick review of Swedish field trials does not suggest that declining yields can be explained by increased problems with weeds. Greater attention to the development of herbicide resistant weeds in combination with advice on preventive measures, including effective integrated strategies, have been identified as key issues for the future of winter wheat cultivation.

1. Bakgrund och syfte med projektet

Helena Elmquist, Odling i Balans

Projektet höstvetete mot nya höjder kom till som ett branschöverskridande projekt med syfte att vända trenden med stagnerande höstveteskördar. Det resulterade i en kunskapsinventering om viktiga faktorer som påverkar skörden, som ska visa på framtida behov av ny forskning, kunskapsspridning och/eller behov av förändrade odlingsstrategier.

1.1. Höstvetete viktig gröda

Höstvetete är en av de viktigaste spannmålsgrödorna i Sverige och odlas på i genomsnitt 350 000 av landets cirka 1 miljon hektar spannmål. Medelsköörden av höstvetete per hektar har emellertid inte ökat sedan 1990 utan ligger fortfarande kvar på ca 6 ton per hektar, figur 1.1. Det har varit en liknande utveckling i hela Sverige, men stagnationen har skett senare i Skåne län, figur 1.2.

Figur 1.3 visar skördeutvecklingen i produktionsområden. På senare år i vissa områden verkar det som om skördarna varierar mer och odlingssäkerheten har blivit lägre. Det går att få höga skördar men det är också vanligare med riktigt låga skördar. En av orsakerna är att vid höga spannmålspriser så används mer marginalmarker där skördepotentialen inte är lika stor (SCB, pers. komm 2012).

Vid en internationell jämförelse är skördeökningen rentav lägre i Sverige än i många andra länder i Europa även om man iakttagit en stagnerande utveckling av höstveteskördarna även i andra europeiska länder, figur 1.5.

Den växande konkurrensen om världens åkermark, som inte bara ska föda en växande befolkning utan också räcka till produktion av bioenergi och industriråvara, gör det allt viktigare att hitta orsakerna till de stagnerande höstveteskördarna och medel för att kunna höja dem.

En höjning av den svenska medelsköörden av höstvetete med 20 procent på 10 år har av experter bedömts vara ett rimligt mål. Det ekonomiska värdet av en sådan höjning är betydande och skulle, med ett genomsnittligt höstvetetepris om 1,50 kr/kg, motsvara 650 miljoner kronor.

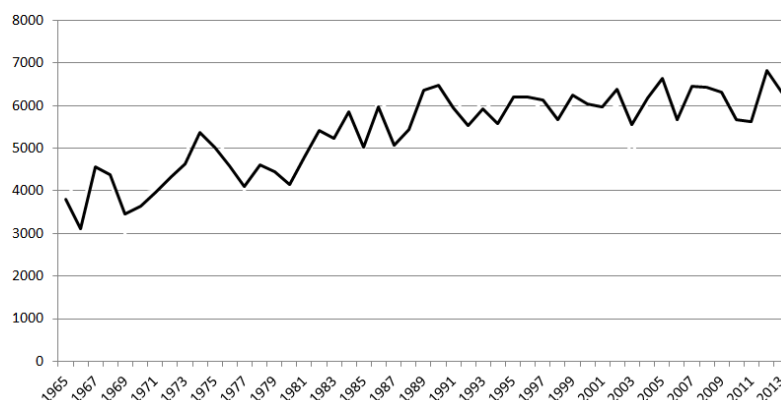


Fig. 1.1. Höstveteskördarna i riket 1980 – 2013. Hektarskörd för 2013 är preliminär, men ganska säker. (SCB 2013).

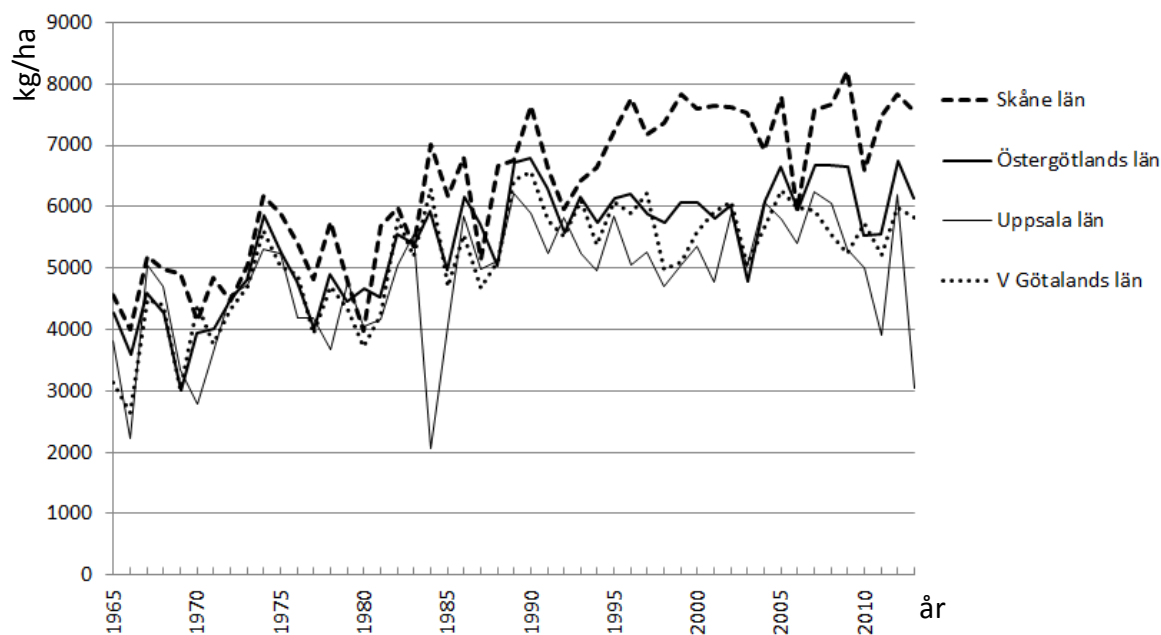


Fig. 1.2. Skördeutvecklingen hektarskörda 1965-2013 i Skåne län, Östergötlands län, Uppsala län, Västra Götalands län (Data för Skaraborg län tom 1984, därefter följer Västra Götalands län). Data för 2013 är preliminära, men ganska säkra. (SCB 2013)

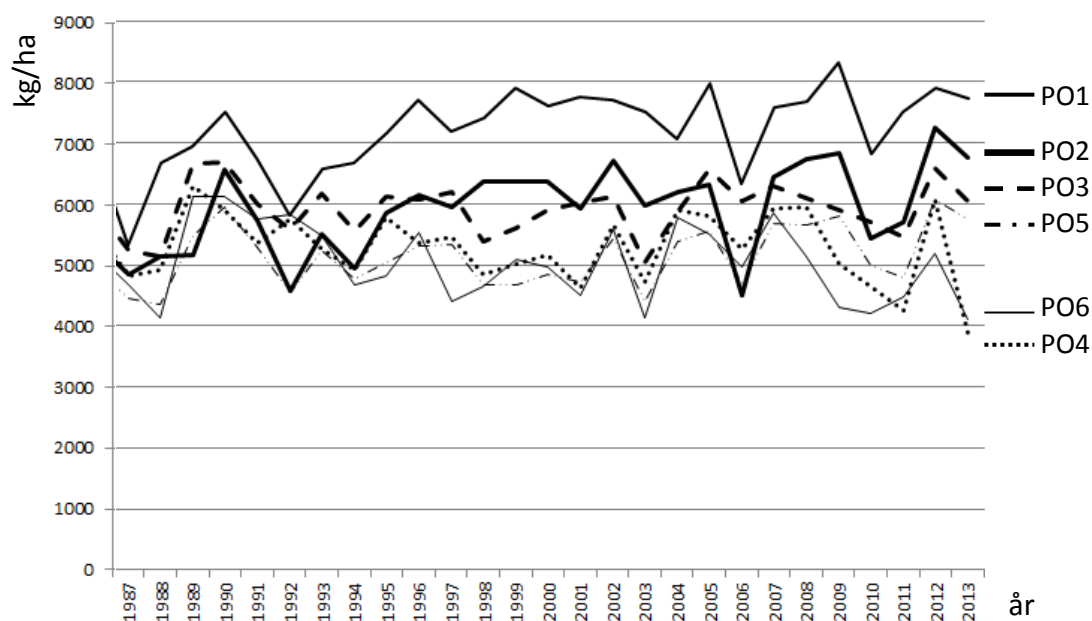


Fig. 1.3. Skördeutvecklingen i höstveten i olika produktionsområden. PO1=Götalands södra slättbygd, PO2=Götalands mellanbygder , PO3=Götalands norra slättbygder , PO4=Svealands slättbygder, PO5=Götalands skogsbygder , PO6=Mellersta Sveriges skogsbygder, mellan åren 1987-2013 (SCB 2013, personlig kommunikation.).

1.2. Projektet och syftet

Syftet med detta projekt, som fått namnet ”Höstvete mot nya höjder” har varit att identifiera kunskapsluckor och tänkbara orsaker till stagnerade höstveteskördar, samt att prioritera de mest fruktbara insatsområdena för att nå målet om 20 procents skördeökning på 10 år. En viktig restriktion i arbetet har varit att skördeökningarna inte får ske på bekostnad av ekonomin i odlingen eller ge ökad miljöbelastning.

Projektet har valt att engagera lantbrukare, rådgivare, forskare och handel för att säkra att problematiken blir genomlyst från många synvinklar. Detta breda angreppssätt gör det också enklare att sedan kunna implementera identifierade åtgärder i primärproduktionen. Resultaten från projektet är tänkta att användas för att utforma nya forsknings- och utvecklingsprojekt för att kunna ta fram verktyg och rådgivning som leder till att skördarna blir större.

Behovet av att samla och syntetisera befintlig kunskap samt att identifiera kunskapsluckor och behov av ny forskning och nya försök inom följande områden har bedömts som särskilt stort:

1. Management
2. Odlingmaterial
3. Jordbearbetning och etablering
4. Markpackning
5. Dränering och bevattning

6. Gödsling och kalkning
7. Växtföljder och förfrukter
8. Ogräs
9. Växtskadegörare
10. Väder, klimat och modeller

Genom att, utöver kunskapsinventeringen inom områdena ovan, också intervjua lantbrukarna om deras erfarenheter, behov och frågeställningar säkras att förslag till skördehöjande åtgärder kan omsättas i praktiken.

Lantbrukare från de fyra största odlingsområdena för höstvete; Skåne, Östergötland, Uppland och Västra Götaland valdes ut (figur 1.4). Pargårdar utsågs där den ena gården hade normal skördenivå och den andra högre än normalt för området. Gårdarna skulle ha liknande förutsättningar vad det gäller jord och klimat, men skillnad i skörd.

Inom projektets ram har även erfarenheter från några andra länder i Europa inhämtats. Fyra stora höstveteproducerande länder har pekats ut som mest intressanta; Frankrike, Danmark, England och Tyskland. I några av dessa länder genomförs liknande projekt.

Under projektets gång har kontakterna mellan handel, brukare, rådgivare och forskare varit täta. Den breda ansatsen har gett flera perspektiv till analysen och skapat förutsättningar för en bred spridning av de resultat som kommit fram.

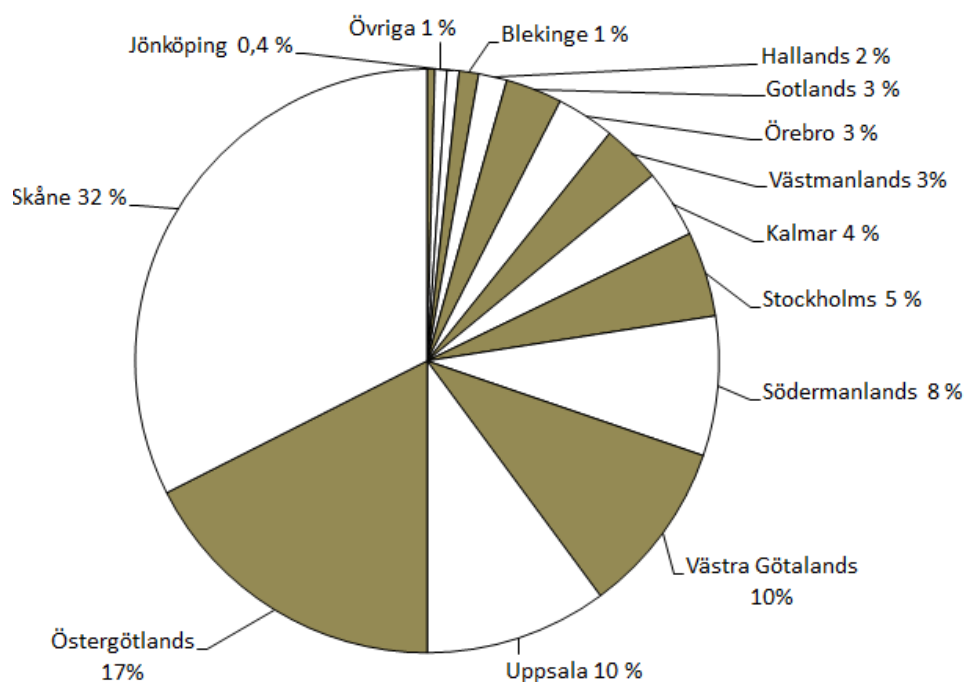


Fig. 1.4. Åkerarealen höstveteodling 2012. I gruppen övriga ingår Dalarnas-, Värmlands-, Kronobergs- och Västernorrlands län. (SCB, 2012).

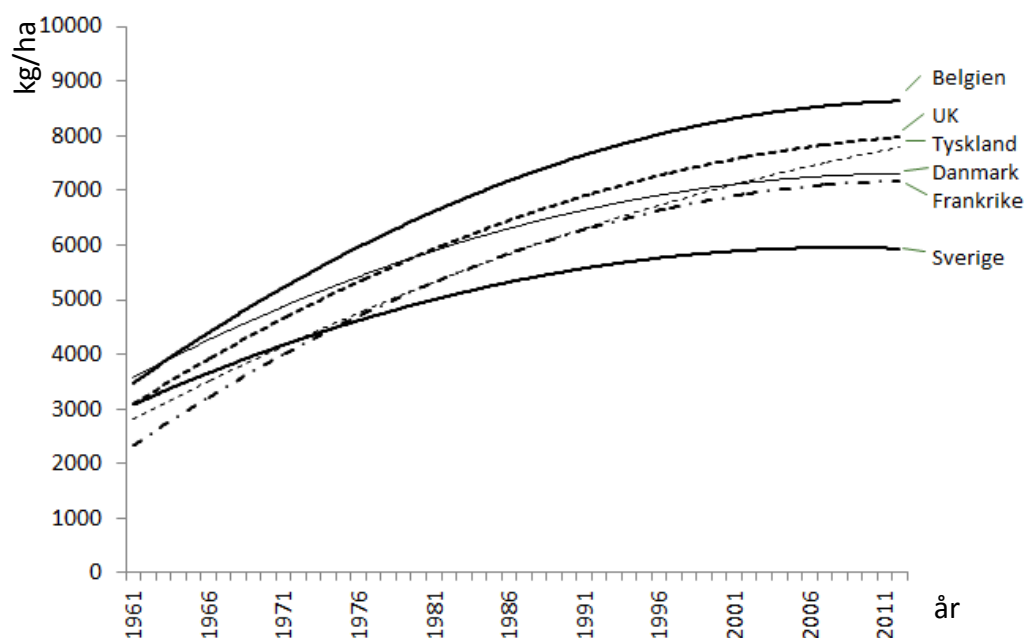


Fig. 1.5. Höstveteskördarna i Belgien, Storbritannien (UK), Tyskland, Danmark, Frankrike och Sverige 1961 – 2012, (FAO 2012).

Projektet har växt fram i nära dialog med rådgivare, lantbrukare, forskare och branschexperter. Efter ett flertal seminarier och workshops så identifierades ett antal grundfaktorer som påverkar höstveteskorörden. Dessa utgjorde en bas i arbetet för att utforma intervjufrågor och för att

identifiera vilka aspekter forskarna skulle fördjupa sig i, figur 1.6. Generellt så valdes faktorer som lantbrukarna själva kan påverka. Omvärldsfaktorer som ligger utanför lantbrukarnas kontroll bearbetades inte i detta projekt.

OMVÄRLDSFAKTORER:	MARKFAKTORER:	VÄXTNÄRING:
*Lagstiftning	*Markpackning	*N-styrning
*Tillåtna insatsmedel	*Dränering/bevattning	*P-status
*Prisbild spannmål & insatsmedel	*Mullhalt och jordart	*K-status
	*Jordstruktur	*Mikronäring
VÄDER & KLIMAT:	UTSÄDE:	*Precision i gödsling
*Temperatur och nederbörd	*Sort (avkastning, kvalitet, typ, sjukdomsresistens, övr. egens.)	*Kalkstatus/behov
MANAGEMENT	*Sundhet	TILLVÄXTREGLERING
*Timing	*Renhet	
*Maskinkapacitet/läglighetseffekt	ETABLERING/ÖVERVINTRING:	VÄXTSKYDD:
*Kommunikation om känd kunskap	*Såbäddsberedning	*Växtföljd
*Kompetens (driftansvarig, personal, entreprenör)	*Såtid	*Betning
	*Sådjup	*Ogrästryck
	*Utsädesmängd	*Svampförekomst
	*Såteknik/förhållanden vid sådd	*Insektsförekomst

Fig. 1.6. Identifierade faktorer som påverkar höstveteskorörden.

1.3. Referenser

FAO, <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> 2012-12-17
 SCB 2013. Personlig kommunikation Gunnel Wahlstedt, SCB. 2013-12-09, och Gerda Ländell, 2013-03-06.
 SCB 2012. JO19SM12012 Höstvete. Skörd 2012. Preliminära uppgifter Hektarskörd, areal och totalskörd www.scb.se
 SCB 2013. JO19SM1303. Skörd av spannmål, trindsäd och oljeväxter. 1965-2012 www.scb.se

2. Odlingsmaterialet

Göran Bergkvist, Kristin Thored och Amanda Andersson, Inst. för växtproduktionsekologi, SLU

Sorter som är anpassade till nordliga latituder måste vara vinterhårdiga och också utvecklas relativt snabbt för att mogna av i tid. En snabb utveckling är inte bra för avkastningen, eftersom det leder till att fler sidoskott och blomanlag reduceras. Vi ger en översiktlig bild av hur sortmaterialet behöver förändras för att åstadkomma en större avkastningspotential och vilka faktorer som är speciellt viktiga för svenska förhållanden. Vi ger också en historisk bakgrund till det aktuella sortmaterialet, presenterar några vägar att öka avkastningen i framtiden och föreslår forskning och utveckling utifrån dagens sortmaterial. För att öka höstvetets avkastningspotential betydligt behöver ljusupptag och ljusomvandlingseffektivitet öka, och en större andel av biomassan bli kärna. Den största utmaningen är att förbättra fotosyntesen och att passa in egenskaper knutna till förbättrad ljusomvandling i fungerande sorter. Avkastningspotentialen i det aktuella sortmaterialet behöver upprätthållas, t.ex. genom att introducera resistens mot sjukdomar i sorter anpassade till nordiskt klimat. Dessutom behöver egenskaper viktiga för att höja den potentiella avkastningen inkluderas i fungerande sorter. Sorter behöver identifieras eller utvecklas för att utnyttja lokala resurser optimalt. För att den nationella förädlingen ska tillgodogöra sig den internationella utvecklingen på bästa sätt behöver egenskaper kopplade till förbättrad ljusomvandling kunna mätas och värderas i förädlingsarbetet.

Vete har sitt ursprung i Mellanöstern, men idag odlas det i tempererade klimatzoner världen över. Ingen annanstans odlas det lika långt norrut som i Norden. Det som gör det möjligt att odla höstvete på dessa nordliga breddgrader är att Golfströmmen för med sig värme norrut. Likväl ställer det nordliga läget speciella krav på odlingsmaterialets tålighet. Vinterhårdigheten måste vara bra och sorterna måste hinna mogna innan höstregnen sätter in. Vinterhårdigheten är ett vitt begrepp som omfattar många egenskaper hos höstvetet och som också samspelar med odlingsåtgärder, som förfrukt, såtid, sådjup, gödsling och utsädesmängder. Det är sällan kylan som dödar vetet direkt, utan snarare svampangrepp, syrebrist orsakad av is eller vattenmättnad, rörelser i marken orsakade av vatten som utvidgas när det fryser till is i

jorden, upprepade temperaturrörelser kring 0°C som tömmer plantorna på energi eller höga lufttemperaturer på våren, när marken fortfarande är frusen, som torkar ut plantorna. Den samlade belastningen av ovanstående faktorer leder till att känsliga sorter dör och att det därför är nödvändigt att förädlingsmål angående en ökning av den potentiella avkastningen följs åt av mål rörande materialets hårdighet. Norden är också speciellt jämfört med många andra områden i världen genom att sannolikheten för torkstress är minst lika stor under perioden strax före blomning då antalet kärnor per ytenhet bestäms som under kärnfyllnads- och kärnmognadsperioderna, eftersom maj och juni normalt har mindre nederbörd än juli och augusti.

Förutom att höstvetesorter som är anpassade till nordliga latituder måste vara vinterhårdiga, måste de också utvecklas relativt snabbt för att mogna av i tid. En sen skörd bedöms inte som positiv, även om det innebär längre odlingssäsong och potentiellt mer fotosyntes, eftersom väderförhållanden blir mindre lämpliga för skörd när hösten närmar sig. En sen skörd innebär också att möjligheterna för höstsådd av ny gröda minskar. Den snabba utvecklingen drivs på av den snabba dagslängdsökningen och den snabba temperaturökningen under våren. Utvecklingshastigheten har ett rätlinjigt samband med temperatur mellan bastemperaturen (0-3°C) och den temperatur som ger optimal utveckling (20-23°C) (Porter och Gawith, 1999). För vissa processer är bastemperaturen och temperaturen för optimal utveckling annorlunda, blomning har till exempel en högre bastemperatur och anläggningen av småax en lägre optimal temperatur. Linjens lutning för en specifik sort bestäms av sortens reaktion på dagslängdsförändringen efter fullbordad vernalisering. För temperaturer över optimum planar temperaturens effekt ut. En snabb utveckling är inte bra för avkastningen, eftersom fotosyntesen inte ökar linjärt med temperaturen. En snabb utveckling leder därför till att fler sidoskott och blomanlag reduceras. Vårt mål med detta kapitel är att ge en översiktlig förståelse för hur sortmaterialet behöver förändras för att åstadkomma en större avkastningspotential och vilka faktorer som är speciellt viktiga för svenska förhållanden. Vi vill också ge en historisk bakgrund till det aktuella sortmaterialet, presentera några vägar att öka avkastningen i framtiden och föreslå forskning och utveckling utifrån dagens sortmaterial.

2.1. Avkastningens uppbyggnad

Kärnavkastningen är en funktion av solinstrålningen under växtens livstid, hur stor andel av solinstrålningen som växten fångar upp, hur effektivt den omvandlar solenergin till biomassa och hur stor andel av biomassan som blir till kärna. I situationer där vatten eller kväve är tydligt begränsande kan motsvarande samband beskrivas med kväve eller vatten som utgångspunkt istället för solljuset. Tillväxten begränsas ofta av temperatur, ljus, näring eller vatten i olika perioder under livscykeln och påverkas av skadegörare, vilket gör slutresultatet svårt att förutsäga och modellera (Palosuo et al., 2011).

Solinstrålningen under höstvetets livstid bestäms av uppkomst- och mognadstidpunkter, samt beror på latitud och molnighet. I Uppsala faller ungefär 90 % av solstrålningen mellan mars och september. Andelen av solljuset som höstvetet fångar upp beror på snötäcke, temperatur (fotosyntes-respiration), hur väl bladytan täcker odlingsytan, beståndets struktur (t.ex. bladvinklar), tillgång på vatten och näring, samt skadegörares förbrukning av fotosyntesprodukter. Det är andelen uppfångat ljus som i huvudsak gör att avkastningen skiljer mellan olika miljöer, som är enklast att påverka med odlingsteknik och som kräver användning av sorter som är väl anpassade till miljön. Omvandlingen av solljus till biomassa är svårare att påverka eftersom det berör själva fotosyntesapparaten som utvecklats under årmiljoner och att variationen mellan arter och sorter är ganska liten. Det finns dock stora förhoppningar om framtida framsteg när det gäller grödors avkastning knutna till ljusomvandlingen (Reynolds et al., 2012). De största historiska

förädlingsframstegen har gjorts med avseende på andelen av biomassan som blir till kärna (avkastningsindex), men även odlingsteknik påverkar avkastningsindex.

Höstvetets avkastning kan delas upp i flera komponenter som alla har betydelse för kärnavkastningen genom att de påverkar ljusupptaget och avkastningsindex. Det har konstaterats i många undersökningar att kärnantalet per ytenhet har större påverkan på avkastningen än medelkärnvikten (t.ex. Shearman et al., 2005; Peltonen-Sainio, 2007). Kärnornas maximala storlek begränsas i samband med och strax efter blomningen, vilket gör att höstvetets förmåga att kompensera ett lågt kärnantal med stora kärnor är begränsad. Ett stort kärnantal leder dock ofta till mindre genomsnittlig kärnstorlek, bland annat eftersom konkurrensen om resurser inom ax blir stor om det finns många kärnor. Effektiviteten i ljusomvandlingen och den totala kärntillväxten blir större när kärnantalet ökar (Miralles och Slafer, 1997). Kärnantalet kan delas upp i komponenterna plantor/yta, ax/planta, småax/ax och kärnor/småax. Höstvete har stor förmåga att kompensera mellan dessa komponenter och med medelkärnvikten som en anpassning till rådande omständigheter, men den anpassningsförmågan skiljer mellan sorter.

Höstvetets totala biomassa vid blomning korrelerar inte alltid väl med antalet kärnor, men det gör både axvikten vid blomning och axstillväxten under perioden ca 30 dagar före blomning fram till blomning (Fischer, 1985). När axet växer utvecklas och tillväxer nya blomanlag. Om dessa blomanlag uppnår en viss storlek före blomning har de en god chans att resultera i en kärna, men tillväxer de inte

tillräckligt kommer de att reduceras. Hur många blomanlag som uppnår tillräcklig storlek beror på hur lång perioden för axets tillväxt är, hur snabb tillväxten är under den perioden och hur stor andel av tillväxten som fördelas till axet. Brist på ljus, vatten och näring under stråskjutningen och fram till strax efter blomning har stor negativ påverkan på kärnantalet genom att det orsakar kraftig reduktion av blomanlag. Höstvetets tidiga utveckling och tillväxt har alltså ingen direkt påverkan på avkastningen, men indirekt genom att ge förutsättningar för stor tillväxt av axen, genom att producera tillräckligt många stadiga skott som kan bära ax, grön yta för fotosyntes och rötter som förser axet med vatten och näring.

2.2. Genpoolen

Vetets goda anpassningsförmåga till olika miljöer världen över är ett tecken på att vetet har en bred ursprunglig genpool. För att säkerställa bevarandet och det hållbara användandet av det genetiska materialet antog FAO "The Second Global Plan of Action for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture" 2011 (FAO, 2012). Det pågår en debatt om huruvida den gröna revolutionen har lett till ökad eller minskad variation i det genetiska materialet hos vete. Smale (1997) menar att det är svårt att uppskatta om variationen ökat eller minskat på grund av svårigheterna i att mäta förlusten av genetiskt material och bevisa sambandet med andra faktorer som påverkar vad som faktiskt odlas i olika geografiska områden. Under de senaste 100-200 åren har den genetiska variationen hos vetet på lantbrukarnas fält påverkats av vilka sorter som släppts ifrån olika förädlingsprogram. Det moderna vetets härkomst har blivit mer och mer komplext då

det rymmer material från olika förädlingsprogram världen över. En åsikt har varit att den genetiska variationen i semidvärgvete i utvecklingsländer har minskat med tiden. I utvecklingsländer härstammade under tidigt 2000-tal ungefär 77 % av vårvetesorterna från CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Centre), men enligt Smale et al. (2002) betyder detta inte att de är genetiskt enhetliga. De nationella förädlingsprogrammen korsar CIMMYT-linjerna med inhemskt material innan de släpps på marknaden, vilket bidrar till att upprätthålla en stor genetisk variation.

I många fall har förädlarna medvetet minskat den genetiska variationen i försök att fixera en egenskap i en population, det kan till exempel gälla egenskaper som längd, mognad, kvalitet eller färg på småaxen. Den teknik med molekylära markörer som används för att åstadkomma detta kan inte visa om andra önskvärda egenskaper försvinner under processen (Ortiz et al., 2007). Det går inte att visuellt avgöra om det har skett en minskad variation i det genetiska materialet, eftersom genotyper har ett komplext förhållande till miljön de lever i. Populationer som ser olika ut kan bära på samma genuppsättning, medan populationer som uppträder likadant kan bära på olika genuppsättningar. Nuförtiden är det möjligt att analysera om en förändring av det genetiska materialet har skett på en specifik plats i kromosomerna, i en specifik population i ett visst geografiskt område. Samma allel (variation av gen) kan dock samtidigt mycket väl vara vanlig i en population i en annan region (Smale 1997). Senare års framsteg inom bioteknologin har lett till ny genetisk variation, det vill säga varianter och egenskaper har tillkommit som inte existerar

naturligt i vete eller dess korsbara släktingar (Baenziger och DePuaw, 2009).

I princip alla förädlingsprogram har som mål att öka kärnavkastningen. Baenziger och DePuaw (2009) beskriver hur förädlarna bör välja mellan olika populationer när de ger samma medelavkastning, men den ena har större variation än den andra. Förädlaren bör då välja populationen med störst variation för att sedan förhoppningsvis kunna utveckla en linje med den högre avkastningen inom variationen. Dock skiljer sig förstås medelavkastningen ofta mellan populationerna och det är inte heller alltid det finns tillgång till uppskattningar av avkastning och då inte heller dess variation (Baenziger och DePuaw, 2009). Det primära kravet för att en gröda ska lyckas i en viss miljö är att dess fenologi passar i just den miljön (Porter och Gawith, 1999). Till exempel kan grödor stanna i den vegetativa fasen och kanske producera stora mängder biomassa, men aldrig nå den reproduktiva utvecklingen ifall de fotoperiodiska signalerna inte stämmer överens med vad växten behöver. Det kan också vara så att plantan blommar, men tillgångarna på resurser tar slut innan kärnfyllnadsfasen är färdig.

2.3. Historiska förädlingsframsteg

2.3.1. Fram till andra världskriget

Mot slutet av 1700-talen hade de flesta länder i Europa avskaffat livegenskapen och bönderna var mer eller mindre fria att odla som de själva ville samt få sin beskärda del av avkastningen (Mingay, 1977). Det var vid den här tiden som rovor och kvävefixerande växter började användas i växtföljden. I Storbritannien experimenterades det med selektiv förädling redan vid början av 1700-

talet och det var också vid den tiden som plogen förbättrades och hästar ersatte oxar framför den. Under 17- och 1800-talen blev det allt vanligare att använda sig av hästdragna såmaskiner och ogräshackor, i stället för att utföra detta arbete för hand. På 1800-talet dikades våtmarker i många länder, vilket främst ledde till en ökad odlingsbar areal. På mitten av 1850-talet blev någorlunda billiga, effektiva och lättreparerade jordbruksredskap tillgängliga för den stora massan. Bristen på växtnäring hade länge gjort att lantbrukarna använde avfall från städerna, samt sjögräs och aska från kol med mera för att försöka försörja grödorna med växtnäring. Tillgången på växtnäring förbättrades när man på 1840-talet började importera guano, fågelspillning, till Europa.

Det odlades framförallt inhemska ”typer” av vete ända fram till första världskriget (till exempel på Balkanhalvön, Borojevic och Borojevic, 2005). Dessa karaktäriserades av god vintertålighet, tunt och högt strå, sen mognad samt låg produktivitet. Detta är karaktärer vilka kom som resultat av naturligt urval i olika klimatförhållanden och under extensivt jordbruk. Efter andra världskriget tog förädlingen fart på riktigt runt om i världen. Det var också då det började bli alltmer vanligt med traktorer, eldrivna maskiner, effektiva gödselmedel och pesticider och sjukdomsmotståndiga sorter (Mingay, 1977).

Under lång tid odlades framför allt två typer av vete i Sverige. Det var enkornvete och emmer, så kallat tvåkornvete. Båda typerna odlades förr över hela Europa. Enkornvetet kom från början från Mindre Asien, medan tvåkornvetet var en gammal kulturväxt från

det gamla Egypten. På 1700-talet började bönderna i Sverige prova andra sorter som bland annat spelt, men det fick aldrig någon riktigt spridning. I Sverige provades så kallade ”Squarehead”-vete redan i slutet av 1800-talet (Osvald, 1959; Olsson, 1997). Dessa var stråstyvare, mognade tidigare, mer högavkastande och tåligare mot gulrost än de inhemska lantvetesorterna, men de tålde vintrarna dåligt och bakegenskaperna var inte lika bra som hos lantvetesorterna. Sveriges Utsädesförening bildades 1886 och de började prova både svenska och utländska sorter mer systematiskt. Målet var att kombinera de engelska sorternas avkastningspotential med lantvetesorternas tålighet (Osvald, 1959). Resistens mot gulrost och avvägningen mellan stor avkastningspotential och vinterhärdighet var viktiga styrande faktorer för vilka sorter som odlades i praktiken. Urval gjordes ur både de svenska lantvetesorterna och de engelska ”Squarehead-sorterna”, men det var framförallt de engelska som kom att bli viktiga i den svenska odlingen. Förädlingen i kombination med förbättrad gödsling bidrog till ökade skördar och att importbehovet minskade. Den minskade importen av kvalitetsvete ställde också allt högre krav på kvalitet hos de inhemska sorterna och genom lyckosamt korsningsarbete togs t.ex. Eroicavetet fram på Weibull. Från 1910-talet och 50 år framåt ökade avkastningspotentialen hos det sydsvenska sortmaterialet med ca 50 % och det mellansvenska med ungefär 20 % enligt Osvald (1959). Mycket av denna framgång kom av ett korsningsarbete som fokuserats på vinterhärdighet och stråstyrka. Genom att det var möjligt att tillföra mer kväve till de modernare sorterna utan att det blev liggsäd kunde avkastningen ökas ytterligare (Osvald, 1959).

2.3.2. Gröna revolutionen

Det stora genombrottet för växtförädlingen kom då dvärg- och semidvärggener (egentligen menas alleler, som är varianter av gener) introducerades på marknaden. De orsakade en förändrad balans vid konkurrensen om fotosyntesprodukter mellan strå och ax, vilket ledde till ökad kärnavkastning. Den största betydelsen av den kortare strålängden var ändå att det blev möjligt att gödsla med mer kväve utan att det blev liggsäd. Japanska förädlare var först med att domesticera en spontan mutation för reducerad höjd (Rht) och det skedde redan under tidigt 1900-tal (Smale, 1997). Därifrån spred sig sedan sorter med Rht-alleler (finns olika varianter) till Europa och senare även USA, där de korsades med inhemska varianter av till exempel höstvetete. Från USA fördes Rht-alleler till CIMMYT (International maize and wheat improvement centre) i Mexiko, där Norman Borlaug, en av de stora inom veteförädlingen, arbetade. Från Mexiko spreds de sedan världen över inom olika nationella förädlingsprogram (Smale 1997). En av anledningarna till framgångarna var att Rht-allelerna inte var känsliga för fotoperioden, vilket gjorde att de kunde föras in i sorter som kunde anpassas till många olika miljöer (Ortiz et al., 2007). Succén som dessa sorter utgjorde ledde till att de spreds snabbt till liknande klimatzoner. Framgångarna beskrivs av Borlaug (1968). Semidvärgvete odlas nu på 70 % av världens veteareal enligt Knight et al. (2011).

2.3.3. Senare års framsteg

I en litteraturgenomgång av Slafer och Andrade (1991) konstaterar författarna att

hälften av den dittills uppnådda skördeökningen kan relateras till genetiska framgångar. De förutspår också att eventuella framtida skördeökningar i allt högre grad ska bero på genetiska framgångar snarare än tekniska. De konstaterar att det var ökat antal kärnor per kvadratmeter, snarare än ökad kärnvikt som hade stått för den ökade kärnavkastningen hittills. I sin genomgång har de jämfört flera olika länder i världen och oberoende av de olika förutsättningarna med tanke på politiska, miljömässiga, ekonomiska och kulturella olikheter hade Argentina, Australien, Kanada, England, Sverige och USA lyckats ungefär lika bra med sina respektive "skördeökningsprogram" med sorter introducerade någon gång mellan 1830 och 1987. I de flesta av försöken var liggsäd förhindrat och sjukdomar var kontrollerade. Indien är det enda land i studien där kärnavkastningen inte hade ökat tydligt under perioden, vilket skulle kunna förklaras med att deras "skördeförbättringsprogram" varit inriktad på sjukdomsresistens snarare än avkastningspotential (Sinha et al., 1981).

Flera studier har visat att kortare sorter ger större avkastning än högväxande kontroller vid bördiga förhållanden, men lägre avkastning än kontrollerna vid näringsfattiga förhållanden. Både torka och värmestress efter blomning förkortar kärnfyllnadsfasen, vilket kan urholka avkastningen från semidvärglinjerna (Brandle och Knott, 1986). Torka under växtperioden kan leda till förhållandevis mindre antal kärnor i axet och minskad kärnvikt hos kortvuxna sorter, jämfört med de högväxande kontrollerna, bland annat beroende på att de lågväxande sorterna har mindre kolhydrater lagrade i

stråna (Borell et al. 1993) och sämre vattenupptagningsförmåga, på grund av ett i genomsnitt sämre rotsystem (Nizam Uddin och Marshall, 1989).

Introduktionen av alleler som minskar strållängden i gener, t.ex. Rht1 och Rht2, har alltså resulterat i kortvuxna höstvetesorter med stor avkastning världen över. Fördelarna har varit förbättrat avkastningsindex vid bibehållen biomassa, samt ökad fertilitet hos småaxen, med fler fast ofta mindre kärnor per ax. De kortvuxna sorterna är mindre känsliga för tillväxthormonet gibberellin, vilket begränsar stråets tillväxt och fotosyntesprodukterna kan istället användas för axets tillväxt. Detta ger färre missbildade eller aborterade blommor i småaxen och ökar antalet livskraftiga blommor under blomningsfasen (Youssefian et al., 1992). Det har dock också rapporterats om att alleler för dvärgväxt kan orsaka minskad tidig tillväxt (Ellis et al., 2004).

Shearman et al. (2005) visade att introduktionsåret för höstvetesorter (1972-1995) var positivt korrelerat med antalet kärnor per ytenhet, kärnavkastning och avkastningsindex, men de visade också att sorterna från 1990-talet inte hade ett högre avkastningsindex än de från 1980-talet. Det ökade kärnantalet och den större avkastningen berodde istället på en större total biomassa, som kunde förklaras med en bättre ljusanvändningseffektivitet före blomning som resulterade i en större biomassa vid blomning. De nya sorterna hade lika många kärnor per ax, men fler ax per kvadratmeter. Förmodligen var detta möjligt, eftersom de nyare sorterna hade mindre grön bladyta per skott, men större vikt och mer fotosyntes per bladyta. De moderna sorterna hade lika många

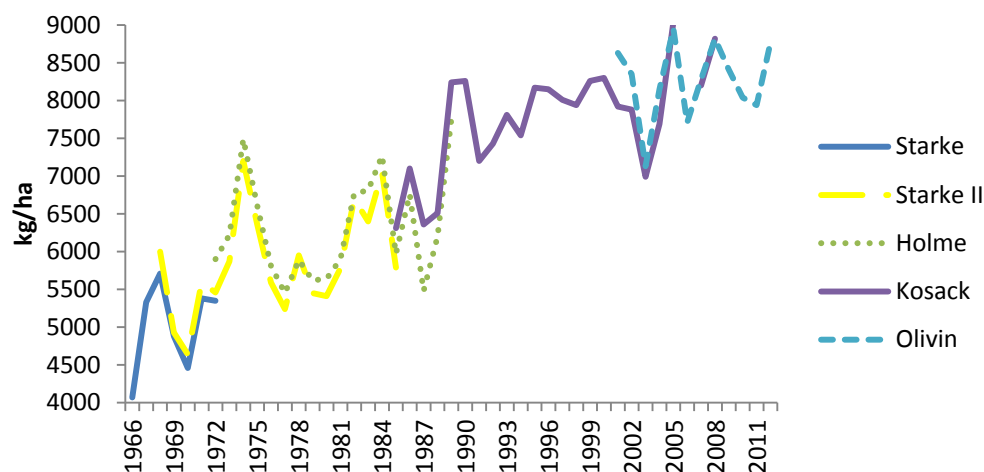
men mindre blad och spetsigare bladvinkel och släppte förmodligen ner mer ljus i beståndet, vilket bör ha gynnat överlevnaden av sidoskott. Halten lättlösliga kolhydrater i strået var något högre i de moderna sorterna, vilket är en bra egenskap om stress inträffar under kärnfyllnadsperioden. Lättlösliga kolhydrater i strået kan göra att kärnornas tillväxt fortsätter även om fotosyntesen avstannar. Resultaten stämmer med tidigare brittiska rapporter som rapporterar högre halter av vattenlösliga kolhydrater i strået i moderna sorter (Foulkes, 2002). Betydelsen av en hög halt vattenlösliga kolhydrater är dock osäker eftersom stråna samtidigt är kortare. Varken Shearman et al. (2005) eller Abbate et al. (1998) fann att kärnvikten har ökat över tiden med introduktion av nya sorter. Den av Shearman et al. (2005) påvisade högre effektiviteten i ljusanvändningen före blomningen är mycket intressant och logisk med tanke på de förändringar som skett i moderna sorter med avseende på bladvinklar och bladens egenskaper, men det finns förvånansvärt få publikationer som styrker resultaten.

2.3.4. Sorternas förändring i Sverige sedan 1960-talet

Det genomförs varje år ett stort antal sortförsök i Sverige och resultat från dessa finns publicerade i skriften Sortval som ges ut av SLU. Det går inte att utan mer noggranna beräkningar använda avkastningen från sortförsöken till att bedöma sortframstegen, eftersom gödslingsnivåerna anpassats till försöksvärdarnas gödsling, olika fält används varje år och eftersom nya sorter ofta är mer motståndskraftiga mot sjukdomar under de första åren. För att ge en bild av hur sorternas egenskaper förändrats över åren har vi jämfört

mätarsorter eller sorter som av annan anledning funnits med länge i sortprovningen (figur 2.1-2.4). Avkastningen har ökat mer i sortförsöken än hos odlarna, vilket kan bero på att de sköts bättre än den normala höstveteodlingen och att sorternas potential används bättre. Det kan också ha helt andra förklaringar och bör inte föranleda långtgående slutsatser. När en ny och en gammal mätarsort förekommer samtidigt är

avkastningsskillnaden ganska liten i förhållande till den totala ökningen av avkastningen (figur 2.1). Förmodligen beror det på att införandet av nya sorter har gjort att försöksvärdarna valt en större kvävegiva till det omgivande fältet och därmed också till försöket. Den gamla sortens avkastning har då ökat i nästan samma utsträckning som den nya sorten.



Figur 2.1. Mätarsorternas kärnavkastning i sortförsöken 1966-2012, medel för Sverige (Sortval 1967-2013).

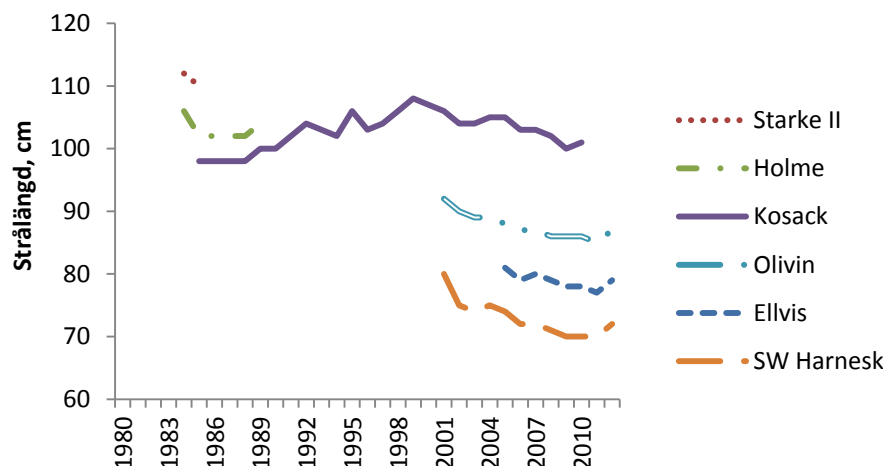
De moderna sorterna är betydligt kortare än de sorter som introducerades fram till 1980-talet (figur 2.2). Det skiljer ungefär 30 cm i strållängd mellan Kosack som dominerade odlingen på 1980- och 1990-talen och Harnesk som är en av de kortaste sorterna som har odlats i större omfattning i Sverige. Utvecklingen mot kortare sorter verkar dock ha avstannat och de i dag mest odlade sorterna, Olivin och Ellvis, är betydligt längre

än Harnesk. De stora förbättringarna när det gäller stråstyrka kom dock med Holme och i ännu större utsträckning med Kosack (figur 2.3).

Vinteröverlevnaden har varierat över tiden i sortförsöken, beroende på hur svåra vintrar det har varit, men skillnaden mellan mätarsorterna har varit liten (figur 2.4). Det beror förmodligen på att de sorter som har valts ut

som mätarsorter, eller varit väldigt dominanta på marknaden, har blivit det eftersom de har haft en stabil och relativt stor avkastning.

Sorter med sämre vinterhärdighet sorteras ut och blir aldrig dominerande på marknaden, även om avkastningspotentialen är hög.



Figur 2.2. Strå längden hos sex höstvetesorter i de svenska sortförsöken under perioden 1984-2012 (Sortval 1985-2013).

2.4. Potential för framtida skördeökningar

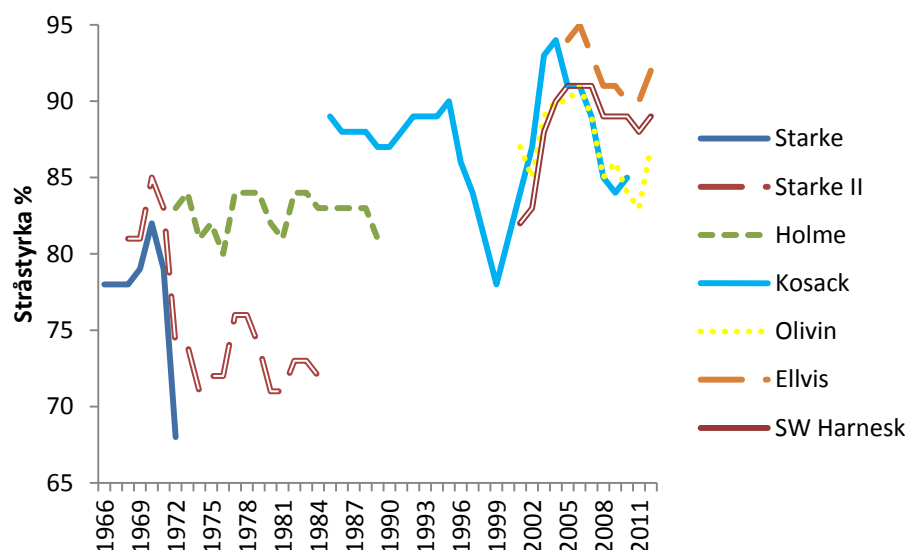
Det finns en biologisk gräns för hur stor avkastningen kan bli i en given miljö. Gränsen bestäms av tillgången på solenergi, koldioxid, vatten och näringsämnen (Austin, 1980). Det är däremot osäkert var den gränsen går. De historiska förädlingsframstegen har resulterat i ett högre avkastningsindex och har möjliggjort mer gödsling, vilket har ökat ljusupptaget. Däremot har framstegen när det gäller effektivitet i ljusomvandlingen varit liten. Enligt Austin (1980) skulle ett maximalt avkastningsindex för höstvetete vara 0,62. På mitten av 1990-talet nådde den brittiska sorten Consort ett avkastningsindex på 0,61. Framgången byggde nästan enbart på minskad andel strå och bladslida (Spink et al., 2000), eftersom mängden boss ökar i stort sett proportionellt med kärnbiomassan för att

rymma de extra kärnorna och bladen behövs för fotosyntesen (se dock Shearman et al. 2005). Generellt i Storbritannien låg dock avkastningsindex mellan 0,5 och 0,55, vilket innebär att det fortfarande borde finnas utrymme för större andel kärna (Foulkes et al., 2007). Enligt Foulkes et al. (2011) har det dock inte skett någon ökning av avkastningsindex hos de odlade sorterna sedan början av 1990-talet. Det tyder på att det finns nackdelar med att ytterligare öka avkastningsindex, till exempel försvagat strå, mindre lagrad energi i strå som kan användas för tillväxt under till exempel torra perioder, tekniska problem och försämrad ogräskonkurrens. Därför tror många att en fortsatt ökning av sorternas avkastningspotential måste inkludera en effektivare användning av ljus för att producera biomassa (Slafer och Andrade,

1991; Foulkes et al., 2007; Reynolds et al., 2012). Mycket forskning har redan genomförts med syfte att förbättra

ljusanvändningseffektiviteten, men framgångarna har varit små.

men



Figur 2.3. Stråstyrkan hos sju höstvetesorter 1966-2012 i den svenska sortprovningen. 100= fullt upprätt bestånd, 0=helt nedliggande bestånd (Sortval 1967-2013).

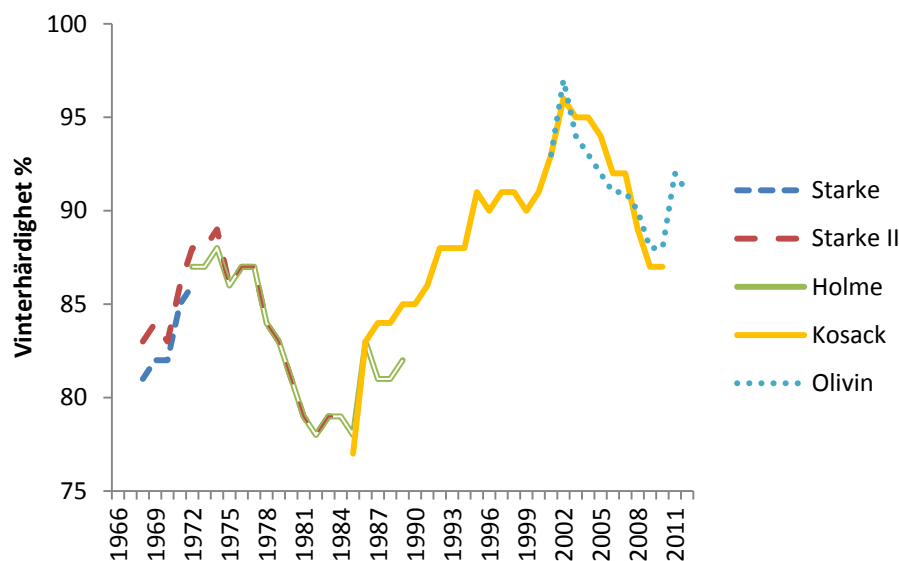
Mann (1999) konstaterar att avkastningsökningen, som vi är vana med från den gröna revolutionen, har avklingat och att framtida skördeökningar måste komma från oprövad genteknik. Han säger också att även om de nya innovationerna skulle lyckas är risken stor att tillgången på vatten inte kommer räcka till de högvastande grödorna eller att lantbrukarna tvingas bevattna och gödsla marginella marker för att kunna använda dem, vilket i sin tur skulle kunna leda till försaltning av marken och förorening av omgivande ekosystem, eftersom dåligt utnyttjade växtnäringsämnen läcker. Vi håller med Mann (1999) att den enklaste vägen att öka veteskördarna globalt förmodligen inte är att öka den potentiella avkastningen utan snarare att minska det så

kallade skördegapet mellan den potentiella och verkliga avkastningen hos odlare. Det förädlingsarbete som bedrivs nationellt har, enligt oss, också sin främsta uppgift att minska skördegapet genom att introducera sorter med egenskaper för sjukdomsresistens, avkastning, kvalitet etc., som är anpassade till relevanta miljöer. I jordbruk i gynnade områden och med god tillgång på insatsmedel, finns det dock ofta ett samband mellan sorternas avkastningspotential och verklig avkastning, vilket kan illustreras av den avkastningsökning som skett i Sverige och i andra industrialiserade länder under 1900-talet.

Vete är den gröda som globalt står för störst andel av människors energiintag. Därför har

ett världsomspännande konsortium av experter bildats, ledda från CIMMYT, med det övergripande målet att öka den genetiska avkastningspotentialen för vete med 50 % på 20 år (Reynolds et al. 2011). Målet ska uppnås genom att samla forskare inom olika discipliner för att uppnå synergieffekter. Gruppen har delat in sig i tre teman. Det första handlar om att öka fotosyntesens kapacitet och effektivitet (Parry et al., 2011). Det andra handlar om att optimera fördelningen till kärna utan att förlora stråstyrkan (Foulkes et al., 2011) och det tredje handlar om förädling med syfte att

integrera egenskaper gynnsamma för en stor avkastning (Reynolds et al., 2011). Gruppen utgår från att de måste fokusera på att alla delkomponenter, dvs ljusupptag, ljus användningseffektivitet och avkastningsindex, för att uppnå målet och att göra det på integrerat sätt. Reynolds et al. (2011) betonar att för att snabbare dra nytta av genetiska framsteg måste komplexa fysiologiska egenskaper läggas till som kriterier vid utvärderingen under förädlingsarbetet, tillsammans med egenskaper som sjukdomsresistens, strålängd, blomningstid avkastning etc.



Figur 2.4. Vinterhårdigheten (% överlevande plantor) för mätarsorterna i svenska sortprovningen och Olivin 1966-2012. 100 = full övervintring, 0= helt utvintrat (Sortval 1967-2013).

Det är en stor skillnad mellan att förstå sambandet mellan genom och avkastning och att introducera anlag för sjukdomsresistens eller olika kvalitetsegenskaper, eftersom den genetiska basen för avkastningen är mycket mer komplex. Det är inte förrän hela vetets genom är känt och det finns kunskap om hur

olika gener samverkar som det är möjligt att modellera hur genomet bör anpassas för olika miljöer (Reynolds et al., 2012). Eftersom risets genom är känt bör även vetets genom, även om det är mycket större, vara möjligt att beskriva, men att förstå hur olika delar av genomet samverkar för komplexa egenskaper

är fortfarande långt borta (Reynolds et al., 2012). Enligt Reynolds et al. (2012) kommer förädlingen att vara beroende av fyra strategier, 1) Strategisk hybridisering för att kombinera egenskaper associerade med ljusanvändningseffektivitet och allokering av resurser inom plantan, 2) användning av exotiska gener, 3) fentypning och markörassisterad förädling och 4) konventionell förädling.

För att öka höstvetets potentiella avkastning måste det infallande ljuset på något sätt utnyttjas bättre. Idag utnyttjas ca 3 % till biomassa i C3-växter (Gilland, 1985). Ljus förloras genom att växterna bara kan använda vissa våglängder (PAR), reflektion och absorption av icke fotosyntetiserande ytor (till exempel döda blad, snö, jord), ljusmättnad (översta bladet), fotoinhibering (ljusskador), fotorespiration, tillväxt och underhållsrespiration och genom ineffektiv metabolism under förhållanden med lite ljus. Det handlar alltså både om att förbättra ljusupptaget och att effektivisera fotosyntesen.

2.4.1. Ljusupptag

Det mesta ljuset i ett höstvetebestånd tas upp när bladytan blir ca tre gånger så stor som markytan och så är det under större delen av höstvetets utveckling vid odling under fertila förhållanden. Vad gäller detta finns ingen tydlig skillnad mellan gamla och nya sorter (Acreche et al., 2009). Det är möjligt att genom förädling förbättra den tidiga tillväxten och att förlänga tiden mellan sådd och mognad. Det är relativt enkelt att med förädling styra antalet dagar från sådd till mognad genom att det finns variation i sortmaterialet när det gäller vernaliseringskrav, tidighet och hur sorter

reagerar på temperatur och fotoperiod. Det finns också skillnader mellan sorter i hur länge bladen håller sig gröna under kärnfyllnadsfasen. Det finns ambitioner att öka ljusupptaget genom att förändra klorofyllet för att kunna utnyttja ett bredare våglängdsintervall (Reynolds et al., 2012).

2.4.2. Effektivitet i användningen av ljus

Det kanske enklaste sättet att öka effektiviteten i användningen av ljus är att förlänga perioden mellan anläggningen av sista småaxet vid stråskjutningens början och blomningsperioden. I den mån det fördröjer mognaden ökar det också det totala ljusupptaget. Det är inte alltid attraktivt att försena blomningen, och därmed skördetidpunkt, i Sverige. Det skulle kunna leda till minskade skördar eftersom ljus- och temperaturförhållanden då inte blir optimala för kärnfyllnad. Det skulle möjligen vara mer intressant att förlänga stråskjutnings- och småaxdifferentieringsperioden genom att tidigarelägga anläggningen av sista småaxet och därmed stråskjutningens början. En förlängd stråskjutningsfas skulle ge förutsättningar för att mer biomassa skulle fördelas till axanlaget under stråskjutningsfasen, mer vattenlösliga sockerarter lagras i strået, samt att mer biomassa har fördelats till rötterna när plantorna når blomningen (Foulkes et al., 2007). Det vi framförallt ser som en potential under svenska förhållanden är att utveckla högvakastande sorter med lång stråskjutnings- och axdifferentieringsperiod och kanske sen mognad för platser med bra tillgång på vatten och god tid för skörd på hösten. Dessa sorter skulle kunna odlas som komplement till tidigare sorter, lämpade för odling med sämre vattenförhållanden eller där tidig skörd är

viktig ur kvalitetssynpunkt, för att ny gröda ska sås eller för att odlingssäsongen är kort.

Det finns förbättringar att göra i höstvetebeståndens arkitektur och struktur. Det översta bladet råkar fortfarande ofta ut för ljusmättnad och blad längre ner i beståndet har förmåga att ta emot mer ljus än de har tillgång till. Detta skulle kunna förbättras genom att öka koncentrationen av Rubisco i de ljusmättade övre bladen, vilket dock kan leda till sämre kväveutnyttjande eftersom en stor del av kvävet används just till Rubisco. En minskning av Rubisco i de nedre bladen skulle istället kunna leda till ett förbättrat kväveutnyttjande. Det finns förmodligen ytterligare framsteg att göra när det gäller att optimera bladvinklar och storlek på blad på olika nivåer i beståndet. Potentialen att öka axets bidrag till fotosyntesen har hittills inte utnyttjats inom förädlingen, förmodligen beroende på att egenskapen tidigare har varit svår att studera. Axet är ofta utsatt för ljusmättnad under dagtid och det finns en stor variation i axens utseende, vilket bör innebära potential till förbättringar.

Den stora utmaningen när det gäller att öka användningen av ljuset är att förbättra själva fotosyntesapparaten. Rubisco katalyserar fotosyntesen, men reaktionen är långsam. Det finns arter med Rubisco som fungerar snabbare och ett sätt att öka hastigheten i katalysen hos vete skulle kunna vara att introducera egenskaper från arter med snabbare Rubisco. Det finns dock många hinder på vägen, som redogörs för i Perry et al. (2011). En stor energiförlust är när syre tas upp av Rubisco istället för koldioxid, fotorespiration, som är speciellt uttalad vid höga temperaturer och vattenbrist. Denna energiförlust skulle kunna minskas genom att

minska affiniteten för syre i Rubisco eller att införa en mekanism för koncentrerat av koldioxid liknande den som finns i C4-växter, t.ex. majs och sockerrör. Det finns många förslag på hur fotosyntesen skulle kunna göras mer effektiv, men framstegen har hittills varit mycket begränsade trots mycket stora forskningsinsatser. Enligt Reynolds et al. (2012) och Perry et al. (2011) ska det finnas linjer med flera av dessa egenskaper tillgängliga för nationella program inom 20 år.

2.4.3. Avkastningsindex

Även om avkastningsindex inte förändrats med nya sorter de senaste 30 åren är fortfarande inte den teoretiska gränsen nådd enligt Austin (1980). Austin (1980) antog att andelen boss i förhållande till mängden kärna skulle vara stabilt med nya sorter. Shearman et al. (2005) visade att andel boss i förhållande till kärna faktiskt har minskat. Med hänsyn till det och med antagandet att proportionen kan minskas ytterligare, har Foulkes et al. (2011) räknat upp det teoretiska maximumet från 0,62 till 0,64. Detta kan enligt Foulkes et al. (2011) uppnås genom att minska fördelningen av biomassa till rötter, blad, strå och infertila skott. Det är knappast attraktivt att minska fördelningen till rötter, eftersom en ökad tillväxt är beroende av ökat vatten- och näringsupptag. En minskad fördelning till bladen är möjlig utan att förlora fotosyntes om skottätheten samtidigt ökar. Foulkes et al. (2011) förslår också ett större fokus på rötterna i förädlingsarbetet, eftersom en större avkastning är beroende av ett större resursupptag. De menar att introduktion av egenskaper från andra arter kan hjälpa till i utvecklingen av sorter som har sitt rotsystem placerat relativt sett längre ner, utan att de utgör en större andel av den totala biomassan.

Till exempel har Manschadi et al. (2006) visat att det är rötternas fördelning, inte dess biomassa, som är avgörande för vattenupptaget.

Det som förefaller mest attraktivt är att minska fördelningen till strå och infertila skott. Kostnaden för infertila strån är ganska liten, därför tror Folkes et al. (2001) att de största vinsterna kan göras genom att minska fördelningen till strået. Ett kortare strå kan dock försämra ljusdistributionen och därmed ljusanvändningseffektiviteten och ett vekare strå kan leda till liggsäd. Den förändring som borde orsaka minst skada är att minska avståndet mellan flaggbladet och axet. Tyvärr sker dock smittspridning från flaggblad till ax lättare om avståndet är kort. En ökad fördelning av assimilat till axet påverkar huvudsakligen axets tillväxthastighet, medan den tidigare diskuterade förlängningen av axets tillväxtperiod före blomningen samverkar för att öka axvikten vid blomning. Det finns ett negativt samband mellan både kärnantal och axets vikt vid blomning, och antalet kärnor per viktenhet av axet. Det finns förmodligen en självreglerande mekanism där plantan strävar mot någorlunda likstora kärnor och då är det viktigare för växten att lagra in lättlösliga kolhydrater i strået än att maximera kärnantalet.

2.4.4. Kärnstorlek

Den potentiella kärnstorleken bestäms under tillväxten av blomanlaget veckorna före blomning (Ugarte et al., 2007) och under celldelningsperioden veckorna efter blomning.

Det finns också ett starkt samband mellan antalet celler i endospermet och kärnans tillväxthastighet (Brocklehurst, 1977). Foulkes et al. (2011) tror att en nyckel för att kunna öka avkastning genom att öka kärnstorleken är att bryta det negativa sambandet mellan kärnantal och kärnstorlek. För att åstadkomma detta behöver det genereras bättre kunskap kring vad som styr den potentiella kärnstorleken under perioden runt blomning.

2.5. Kunskapsluckor

För att öka höstvetets avkastningspotential med 50 % under 20 år, som är målet för det internationella forsknings- och förädlingsarbetet, behöver ljusupptag och ljusomvandlingseffektivitet öka, och en större andel av biomassan behöver bli kärna. Den största utmaningen är att förbättra fotosyntesen och att passa in egenskaper knutna till förbättrad ljusomvandling i fungerande sorter. Avkastningspotentialen i det aktuella sortmaterialet behöver upprätthållas, t.ex. genom att introducera resistens mot sjukdomar i sorter anpassade till nordiskt klimat. Egenskaper viktiga för att höja den potentiella avkastningen behöver inkluderas i fungerande sorter. Sorter behöver identifieras eller utvecklas för att utnyttja lokala resurser optimalt. Egenskaper som är kopplade till förbättrad ljusomvandling behöver kunna mätas och värderas i förädlingsarbetet.

2.6. Summering

- *Axens tillväxt under perioden före och strax efter blomning är avgörande för höstvetets avkastning.
- *En kraftigt ökad avkastning kräver en förbättrad effektivitet i omvandlingen av ljus till biomassa.
- *Det finns potential att öka avkastningsindex ytterligare.
- *Samverkan av forskning inom olika discipliner krävs för att uppnå det mycket högt ställda målet.
- *Det är angeläget att anpassa sorter för att utnyttja lokala resurser på bästa sätt.

Potential:

- *Ledande forskare samlade i ett konsortium har satt upp målet att öka avkastningspotentialen med 50 % på 20 år. Den verkliga ökningen av avkastningarna blir mindre, eftersom det är svårare att uppfylla förutsättningarna för maximal avkastning ju större potentialen är.

Kunskapsluckor:

- *Förbättra ljusupptag och ljusomvandlings-effektiviteten hos sortmaterialet
- *Öka avkastningsindex
- *Upprätthålla avkastningspotentialen genom t.ex. introduktion av resistens mot sjukdomar i anpassade sorter
- *Utveckla miljöanpassade sorter
- *Metoder för mätning och värdering av egenskaper kopplade till ljusomvandlings-effektivitet.

2.7. Litteratur

- Abbate, P.E., Andrade, F.H., Lazaro, L., Bariffi, J.H., Berardocco, H.G., Inza, V.H., Marturano, F., 1998. Crop Science 38, 1203-2109.
- Acreche M., Briceño-Felix G., Martin Sanchez J.A., Slafer G.A., 2008. Physiological bases of genetic gains in Mediterranean bread wheat yield in Spain. European Journal of Agronomy 28, 162–170.
- Austin, R.B., 1980. Physiological limitations to cereals yields and ways of reducing them by breeding. In: Hurd RG, Biscoe PV, Dennis C, eds. Opportunities for increasing crop yields. London: Association of Applied Biology/Pitman, 3–9.
- Baenziger, P. S. & Depauw, R. M., 2009. Wheat Breeding: Procedures and Strategies, in Wheat Science and Trade (ed B. F. Carver), Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- Brocklehurst, P.A., 1977. Factors controlling grain weight in wheat. Nature 266, 348–349.
- Borlaug, NE. 1968. Wheat breeding and its impact on world food supply, pp. 1-36. In Finlay, KW & Shephard, KW (eds) Proceedings of the 3rd International Wheat Genetics Symposium. Australian Academy of Science, Canberra, Australia.

- Borojevic, K. & Borojevic, K., 2005. Historic role of the wheat variety Akakomugi in southern and central European wheat breeding programs. *Breeding Science* 55, 253-256.
- Borrell, A.K., Incoll, L.D., Dalling, M.J., 1993. The influence of the Rht1 and Rht2 alleles on the deposition and use of stem reserves in wheat. *Annals of Botany (London)* 7, 317–326.
- Brandle, J.E. & Knott, L.D., 1986. The effect of a gene for semidwarfism (Rht1) on various characters in a spring wheat cross. *Canadian Journal of Plant Science* 66, 529-533
- Ellis, M.H., Rebetzke, G.J., Chandler, P., Bonnett, D., Spielmeier, W. and Richards, R.A., 2004. The effect of different height reducing genes on the early growth of wheat. *Functional Plant Biology* 31, 583-589.
- Fischer R.A., 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *The Journal of Agricultural Science* 105, 447–461.
- Foulkes, M.J., 2002. The ability of wheat cultivars to withstand drought in UK conditions: Grain yield formation. *Journal of Agricultural Science* 138, 153-169.
- Foulkes, M.J., Slafer, G.A., Davies, W.J., Berry, P.M., Sylvester-Bradley, R., Martre, P., Calderini, D.F., Griffiths, S., Reynolds, M.P., 2011. Raising yield potential of wheat. III. Optimizing partitioning to grain while maintaining lodging resistance. *Journal of Experimental Botany* 62, 469-486.
- Foulkes, M.J., Snape, J.W., Shearman, V.J., Reynolds, M.P., Gaju, O. och Sylvester-Bradley, R., 2007. Genetic progress in yield potential in wheat: recent advances and future prospects. *Journal of agricultural science* 145, 17-29.
- Gilland, B., 1985. Cereal yields in theory and in practice. *Outlook on Agriculture* 14, 56-60.
- Knight, S., Kightley, S., Bingham, I., Hoad, S., Lang, B., Philpott, H., Stobart, R., Thomas, J., Barnes, A., Ball B., 2011. Project Report No. 502. Desk study to evaluate contributory causes of the current 'yield plateau' in wheat and oilseed rape.
- Manschadi, A.M., Christopher, J., DeVoi, P., Hammer G.L., 2006. The role of root architectural traits in adaptation of wheat to water-limited environments. *Functional Plant Biology* 33, 823–837.
- Mann, C.C., 1999. Crop scientists seek a new revolution. *Science* 283:5400, pp. 310-314.
- Mingay, G.E., 1977. The agricultural revolution – changes in agriculture 1650-1880. Documents in economic history. Adam & Charles Black, London.
- Miralles D.J. & Slafer G.A., 1997. Radiation interception and radiation use efficiency of near-isogenic wheat lines with different height. *Euphytica* 97, 201–208.
- Nizam Uddin, M. & Marshall, D.R., 1989. Effects of dwarfing genes on yield and yield components under irrigated and rainfed conditions in wheat (*Triticum aestivum* L .) *Euphytica* 42, pp. 127-134.
- Ortiz, R., Trethowan, R., Ortiz Ferrara, G., Iwanaga, M., Dodds, J.H., Crouch, J.H., Crossa, J. och Braun, H-J., 2007. High yield potential, shuttle breeding, genetic diversity, and a new international wheat improvement strategy. *Euphytica* 157, 365-384.
- Olsson, G., 1997. Den Svenska Växtförädlingens Historia : Jordbruksväxternas Utveckling Sedan 1880-Talet. Skogs- Och Lantbrukshistoriska Meddelanden / Kungl. Skogs- Och Lantbruksakademien, 1402-0386 ; 20. Stockholm: Kungl. Skogs- och lantbruksakad.
- Osvald, H., 1959. Åkerns nyttoväxter. Esselte AB. Stockholm.

- Palosuo, T., et al., 2011. Simulation of winter wheat yield and its variability in different climates of Europe: a comparison of eight crop growth models. *European Journal of Agronomy* 35, 103–114.
- Parry M.A.J., Reynolds M., Salvucci M.E., Raines C., Andralojc P.J., Zhu X.G., Price G.D., Condon A.G. & Furbank R.T. (2011) Raising yield potential of wheat. II. Increasing photosynthetic capacity and efficiency. *Journal of Experimental Botany* 62, 453–467.
- Peltonen-Sainio, P., Kangas, A., Salo, Y., Jauhiainen, L., 2007. Grain number dominates grain weight in temperate cereal yield determination: evidence based on 30 years of multi-location trials. *Field Crops Research* 100, 179–188.
- Porter, J.R. & Gawith, M., 1999. Temperatures and the growth and development of wheat: a review. *European journal of agronomy* 10, 23–36.
- Reynolds, M., Bonnett, D., Chapman, S.C., Furbank, R.T., Manes, Y., Mather, D.E., Parry M., 2011. Raising yield potential in wheat. I. Overview of a consortium approach and breeding strategies. *Journal of Experimental Botany* 62, 439–452.
- Reynolds et al., 2012. Achieving yield gains in wheat. *Plant, Cell and Environment* 35, 1799–1823.
- Shearman, V.J., Sylvester-Bradley, R., Scott, R.K., Foulkes, M.J. 2005. Crop physiology and metabolism, physiological processes associated with wheat yield progress in the UK. *Crop science* 45, 175–185
- Slafer, G.A. & Andrade, F.H., 1991. Changes in physiology attributes of the dry matter economy of bread wheat (*Triticum aestivum*) through genetic improvement of grain yield potential at different regions of the world, a review. *Euphytica* 58, 37–49.
- Smale, M. 1997. The green revolution and wheat genetic diversity: some unfounded assumptions. *World development* 25, 1257–1269.
- Smale, M., Reynolds, M.P., Warburton, M., Skovmand, B., Trethowan, R., Singh, R.P., Ortiz-Monasterio, I. Crossa, J., 2002. Dimensions of diversity in modern spring bread wheat in developing countries from 1965. *Crop Science* 42, 1766–1779.
- Sinha, S.K., Aggarwal, P.K., Chaturvedi, G.S., Koundal, K.R., Khanna-Chopra, R., 1981. A comparison of physiological and yield characters in old and new wheat varieties. *Journal of Agricultural Science* 97, 233–236.
- Spink, J.H., Foulkes, M.J., Gay, A., Bryson, R., Berry, P., Sylvester-Bradley, R., Semere, T., Clare, R.W., Scott, R.K., 2000. Reducing winter wheat production costs through crop intelligence information on variety and sowing date, rotational position and canopy management in relation to drought and disease control. Home-grown cereals authority project no 235, HGCA, London, pp. 135.
- Sortval 1967–2013. Institutionen för växtproduktionsekologi, Uppsala.
- Ugarte C., Calderini D.F., Slafer G.A., 2007. Grain weight and grain number responsiveness to pre-anthesis temperature in wheat, barley and triticale. *Field Crops Research* 100, 240–248.
- Youssefian, S., Kirby, E.J.M., Gale, M.D., 1992. Pleiotropic effects of the GA-insensitive Rht dwarfing genes in wheat. 2. Effects on leaf, stem, ear and floret growth. *Field Crops Research* 28, 191–210.

3. Etablering

Johan Arvidsson¹, Jakob Eriksson¹, Mats Magnusson¹, Björn Andersson². ¹Inst. för mark och miljö, SLU, ²Fältforsk, SLU.

En god etablering vid rätt tidpunkt är grundläggande för en hög skörd. Sätiden är en mycket viktig skördebestämmande faktor, och viktigare ju längre norrut i landet höstvetet odlas. Ökad utsädesmängd kan inte kompensera för sen sådd, även om optimala utsädesmängden ökar något vid senare sådd. Höstvetet kan odlas framgångsrikt i system med plöjning, plöjningsfri odling och till viss del också direktsådd. Grundbearbetningen behöver främst anpassas efter förfrukt och mängden skörderester. Äldre försök visar också att höstvetets avkastning påverkas i relativt hög grad av radavståndet. Forskning kring såbäddar har i första hand varit inriktad på vårsådda grödor, och det skulle vara önskvärt med ny forskning kring höstvetet på detta område. De flesta odlingstekniska studierna utfördes för 30-50 år sedan, vilket motiverar nya försök med dagens sorter.

3.1. Introduktion

3.1.1. Allmänt – förhållanden för groning-såbäddens utformning.

Grödans etablering grundläggs i den miljö där vi placerar fröet. Förhållandena ska i idealfallet ge en säker groning och uppkomst både vid torka och hög nederbörd, ge goda temperaturförhållanden och motverka igenslamning och skorpbildning. Fröet ska placeras tillräckligt djupt för att ge goda förhållanden men så grunt som möjligt för att ge snabb uppkomst och liten förbrukning av reservnärning.

I Sverige är förhållandena för groning ofta mer kritiska på våren än på hösten. Främst av denna anledning har forskning kring etablering och såbäddens utformning varit betydligt mer omfattande för vårsådda grödor än för höstsådda.

”Den ideala såbädden”, såsom den beskrevs på 80-talet, visas i figur 3.1. Bilden visar några viktiga egenskaper hos denna såbädd: 1. Fröet placeras på en fast såbotten, med tillräckligt hög vattenhalt för en säker groning och med god ledning av vatten fram till fröet. 2. Ett löst bearbetat lager av tillräckligt tjocklek med fina

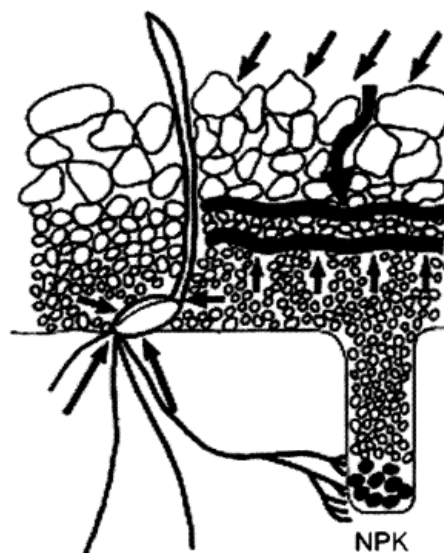


Fig. 3.1. ”Den ideala såbädden”. Från Heinonen (1985).

aggregat för att ge ett bra avdunstnings-skydd. 3. En grövre struktur i ytan som skydd mot skorpa. 4. Näring som placerats något djupare och vid sidan av utsädet för att ge en säker näringstillförsel.

Denna såbädd är i första hand framtagen för vårsådda grödor, men gäller principiellt också för höstsådda. Den övergång som skett i såteknik, från i huvudsak släpbillar

till belastade skivbillar, har också inneburit att behovet av en fast såbotten för att placera utsädet har minskat.

Aggregatstorlekens betydelse för avdunstningen framgår av figur 3.2. För partiklar i storleksordningen 0,005 till 0,05 mm (mjåla-finmo) sker en stor vattenavgång via kapillärt flöde. Vid partikel- eller aggregatstorleken 1-2 mm är avdunstningen som lägst, medan den ökar vid större aggregatstorlekar pga ett turbulent flöde i såbädden. Från mycket stora aggregat (kokor) blir avdunstningen också låg eftersom den begränsas av vattentransporten inom aggregaten. Experiment för att studera uppkomst som

funktion av såbäddens egenskaper utfördes bl.a. av Håkansson & von Polgar (1984) och Håkansson et al. (2002). I ett stort antal modellförsök varierades bl.a. såbäddens tjocklek och aggregatstorleksfördelning samt vattenhalt i såbädd och såbotten.

Försöken utfördes i backar som placerades utomhus, men under tak för att säkerställa torra förhållanden (fig. 3.3). Undersökningarna gjordes främst med korn men även andra växtslag ingick. Uppkomsten vid ett sådjup på 2 cm var otillfredsställande oavsett aggregatstorlek (fig. 3.4). Vid 4 cm sådjup var uppkomsten god om andelen fina aggregat var tillräckligt hög.

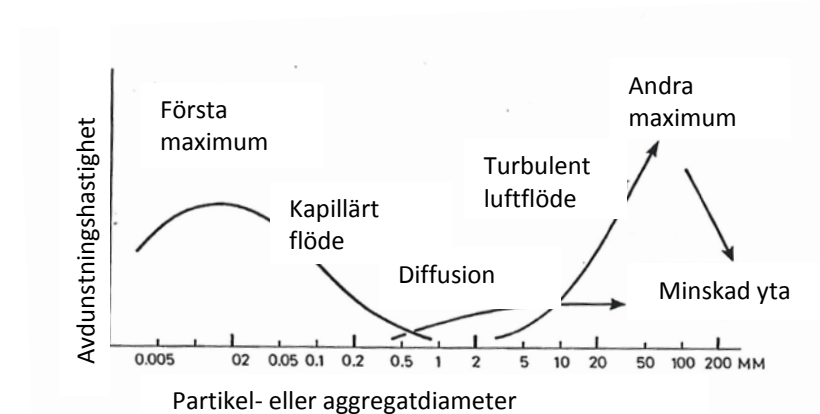


Fig. 3.2. Avdunstning som funktion av partikel- eller aggregatstorlek. Efter Heinonen (1985).

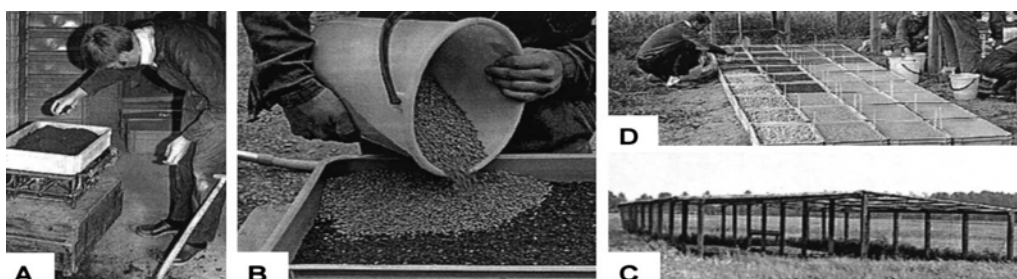


Fig. 3.3. Modellstudier av såbäddens funktion.

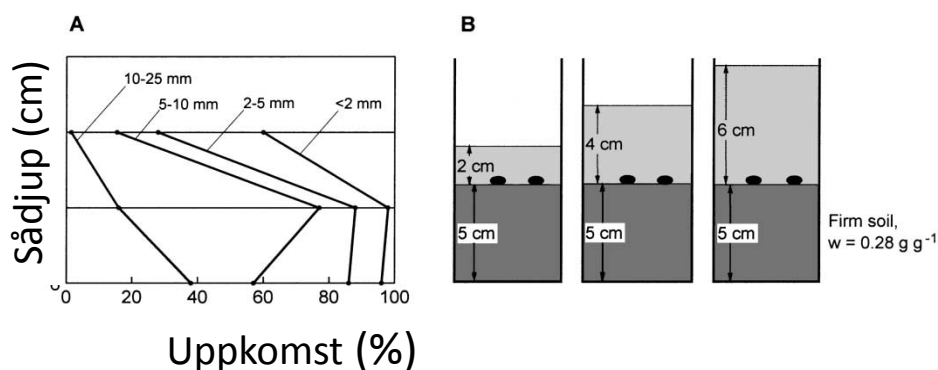


Fig. 3.4. Uppkomst av korn som funktion av sådjup och aggregatstorlek. Efter Håkansson et al. (2002).

Generellt högre nederbörd och lägre potentiell avdunstning på hösten än på våren gör dock att behovet av ett avdunstningsskydd minskar. På hösten ökar istället kravet på att såbädden ska klara av höga nederbördsmängder. En faktor som i Sverige studerats ingående för vårsådd men knappast alls för höstsådd är vilket sådjup som ska användas. Djup sådd gör att större andel av fröets näring förbrukas innan uppkomst och försenar uppkomsten. Dessutom hamnar tillväxtpunkten djupare ned i marken vilket påverkar bestockning och rotanläggning. Alltför grund sådd bör dock undvikas eftersom det kan öka risken för uppfrysning på våren. I en kanadensisk studie gav mycket grund sådd (1,3-1,9 cm) i genomsnitt högre skörd än sådd på djupen 3-4 eller 5-6 cm (Lafond et al., 2005).

3.1.2. Konkurrens beroende på plantornas horisontella placering

Spannmål etableras i regel med såmaskiner som via billar placerar utsädet i rader. Hypotetiskt borde det bästa beståndet utvecklas där avståndet mellan alla sådda plantor är lika stort, vilket kan motsvaras av ett hexagonlikt placeringsmönster (Håkansson, 1975). Ett likformigt

placeringsmönster erhålls också om radavståndet är samma som avståndet mellan plantorna i raden. För t.ex. en utsädesmängd på 400 plantor/m² motsvarar detta ett radavstånd på 5 cm. I tabell 3.1 visas resultat från försök med olika radavstånd för spannmål. Skörden påverkades inte när radavståndet ökade från 5 till 10 cm, men sjönk när radavståndet ökade till 20 cm. Vid största radavståndet ökade också ogräsmängden mycket kraftigt. Strand (1968) gjorde en sammanställning av försök från olika länder med olika radavstånd till spannmål. I regel sjönk skörden när radavståndet blev större än 10 cm. I intervallet 7,5-40 cm sjönk skörden med 0,64 % per cm ökning av radavståndet. Bengtsson (1972) redovisade sänkt skörd med 0,65 % per cm ökning av radavstånd i svenska försök med vårvete och korn.

Tabell 3.1. Samband mellan radavstånd och plantfördelningen i raden till följd av kärnavkastning och ogräsförekomst. Medeltal vid en utsädesmängd av 400 kärnor/m², 27 försök med spannmål (Håkansson, 1984)

Avstånd, cm		Relativ biomassa	
Rad	I raden	Kärna	Ogräs
5	5	100	100
10	2,5	100	105
20	1,25	94	156

3.2. Svenska fältförsök med etablering och skörd av höstvet

En mängd faktorer påverkar grödans etablering. Här kommer vi att fokusera på några av dessa: bearbetningssystem, såtid, utsädesmängd och radavstånd.

3.2.1. Bearbetningssystem

Val av bearbetningssystem är en av de faktorer som kommer att ha ett stort inflytande på höstvetets etablering. Plöjning innebär att eventuella problem orsakade av växtrester kan undvikas.

Samtidigt innebär plöjning, speciellt på styvare jordar, ofta en grov struktur som kräver omfattande såbäddsberedning och ökar risken för torra förhållanden i såbädden. Plöjningsfri odling innebär i regel en finare ytstruktur, fuktigare förhållanden i såbädden och att behovet av särskild såbäddsberedning blir litet. Samtidigt kan växtrester utgöra ett rent fysikaliskt hinder för plantorna vid uppkomst och öka risken för sjukdomar som bl.a. kan leda till utvintring.

3.2.2. Svenska försök med olika primärbearbetning

I genomsnitt för svenska försök var höstveteskörden i plöjningsfri odling och direktsådd ca 3 respektive 7 % lägre än för plöjning (tabell 3.2), Arvidsson et al (2014). Effekten av förfrukt var stark, med oljevaxter och ärter som förfrukt var relativtalet 100 för plöjningsfri odling. En förklaring till lägre skörd i plöjningsfri odling efter stråsäd skulle kunna vara en sämre etablering. Vid beståndsgradering på hösten var det dock små skillnader mellan plöjning och plöjningsfri odling (tabell 3.3), oberoende av förfrukt (data visas ej).

Tabell 3.2. Relativ skörd för höstvet (plöjning=100) med olika förfrukter

	Plöjningsfri odling			Direktsådd		
	Försök	Rel. skörd	Stdav.	Försök	Rel. skörd	Stdav.
Alla försök	299	97,4***	9,0	123	93,3***	16,2
<i>Förfrukt:</i>						
Höstvete	87	94,5*** ¹	9,1	8	87,4	16,0
Vårvete	6	99,3	11,6	2	62,5	37,5
Vårkorn	40	96,2*	9,7	23	86,6*	22,3
Havre	25	96,4	11,4	22	95,4	16,4
Oljevaxter	101	100,2	7,4	50	96,5*	8,8
Ärter	23	99,8	8,4	12	94,7	19,6

Tabell 3.3. Relativt bestånd (höstvet) respektive antal plantor (plöjning=100) för olika grödor

	Plöjningsfri odling			Direktsådd		
	Försök	Rel. antal	Stdav.	Försök	Rel. antal	Stdav.
Höstvete ¹	128	98,3	15,3	17	91,4** ²	9,5
Vårvete	18	95,0	17,8	5	62,2	16,9
Vårkorn	97	102,4	15,4	15	82,9**	19,2
Havre	57	99,1	16,7	2	69	4,2
Höstraps	16	95,1	17,3	7	68,6**	18,7
Våroljeväxter	27	99,1	27,9	1	68,0	-
Ärter	16	99,7	9,1	4	73,2	30,7
Sockerbetor	13	96,1	8,5	2	69,5	19,1

¹För höstvete redovisas relativ beståndstäthet, för övriga grödor relativt plantantal. ²Signifikant skild från 100, ***P<0,001, **P<0,01, *P<0,05

En jämförelse av höstvetets etablering vid olika förfrukter kan också göras med utgångspunkt från försöksserie R2-9402, där höstvete odlades efter olika förfrukter i sammanlagt 10 försök i olika delar av Sverige. Vid planträkningarna på hösten var plantantalet i genomsnitt högre i den plöjningsfria odlingen, och påverkan av förfrukten var liten (tabell 3.4). Vid planträkningen på våren var skillnaderna mellan förfrukter fortfarande relativt små i det plöjda systemet, medan antalet plantor var betydligt lägre efter höstvete och havre i den plöjningsfria odlingen.

Vid direktsådd kommer förfrukten att ha ändå större betydelse än vid plöjningsfri

odling. Det framgår också av tabell 3.2., där skördeförlusten vid dåliga förfrukter var betydligt större vid direktsådd än vid plöjningsfri odling. Ett problem vid direktsådd är att mängden finjord kring fröet ofta är för litet för att ge ett gott avdunstningsskydd, vilket är ett stort problem i vårsådda grödor. På hösten är behovet av avdunstningsskydd mindre, och direktsådden fungerar därför i regel bättre vid höstsådd än vårsådd. Direktsådd av höstvete efter en god förfrukt kan ge god etablering och genomföras med hög odlingssäkerhet.

Tabell 3.4. Antal höstvetplantor/m² efter olika förfrukter. Resultat från 10 försök i serie R2-9402. Observera att ej samma antal planträkningar är gjorda vår och höst

	Höstvete	Havre	Oljeväxter	Ärter
<i>Höst</i>				
Plöjning	278	263	277	275
Ej plöjning	300	333	301	284
<i>Vår</i>				
Plöjning	276	265	291	285
Ej plöjning	256	229	306	284

3.2.3. Såtidpunkt och utsädesmängd i svenska försök

Sambandet mellan hur tätt och livskraftigt ett höstvetebestånd blir beror av samspelet mellan utsädesmängd, såtidpunkt, odlingsplats, väder, sort och radavstånd (Håkansson, 1975). Det krävs alltså flerkriteriella försök med otroligt många olika upprepningar om ett optimum ska kunna bestämmas för alla olika givna förutsättningar.

I flertalet undersökningar har man valt att låta två till tre faktorer variera per utfört försöksled för att begränsa omfattningen av försöken. Försök har utförts i kombinationer av exempelvis utsädesmängd och såtid, såtid och sort, radavstånd och utsädesmängd med mera. Försöksverksamheten var omfattande under framförallt 1965-1985, och vårt bästa underlag för odlingsrekommendationer ligger därför 30-50 år bakåt i tiden. En stor

del av dessa försök sammanfattades av Andersson (1983). Nyare försök har utförts av bl.a. Yngwe (2009) och Yngvesson (2013), men underlaget är betydligt mindre än i de äldre försöken.

Försök med samtliga försök med olika såtider redovisas i figur 3.5. I norra Götaland och Svealand inföll optimum i början på september och skörden sjönk framförallt vid såtider från mitten av september. I södra Götaland låg optimum något senare, och effekten på skörden av såtidpunkt var betydligt mindre.

Resultaten från försök med olika såtider sammanfattades i rekommenderade såtidpunkter i olika regioner av Bengtsson (1983), tabell 3.5. Optimal såtidpunkt hamnade kring mitten på september i Götaland, och i månadsskiftet augusti-september i norra Svealand. Liknande rekommendationer gjordes av Andersson (1983).

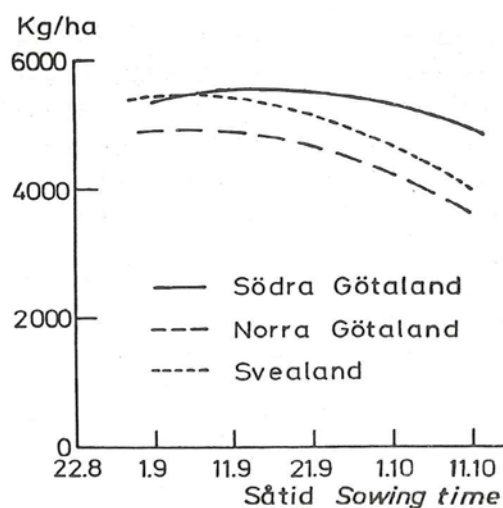


Fig. 3.5. Sambandet mellan såtid och kärnskörd, 204 observationer i södra Götaland, 92 i norra Götaland och 76 i Svealand. (Andersson, 1983).

Tabell 3.5. Rekommenderad såtidpunkt för olika odlingsområden, 61 såtidsförsök 1978-1982. (Bengtsson, 1983).

Odlingsområde	Såtid
Södra Götaland	10-25 september
Norra Götaland	10-20 september
Södra Svealand	10-15 september
Norra Svealand	25 augusti - 5 september

3.2.4. Försök med varierad såtid och utsädesmängd

Under perioden 1968-1972 utfördes kombinerade såtids- och utsädesmängdsförsök, totalt 22 försök. Försöken var utlagda på fem orter angivna efter dåvarande länsindelning, i Malmöhus, Kristianstad, Gotlands, Skaraborg och Västmanlands län. Sådden utfördes vid fyra

olika tidpunkter, medelsådatum var 4/9, 17/9, 3/10 och 17/10.

De utsädesmängder som prövades vid respektive såtid 300, 450, 600 och 750 grobara kärnor per kvadratmeter. I tabell 3.6 redovisas resultaten i form av plantantal/m² på hösten och på våren samt axantalet efter axgång.

Tabell 3.6. Antal plantor och ax för fyra utsädesmängder vid olika såtider. Jämförelse med den första såtiden (Andersson, 1983)

	Kärnor/m ²	Såtid				Medel
		1	2	3	4	
Plantantal per m ² , höst	300	267	-5	-5	-	264
	450	389	-14	-42	-	370
	600	475	-1	-36	-	463
	750	598	-11	-55	-	576
	Medeltal	432	-7	-34	-	418
Plantantal per m ² , vår	300	181	+31	+27	+4	197
	450	233	+41	+45	-11	252
	600	288	+42	+59	-4	312
	750	316	+63	+87	+8	356
	Medeltal	255	+44	+54	-1	279
Axantal per m ²	300	294	+35	+24	-17	305
	450	337	+41	+26	-32	346
	600	370	+32	+34	-29	379
	750	385	+66	+73	+20	425
	Medeltal	347	+43	+39	-15	364

Från tabellen kan utläsas att den tidigaste sådden gav det högsta plantantalet på hösten men att skillnaden till den andra såtidpunkten var liten. Vid tredje sådatumet var skillnaden något större och efter fjärde såtidpunkten kunde sällan någon planträkning göras då höstvetet sällan ens hade kommit upp. På våren var plantantalet störst i försökleden efter den andra och tredje såtiden. Det kan förklaras av att det vissa år skedde en omfattande utvintring främst till följd av snömögel i det tidigast sådda vetet, så var särskilt fallet på Gotland. Särskilt utsatta för utvintring var tidigt sådda försök med hög utsädesmängd. Den absoluta skördenivån från försöken redovisas i tabell 3.7. Högst skörd gav i genomsnitt den andra såtiden, alltså sådd kring mitten av september. Vid denna såtid hade utsädesmängden relativt liten effekt på avkastningen men den lägsta mängden gav något sämre skörd. Vid tidig sådd var en lägre utsädesmängd att föredra, främst på grund av lägre risk för snömögelangrepp. Vid såtidpunkt nr. 3 och 4 vilket motsvarade början respektive mitten av oktober, kunde skördeminskningen begränsas genom en höjd utsädesmängd men kom inte upp i nivå med såtidpunkt nr 2.

Ur skördesammanställningen urskiljs inte skillnaderna mellan de olika försöksplatserna men ur rapporten framgår att försöken i Västmanlands-, Skaraborgs- samt Kristianstad län hade den högsta avkastningen redan vid den första såtidpunkten. Skillnaderna mellan första och andra såtiden var dock relativt liten. I Malmöhus län var avkastningen högst vid andra såtiden och på Gotland orsakade snömögel svaga bestånd i det tidigast sådda försöket vilket bidrog till en i genomsnitt lägre avkastning för såtid 1 jämfört med såtid 2.

Utsäde är en insatsvara och det är bara intressant att öka utsädesmängden så länge som intäkten genom ökad skörd är större än kostnaden för den ökade mängden sådda frön. För utsädesmängd i spannmål används begreppet "reducerad nettoskörd". Om kostnaden för utsäde antas motsvara dubbla spannmålsvärdet blir:

Reducerad nettoskörd = Bruttoskörd – (utsädesmängden*2)

Beräkning av den reducerade nettoskörden visas i tabell 3.8, där såtidpunkt nr. 2 och utsädesmängden 450 grobara kärnor/m² har satts som mätare.

Tabell 3.7. Kärnskörd, kg/ha för fyra utsädesmängder vid fyra olika såtider, totalt 22 försök. Jämförelse med den första såtiden (Andersson, 1983)

Utsädesmängd, antal grobara kärnor per m ²	Såtid				Medeltal
	1	2	3	4	
300	4620	+60	-400	-1060	4270
450	4720	+90	-240	-960	4440
600	4580	+340	-20	-630	4500
750	4550	+290	-80	-630	4450
Medeltal	4620	+200	-180	-820	4420

Tabell 3.8. Reducerad nettoskörd i procent, (mätaren understruken, 100=4460 kg/ha). (Andersson, 1983)

Utsädesmängd, antal grobara kärnor per m ²	Såtid			
	1	2	3	4
300	98	100	89	75
450	98	100	93	76
600	92	100	92	78
750	89	95	87	75

Trenden är att högre utsädesmängder blir mer lönsamma vid sen jämfört med tidig sådd. Ökad utsädesmängd kunde dock inte kompensera för skördebortfallet pga sen sådd, effekten på skördenivån var ganska marginell.

Genom att anpassa en andragradsekvation till respektive trendlinje för samspelet mellan utsädesmängd och reducerad nettoskörd beräknades den mest lönsamma utsädesmängden (Andersson, 1983), tabell 3.9.

För såtidpunkt nr. 1 ger beräkningen en mycket låg utsädesmängd. Eftersom den ligger klart lägre än vad som undersökts är det osäkert om beräkningarna är tillämpbara och kan användas för rekommendationer. Övriga beräknade utsädesmängder kan anses vara väl underbyggda.

Andersson och Larsson (1989) beräknade också regionalt rekommenderade utsädesmängder (tabell 3.10). Denna hamnade då kring 400 kärnor/m², med lägre värden i södra Sverige och högre i Mälardalen.

Tabell 3.9. Optimal utsädesmängd givet såtid, för högsta reducerade nettoskörd (Andersson, 1983).

Optimal utsädesmängd				Reducerad nettoskörd	
Såtid		antal grobara kärnor/m ²	kg/ha	kg/ha	rel.
1	(4/9)	168	75	4430	99
2	(17/9)	441	197	4480	100
3	(3/10)	493	220	4140	92
4	(17/10)	554	248	3460	77

Tabell 3.10. Optimala utsädesmängder områdesvis, 35 försök år 1982-1987 (Andersson & Larsson, 1989)

	Optimal utsädesmängd, antal grobara kärnor/m ²
Mälar-hjälmarbygden	470
Östra Götaland	390
Västra Götaland	420
Södra Götaland	360

Nyare försök med olika utsädesmängd är gjorda främst i södra Sverige (Skåne) och har redovisats av Yngvesson (2013), fig. 3.6. I dessa försök var påverkan av både utsädesmängd och såtid på skörden ganska liten. Högst skörd erhöles vid den mellersta såtidpunkten i början på oktober, dvs. senare än i de äldre försöken.

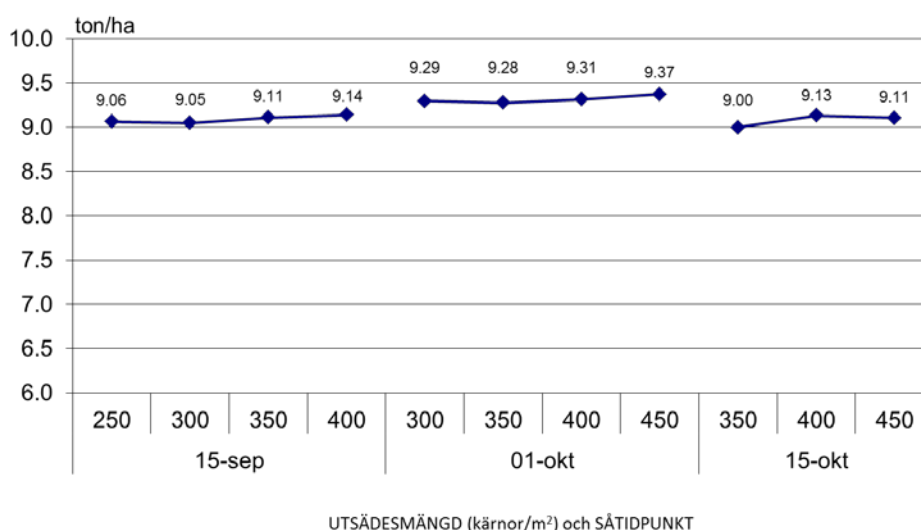


Fig. 3.6. Skörd av höstvet i försök i Skåne med olika såtider och utsädesmängder. Totalt 10 försök 2011-2013 (Yngvesson, 2013).

3.2.5. Radavstånd

Under åren 1974-1977 utfördes försök med olika radavstånd till höstvet, totalt tio försök. Försöken utfördes på tre platser i södra och mellersta Sverige. Utsädesmängden var samma vid samtliga radavstånd, 450 plantor/m².

Antal plantor höst/vår, övervintring och axantal redovisas i tabell 3.11. Antal plantor på hösten minskade vid ökat radavstånd, dessutom försämrades

övervintringen. Axantal per kvadratmeter minskade också vid ökat radavstånd.

Skörd i medeltal för samtliga platser redovisas i tabell 3.11. Skörden minskade med ökat radavstånd, framförallt ökningen från 10 till 13 eller 16 cm. I genomsnitt minskade skörden med 0,7 % per cm ökat radavstånd. I materialet fanns också en tendens att effekten på skörden blev större vid höga skördnivåer (tabell 3.12).

Tabell 3.11. Plant- och axantal vid olika radavstånd, 10 försök 1974-1977 (Andersson, 1983)

Egenskap	Radavstånd, cm				
	10	13	16	19	22
Plantantal per m ²					
höst	368	365	345	347	334
vår	316	301	287	272	260
Övervintring, %	86	82	83	78	78
Axantal per m ²	467	439	432	412	399
Antal ax, per planta	1,48	1,46	1,51	1,51	1,53

Tabell 3.12. Kärnskörd kg/ha, jämförelse mellan radavstånd, 10 försök 1974-1977 (Andersson, 1983)

	Radavstånd				
	10 cm	13 cm	16 cm	19 cm	22 cm
Skördenivå					
Medeltal	6910	-250	-490	-530	-580
< 6500 kg/ha	5890	-120	-370	-380	-580
> 6500 kg/ha	7930	-370	-620	-690	-670

3.3. Slutsatser

Etableringen är grundläggande för god skörd. För högsta möjliga skörd ska sådden ske i rätt tid, med rätt utsädesmängd, med goda förhållanden för groning och tillväxt och med lämplig placering både i horisontal- och vertikalled.

Såtiden är en mycket viktig skördebestämmande faktor, och viktigare ju längre norrut i landet höstvetet odlas.

Ökad utsädesmängd kan inte kompensera för sen sådd, även om optimala utsädesmängden ökar något vid senare sådd. Vid tidig sådd, och särskilt i södra Sverige, kan utsädesmängden ofta minskas utan att avkastningen påverkas negativt.

Höstvete kan odlas framgångsrikt i system med plöjning, plöjningsfri odling och till viss del också direktsådd.

Grundbearbetningen behöver främst anpassas efter förfrukt och mängden skörderester.

Äldre försök visar att höstvetets avkastning påverkas i relativt hög grad av radavståndet.

3.3.1. Kunskapsluckor

Omfattande odlingstekniska försök genomfördes framförallt på 60- och 70-talet. I många fall behövs nya försök, t.ex. avseende såtid och utsädesmängd, för att gälla för nuvarande sortmaterial.

Det finns mycket omfattande detaljstudier av såbäddens funktion för vårsådda grödor, men väldigt lite för höstsådd. Det gäller t.ex. såbäddens finhetsgrad och sådjupets betydelse, som potentiellt skulle kunna ha

en stor inverkan på etablering och avkastning. Inom detta område finns behov av ny forskning. Även studier av bl.a. radavstånd skulle vara av intresse, eftersom det idag blir vanligare med såmaskiner med ökat radavstånd.

samband med etablering: främst avseende såtid, utsädesmängd (kanske främst möjlighet att minska kostnad), såbäddens utformning och fröets placering i vertikal- och horisontalled. Potential 0-10 %.

3.3.2. Skördepotential

Som framgått finns flera tänkbara potentiellt skördehöjande faktorer i

Referenser

- Andersson, B., 1983. Odlingstekniska försök med höstvet, Rapport 121, Institutionen för Växtodling, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Arvidsson, J., Etana, A., Rydberg, T., 2014. Crop yield in Swedish experiments with shallow tillage and no-tillage 1983–2012. *European journal of agronomy* 52, 307-315.
- Bengtsson, 1972. Radavstånd och utsädesmängd för vårvete och korn. *Lantbrukshögskolan meddelanden A 160*. Uppsala.
- Bengtsson, A., 1983. Såtider och benomylbehandling i höstråg och höstvet, Rapport 119, Institutionen för växtodling, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Heinonen, R., 1985. Soil management and crop water supply. *Dep. of Soil Sciences, Swed. Univ. Agr. Sci.*, Uppsala.
- Håkansson, I., von Polgar, J., 1984. Experiments on the effects of seedbed characteristics on seedling emergence in a dry weather situation. *Soil Tillage Res.*, 4, 115-135.
- Håkansson, I., Myrbeck, Å., Etana, A., 2002. A review of research on seedbed preparation for small grains in Sweden. *Soil Tillage Res.*, 64, 23-40.
- Håkansson, S., 1975. Grundläggande växtodlingsfrågor 1. Inflytande av utsädesmängden och utsädes horisontella fördelning på utveckling och produktion i kortvariga växtbestånd. Institutionen för växtodling, Lantbrukshögskolan, Uppsala
- Håkansson, S., 1984. Row spacing, seed distribution in the row, amount of weeds – influence on production in stands of cereals. *SLU, 25th Swedish Weed Conference: Reports*, 17-34.
- Håkansson, S., 2003. Weeds and weed management on arable land, an ecological approach. Department of ecology and crop production science, Swedish university of agriculture, Uppsala, Sweden.
- Lafond, G.P., May, W.E., Irvine, B., 2005. *Can. J. Plant Sci.* 85, 889-892.
- Strand, E., 1968. Radavstånd vid såing av korn, engvekster m.v. En sammenstilling og bearbejdelse av inn- og utenlandske forsøksresultater. *Nordisk Jordbruksforskning* 50, 429-445.
- Yngvevesson, N., 2013. Såtidförsök höstvet och vårsäd. Rapport från växtodlings- och växtskydds dagar i Växjö 3-4 dec 2013. Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet nr 66, SLU.
- Yngwe, K., 2010. Karaktärisering av höstvetets avkastningskomponenter Sveriges Lantbruksuniversitet. Agronomprogrammet mark/växt. (Examensarbete 30 hp, 2010)

4. Jordpackning-luckring

Johan Arvidsson, inst. för mark och miljö, SLU

Jordpackning kan sänka skörden i höstvet, jämfört med andra grödor är dock höstvet relativt tåligt mot packning. Det visas också av att höstvet, med en god förfrukt, oftast har god avkastning i ett plöjningsfritt system. Ett särskilt problem är att många jordar har låg genomsläpplighet i alven, vilket bl.a. kan försämra grödans övervintring. Enbart mekanisk alvluckring har sällan gett positiva resultat, "biologisk alvluckring" och luckring som stabiliserats med hjälp av kalk har dock höjt skörden i försök på Ultuna .

Jordpackning kan sänka skörden och försämra markens kvalité. Packning av matjorden har ofta störst direkt inverkan på grödan, eftersom den största delen av rottillväxten och näringsupptagningen sker här. Packning av alven har dock också stor betydelse, framförallt genom att effekterna av alvpackning finns kvar under lång tid och också är svåra att reparera. Detta kapitel kommer att ta upp svenska och internationella erfarenheter av jordpackning med avseende på höstvet. Dessutom kommer betydelsen av bearbetningssystem att tas upp, eftersom en av bearbetningens uppgifter är att luckra jorden, d.v.s. motverka packning. Det är därför naturligt att studera frågor kring packning-luckringsproblematiken i samma avsnitt. Ett avsnitt kommer också att ta upp höstvetets rotutveckling.

Jag kommer här endast att behandla packning som uppstår under hjul eller band, d.v.s. ej packning under t.ex. bearbetningsredskap eller vid naturliga processer (torkning, uppblötning o.s.v.).

4.1. Hur uppstår packning och vad har packningen för effekter på mark och gröda?

4.1.1. Packningens uppkomst

Jorden packas när det tryck som marken utsätts för är större än dess hållfasthet. Definitionsmässigt är tryck=kraft/ytenhet, i detta fall den kraft som en viss jordarea

utsätts för. Tryckets ursprung är tyngden av en maskin, dividerat med maskinens understödsyta, i form av däck eller band. För däck brukar trycket i markytan ofta approximeras med ringtrycket. Maskinens vikt bärs upp av luften i däck. Idealt sett fungerar däck som en ballong, vid jämvikt kommer då trycket på insidan och utsidan av däck att vara detsamma; lufttrycket i däck, d.v.s. ringtrycket. I verkligheten har däck dock en viss styvhet, som gör att maximala trycket i anliggningsytan är något högre, som en tumregel 1,5 ggr ringtrycket. Tryckets utbredning nedåt i markprofilen beror både på ringtryck och tyngd. En ökad tyngd innebär, vid oförändrat ringtryck, att understödsytan ökar. Krafterna från understödsytans olika delar kommer då att samverka till ett större djup. Därför kommer en ökning av hjullasten att medföra ökat tryck i alven. I figur 4.1. ges exempel på beräknad tryckutbredning för en hjullast på 1000 respektive 9000 kg med samma ringtryck på 160 kPa (1,6 bar).

Tumregler för tryckets utbredning i marken kan därför vara:

0-10 cm – Trycket bestäms i första hand av ringtrycket, med ett maxtryck ca 1,5 ggr ringtrycket

10-50 cm – Trycket bestäms av både ringtryck och hjullast

>50 cm – Trycket bestäms främst av hjullast (djupare ned också av axelbelastning)

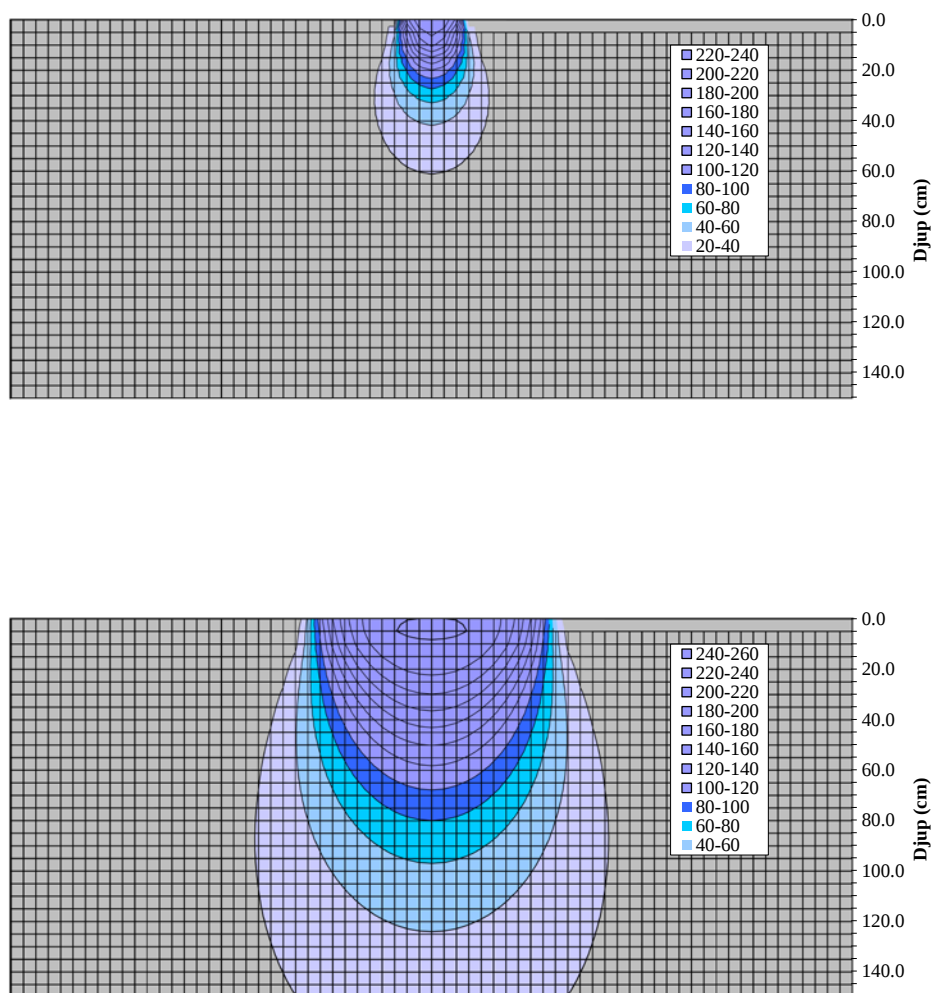


Fig. 4.1. Beräknad tryckutbredning (kPa) för hjullast på 9000 kg (överst) och 1000 kg, båda med ringtryck 160 kPa (1,6 bar).

4.1.2. Effekter på mark och gröda

Packning innebär definitionsmässigt en ökning av markens skrymdensitet, vilket är detsamma som en minskning av markens porositet. Det är de största porerna som minskar, vilka har stor betydelse för

dränering och rottillväxt. En ökning av pordiametern med faktorn 10 ökar ledningsförmågan för vatten med 10000 gånger. Enstaka stora porer kan därmed ge en god genomsläpplighet på jordar som huvudsakligen är täta. Detta har framförallt stor betydelse på styvare jordar. De stora

porerna har också stor betydelse för grödans rottillväxt.

Packningen gör också att jordpartiklarna trycks närmare varandra, och innebär en homogenisering av markens struktur. Båda dessa faktorer gör att jordens hållfasthet ökar. Därmed ökar motståndet för rottillväxt och dragkraftsbehovet vid bearbetning. Det gör också att strukturen blir grövre med större kokor, vilket försämrar förhållandena för groning och uppkomst.

De negativa effekterna av packning kan sammanfattas i två punkter:

- Låg genomsläpplighet - stående vatten, syrebrist. Främst styva jordar, blöta förhållanden
- Stort mekaniskt motstånd – försämrad rottillväxt. Främst lätta jordar, torra förhållanden

Effekter av packning är dock inte enbart negativa. En packad jord kommer vid torra förhållanden att leda vatten bättre än en lös jord. Detta kan förbättra transporten av både vatten och näringsämnen till rötterna, via diffusion och massflöde (Kemper et al., 1971; Kooistra et al., 1992). En schematisk bild av hur packning påverkar mark och gröda ges i figur 4.2.

4.1.3. Strukturtillstånd i svenska jordar

En allvarlig effekt av packning är att markens genomsläpplighet för vatten försämrats. Detta kan ses som speciellt allvarligt för höstsådda grödor, eftersom vattenmättade förhållanden främst uppstår under vinterhalvåret, under grödornas övervintring.

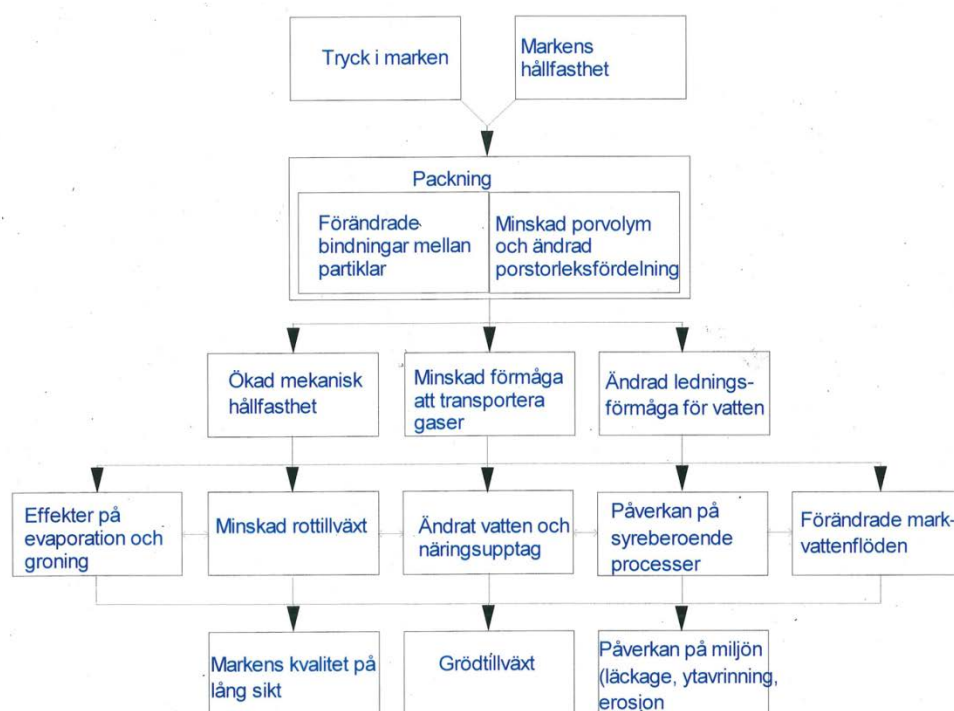


Fig. 4.2. Schematisk bild över effekter av jordpackning på mark och gröda. Efter Arvidsson (1997).

Moberg (2001) gjorde en undersökning av genomsläppligheten på 10 platser i Skåne och Halland. Mätningar gjordes på 50- och 60-talen och upprepades på samma plats 1997. Genomsläppligheten var så gott som genomgående klart lägre vid mätningarna 1997.

Bl.a. på grund av ovanstående undersökning, startades 2003 en miljöövervakning av strukturtillståndet i svenska alvjordar. Sammanlagt 30 platser i

olika delar av Sverige undersöks, 5 platser per år. Efter 6 år återvänder man till samma plats, för att kunna följa förändringar i markstruktur med tiden. En sammanfattning av första mätomgången på de 30 platserna ges i figur 4.3. En genomsläpplighet på 1 cm/h anges ofta som ett gränsvärde, i alven ligger våra jordar alltså i medeltal klart under detta. Problemen är oftast störst på de styva lerorna, men också på lättare jordar är genomsläppligheten ofta för låg (figur 4.4).

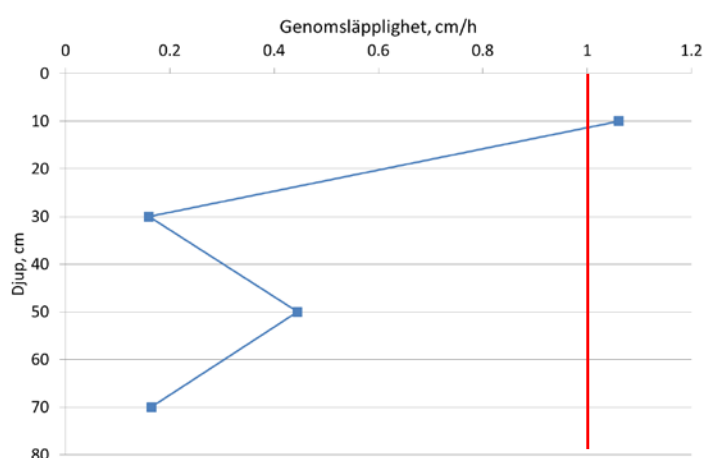


Fig. 4.3. Genomsläpplighet i program för miljöövervakning av markpackning. Medianvärde för 30 platser i Sverige, mätningar 2003-2008. Den vertikala linjen anger 1 cm/h, som ofta anges som gränsvärde för godtagbar genomsläpplighet.

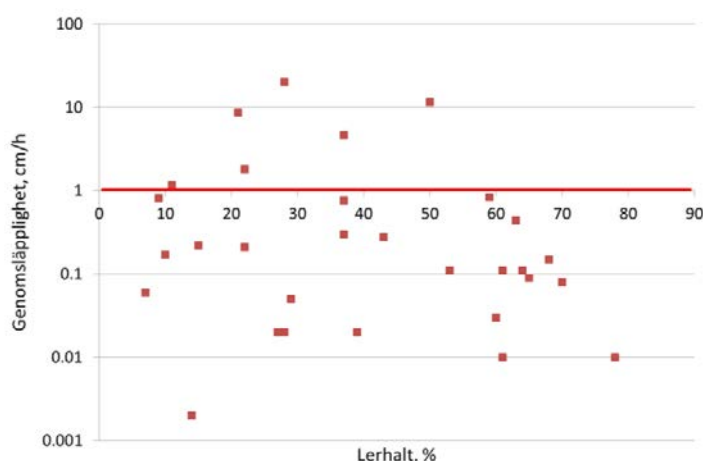


Fig. 4.4. Genomsläpplighet i program för miljöövervakning av markpackning, värden för 30 platser i Sverige som funktion av lerhalt, mätningar 2003-2008. Den horisontella linjen anger 1 cm/h, som ofta anges som gränsvärde för godtagbar genomsläpplighet.

Den låga genomsläppligheten kan förklaras med ensidiga växtföljder (liten andel vall), packning och eftersatt dränering, och kan utgöra ett stort problem i höstveteadlingen.

4.2. Rotutveckling hos höstvet

Höstvete, liksom övriga spannmålsslag, utvecklar ett rotsystem med två typer av rötter, frörötter (seminala rötter) och kronrötter (nodala rötter). Frörötterna utvecklas från fröet i samband med groningen medan kronrötter utvecklas från strånoder nära markytan, främst under bestockningsfasen. Frörötterna är något smalare än kronrötterna, har en starkare vertikal utbredning och når störst djup i markprofilen. De anses därför viktigast för vattenupptagning, medan utvecklingen av kronrötter främst har betydelse för näringsupptagning i markens övre del. För höstsäd sker knappast någon utveckling av kronrötter under hösten. (Haak, 1978)

Huvuddelen av rottillväxten sker i matjorden. Hoad et al (2001) angav värden på rotlängdsdensitet i matjorden för stråsäd på 28 till 122 km m⁻³ i skiktet 0-20 cm, medan den i djupare lager kunde vara mindre än 1 km m⁻³. McGowan et al. (1984) angav att 60-70 % av rotlängden i höstvete fanns i de översta 30 cm, ytterligare 20-25% i skiktet 30-60 % och mindre än 1 % djupare än 1 m.

Omfattande mätningar av rotutveckling gjordes bl.a. av Wiklert (1961), Fig. 4.5. På en lera med god struktur kunde rötterna växa till ca 1 meters djup redan på hösten, maximalt rotdjup var ca 2 m. Av figuren framgår också att det är frörötterna som utvecklas under hösten och står för den djupare exploateringen av markprofilen. På styva leror med god struktur utbildas ett spricksystem där rötterna kan växa relativt obehindrat, i de svenska undersökningarna med en tillväxthastighet kring 3 cm/dygn. I

undersökningar i Storbritannien uppmättes lägre tillväxthastigheter; ca 12 mm/dygn på hösten och 18 mm på våren (Barraclough och Weir, 1988), eller en tillväxthastighet på 1,8 mm °C dygn⁻¹ (Barraclough, 1984). Höstvete kan alltså ha ett rotsystem med stor utbredning redan vid vegetationsperiodens start på våren, vilket ger goda möjligheter att ta upp vatten och näring och god motståndskraft mot torka (Gales, 1983 cit Houd). På lätta jordar är det mekaniska motståndet betydligt större, rotutvecklingen är därför ofta begränsad till matjorden och översta delen av alven (fig. 4.5).

I danska undersökningar uppmättes maximalt rotdjup för höstvete till ca 2,2 m (Thorup-Kristensen et al., 2009), medan det var ca 1,1 m för vårvete. Det större rotdjupet förbättrar möjligheten att ta upp vatten, dessutom kan exempelvis kväveläckage minskas. I svenska undersökningar har det dock inte varit lika stor skillnad i maximalt rotdjup mellan höst- och vårsäd. I Wiklerts (1961) undersökningar var maximalt rotdjup ungefär samma för höstvete och vårkorn, kring 2 m. Rydberg (1987) uppmätte maximalt rotdjup på mer än 1,5 m för vårkorn och vårvete.

I en internationell sammanställning av Hoad et al (2001) angavs maximalt rotdjup för höstvete i olika undersökningar till mellan 1 och 2 meter. För vårsäd var maximalt rotdjup något lägre, men fortfarande med maximalt rotdjup på 1,6-1,7 m för korn och havre. Vid ett givet utvecklingsstadium kommer dock både rotdjup och rotutbredning oftast att vara större för höstvete än för vårsäd.

Såtidpunktens inverkan på rotutveckling i höstvete har undersökts bl.a. i danska försök. Sådd 25 augusti istället för 10 september gav en stor ökning av både

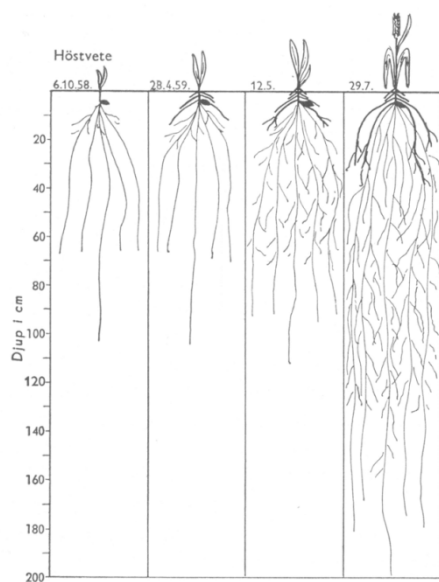


Fig. 1.

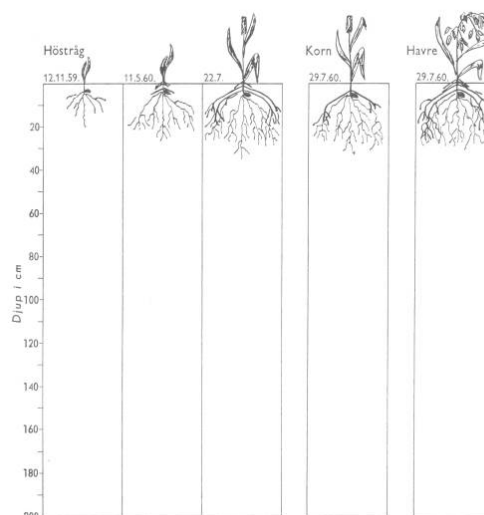


Fig. 9.

Fig. 4.5. Rotutveckling i höstvet på styv lera (vänstra bilden) och för olika grödor på moig sand. Från Wiklert (1961).

rotutbredning och maximalt rotdjup (Thorup-Kristensen, 2013).

Förhållandena under vintern innebär särskilda påfrestningar på rotsystemet, bl.a. risken för syrebrist vid vattenmättnad. Dickin och Wright (2008) undersökte effekten av vattenmättnad under vintern i en engelsk studie i höstvet, och uppmätte skördesänkningar kring 20 % jämfört med omättade förhållanden. I en studie med olika sorter (Dickin et al., 2009) fanns stora skillnader i tolerans mot vattenmättnad under vintern, det fanns dock inget samband mellan tolerans och slutlig skörd.

Bland annat på grund av svårigheterna att studera rötter vet vi betydligt mindre om växternas rotsystem jämfört med dess ovanjordiska delar, t.ex. kring sortskillnader i rottillväxt. Ibland hävdas att det finns ett positivt samband mellan strålängd och rotlängd, och att dagens kortstråiga sorter

därmed skulle innebära ett grundare rotsystem. Kubo et al. (2004) visade dock att sorter med dvärggener för förkortad strålängd hade lika god penetrationsförmåga som äldre sorter. I litteraturgenomgången av Hoad et al. (2001) var också rottillväxten hos moderna sorter i regel i nivå med eller bättre än för äldre sorter.

Rottillväxt anses vara en av de egenskaper som kan vara fruktbara att förbättra genom växtförädling för att öka skörden av bl.a. höstvet. I forskningsprojektet 20 20 i Rothamstead är målet att höja skördarna med 20 ton till 2020, bl.a. genom växtförädling för förbättrad rottillväxt (Hawkesford, 2013).

4.3. Effekter av packning på tillväxt och skörd av höstvete

Är höstvete en packningskänslig gröda? Frågan är inte helt lätt att besvara. Som nämnts tidigare är de negativa konsekvenserna av packning främst ökat mekaniskt motstånd för rottillväxt, samt problem orsakade av låg genomsläpplighet, såsom risken för syrebrist. Problem orsakade av packning kan därför förväntas vara jordartsberoende, och bl.a. bero på jordens naturliga förutsättningar för rottillväxt och genomsläpplighet. Packning av matjord respektive alv kan också förväntas ge delvis olika effekter, då näringsupptagning till stor del sker i matjorden, medan grödans vattenupptagning till stor del sker i alven. Problem orsakade av låg genomsläpplighet kan uppstå både i matjord och alv.

4.3.1 Internationella erfarenheter

Studier av effekter av jordpackning på grödans tillväxt och skörd har framförallt gjorts med avseende på packning i matjorden. För att motverka jordpackning görs oftast en luckring av jorden, i Sverige framförallt genom plöjning. Jorden blir dock i regel för lucker efter plöjning för att ge maximal skörd. En viss återpackning efter plöjning ger därför ofta en skördehöjning. Detta har bekräftats i både svenska och utländska försök (Carter, 1990; Håkansson, 1990; Lindstrom och Voorhees, 1994; Lipiec och Simota, 1994; Arvidsson, 1998, Reichert et al., 2009). Skörden som funktion av packningsnivå är ofta parabolisk (Håkansson och Lipiec, 2000), med ett optimumvärde vid en viss packningsgrad.

Effekter av packning har studerats i många olika grödor, men det finns inte så många systematiska jämförelser mellan olika grödor. Tvåhjärtbladiga växter anses ofta

vara mer känsliga än enhjärtbladiga (gräs, inkl. spannmål) (Lindstroem och Voorhees, 1994). Lipiec och Simota (1994) gjorde en litteraturgenomgång av olika grödors packningskänslighet baserat på försök i östra och centrala Europa. De drog slutsatsen att rotväxter, t.ex. sockerbetor, och majs var de mest packningskänsliga grödorna. Sojabönor, ärtor och raps var något mindre känsliga medan korn och vete hörde till de minst känsliga grödorna. Skördesänkningar för vete registrerades för skrymdensiteter högre än 1,4-1,5 g/cm³, optimal skrymdensitet var högre för höstvete än för råg, vårkorn och havre.

Skördesänkningar av packning i vete rapporterades bl.a. av Munkholm et al. (2008) i Danmark, Ahmad et al. (2009) och Radford et al. (2010). Chan et al. (2006) fann däremot att en ökning av skrymdensiteten från 1,25 till 1,50 Mg m⁻³ hade liten inverkan på veteskörden i en australiensisk studie. I studien av Ahmad et al. (2009) sänktes skörden vid skrymdensiteter kring 1,6 till 1,7 Mg m⁻³, vilket är mycket höga nivåer på skrymdensitet.

4.3.2. Svenska försök med ettåriga packningseffekter

Under framförallt 1970-talet genomfördes i Sverige ett stort antal försök för att studera kortsiktiga effekter av packning (Håkansson, 2000). Försöken utfördes framförallt i korn, men också i andra grödor. En fullständig redovisning av jämförelsen mellan olika grödor gjordes av Arvidsson och Håkansson (2014). Här görs en redovisning av de resultat som är mest relevanta för höstvete.

Jorden överfors med traktor, spår-intill-spår, för att täcka hela försöksytan. Försöksplanen innehöll fyra led:
A=inga överfarter

B=en överfart med traktorhjul, lågt ringtryck

C=en överfart med traktorhjul, högt ringtryck

D=tre överfarter med traktorhjul, högt ringtryck

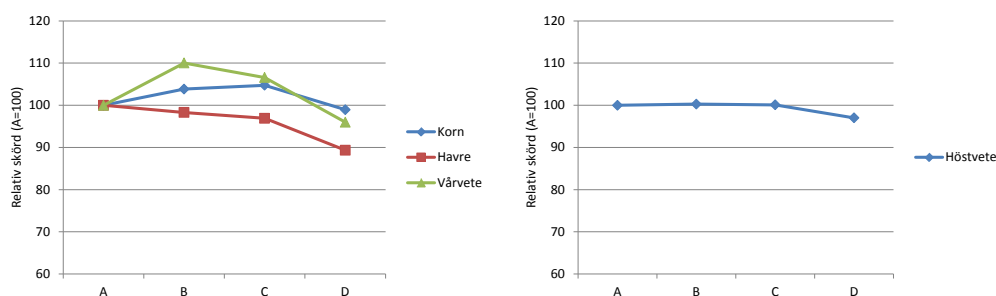
Packningen gjordes i samband med såbäddsberedning. En något tyngre traktor användes i led C och D jämfört med B. I jämförelse med dagens traktorer var dock traktorvikterna låga, traktorvikt och ringtryck i medeltal i de olika leden anges i tabell 4.1. Såbäddsberedning och sådd utfördes med en traktor med förlängd axel, så att skörderutan inte överfors med hjul,

frånsett den försöksmässiga packningen. Matjordens skrymdensitet efter packning bestämdes.

Relativ skörd (opackat led A=100) visas i figur 4.6. Viss återpackning höjde skörden av korn och vårvete. Höstveteskörden påverkades i genomsnitt inte så mycket. I figur 4.7 visas skörden av höstvetes och höstraps som funktion av skrymdensitet. Höstvete gav ofta hög skörd också vid de högsta nivåerna på skrymdensitet och verkar därför vara ganska okänsligt när det gäller packning i matjorden.

Tabell 4.1. Vikt och ringtryck på traktorer i svenska ettåriga packningsförsök

Led	B	C	D
Traktorvikt (kg)	1900	2650	3900
Ringtryck framhjul (kPa)	95	105	195
Ringtryck bakhjul (kPa)	55	95	155



Figur 4.6. Skörd i svenska försök med packning till olika grödor. Vänstra figuren: medeltal av 9 försök. Högra figuren: medeltal av 12 försök. A=inga överfarter, B=en överfart med traktorhjul, lågt ringtryck, C=en överfart, högt ringtryck, D=tre överfarter, högt ringtryck.

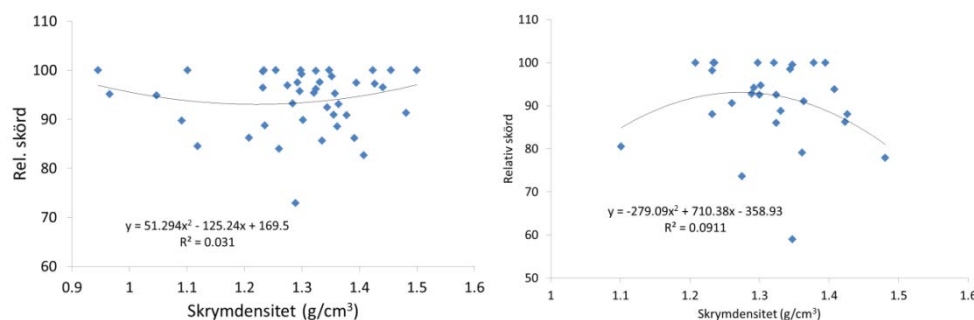


Fig. 4.7. Rel. skörd som funktion av markens skrymdensitet. Till vänster: höstvete. Till höger: hösträps.

4.4. Packning i olika bearbetningssystem

Det konventionella bearbetningssystemet i Sverige innebär plöjning vid odling av ettåriga grödor. Till höstvete är det också vanligt med någon form av icke-vändande bearbetning; plöjningsfri odling. På en liten del av arealen tillämpas också direktsådd. Ett plöjningsfritt system innebär normalt en förtätning av den del av matjorden som inte luckras; jorden blir mer packad (Rasmussen, 1998). Hur olika grödor fungerar i ett system med plöjningsfri odling kan därför ses som en indikation om deras packningskänslighet.

4.4.5 Internationella erfarenheter

Munkholm et al. (2008) redovisade resultat från två danska försök med olika bearbetningssystem till höstvete. Båda låg på relativt lätt jord (9 respektive 15 % ler), och hade tre bearbetningssystem: plöjning, plöjningsfri odling och direktsådd. Reducerad bearbetning medförde ett högre penetrationsmotstånd i matjorden och en sämre rotutveckling, i båda systemen direktsådd och plöjningsfri odling,

framförallt när höstvete odlades efter höstvete. I en schweizisk studie i höstvete (Qin et al., 2004) var rotlängdsdensiteten lägre för direktsådd än för plöjning i skiktet 10-30 cm, medan det inte fanns några skillnader på större djup. Erdem et al. (2006) jämförde olika bearbetningssystem på en lättlera i Turkiet. Plöjningsfri odling och direktsådd ökade markens penetrationsmotstånd och sänkte skörden jämfört med plöjning.

4.4.6. Svenska erfarenheter

En genomgång av skörderesultat i svenska försök med plöjningsfri odling 1983-2012 gjordes av Arvidsson et al. (2014), en tidigare genomgång för åren 1976-1985 gjordes av Rydberg (1987).

Relativ skörd i plöjningsfri odling som funktion av jordart visas i figur 4.8. En tydlig skördesänkning erhöles på de lättaste jordarna. Bäst resultat erhöles på lättleror, medan skörden var något lägre på de styvaste jordarna. En trolig förklaring är att luckringsbehovet generellt är högre på lätta jordar, och att rotutvecklingen i alven är sämre, vilket gör plantan mer beroende av

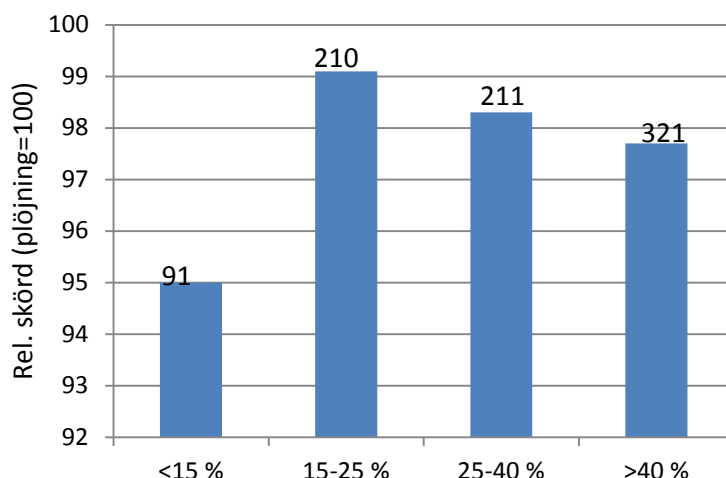


Fig. 4.8. Relativ skörd i plöjningsfri odling som funktion av jordart, resultat från svenska försök 1983-2012. Siffran ovanför varje stapel visar antal försök. Arvidsson et al., 2014.

god rotutveckling i matjorden. En möjlig förklaring till att relativskörden är högre på lättlor än på styvare jordar kan vara att växtföljden är mer stråsädesdominerad på de styvaste jordarna, vilket innebär en hög andel höstvet med spannmål som förfrukt. En annan förklaring kan vara att genomsläppligheten ofta är låg på styva jordar och ytterligare försämrats av den plöjningsfria odlingen. En sammanställning av skörden för olika grödor 1983-2012 visas i tabell 4.2.

I genomsnitt var skörden i plöjningsfri odling och direktsådd ca 2 respektive 10 % lägre än för plöjning. Generellt var relativskörden i plöjningsfritt högre för spannmål än för tvåhjärtbladiga grödor. Högst relativtalande erhöles för vårvete och korn. Höstvet gav i medeltal ca 3 % lägre skörd i plöjningsfri odling jämfört med plöjning. Det ska dock poängteras att effekten av förfrukt är extra stark i höstvet, och att

plöjningsfri odling medför en ökad risk för patogener sprids via skörderester. När höstvet odlades efter oljevaxter var relativtalande 100 (tabell 3.2), vilket pekar på att packning inte var den huvudsakliga orsaken till skördesänkning för höstvet i plöjningsfri odling.

Ett av de äldsta försöken med plöjningsfri odling ligger på Lönnstorp nära Alnarp i Skåne, på en moränjord med 15 % ler. I detta försök har i huvudsak använts en "skånsk växtföljd": korn-höstraps-höstvetesockerbetor. Skörderesultat sedan försökets start 1974 visas i tabell 4.3. I detta försök har alltså höstvet odlats efter en god förfrukt. Det är intressant att konstatera att korn är den gröda som avkastat klart bäst i den plöjningsfria odlingen, medan höstvet i medeltal haft något lägre skörd än då marken plöjts.

Tabell 4.2. Relativ skörd för olika grödor (plöjning=100) i plöjningsfri odling och direktsådd. Arvidsson et al., 2014

	Plöjningsfri odling			Direktsådd		
	Försök	Rel. skörd	Stdav. ¹	Försök	Rel. skörd	Stdav.
Alla	918	98,2*** ²	12,2	226	90,2***	19,4
Höstvete	299	97,4***	9,0	123	93,3***	16,2
Vårvete	46	101,2	13,1	11	76,1*	23,4
Vårkorn	264	99,7	12,3	43	88,4***	17,7
Havre	131	98,3	13,7	20	93,6**	23,5
Höstraps	49	95,3*	13,9	10	91,0	13,0
Våroljeväxter	69	99,2	13,1	10	80,2**	18,6
Ärter	21	93,9	25,6	5	68,1	44,4
Sockerbetor	25	94,8***	5,4	3	80,7	8,0
Potatis	14	95,5	8,2	1	96,0	-

¹Standardavvikelse. ²Signifikant skild från 100, ***P<0,001, **P<0,01, *P<0,05

Tabell 4.3. Relativ skörd (plöjning=100) i ett långliggande försök på Lönnstorp i Skåne, 1974-2012

	Plöjt led (kg/ha)	Plöjning till betor	Aldrig plöjning
Korn (n =10)	5498	104	104
Havre (n = 2)	5675	98	97
Höstvete (n =8)	7361	100	97
Höstraps (n =7)	3894	99	95
Sockerbetor (n = 9)	10360	97	92
Medel för alla grödor (n = 38)	100	100	96

I en del av de svenska försöken har gjorts rotstudier. De mest omfattande gjordes av Rydberg (1987), främst dock i vårsådda grödor. I flera fall konstaterades sämre rotutveckling i matjorden för plöjningsfri odling jämfört med plöjning. I alven var dock rotutvecklingen ungefär lika för de båda systemen, både med avseende på utbredning och maximalt rotdjup.

Studier av rotutvecklingen i matjorden har gjorts också i andra försök, bl.a. av Comia et al. (1994), Sjöholm (2008) och Arvidsson et al. (2013). I en del av dessa har rotutvecklingen varit sämre i den plöjningsfria odlingen, i andra fall har det inte funnits några tydliga skillnader mellan systemen.

4.5. Alvluckring

Packning av alven kan anses som ett hot mot våra jordars produktionsförmåga. En potentiell möjlighet vore att luckra alven, för att förbättra rotutveckling och genomsläpplighet och därmed ge möjlighet till högre skörd. Både svenska och utländska undersökningar visar dock att resultaten av alvluckring inte är entydiga, speciellt inte med avseende på skörd.

4.5.1. Internationella erfarenheter

Försök med alvluckring har gjorts runt om i världen, framförallt i USA. Effekten på skörd har varit mycket varierande, i vissa fall stora positiva effekter, i andra fall

ingen effekt och i enstaka fall negativ. Vissa trender är dock relativt tydliga.

Positiva effekter på skörd har varit betydligt vanligare på lätta jordar, framförallt sandjordar, än på jordar med högre lerhalt. I en serie amerikanska försök fanns en direkt korrelation mellan andelen sand och ökad skörd vid alvluckring. Skördehöjning av alvluckring har också varit vanligare för tvåhjärtbladiga grödor samt majs, jämfört med t.ex. vete, korn och havre.

4.5.2. Svenska försök

Det har gjorts ett stort antal försök med alvluckring i Sverige, huvuddelen ligger dock ganska långt bakåt i tiden. En sammanställning av försök utförda under perioden 1937-1963 i olika delar av Sverige (östra Svealand, Kalmar län, Gotland, Skåne samt västra Sverige) gjordes av Nilsson och Henriksson (1968). I de flesta fall var effekterna på skörden små. Ett undantag var försök på Gotland där man i genomsnitt erhöll en skördeökning på 11,6 %, och signifikanta utslag i många fall. Också i västra Sverige erhöles i medeltal en skördehöjning (3,9 %), effekten var dock signifikant endast i 2 av 25 försök – i ett fall med höjt skörd och ett fall med sänkt skörd. Höstveten odlades endast 6 av sammanlagt 118 försöksår. Utslaget på skörd var i regel litet – i ett fall erhöles dock en signifikant skördesänkning. Edling et al. (1972) sammanställde 7 skånska försök med djupluckring 1964-1968 med sammanlagt 21 försöksår. Relativ skörd för alvluckring var i medeltal för samtliga försök, liksom för tre försöksår med höstveten, nära 100.

Håkansson (1976) redovisade resultat från elva försök med alvluckring i södra och västra Sverige, i genomsnitt med små effekter på skörd. Höstveten odlades i 6 av

56 försök, inte i något av dessa erhöles signifikant utslag på skörd.

Mekanisk alvluckring har alltså sällan höjt skörden i svenska försök, utom på Gotland. Av de ovan redovisade erhöles inga signifikanta skördehöjningar i höstveten, som dock endast odlades i 15 av 195 försöksår.

I stället för mekanisk alvluckring skulle man kunna tänka sig att låta växter med kraftiga rotsystem skapa hålrum i marken som ger god infiltration och underlättar rottillväxt för framtida grödor. År 2000-2002 odlades därför olika grödor: lupin, lusern, rödklöver, rörsvingel, cikoria och korn (referensgröda) i ett försök på styv lera på Ultuna (Löfkvist, 2005). Dessutom gjordes mekanisk alvluckring i två led, dels i korn, dels i lusern. Marken hade först packats med dumper. Efter att "alvluckrarna" slutade odlas 2002 har spannmål odlats varje år, genomsnittlig skörd redovisas i tabell 4.4. Det är slående att skörden av framförallt höstveten varit högre efter "alvluckrarna". Vad denna effekt beror på är dock långt ifrån klar, mätningar av t.ex. markens genomsläpplighet visade inte på några stora effekter av de olika grödorna.

I ett annat försök, startat 2000, gjordes mekanisk luckring med ett s.k. ekoskär, som luckrar ca 10 cm under plöjningsdjup samtidigt som plöjningen (Bölenius, 2014). I ett av leden slammades släckt kalk upp och fördes ned i den luckrade plogsulan. I ett annat led fördes kalk ned på botten utan luckring. Resultatet visas i tabell 4.5. I ledet med enbart mekanisk luckring har inte erhöles någon skördehöjning, medan skörden varit klart högre i ledet med luckring och släckt kalk. Intressant är också att skördehöjningen varit större för höstveten än för vårsäden, liksom i försöket med biologisk alvluckring.

Tabell 4.4. Skörd efter odling av ”biologiska alvluckrare”. Odling av olika grödor gjordes 2000-2002 (Löfkvist, 2005). Skörd avser skörd av spannmål under efterföljande år 2003-2013

	Reltal korn=100		
	Alla (11)	Höstvete (5)	Vårsäd (5)
Korn	100	100	100
Korn (alvluckring)	98	99	99
Gul Lupin	104	106	102
Lusern	104	105	103
Lusern (alvluckring)	106	107	104
Rödklöver	104	105	103
Rörsvingel	105	110	99
Cikoria	104	108	99

Tabell 4.5. Skörd efter alvluckring med ekoskär, gjord år 2000, under efterföljande år 2003-2013

	Medel 13	Höstvete 5	Vårsäd 7
Försöksår			
A. Plöjning	100	100	100
B. Plöj. m. Ekoskär år 1	98	96	98
E. Plöj. m. Ekoskär år 1 + kalk i fåran år 1	107	112	105
F. Plöj. + kalk i fåran år 1	103	103	102

4.6. Slutsatser

Höstvete, liksom korn och vårvete, är relativt tåligt mot packning i matjorden. Negativa effekter av jordpackning erhålls framförallt på lätt jord då höstvetets rotutveckling förhindras. Positiv effekt av t.ex. alvluckring erhålls också framförallt på lätt jord, eller på jord med rotspärrande skikt, då rotutvecklingen förbättras. Höstvetets goda möjlighet till rotutveckling och etablering av ett djupt rotsystem redan på hösten medverkar antagligen till att känsligheten för packning minskar. God struktur i alven får dock ses som en mycket viktig faktor för höstvetets produktionsförmåga. Särskilt på styv jord finns ofta problem med låg

genomsläpplighet, vilket kan ge speciellt svåra påfrestningar under övervintringen. För höga höstveteskördar är det därför mycket viktigt att upprätthålla en god markstruktur som ger goda möjligheter för rötterna att exploatera markprofilen, och en god dränering under vinterhalvåret. Försök med strukturförbättring av alven har också gett större utslag i höstvete än i vårsådda grödor. En god struktur erhålls genom en kombination av olika åtgärder; främst genom att hålla marken bevuxen så stor del av året som möjligt, god dränering, minimerat antal överfarter, låga ringtryck samt trafik under så torra förhållanden som möjligt. Odling av djupluckrande grödor eller alvluckring tillsammans med

inkorporering av stabiliserande material är också möjliga åtgärder.

Kunskapsluckor
• Markstrukturens betydelse för avkastningspotentialen, framförallt med avseende på alven • Hur vi långsiktigt ska förbättra alvens struktur och grödans rotutveckling

Skördepotential
• Ökad skörd kommer att vara starkt beroende av förutsättningarna på den enskilda platsen och kan skattas till 0-15 %

4.8. Referenser

- Ahmad, N., Hassan, F.U., Belford, R.K., 2009. Effect of soil compaction in the subhumid cropping environment in Pakistan on uptake of NPK and grain yield in wheat (*Triticum aestivum*). I. Compaction. *Field Crops Res.* 110, 54-60.
- Arvidsson, J., 1999. Nutrient uptake of barley in compacted soil in field and laboratory experiments. *Plant and Soil* 208: 9-19.
- Arvidsson, J. 1998. Influence of soil texture and organic matter content on bulk density, air content, compression index and crop yield in field and laboratory compression experiments. *Soil Tillage Res.* 49, 159-170.
- Arvidsson, J., Etana, A., Rydberg, T., 2014. Crop yield in Swedish experiments with shallow tillage and no-tillage 1983–2012. *European journal of agronomy* 52, 307-315.
- Arvidsson, J., Håkansson, I., 2014. Response of different crops to soil compaction—Short-term effects in Swedish field experiments. . *Soil and Tillage Research* 138, 56-63.
- Barracough, P.B., 1984. The growth and activity of winter wheat roots in the field – Root growth of high yielding crops in relation to shoot growth. *J. Agric. Sci.* 103, 439-442.
- Barracough, P.B., Weir, A.H., 1988. Effects of a compacted layer on root and shoot growth, water use and nutrient uptake of winter wheat. *J. Agric. Sci.* 110, 207-216.
- Bennie, A.T.P., Botha, F.J.P., 1986. Effect of deep tillage and controlled traffic on root growth, water-use efficiency and yield of irrigated maize and wheat.
- Bölenius, E., 2014. Ekoskär och kalk. Ur Jordbearbetningens årsrapport 2013 (red. J. Arvidsson). Rapporter från jordbearbetningen 128, Inst. för mark och miljö, SLU.
- Carter, M.R., 1990. Relative measures of soil bulk density to characterize compaction in tillage studies on fine sandy loams. *Can. J. Soil Sci.* 70, 452-433.
- Chan, K.Y., Oates, A., Swan, A.D., Hayes, R.C., Dear, B.S., Peoples, M.B., 2006. Agronomic consequences of tractor wheel compaction on a clay soil. *Soil Tillage Res.* 89, 13-21.
- Comia, R.A., Stenberg, M., Nelson, P., Rydberg, T., Håkansson, I., 1994. Soil and crop responses to different tillage systems. *Soil Till. Res.* 29, 335-355.
- Dickin, E., Wright, D., 2008. The effects of winter waterlogging and summer drought on the growth and yield of winter wheat. *Eur. J. Agr.* 28, 234-244.
- Dickin, S., Bennett, S., Wright, D., 2009. Growth and yield responses of UK wheat cultivars to winter waterlogging. *J. Agr. Sci.* 147, 127-140.
- Edling, P., Fergedal, L., 1972. Field trials on soil compaction. SLU, Uppsala. Reports from the Division of Soil Management, No. 31, 71 pp. (In Swedish.)

- Erdem, G., Yildirim, S., Seven, I., 2006. The effect of tillage systems on wheat growth and yield in the dry-land region of Turkey. *Journal of Applied Sciences* 6, 2408-2413.
- Gales, K., 1983. Yield variation of wheat and barley in Britain in relation to crop growth and soil conditions – a review. *J. Sci. Food Agric.* 34, 1085-1104.
- Haak, E., 1978. Studier av stråsåds rotutveckling och mineralämneshushållning. Rapport SLU-IRB-44. Institutionen för radiobiologi, SLU.
- Hawkesford, M., 2013. Improving nitrogen efficiency through genetic selection and breeding. Föredrag vid Plantekongres 2013, Herning.
https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Plantekongres/Sider/pl_plk_2013_prog_tema_goed_skning.aspx#session54.
- Henriksson, L., Nilsson, N.M., 1968. Alvluckringsförsök 1937-1963. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, nr 12.
- Hoad, S.P., Russell, G., Lucas, M.E., Bingham, I.J., 2001. The management of wheat, barley and oat root systems. *Advances in Agronomy* 74, 193-246.
- Håkansson, I., 1976. Elva försök med alvluckring och djupplöjning i Syd- och Västsverige 1964-1975. . Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, nr 42.
- Håkansson, I. 1990. A method for characterizing the state of compactness of the plough layer. *Soil Till. Res.* 16, 105-120.
- Håkansson, I., Lipiec, J., 2000. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. *Soil Till. Res.* 53, 71-85.
- Kemper, W.D., Stewart, B.A., & Porter, L.K. 1971. Effects of compaction on soil nutrient status. In: K.K. Barnes, W.M. Charleton, H.M. Taylor, R.I. Throckmorton, and G.E. Vanden Berg (editors), *Compaction in Agricultural Soils*. Am. Soc. Agr. Eng., St. Joseph, Michigan, 178-189.
- Kooistra, M.J., Schoonderbeek, D., Boone, F.R., Veen, B.W., Van Noordwijk, M., 1992. Root-soil contact of maize as measured by thin-section technique. 2. Effects of soil compaction. *Plant Soil*, 139, 119-129.
- Kubo, K., Jitsuyama, Y., Iwama, K., Hasegawa, T., Watanabe, N., 2004. Genotypic difference in root penetration ability by durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) evaluated by a pot with paraffin-Vaseline discs. *Plant and soil* 262, 169-177.
- Lindstrom, M.J., Voorhees, W.B., 1994. Responses of temperate crops in North America. In: *Soil Compaction in Crop Production*. Eds. B.D. Soane and C. van Ouwerkerk. pp 265-286. Elsevier, Amsterdam.
- Lipiec, J., Simota, C., 1994. Crop responses in Central and Eastern Europe. In: *Soil Compaction in Crop Production*. Eds. B.D. Soane and C. van Ouwerkerk. pp 365-389. Elsevier, Amsterdam.
- Löfkvist, J., 2005. Modifying soil structure using plant roots. Doctoral thesis no 205:60, faculty of natural resources and agricultural sciences, SLU.
- McGowan, M., Blanch, P., Gregory, P.J., Haycock, D., 1984. Water relations of winter wheat. 5. The root system and osmotic adjustment in relation to crop evaporation. *J. Agric. Sci.* 102, 415-425.
- Moberg, J., 2001. Långsiktiga förändringar av jordbruksmarkens fysikaliska egenskaper: en studie av 10 svenska åkermarksprofiler. Meddelanden från jordbearbetningsavdelningen, nr 37, inst. för markvetenskap, SLU.

- Munkholm, L.J., Schjønning, P., Jørgensen, M.H., Thorup-Kristensen, K., 2005. Mitigation of subsoil recompaction by light traffic and on-land ploughing. II. Root and yield response. *Soil Till. Res.* 80, 159-170.
- Munkholm, L.J., Hansen, L.M., Olesen, J.E., 2008. The effect of tillage intensity on soil structure and winter wheat root/shoot growth. *Soil Use Man.* 24, 392-400.
- Qin, R., Stamp, P., Richner, W., 2004. Impact of tillage on root systems of winter wheat. *Agronomy J.* 96, 1523-1530.
- Radford, B.J., Bridge, B.J., Davis, R.J., McGarry, D., Oillai, U.P., Rickman, J.F., Walsh, P.A., Yule, D.F., 2000. Changes in the properties of a Vertisol and responses of wheat after compaction with harvester traffic. *Soil Till. Res.* 54, 155-170.
- Radford, B.J., Yule, D.F., McGarry, D., Playford, C., 2001. Crop responses to applied soil compaction and to compaction repair treatments. *Soil Till. Res.* 61, 157-166.
- Rasmussen, K.J., 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil Till. Res.* 53, 3-14.
- Reichert, J.M., Suzuki, L.E.A.S., Reinert, D.J., 2009. Reference bulk density and critical degree-of compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. *Soil Till. Res.* 102, 242-254.
- Rydberg, T., 1987. Studies on ploughless tillage in Sweden 1975-1986. Report 76, Division of Soil Management, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. (In Swedish, with English summary).
- Sjöholm, N., 2008. Inverkan av bearbetningsdjup på markstrukturen i försök med plöjningsfri odling i Skåne och Halland. Meddelanden från jordbearbetningsavdelningen, nr 57, inst. för markvetenskap, SLU.
- Thorup-Kristensen, K., Salmeron, M., Loges, R., 2009. Winter wheat roots grow twice as deep as spring wheat roots, is this important for N uptake and N leaching loss? *Plant and Soil* 288, 233-248.
- Thorup-Kristensen, K., 2013. Hvad kontrollerer den effektive roddybde for næringsstoffoptagelse? Foredrag vid Plantekongres 2013, Herning.
https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Plantekongres/Sider/pl_plk_2013_prog_tema_goedskning.aspx#session54
- Wiklert, P., 1961. Om sambandet mellan markstruktur, rotutveckling och upptorkningsförlopp. *Grundförbättring* 14, 221-239.

5. Bevattning och dränering

Ingrid Wesström och Abraham Joel, inst. f. mark och miljö, SLU

Optimal tillgång på vatten är en grundförutsättning för goda skördar av höstvet. Vattenhalten i marken går att styra genom reglering av grundvattennivån, tillförsel av vatten genom bevattning under perioder med vattenunderskott och dränering av överskottsvatten. De flesta framtida klimatscenarier tyder på att nederbördsmonstren kommer att förändras i ett varmare klimat. Detta kommer att påverka vattentillgången och åtgärder krävs för att hantera de problem som för lite eller för mycket vatten för med sig både idag och i ett framtida klimat. Investeringar i bevattnings- och dräneringssystem görs på mycket lång sikt. Det är därför viktigt att anpassningar görs som kan bemöta de förutsättningar som kommer att ställas i framtida odlingar, där mera extrema situationer kommer att behöva regleras.

5.1. Grundvattennivåns betydelse för skörden

5.1.1. Internationella erfarenheter

När grundvattenytan ligger i närheten av nedre rotzonen kan kapillär upptransport från den mättade zonen förse växten med vatten (Ayars et al., 2006). Under perioder med vattenunderskott kan bevattningsbehovet då minska eller helt utebli genom att växtens vattenbehov tillgodoses genom kapillär upptransport av grundvatten (Pratharpar & Qureshi, 1998). Under mer humida klimatförhållanden kan grundvattenreglering öka skördenivåer och utjämna skördevariationer i odlingssystem utan bevattning. Ovanför ett visst grundvattendjup ändras de positiva effekterna på skörden till negativa på grund av vattenmättnad (Reicosky et al., 1985). Anaeroba förhållanden i marken minskar grobarhet, växtetablering, rotaktivitet och näringsämnenas löslighet (McKevlin et al., 1998). Höga grundvattennivåer kan också försämra växtproduktionen genom minskad markbärighet och försenad sådd.

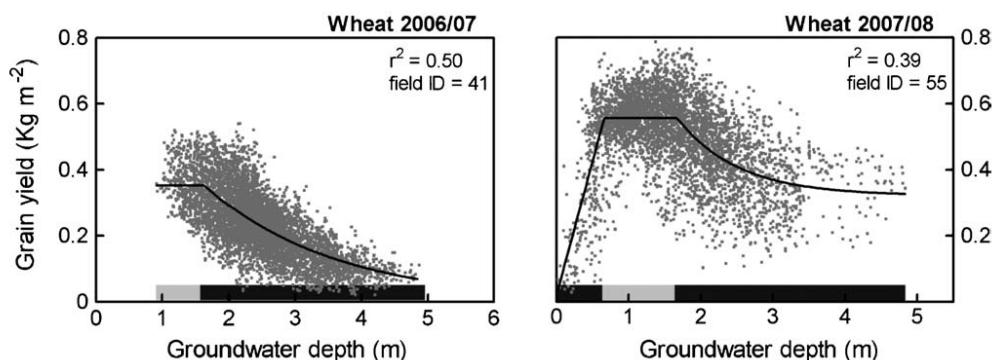
Markens textur och struktur bestämmer, genom den hydrauliska konduktiviteten,

hur mycket vatten som kan transporteras från den mättade zonen till rötterna (Hillel, 1998). Grödans tolerans mot vattenmättnad samt rötternas tillväxt och fördelning är viktiga faktorer som styr hur stort inflytande grundvattennivåns läge har på tillväxten. En andel av 5 till 10 % av porvolymen måste vara fylld med luft för att markandningen ska fungera. Enligt Brisson et al. (2002) är gränsvärdet för syrekonzentrationen i marken 0,12 mol syre m⁻³ vatten. När syrekonzentrationen har sjunkit under detta tröskelvärde kommer tidsfaktorn in som ytterligare en begränsande faktor för rottillväxten. Tydliga tecken på begränsad rotaktivitet observerades efter 48 timmar med syrekonzentrationer under tröskelvärdet i rotzonen. Växternas tolerans mot vattenmättnad ökar med tiden på växtplatser med längre perioder med högt grundvattenstånd (Kahlow et al., 2005).

Nosetto et al. (2009) undersökte i fält under två växtsäsonger hur grundvattennivån påverkade veteskörden i ett slättområde på Pampas, Argentina. Av studien framkom att grundvattennivåns läge förklarade 20 – 75 % av de platsbundna skördevariationerna. Optimal

grundvattennivå, med avseende på skörd av höstvet, var mellan 0,70–1,65 m (figur 5.1). Områden med grundvattennivåer inom optimumintervallet hade 3,7 gånger högre skörd än områden med en grundvattennivå under 4 m där kapillärr upptransport inte var tillräcklig för att

försörja grödan med vatten. När grundvattennivån steg över optimal nivå, sjönk skördenivåerna markant ($0,05 \text{ kg m}^{-2}$ i medeltal för varje 10 cm ökning av grundvattennivån), troligen på grund av negativa effekter av vattenmättnad.



Figur 5.1. Sambandet mellan medeldjupet på grundvattnet (m) under två odlingsår och veteskörd (kg m^{-2}). Det gråa området på x-axeln beskriver intervallet för optimal grundvattennivå och de svarta områdena är högre respektive lägre grundvattennivåer än optimalt som orsakar skördenedsättningar på grund av vattenmättnad respektive för låg kapillärr upptransport (Nosetto et al., 2009).

5.1.2. Svenska försöksresultat

I Sverige har försök med reglering av grundvattennivån utförts under perioden 1995-2005 (Wesström, et al., 2013; Wesström & Messing, 2007; Wesström et al., 2001). Av försöken framkom att det är svårt att upprätthålla en tillräckligt hög grundvattennivå i södra Sverige under hela odlingsårssäsongen utan bevattning. Detta på grund av att evapotranspirationen oftast är högre än nederbörden under sommarhalvåret. Genom en lägre dräneringsintensitet och ett större markvattenförråd ökade skördarna med i genomsnitt 10 % utan bevattning. Vid en höjning av grundvattennivån genom underbevattning kunde skörden av höstvet öka med 20 % (Wesström et al., 2013).

5.2. Bevattningens betydelse för skörden

5.2.1. Internationella erfarenheter

Otillräcklig tillgång till vatten är i ett globalt perspektiv den största begränsande faktorn för odling av vete. Vattenbrist påverkar veteproduktionen på uppskattningsvis 70 % av den odlade arealen. Vete har högre vattenanvändningseffektivitet (WUE) än de flesta grödor, men kräver fortfarande 1 mm per 10 - 20 kg kärnskörd ha^{-1} eller 1 - 3 mm dygn^{-1} under tidiga utvecklingsstadier och upp till 7 - 8 mm dygn^{-1} under blomning/anthesis i varmare klimat (Paulsen & Shroyer, 2004).

Hur stora skördenedsättningarna blir vid brist på vatten beror på varaktighet och hur låg vattenhalten i marken är samt tidpunkten för vattenstress. Höstvet är olika känsligt för vattenbrist i olika utvecklingsstadier vilket också kan variera mellan olika regioner beroende på skillnader i klimat och odlingsystem

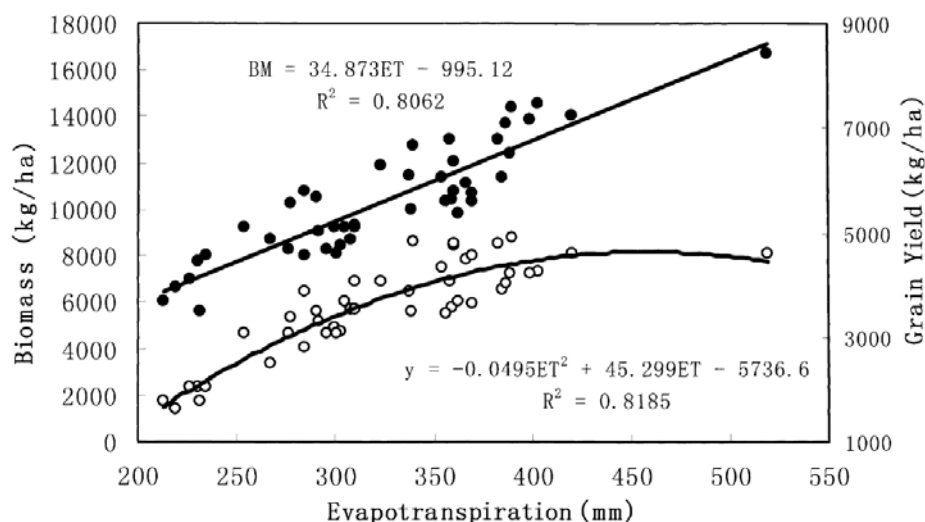
(Singh et al., 1991). Kritiska utvecklingsstadier, då vattenbrist har som störst påverkan på avkastning är groning, axgång och tidig kärnutveckling, (Paulsen & Shroyer, 2004).

För att utvärdera rimligheten av potentiella skördenivåer används tre gröd-karakteristika; total biomassa (BIOM), skördeindex (HI) och maximalt bladbyteindex (LAI-max). Under optimala odlingsförhållanden inom Europa förväntas värdena på BIOM ligga på mellan 16 och 22 ton ha⁻¹, HI på mellan 0,40 och 0,60 samt LAI-max på mellan 4 och 7 (Boons-Prins et al., 1993; Groot & Verberne, 1991). Värden som är framtagna genom simuleringar av potentiell tillväxt och skörd av höstvet i Sverige resulterade i BIOM på 10 – 22,5 ton ha⁻¹, HI på 0,40 - 0,70 och LAI-max på 3 – 6 (Boogaard et al., 2013).

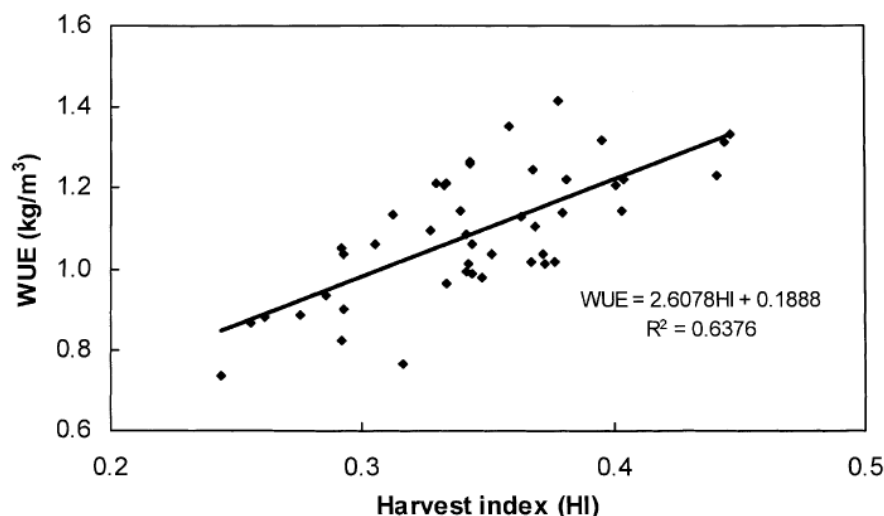
Kang et al. (2001) visade i försök vid Changwu, Kina, att lindrig vattenbrist tidigt under vegetationssäsongen minskade

blad- och stråutvecklingen och ökade rotutvecklingen. Resultaten indikerade att vattenkonsumtionen minskade både genom en lägre biomassaproduktion och en lägre transpiration. I försöken varierade biomassan ovan jord med vattenhalten i marken mellan 6000 och 16000 kg per ha⁻¹ för lägsta respektive högsta vattenhalterna i marken. Ett linjärt samband återfanns mellan biomassa ovan jord och evapotranspiration (figur 5.2). Kärnsköörden ökade med biomassa upp till 14000 kg per ha därefter avstannade kärnsköörden och förblev mer eller mindre konstant (figur 5.2).

Effektiva vattenutnyttjandet (kärnskörd/evapotranspiration) ökade linjärt med skördeindex (kärnskörd/total biomassa) (figur 5.3). Skördeindex var högst när evapotranspirationen var 70 % av den maximala och sjönk sedan med ökad evapotranspiration (Kang et al., 2001). Liknande resultat finns redovisade i andra studier (Austin et al., 1980; Perry & D'Antuono, 1989; Siddique et al., 1989).



Figur 5.2. Samband mellan evapotranspiration (ET) under vegetationssäsongen, biomassa (BM) och kärnskörd (Y) för höstvet i Changwustationen på Lössplatån, Kina (Kang et al., 2001).



Figur 5.3. Samband mellan vattenanvändningseffektivitet (WUE) och skördeindex (HI) för höstvetete vid Changwustationen på Lössplatån, Kina (Kang et al., 2001).

Under förhållanden med vattenbrist behövs ett högt skördeindex för få ett effektivare vattenutnyttjande (Passioura, 1977; Fischer, 1977).

5.2.2. Svenska bevattningsförsök

Ett stort antal bevattningsförsök i stråsäd genomfördes i Sverige under 1970 till 1990. De flesta försök har legat i korn (Johansson & Linnér, 1977). Resultat av ett 10-tal bevattningsförsök i höstvetete visade positiva effekter av bevattning i samma storleksordning som i vårsädesförsöken. Undersökningarna genomfördes på mellanleror och styva leror. Den totala bevattningen var i genomsnitt 53 mm och avkastningen 5370 kg/ha. I leden utan bevattning var avkastningen i genomsnitt 4740 kg/ha. Med endast två bevattningstillfällen ökade skördarna med i genomsnitt 15 %. Bestånd som var dåliga på våren utvecklades bra efter en tidig bevattning och gav normala skördar på hösten (Linnér, 1987). Mellan år 2004 till 2006 utfördes försök med underbevattning där höstvetete ingick i växtföljden. Även i dessa försök uppmättes skördeökningar i

de bevattnade leden med upp till 20 % (Wesström et al., 2006).

5.2.3. Vattentillgång för bevattning

På grund av minskad tillgång till bevattningsvatten har ett flertal studier under senare tid varit inriktade på tillskottsbevattning med positiva resultat (English & Raja, 1996; Kang et al. 2003). Bevattning av höstvetete har dock ifrågasatts i södra Sverige under senare tid på grund av den ökade konkurrensen om vatten. Huvudargumenten är att vatten bör prioriteras för högvärdiga grödor inom grönsaks- eller potatisodling. Trots att höstvetete tolererar en viss torkstress, kan en till tre bevattningar vara nödvändiga för att uppnå en bra skördenivå under torra år och med ett dåligt övervintrat bestånd. Eftersom höstvetets tillväxt kommer i gång tidigare på våren än för övriga grödor bör man kunna utforma en bevattningsstrategi där konkurrensen om vatten med andra grödor inte blir särskilt stor.

Tidpunkten för tillskottsbevattning är viktig. Zhang & Oweis (1999) kom fram

till att de känsligaste perioderna för torkstress hos höstveten är under stråskjutning och axgång, samt under blomning och mjölmognad. Från Kanada rapporterade Efehta (2011) liknande stressperioder och att bevattning bör ske efter sådden på hösten för att skapa fuktiga förhållanden (en vattenhalt på 80 % av fältkapacitet) i de översta 30 cm. Detta gynnar groning och tidig tillväxt. På våren ska bevattning ske under den vegetativa period när 40 % av det växttillgängliga vattenmagasinet i marken i de översta 50 cm har förbrukats. Han rekommenderar också att bevattning bör ske för att fylla nedre alven för att möta det maximala behovet under blomning. Detta för att undvika bevattning under själva blomningen för att motverka svampangrepp.

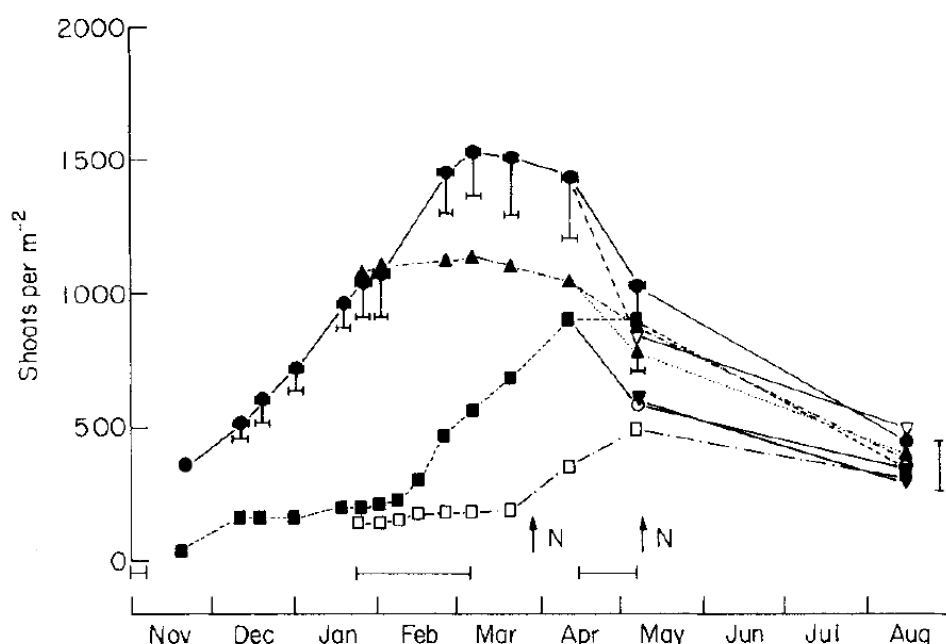
5.3. Dräneringens inverkan på skörden

5.3.1. Internationella erfarenheter

Vattenmättnad kan minska kärnskorde av höstveten med 20 till 50 % (Belford, 1981; Cannell et al., 1984; Musgrave & Ding, 1998). Syrebrist orsakar reducerad tillväxt av skott och rötter, minskad ackumulering av torrsubstans och lägre skörd (Collaku & Harrison, 2002). Vattenmättnad påverkar ett flertal fysiologiska processer, så som vattenupptag (Drew, 1991), samspelet mellan rot- och skottormon (Huang et al., 1994), lägre upptag och transport av joner genom rötter vilket leder till näringsbrist (Trought & Drew, 1980a, b; Hodgson et al., 1989; Huang et al., 1995). Negativa effekter kopplade till vattenmättnad är kvävebrist genom ökad denitrifikation och utlakning (Hodgson et al., 1989; Huang et

al., 1994) och ackumulering av toxiska substanser (Ponamperuma, 1984; Huang et al., 1994). I spannmål orsakar vattenmättnad minskad bladlängd, lägre antal kärnor och lägre skörd (Luxmoore et al., 1973; Gardner & Flood, 1993; Musgrave & Ding, 1998).

Hur höstveten påverkas av vattenmättnad har undersökts i lysimeterförsök på lerjord (Belford et al., 1984). Behandlingarna valdes för att motsvara de mest vanligt förekommande markvattenförhållanden i Storbritannien, enligt följande: 5 dagar av vattenmättnad i oktober mellan grobarhet och uppkomst; 42 dagar av vattenmättnad under bestockning i januari och februari och 21 dagar från mitten av april under stråskjutning. Dessa behandlingar användes var för sig och i alla kombinationer och jämfördes med konventionellt dränerade kontroller (figur 5.4). Vattenmättnad före uppkomst begränsade planttätheten till 35 m⁻² jämfört med 338 m⁻² under fri dränering. Senare under vegetationssäsongen kompensterades tillväxten något genom att den lägre planttätheten gav minskad konkurrens om kväve, vatten och ljus. Detta ledde till en högre bestockning och att flaggbladen blev större. Trots en kompensterad tillväxt var antalet ax vid skörd färre i alla behandlingar som hade varit vattenmättade före uppkomst. Efter vattenmättnad under bestockning, kunde skördeminskning helt förklaras av en minskning i antalet axbärande strån. Efter vattenmättnad under stråskjutning, var skördeföruster främst relaterade till färre antal kärnor per ax. Kärnskorde sjönk med ca 4-12 % efter ett vattenmättnadstillfälle, med 20 % efter två tillfällen och med 32 % när grödan hade varit utsatt för vattenmättade förhållanden vid samtliga tre tillfällen.



Figur 5.4. Antal skott per m^{-2} av höstvet cv. Maris Huntsman, vid vattenmättnad före uppkomst, under bestockning samt under stråskjutning på en Eveshamslerjord. Vertikala linjer betecknar LSD ($P = 0,05$); horisontella linjer betecknar varaktigheten av vattenmättnad (Belford et al., 1984). ● fri dränering, ■ a. vattenmättnad före groningen, ▲ b. vattenmättnad vid bestockning, ▼ c. vattenmättnad vid stråskjutning, □ ab, Δ bc, ○ ac, ▽ abc.

Screeningexperiment har genomförts i fält och i växthus i Storbritannien för att undersöka hur avkastningen påverkas av vattenmättnad och toleransen mot vattenmättnad under bestockning (Dickin et al., 2009). Den genomsnittliga skördenedsättningen på grund av vattenmättnad i fältförsöken var 8,9 %, för alla undersökta sorter. Cannell et al. (1980) noterade förluster i kärnskörd på upp till 15 % i försök med lysimetrar utomhus. Detta kan jämföras med skördeförluster på cirka 45 % i Gulfkustregionen i södra USA (Musgrave & Ding, 1998; Collaku & Harrison, 2002). Enligt Collaku & Harrison (2002) var de genomsnittliga skördeförlusterna på 44 % i huvudsak orsakade av en sämre bestockning och ett lägre antal kärnor per ax. Vid vattenmättnad minskade antalet rotskott

med 41 % och antalet kärnor per ax med 20 %. Enligt Dickin et al. (2009) beror skillnader i skördenedsättningar på temperatur och i vilket utvecklingsstadium växten befinner sig när vattenmättnad sker. Luxmoore et al. (1973) fann att högre temperaturer ökade skador som orsakats av vattenmättnad väsentligt; 30 dagar med vattenmättnad vid 15–17 °C minskade kärnskördens med 15 - 23 %, jämfört med 73 % minskad skörd under 30 dagars vattenmättnad vid 25 °C. Under vintervilan kan växten återhämta sig från stress och en snabb tillväxt kan vid gynnsamma förhållanden återupptas under våren. Tolerans mot vattenmättnad kan vara kopplad till vinterhärdighet som är en önskad egenskap i spannmål som odlas under brittiska klimatförhållanden (Dickin et al., 2009). I screeningförsöket visade sig

några av sorterna ha egenskaper för stark vinterdvala (Anon, 1999). En lägre tillväxttakt under vattenmättnad skulle innebära lägre metabola krav på syre och därmed begränsa skadorna av hypoxia, jämfört med större skador om tillväxttakten är hög (Greenway & Gibbs, 2003). En hög kapacitet för bestockning ger en god förmåga att återhämta sig under våren.

5.3.2. Svenska dräneringsförsök

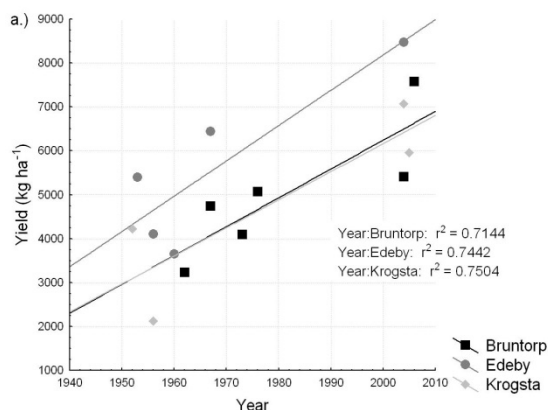
Under åren 1947 till 1977 undersöktes i Sverige dräneringsbehovet på olika jordar i ett fältförsöksprogram med 100 försöksfält för studier av avstånden mellan dräneringsledningarna och omkring 25 försök för studier av dikesdjupets inflytande på skörden. Försöken pågick i genomsnitt under 14 odlingssäsonger, vilket sammanlagt innebär cirka 1800 skördeår (Håkansson, 1960; Håkansson, 1961; Eriksson, 1979). Försöksfälten representerade huvudtyperna av svensk åkermark. Utifrån dessa försöksresultat gjordes beräkningar av ekonomiskt optimal dikesintensitet för olika jordarter genom vägning av kostnaderna för dikning mot de vinster som den medför i form av högre skörd, bättre brukbarhet och bärighet.

De skördenivåer man har fått vid olika dikesavstånd varierar både mellan olika år för samma försöksplats och mellan olika försöksplatser beroende på klimatförhållanden, jordart och odlad gröda. I allmänhet har man fått större skördeeffekter av dikesavstånd i västra Sverige än i östra.

Med ökat dikesavstånd blir grödan i allmänhet sämre. Detta kan bero på sämre struktur i matjorden vid sådd, markpackning, tidvis vattenmättnad i matjorden och högre grundvattennivåer i alven. Ett sämre bestånd blir också känsligare för svampangrepp och har lägre

konkurrensförmåga mot ogräs. En sammanställning av merskörden från vallar, höstsådda och vårsådda grödor på tre försöksplatser under 32 skördeår i Västergötland visar en genomsnittlig skördeökning på nära 1000 skördeenheter för samtliga grödor med de största merskördarna i höstsådda grödor.

Tre fältförsök lades ut under våren 2004 på Bruntorp i Västergötland, Edeby i Södermanland samt Krogsta i Uppland (Wesström et al., 2008). Syftet med försöken var att studera långsiktiga effekter av dränering på grödans etablering, skörd och markbördighet genom en uppföljning av tre försök på lerjord med olika dikesavstånd. När försöken lades ut i mitten på 50-talet, var jorden klassade i god struktur med hög genomsläpplighet (Berglund et al., 1975). I försöken prövades två dikesavstånd mellan 10 och 32 meter som återkom i två eller tre upprepningar (Håkansson, 1961). Resultaten av de utförda försöken gav klara indikationer på positiva effekter av dräneringssystem på skörden med högre skördar i närheten av dräneringsledningar och minskande skördar med ökande avstånd från ledningarna (dikesavstånd på 30-36 m). Detta gäller för alla grödor, både höst- och vårsådda och förändras inte över tiden. Medelskördar av höstveten från ledet närmast dräneringsledningarna (led A) vid de olika försöksplatserna visas i figur 5.5. Det hade skett en betydande skördeökning under försöksperiodens gång. Medelskördarna av höstveten hade ökat med 130 % under en 40-årsperiod. Det fanns tendenser på att genomsläpplighet var högre och skrymdensiteten lägre i marken i närheten av dräneringsledningar vilket ger antydningar om att de gamla tegelrörssystemen fortfarande fungerade. Dessa positiva effekter fanns kvar 50 år efter installationen av dräneringssystemen.



Figur 5.5. Medelskördar av höstvetete från led A vid Bruntorp, Edeby och Krogsta (N=15) (Wesström et al., 2008).

5.4. Diskussion och slutsatser

Under torra år och vid dåligt bestånd på våren är tillskottsbevattning nödvändig för att optimera produktionen. Senare forskning har varit fokuserad på att öka skördepotentialen under nederbördsberoende förhållanden. Bevattningsförsök behövs för att klargöra torktåligheten och potentiella skördenivåer hos nyare höstvetesorter (Hall & Richards, 2013).

För att kunna uppskatta potentiella skördenivåer på lokal, regional och nationell nivå behövs robust, transparent och upprepbara värden på Y_p (potentiell skörd utan angrepp av sjukdomar, skadegörare, ogräs, växtnärbörst eller vattenstress) och Y_w (potentiell skörd i odlingar som är beroende av nederbörd/utan bevattning) för samtliga skalnivåer. För att kunna göra bra uppskattningar krävs enligt van Wart et al., (2013) att beräkningarna grundar sig på uppmätta dagliga klimatdata, 50 % täckning av skördad areal där man väljer ut områden med den högsta växtodlingsdensiteten, aktuella datum för odlingsåtgärder och beståndets utvecklingsstadier, ett lämpligt viktningsförfarande för uppskalningar samt en

lämplig grödmodell som har blivit validerad mot fältdata.

När det gäller dränering är en väl fungerade markavvattning en grundförutsättning i dagens jordbruk. En kombination av klimat, jordart och odlad gröda styr behovet av markavvattning. Det största dräneringsbehovet återfinns i allmänhet i västra Sverige på grund av högre nederbörd där jämfört med östra Sverige. Ifall man känner till markens hydrauliska konduktivitet, dränerbara porositet och djupet till ogenomsläppligt lager kan man uppskatta effekten av olika dräneringsavstånd och djup på grundvattennivån i olika klimatområden (Trafford, 1970).

Avsaknaden av information hur känslig grödan är i olika utvecklingsstadier för höga grundvattensstånd har tidigare begränsat utformningen av rationella dräneringssystem (Bouwer, 1974; Trafford, 1975). Användbarheten av dräneringsförsök för att belysa effekter av en varierande grundvattennivå har varit begränsad på grund av variabiliteten hos jordar och bristen på kontroll över nederbörden (Belford et al., 1985). Fältförsök i Storbritannien har dock visat

på skördeökningar i spannmålsodlingar efter installation av dräneringssystem, speciellt efter tubulering på styva lerjordar (Trafford, 1977; Armstrong, 1978). Försök med ett tillfälle av vattenmättnad på lerjord vid groning, bestockning eller stråskjutning reducerade höstveteskorörden med cirka 15 % (Cannell et al., 1980).

I ett framtida klimatscenario med mildare klimat och högre nederbörd måste avvattningen av lerjordarna på slättområden både i västra och östra Sverige än mer sättas i fokus. Med mildare vintrar och kortare perioder av tjäle finns risk för sämre strukturuppbyggnad vilket leder till lägre genomsläpplighet, större packningskänslighet och ökad risk för ytvattenavrinning. Ett högre nederbördsöverskott under vinterhalvåret kan medföra ökade flöden i underdimensionerade system med risk för översvämningar och ökat läckage. En för hög dräneringsintensitet under perioder med låg

nederbörd under vegetationssäsongen kan i viss mån motverkas med reglerbar dränering på lättare jordar.

Frågor som väcks är om klimatiförändringar borde tas med i beräkningen av långsiktiga investeringar t.ex. vid dimensionering av nya dränerings- och bevattningssystem, förbättringar av de befintliga eller för att säkerställa vattentillgångar för bevattning (gårdsdammar). Det eftersatta underhållet av dränering har av olika källor lyfts fram som en av svenskt lantbruks riktigt ömma punkter. Flera osäkerheter omkring vattentillgången för bevattning har uppstått under senare tid och förväntas bli ännu mer problematiska i framtiden. Därmed behöver lantbruksnäringen, utöver riktlinjer för bevattningens utförande även utveckla strategier som syftar till att säkerställa vattentillgången genom lagring i dammar och/eller anpassa övriga vattenreglerande åtgärder på åkermarken.

Summering i punkter

Slutsatser vad betyder bevattning och dränering för skörden
• Känsligheten för vattenstress varierar under olika utvecklingsstadier. • Vattenbrist är i ett globalt perspektiv den största begränsande faktorn för odling av vete och kan bli ett större problem i Sverige. • I Sverige är tillskottsbevattning ofta nödvändig för att optimera produktionen under torra år och vid dåligt bestånd på våren. • Ett väl fungerande dräneringssystem är grundläggande för en hög skördepotential. • Klimatiförändringar bör tas med i beräkningen vid dimensionering av nya och förbättringar av befintliga dränerings- och bevattningssystem samt vid dimensionering av vattentillgångar för bevattning.

Skördepotential
• Bevattning kan öka skörden med 20 % • Tillskottsbevattning i rätt utvecklingsstadium kan öka skörden med 15 %. • På jordar med naturligt hög grundvattennivå är god dränering en grundförutsättning för odling. • Vid längre perioder av nederbörd under odlingssäsongen har dränering en stor potential att öka skörden.

Behov av ny kunskap
• Bevattningsförsök behövs för att klargöra torktålighet och potentiella skördenivåer hos nyare höstvetesorter. • Praktiskt användbara hjälpmedel behövs för att avgöra tidpunkt för bevattning. • Tillskottsbevattning har stor potential, men nettoeffekten kan variera. Det behövs kalkyler på vad det ger i Sverige under olika förhållanden. • Dräneringsförsök behövs för att klargöra känslighet för vattenmättnad hos nyare höstvetesorter. • Optimalt avstånd och djup mellan ledningar behöver undersökas. Rekommendationer behöver uppdateras för långsiktigt hållbar markanvändning. • Rekommendationer för dimensionering av flöde behöver uppdateras, då ett förändrat klimat och en ändrad markanvändning kan ge mer avrinningsvatten.

Referenser

- Anon, 1999. Claire Winter Wheat – Husbandry Guidelines. Market Rasen, Lincolnshire, UK: Nickerson (UK) Ltd. Available online at <http://www.limagrain.co.uk/products/details/12.html> (28 maj, 2013).
- Armstrong, A.C. 1978. The effect of drainage treatments on cereal yields: results from experiments on clay lands. *J. Agric. Sci. Camb.* 91: 229-235.
- Austin, R.B., Bingham, J., Blackwell, R.D., Evans, L.T., Ford, M.A., Morgan, C.L., Taylor, M., 1980. Genetic improvement in winter wheat yields since 1980 and associated physiological changes. *J. Agric. Sci.* 84: 675- 689.
- Ayars, J.E., Christen, E.W., Soppe, R.W., Meyer, W.S., 2006. The resource potential of in-situ shallow ground water use in irrigated agriculture: a review. *Irrigation Sci.* 24: 147–160.
- Belford, R.K. 1981. Response of winter wheat to prolonged waterlogging under outdoor conditions. *J. Agric. Sci.* 97: 557– 568.
- Berglund, G., Håkansson, A. & Eriksson, J. 1975. Om dikesintensiteten vid dränering av åkerjord. Resultat av fältförsök med olika dikesavstånd. IV. Blekinge, Kristianstads och Malmöhus län. Stenciltryck 87. Inst. för markvetenskap, Avd. för Lantbrukets Hydroteknik, SLU, Uppsala. 69 sid.
- Boogaard, H.L., Wolfa, J., Supitc, I., Niemeyerd, S. & van Ittersuma, M. 2013. A regional implementation of WOFOST for calculating yield gaps of autumn-sown wheat across the European Union. *Field Crops Research* 143:130-142.
- Bouwer, H. 1974. Developing drainage design criteria. In: *Drainage for Agriculture* (van Schilfgaarde, J., Ed.). American Society of Agronomy, Monograph No. 17. Madison, pp. 67-90.
- Brisson, N., Rebière, B., Zimmer, D. & Renault, P. 2002. Response of the root system of a winter wheat crop to waterlogging. *Plant and Soil* 243:43–55.
- Cannell, R.Q., Belford, R.K., Gales, K., Dennis, C.W. & Prew, R.D. 1980. Effects of waterlogging at different stages of development on the growth and yield of winter wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 31: 117–132.
- Cannell, R.Q., Belford, R.K., Gales, K. Thomson, R.J. & Webyield, C.P. 1984. Effects of waterlogging and drought on winter wheat and winter barley grown on a clay and a sandy soil. I. Crop growth and yield. *Plant Soil* 80:53–66.
- Collaku, A. & Harrison, S.A. 2002. Losses in wheat due to waterlogging. *Crop Science* 42: 444–450.

- Dickin, E., Bennett, S. & Wright, D. 2009. Growth and yield responses of UK wheat cultivars to winter waterlogging. *Journal of Agricultural Science* 147: 127–140.
- Drew, M.C. 1991. Oxygen deficiency in the root environment and plant mineral nutrition. p. 301–316. *In*: M.B. Jackson et al (ed.) *Plantlife under oxygen deprivation*. Academic publishing, The Hague.
- Duvick, D.N. & Cassman, D.N. 1999. Post–Green Revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-Central United States. *Crop Sci.* 39: 1622–1630.
- Efetha, A. 2011. Irrigation Scheduling for Winter Wheat in Souther Alberta. AGRI-FACTS, Agdes 112/561-1. Alberta Ag-Info Centre, Alberta Agriculture and Rural Development, Canada.
- English, M. & Raja, S.N. 1996. Perspectives on deficit irrigation. *Agricultural Water Management*. 32: 1–14.
- Eriksson, J. 1979. Soil functions and drainage. *Proceedings of the international drainage workshop, 16-20 May, 1978, Wageningen, The Netherlands*. ILRI publication 25:180-211.
- Fischer, R.A., 1979. Growth and water limitation to dryland wheat yield in Australia: a physiological framework. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 45: 83-94.
- Gardner, W.K. & Flood, R.G. 1993. Less waterlogging damage with long season wheats. *Cereal Res. Comm.* 21:337–343.
- Greenway H. & Gibbs, J. 2003. Mechanisms of anoxia tolerance in plants. II. Energy requirements for maintenance and energy distribution to essential processes. *Functional Plant Biology* 30: 999–1036.
- Hall, A.J. & Richards, R.A. 2013. Prognosis for genetic improvement of yield potential and water-limited yield of major grain crops. *Field Crops Research* 143:18–33.
- Hillel, D., 1998. *Environmental Soil Physics*. Academic Press, San Diego.
- Hodgson, D.R., Whitely, G.M. & Bradnam, A.E. 1989. Effects of waterlogging in the spring on soil conditions and the growth and yield of spring barley in three cultivation systems. *J. Agric. Sci.* 112: 265–276.
- Huang, B., Johnson, J.W., Nesmith, S. & Bridges, D.C. 1994. Growth physiological and anatomical responses of two wheat genotypes to waterlogging and nutrient supply. *J. Exp. Bot.* 45: 193–202.
- Huang, B., Johnson, J.W., Nesmith, S. & Bridges, D.C. 1995. Nutrient accumulation and distribution of wheat genotypes in response to waterlogging and nutrient supply. *Plant Soil* 173: 47–54.
- Håkansson, A. 1960. Studier av dikesdjupets inverkan på grundvattenstånd, skördeavkastning, markens upptorkning och bärkraft. *Grundförbättring* 113: 171-229.
- Håkansson, A. 1961. Dräneringsförsök med olika dikesavstånd. *Grundförbättring* 14: 4-98.
- Johansson, W. och Linnér, H. 1977. *Bevattnings: behov-effekter-teknik*. LTs förlag.
- Kahlow, M.A., Ashraf, M., Zia-ul-Haq, 2005. Effect of shallow groundwater table on crop water requirements and crop yields. *Agricultural Water Management*. 76: 24–35.
- Kang, S.Z., Zhang, L., Liang, Y.L., & Dawes, W. 2003. Simulation of winter wheat yield and water use efficiency in the Loess Plateau of China using WAVES. *Agr. Syst.*, 78: 355–367.
- Kang, S., Zhang, L., Liang, Y., Hu, X., Cai, H., and Gu, B. 2002. Effects of limited irrigation on yield and water use efficiency of winter wheat in the Loess Plateau of China. *Agricultural Water Management*. 55: 203 – 216.

- Linnér, H. 1987. Vattenfaktorns inflytande på stråsådens tillväxt och kväueupptagning. Avdelning för hydroteknik, SLU.
- Luxmoore, R.J., Fischer, R.A. & Stolzy, L.H. 1973. Flooding and soil temperature effects on wheat during grain filling. *Agronomy Journal* 65: 361–364.
- McKevlin, M.R., Hook, D.D., Rozelle, A.A., 1998. Adaptations of plants to flooding and soil waterlogging. In: Messina, M.G., Conner, W.H. (Eds.), *Southern Forested Wetlands. Ecology and Management*. CRC-Press, pp. 173–204.
- Musgrave, M.E. & Ding, N. 1998. Evaluating wheat cultivars for waterlogging tolerance. *Crop Sci.* 38: 90–97.
- Nosetto, M.D., Jobbagy, E.G., Jackson, R.B., Sznaider, G.A. 2009. Reciprocal influence of crops and shallow ground water in sandy landscapes of the inland pampas. *Field Crop Res.* 113: 138–148.
- Passioura, J.B., 1977. Grain yield, harvest index and water use of wheat. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 43: 117–120.
- Perry, M.W., D'Antuono, M.F., 1989. Yield improvement and associated characteristics of some Australian spring wheats introduced between 1860 and 1982. *Aust. J. Agric. Res.* 40: 458–472.
- Ponamperuma, F.N. 1984. Effects of flooding in soils. p. 9–45. *I*: T.T. Kozłowski (ed.) *Flooding and plant growth*. Academic Press, London.
- Pratharpar, S.A., Qureshi, A.S., 1998. Modelling the effects of deficit irrigation on soil salinity, depth to water table and transpiration in semi-arid zones with monsoonal rains. *Int. J. Water Resources Dev.* 15: 141–159.
- Reicosky, D.C., Smith, R.C.G., Meyer, W.S. 1985. Foliage temperature as a means of detecting stress of cotton subjected to a short-term water-table gradient. *Agric. For. Meteorol.* 35: 193–203.
- Sadras, V.O. & Lawson, C. 2011. Genetic gain in yield and associated changes in phenotype, trait plasticity and competitive ability of South Australian wheat varieties released between 1958 and 2007. *Crop Past. Sci.* 62: 533–549.
- Siddique, K.H.M., Belford, R.K., Perry, M.W., Tennant, D. 1989. Ear/stem ratio in old and modern wheat cultivars relationship with improvement in number of grains per ear and yield. *Field Crops Res.* 21: 59–78.
- Singh, P.K., Mishra, A.K., Irntiyaz, M., 1991. Moisture stress and the water use efficiency of mustard. *Agricultural Water Management.* 20: 245–253.
- Trafford, B. D. 1970. Field drainage. *J. Royal Agric. Soc.* 131:129–152.
- Trafford, B. D. 1975. Improving the design of practical field drainage. *Soil Sci.* 119: 334–338.
- Trafford, B.D. 1977. Recent progress in field drainage: Part I. *J. Royal Agric. Soc.* 138: 27–42.
- Trought, M.C.T. & Drew, M.C. 1980a. The development of waterlogging damage in young wheat plants in anaerobic solution cultures. *J. Exp. Bot.* 31: 1573–1585.
- Trought, M.C.T. & Drew, M.C. 1980b. The development of waterlogging damage in wheat seedlings (*Triticum aestivum* L). *Plant Soil* 54: 77–94.
- van Wart, J., Kersebaum, K.C., Peng, S., Milner, M. & Cassman, K.G. 2013. Estimating crop yield potential at regional to national scales. *Field Crops Research* 143:34–43.
- Wesström, I., Bölenius, E. & Joel, A. 2008. Long-term effects of tile drainage on soil physical properties and crop yields. In the proceedings of 10th International Drainage Workshop of ICID, Helsinki, Finland – Tallinn, Estonia, 6–11 July, 2008.

- Wesström, I. & Messing, I. 2007. Effects of controlled drainage on N and P losses and N dynamics in a loamy sand with spring crops. *Agricultural Water Management*. 87, 229-240.
- Wesström, I., Joel, A. & Messing, I. 2013. Controlled drainage and subirrigation – A water management option to reduce non-point source pollution from agricultural land. In review: *Journal of Agricultural, Ecosystems & Environment*.
- Wesström, I., Messing, I. Linnér, H. & Lindström, J. 2001. Controlled drainage -effects on drain outflow and water quality. *Agricultural Water Management*. 47, 85-100.
- Zhang, H. & Oweis, T. 1999. Water-yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. *Agricultural Water Management*. 38: 195-211.

6. Växtnäring

*Lena Engström och Sofia Delin, Inst. för mark och miljö, SLU
Göte Bertilsson, Greengard.*

Tillgången på kväve är en av de mest skördebegränsade faktorerna i växtodling. En utebliven skördeökning enligt SCB's statistik, trots stigande skördar i fältförsök, kan endast till 10% (0,1 ton/ha) eventuellt förklaras av en underskattad skördepotential och kvävegiva. Ytterligare 13 % kan förklaras av en lägre lönsamhet att gödsla för högre skördar efter 2000 jämfört med tidigare. Försök visar dock att det finns goda möjligheter att få höga skördar både i Syd- och Mellansverige under bra markförhållanden med fosfor-tal minst i klass III och $\text{pH} > 6,3$. En ökad precision genom platsspecifikt anpassad gödsling ger bättre möjligheter till högre skördar än att använda försöksmedeltal. Väger dit är att utveckla praktiska metoder för att bättre kunna förutsäga och mäta skördepotentialen och markens kväveminerialisering under växtsäsongen på ett fält t.ex. via maxrutor respektive nollrutor och med hjälp av grödsensorer, samt eventuellt använda proteinhalten för att avgöra om kväve varit skördebegränsande. För att lyfta medelskörden är det viktigt att också arbeta med att lyfta de låga skördenivåerna och att öka odlingssäkerheten med olika bördighetshöjande åtgärder.

Grundläggande om växtnäring och gödsling

Kvävegödsling är en av de viktigaste skörde- och kvalitetsstyrande faktorerna. Kväve och i någon mån svavel kräver årlig anpassning till grödans behov. Fosfor och kalium finns i markförråd som kan utnyttjas efter behov, och den årliga anpassningen till behovet är inte lika avgörande för skörden. Om vi antar att bestånd, klimat, sundhet och vatten tillåter en viss skörd är det främst kvävetillgången som bestämmer om denna potential kan realiseras. Proteinhalten varierar och beror på kvalitetskrav och gödsling. Kväve ska inte finnas i överskott. Kväve ska i princip vara skördebegränsande men gärna på en nivå som ligger nära vad som krävs för att utnyttja skördepotentialen.

Fosfor, kalium och magnesium finns som mer eller mindre tillgängliga depåer i marken och de kan utnyttjas flexibelt av grödan. De ska inte tillåtas begränsa skörden. Överskott kan överlagras till

kommande år och problem med utlakning är främst förknippat med mycket höga fosfortillstånd på läckagebenägna jordar. En höstvetegröda har normalt ett effektivt rotsystem till över 1-1,5 meters djup vilket har stor betydelse för både vatten- och näringshushållning. Växtnäringen i alven kan spela stor roll. Även om nu inte vetet i sig skulle ge skördeökning för fosfor är det inte fel att låta den få en del av det ersättningsbehov den genererar. För kalium ska observeras att den växande grödan behöver ungefär lika mycket kalium som kväve men det syns inte i bortförseln, eftersom kalium ofta återgår till marken efter skörden genom halmen.

Kvävegödslingsrekommendationer i Sverige, England, Frankrike och Tyskland har olika angreppssätt men i grunden finns det två principer. En princip bygger på att man har ett fast kvävebehov (börvärde) oberoende av skördenivå, som delvis är jordartsanpassat och där man sedan justerar med markkväveleverans. Den principen

används i England och i Tyskland. Den andra principen (balansprincipen) bygger på att behovet är skörderelaterat och ska täckas av markkväve och gödsling. Det synsättet används främst i Frankrike och Sverige.

För höga skördar är anpassning och precision väsentligt. Kvävebehovet bestäms av skördens storlek och kväveleveransen från marken. För att kunna anpassa kvävegivan under säsongen till grödans behov krävs att man gödslar vid mer än ett tillfälle, dvs kompletteringsgödslingar. Det finns tre skäl till att fördela gödslingen under säsongen,

1. styrning av beståndstillväxt och utveckling, inklusive proteinhalt
2. bättre möjligheter till anpassning efter behov.
3. undvikande av onödiga förluster

Stöd för beslut om kompletteringsgödsling ges bl.a. genom kväveprognoser som publiceras, t.ex. Yara N-prognoser. Kväveprognoserna bygger på att man följer kväveupptaget i kvävestegar på flera platser i Sverige löpande under säsongen, genom mätningar med en handburen grödsensor. Bedömningar sker också på de enskilda fälten genom okulär bedömning eller med hjälpmedel som Yara N-tester, som mäter grödans kvävestatus. Anpassning sker också inom det enskilda fältet då Yara N-sensor finns monterad på traktorn, och kan bedöma gödslingsbehovet under spridning.

6.1. Har kvävegödslingen begränsat skörden?

6.1.1. Slutsatser från studier i Europa

Litteraturstudier över orsakerna till stagnerade höstveteskördar sedan 1990-talet som gjorts i andra länder i Europa visar att

slutsatserna om kvävet bidragande orsak varierar mycket från land till land.

I Frankrike ökade kväveanvändningen i höstvete mellan 1996 och 2000, men sjönk med ca 20 kg N/ha (10-15%) mellan 2000 och 2007 (Brisson *et al.* 2010). En ökning av antalet gödslingstillfällen från 2 till 3 ansågs ha ökat kväveutnyttjandet. Nettoeffekten av detta beräknades till en skördesänkning med endast 0,1 t/ha, motsvarande en 0,015 t/ha skördesänkning per år mellan 2001 och 2007. Eftersom nyare sorter ofta hade ett högre skördeindex, dvs en större andel N fördelas till kärnan än till halmen, antog man att kvävebehovet inte hade ökat. Minskad kvävegödsling ansågs därmed bidra bara en liten grad till stagnerande skördar. En minskning av arealen ärter i växtföljden och därmed som förfrukt till höstvete var en större anledning.

I Danmark, där 90 % av höstveteodlingen är fodervete, ansåg man att den minskade kvävegödselanvändningen som de nya "begränsande gödselreglerna" (med standardiserade kvävegivor) hade orsakat var en anledningen till minskade skördar (Peterson *et al.*, 2010). Man hade uppmätt på gårdar att kvävegivan till höstvete minskat med 16-19 kg N/ha mellan 1985 och 2007, vilket motsvarade en skördesänkning på 0,2-0,3 t/ha (enligt data från 115 fältförsök där man studerade skörderesponsen i höstvete vid stigande kvävegivor 1998-2007). Andra anledningar till skördesänkning angavs vara stallgödselspridning med tunga maskiner på en större del av vetearealen än tidigare, vilket orsakat ökad jordpackning och skadad gröda. Sämre växtföljd med vete efter vete oftare och minskad jordbearbetning ansåg man också bidragit till lägre skördar.

I England har medelkvävegivan till höstvete varit konstant sedan 1983, ca 180-195 kg

N/ha (Knight *et al.*, 2012). Optimal kvävegiva till nyare sorter i försök (fr.o.m. 1990) har ökat med ca 20 kg N/ha per ton skördeökning i jämförelse med sorterna som odlades under 80-talet (Sylvester-Bradley *et al.*, 2008). En ökning i kväve/kärnpriskvoten motverkade detta och beräknades begränsa skörden av de nyare sorterna med ca 0,12 t/ha, vilket motsvarade en skördesänkning/utebliven skördeökning med 0,006 t/ha och år, de senaste 20 åren. Kväveinnehållet i kärnan (protein) visade också på en tendens till underoptimal kvävegödsling av höstvetet (Knight *et al.*, 2012). Som åtgärd föreslogs fokus på ökad kväveeffektivitet istället för större kvävegivor tex genom precisionsodlingsteknik.

6.1.2. Ekonomiskt optimal kvävegiva till höstvete i svenska försök

För att i denna litteraturstudie visa hur optimal kvävegiva förändrats över tiden användes 260 kvävegödslingsförsök i

höstvete, med spannmål som förfrukt, utförda mellan 1970 och 2011, på olika platser i Götaland och Svealand, delvis även sammanställda av Mattsson (2004).

Ekonomiskt optimal kvävegiva vid priskvot 10:1 (kvävepris/vetepris) ökade konstant med 18 kg N/ha vart tionde år under denna period, enligt ett rätlinjigt samband mellan år och optimal kvävegiva (Fig. 6.1).

Skördeökningen var 0,98 ton/ha vart tionde år enligt ett rätlinjigt samband mellan år och skörd vid optimal kvävegiva (Fig. 6.2), vilket innebar en ökning av kvävegivan med 18 kg N/ha per ton skördeökning. Detta överensstämmer med vad den ovan nämnda engelska undersökningen fann för nyare sorter odlade efter 80-talet. Ett stigande kvävebehov kan förklaras av att man i gödslingsförsöken successivt använt sig av nyare sorter med stigande avkastningspotential (Sylvester-Bradley & Kindred, 2009).

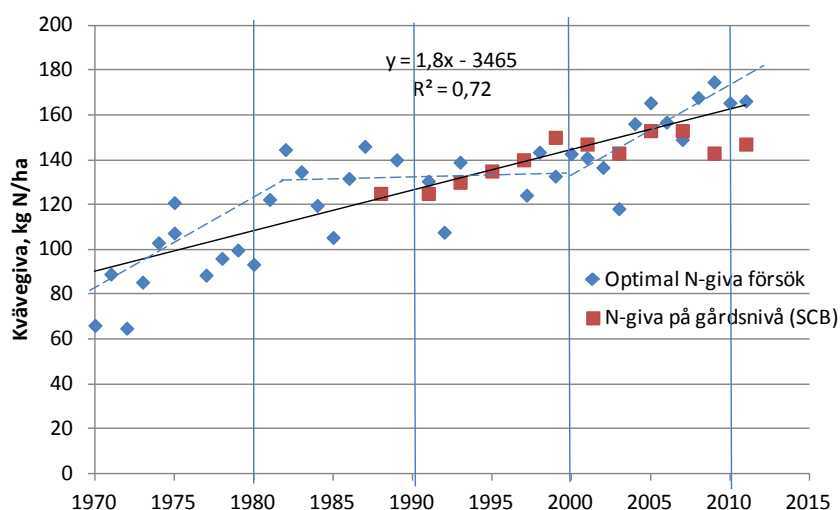


Fig. 6.1. Ekonomiskt optimal kvävegiva vid priskvot 10, i höstvete med spannmål som förfrukt, årsmedelvärden, n=260 kvävegödslingsförsök och kvävegivor på gårdsnivå (SCB). Streckad linje visar ett alternativ till det rätlinjiga sambandet för optimal kvävegiva i försök.

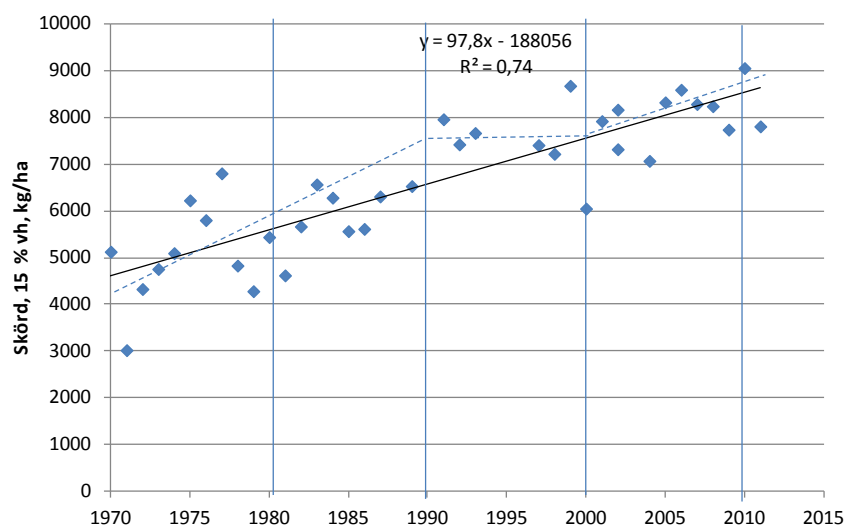


Fig. 6.2. Skörd av höstvetete vid optimal kvävegiva, spannmål som förfrukt, årsmedelvärden, $n=260$ kvävegödslingsförsök. Streckad linje visar ett alternativ till det rätlinjiga sambandet.

6.1.3. Kvävegiva till höstvetete på gårdsnivå

För att visa hur höstvetete gödslats på gårdsnivå och storleken på skörden varierat över tiden, har statistik från SCB (Sveriges statistiska centralbyrå) använts, inrapporterad av 3400 st slumpmässigt utvalda lantbrukare i riket. Endast data för Götaland och Svealand har använts i denna studie.

Medelkvävegivan till höstvetete som odlats efter spannmål (för både foder och brödvete) ökade med 25 kg N/ha under 1990-talet, från 125 till 150 kg N/ha, men har sedan legat konstant på 148 kg N/ha i medeltal för perioden 1998–2011 (Fig. 6.1). Skördarna på gårdsnivå ökade från ca 4 till 6 ton/ha under perioden 1980–1990 (Fig. 6.3). Därefter, mellan 1990 och 2011, låg skördarna konstant på 6 ton/ha i medeltal. I Skåne avvek utvecklingen något från medeltalet genom att skördarna fortsatte att öka fram till 2000 varefter de låg konstant på 7,4 ton/ha. Detta ska jämföras med att

skördarna i gödslingsförsöken ökade från 6,5 till 8,5 ton/ha 1990–2011 (Fig. 6.3).

En kvävegiva på 150 kg N/ha för 6 ton skörd ligger något över Jordbruksverkets rekommendationer (Fig. 6.4), men i nivå med handelns rekommendationer som generellt ligger ca 10 kg N/ha över Jordbruksverkets. En sammanställning över gårdar som deltagit i Växtråds rådgivningsservice från 1982–2011 i Mälardalen inklusive Sörmland, även Östergötland och Uppland fr.o.m. 2003–2004 (Anders Krafft, personligt meddelande) visar också en konstant skördenivå på 6 ton/ha fr.o.m. 1990 och fram till nu. Man ansåg inte att kvävegivorna på gårdarna varit underoptimala eftersom proteinhalten generellt uppfyllt kraven för brödsäd. En förklaring till att skördenivå och gödsling på gårdsnivå varit relativt konstant fr.o.m. 1990 föreslås vara att sorten Kosack dominerade odlingen fram till 2004. Utvintringen minskade med denna sort och därför stabiliserades skördenivån på en

relativt jämn nivå under 1990-talet, vilket även syns i försöken (Fig. 6.1 och 6.2, streckad linje) och på gårdsnivå (Fig. 6.3).

I en studie där man jämförde lantbrukarens kvävegiva till höstvet (6744 fält, 2000-2004) med ekonomiskt optimal kvävegiva i fältförsök i samma region och rekommenderad kvävegiva (enligt Jordbruksverket), visade resultaten att lantbrukaren gödslade 30 kg/ha över rekommenderad kvävegiva (Stenberg *et al.*,

2009). Man beräknade att ligga 30 kg N/ha över optimal kvävegiva kostade 160 kr/ha, vilket var mindre än att ligga 30 kg under, 270 kr/ha. Om kvävegödslingen på gårdsnivå i Sverige generellt legat under eller över optimal kvävegiva är svårt att bedöma utifrån dessa data men det troliga är att båda varianter förekommit.

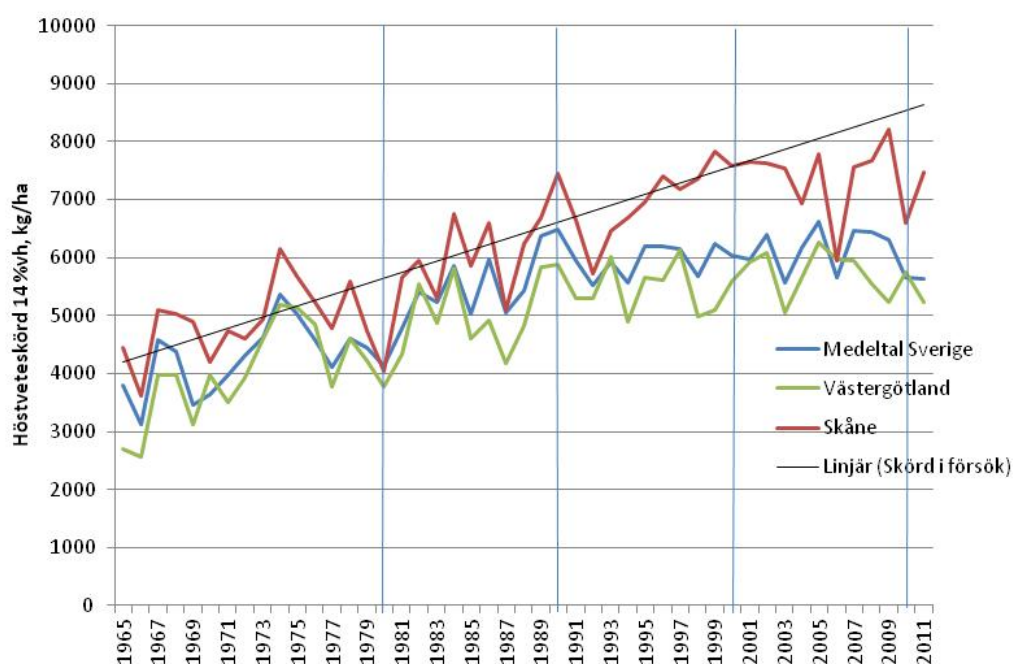


Fig. 6.3. Kärnskörd av höstvet (14 % vattenhalt) på gårdsnivå i Sverige (SCB) och linjär skördeutveckling i gödslingsförsök enligt figur 6.2.

6.1.4. Gödslingsrekommendationer och priskvotens variation

Jordbruksverkets gödslingsrekommendationer för höstvetete som brödsäd är anpassade för att uppnå 11,5 % protein (Albertsson, 1989-2003). Lantbrukaren måste själv uppskatta, utifrån tidigare erfarenheter, vilken skörd han kan förvänta sig att få på ett fält. För varje ton mer i förväntad skörd (över 6 ton) ökar kväverekommendationen med 15 kg N/ha. Gödslingsrekommendationerna uppdateras årligen och bygger på ett medeltal av optimumberäkningar för de senaste årens kvävegödslingsförsök och med årets gällande priskvot mellan kvävegödsel och vetekärna. Generellt gäller att vid ökande priskvot, stigande kvävepris och/eller sjunkande vetepreis, blir det mindre lönsamt att gödsla för högre skörd, dvs. optimal kvävegiva sjunker.

Framräknad priskvot och rekommenderad kvävegiva för 6 ton skörd/ha för varje år under perioden 1989-2013 illustrerar hur rekommendationer och lönsamheten att gödsla har varierat med tiden (Fig. 6.4). Priskvoten liksom kvävepriset har varierat mycket mellan åren, speciellt under 2000-talet. Det finns en trend till att priskvoten var lägre under åttaårsperioden innan än efter 2000, i medeltal 10 respektive 12. I en nyligen utförd studie (Rapport 2011:33) där jordbrukets utveckling under Sveriges första femton år som medlem i EU redovisas, visar man att jordbruket hade en negativ prisutveckling redan innan EU inträdet, i synnerhet från 1990 då den svenska avregleringen inleddes. Under den perioden steg avräkningspriserna inte lika snabbt som inflationen eller som produktionsmedelsindex, vilket kan bekräfta att lönsamheten att gödsla för högre skördar sjunkit efter 1990.

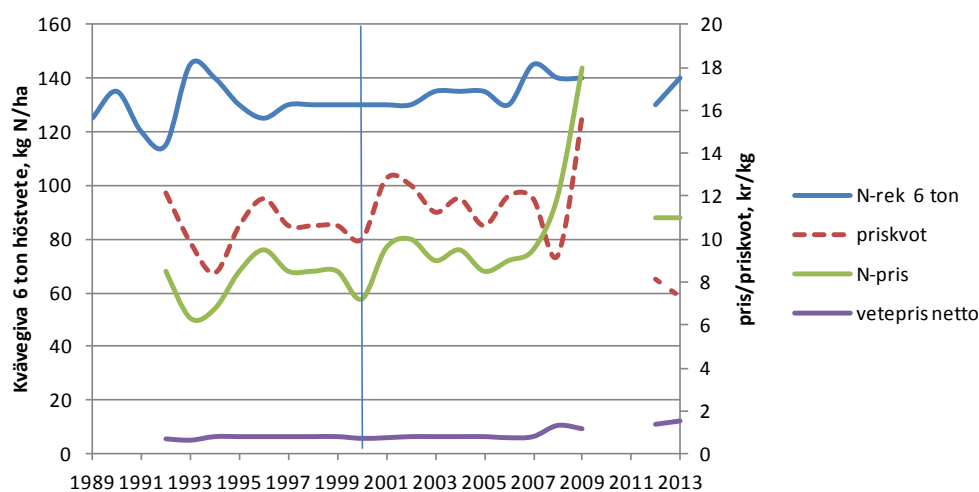


Fig. 6.4. Priskvot (kväve/vete), rekommenderad kvävegiva för 6 ton skörd per hektar, kväve- (N) och vetepreis (kr/kg) 1989-2013 (Jordbruksverket).

Rekommenderade kvävegivor bygger på medeltal för höstvetets kväveresponskurvor från ett stort antal försök. Bakom ett medelvärde döljer sig dock en stor variation

och blir därför missvisande för många platser med varierande kväverespons. Variationen bakom olika kvävegivors medelvärden visades i en studie (Stenberg *et*

al., 2009) där man jämförde lantbrukarens kvävegiva till höstvet (6744 fält, 2000-2004) med uträknad ekonomiskt optimal kvävegiva i försök och rekommenderad kvävegiva (enligt Jordbruksverket). Resultaten visade att variationen i optimal kvävegiva var mycket större än för rekommenderad och lantbrukarens kvävegiva. En stor variation i optimal kvävegiva i försöken betyder att den bör beräknas platsspecifikt för att bli rätt och att gödsla efter ett medelvärde oftast blir fel. Studier visar att optimal kvävegiva till höstvet kan beräknas utifrån förväntad skördenivå och kväveleverans från marken (Engström et al. 2010), vilket inte alltid är lätt att uppskatta rätt men det som krävs för att få rätt kvävegiva för det enskilda fältet.

Stora variationer i kvävebehov kan även finnas inom ett fält (Delin, 2005). Nissen (2012) visade att endast 20 % av arealen på ett 10 hektar stort höstvetefält skulle gödslas med medelvärdet för fältets kvävebehov. På 40 % av arealen var medelgivan för liten och på 27 % för stor. Precisionsodling, som t.ex. kan innebära att kvävegödslingen anpassas till grödans varierande behov inom fältet, genom att mäta kväueupptaget i ett visst utvecklingsstadium med hjälp av en traktorburen grödsensor som Yaras N-sensor, bidrog enligt 186 försök till ca 3,1 % skördeökning och en lägre N giva (Nissen, pers. meddelande). Utnyttjande av precisionsodlingsteknik som N-sensorer vid tilläggsgödsling antas inte ha påverkat kvävegivor till höstvet i Sverige förrän möjligen efter 2005 och då endast ca 50 000 ha. Ytterligare spridning och utveckling av precisionsodlingsteknik skulle kunna vara ett sätt att bättre anpassa kvävegödslingen till grödans skördepotential och markens kväveleverans. Därmed skulle man få en bättre kväveeffektivitet i jordbruket, högre skörd och minskade kväveförluster till miljön i framtiden.

6.1.5. *Har nivån på kvävegödslingen begränsat skörden i Sverige?*

Om man antar att skördepotentialen är lika stor på gården som i gödslingsförsöken och att kvävegivan på gårdsnivå har legat för lågt i förhållande till skördepotentialen, kan utebliven skördeökning beräknas. En utebliven ökning av kvävegivan med 18 kg N/ha på gårdsnivå (Fig. 6.1) beräknas motsvara en skördesänkning på 0,22 ton/ha (beräknat utifrån en medelskördekurva i gödslingsförsöken). Skördesänkningen utgör då 23 % av skördeökningen i gödslingsförsöken (vilken var 0,98 ton/ha för en 10-årsperiod).

En orsak till att kvävegivan inte ökat under 2000-talet kan vara att gödselpriset ökat, vilket den i medeltal högre priskvoten för tioårsperioden efter 2000 jämfört med före bekräftar. Priskvotens ökning från 10 till 12 kan beräknas minska optimal kvävegiva med 10 kg N/ha och förklara en skördesänkning på 0,11 ton/ha, eller 13 % av skördeökningen i gödslingsförsöken (Fig. 6.2). Därmed kan endast 10 % (23-13 %) av en utebliven skördeökning på gårdsnivå, likt den i försöken, eventuellt förklaras av en för låg kvävegiva och underskattad skördenivå.

En annan förklaring till utebliven skördeökning under 2000-talet då nya mer högavkastande sorter som Olivin, Kris och Harnesk dominerade kan vara att fler av de nya högavkastande sorterna fanns med i gödslingsförsöken än vad som odlades i praktiken, vilket kan ha bidragit till högre skördar och optimum än på gårdsnivå. Dessutom ligger de med åren till antalet minskande gödslingsförsöken främst på bra platser och sås i god tid mm, medan lantbrukarnas inrapporterade skördar och kvävegivor är ett resultat erhållet under oftast sämre förhållanden. Att storleken på gårdarna ökade kraftigt under 2000-talet

samtidigt som man såg en trend till att skördarna minskade i jämförelse med gårdar med mindre areal kan också vara en förklaring enligt en intervjuundersökning (se kapitel 11).

6.2. Har övrig växtnäring begränsat skörden?

6.2.1. Fosfor, kalium och svavel

Gödsling med fosfor (P) och kalium (K) till vetegrödor har minskat med hälften sen 1996 i England (Knight *et al.*, 2012). Balansen mellan tillfört och bortfört P och K har varit negativ sen 1990, men andelen testade fält med värden under vad som rekommenderas ökar inte. Andelen grödareal som gödslats med svavel (S) ökade under 1990-talet i England (Knight *et al.*, 2012), men var inte tillräckligt för att alla grödor med risk för svavelbrist kan anses behandlade, vilket kan ha minskat skörden med upp till 0,4 t/ha. Denna brist rättades till mellan 1996 och 2002, och en skördeökning på upp till 0,025 t/ha och år uppskattades.

I Danmark kan man konstatera en minskning av både fosfor och kaliumgödsling (som mineralgödsel) på gårdar med stallgödsel, eftersom man sedan 1985 är tvungen att beräkna P och K i stallgödseln (Petersen, 2010). Även på gårdar som bara använder mineralgödsel observerades en minskning av P-gödsling, men K-gödslingen låg oförändrad under perioden 1985-2006 på 46 kg K/ha i medeltal. Sedan mitten på 1990-talet har höstvetete generellt gödslats med tillräckligt mycket svavel och därmed ansåg man att skördeminskningar på grund av svavelbrist har undvikits i Danmark.

Fosforförbrukningen i Sverige har stabiliserats på en mycket låg nivå sedan

slutet på 1980-talet. På en del marker kan tidigare uppgödsling utnyttjas men på andra marker måste man se upp så att inte fosfor blir en begränsande skördefaktor. Fosforgödslingen bör därför styras med hjälp av jordanalys och markkartering för det enskilda fältet. Försök visar att fosforgödsling från och med klass 3 och ner till klass 1 ger stigande skördeökningar, från 5 till 30 % (Mattsson *et al.* 2001). Därmed bör det finnas en skördehöjande potential i höstvetete på alla markkarteringspunkter med klass 1 och 2 för fosfor i Sverige.

För att beräkna fosforbehovet för ett fält är det viktigt att veta vilken variation det finns inom fältet och anpassa gödslingen till det. Söderström (2008) visade i en undersökning av 32 slumpmässigt utvalda gårdar i Mellansverige, att en medelgiva på ett fält bara gav rätt mängd fosfor på 35 % av arealen, var skördebegränsande på 40 % och var i överskott på 25 %. Detta innebar att 40 % av arealen får i medeltal 5 kg P/ha för lite, och 10 % av arealen får 10 kg P/ha för mycket om man lägger en medelgiva. Liknande resultat erhöles för kalium. En medelgiva med kalium var korrekt för 25 % av arealen men 35 % av arealen fick i medeltal 12 kg K/ha för lite och 40 % av arealen fick 9 kg K/ha för mycket. I en annan studie kunde man visa att i Kristianstadsområdet som nästan helt har fosforklass 5 (P-AL) så är fortfarande 23 % av alla jordprover i klass 3 eller lägre, vilket innebär att mer fosfor borde ge skördeökningar även om lantbrukarna i området generellt avråds för gödsling med fosfor. Enklare provtagnings- och analysmetoder har nyligen tagits fram för både matjord (Wetterlind, 2010) och alv (Pikki *et al.*, 2013) vilket möjliggör provtagning av fler punkter inom ett fält och därmed gödsling anpassad till variationen.

Vete har i olika försök utmärkt sig som den minst fosforkrävande grödan (Bertilsson *et al.*, 2005; Kätterer *et al.*, 2011). Den långa växtperioden och det djupa rotsystemet ger bra möjlighet att utnyttja markfosfor. Vid låga fosfortillstånd eller höga pH-värden kan dock fosforgödsling ändå löna sig. Vid normalhöga värden räcker det att bortförseln med skörd ersätts någon gång i växföljden.

Som nämndes ovan behövs en betydande mängd kalium till en växande vetegröda. Emellertid tycks den långa växtperioden och rotdjupet normalt trygga kaliumbehovet också för höga skördar. Försök visar att 10-12 ton vete kan uppnås vid normala kaliumklasser och detsamma gäller för magnesium. För ett tryggt svavelbehov behövs tillgång till en mängd motsvarande ca 15 % av kväve. Situationen kan bli kritisk vid höga skördar, även om rotdjupet spelar roll också för svavel.

6.2.3. Mikronäring och pH (Mg, Cu, Mn och Zn)

Trots att mangan (Mn), koppar (Cu) och zink (Zn) har minskat i engelsk jordbruksmark de senaste 30 åren (McGrath, 2012) kunde man inte påvisa att mikronäringsbrist var en anledning till stagnerande skördar (Knight *et al.*, 2012). Mellan 1995 och 2007 dubblerades andelen jordprover från jordbruksmark som hade pH under 6, från 10 % till 20 %, med en 10 % minskning av andelen prov över pH 7. Från 2007 till 2010 var förändringen det motsatta. Man ansåg att detta endast haft en mindre effekt på höstveteskördarna från 1995 till 2007.

Fältförsök utförda i Danmark med bladgödsling av mikronäring (B, Cu, Mo, Mn & Zn) i höstvetets stråskjutningsfas visade väldigt sällan skördeökningar (Pedersen, 2008). Därmed fanns inga indikationer på att förändringar i

gödslingsstrategier för mikronäring kan ha påverkat skörden av höstvete på senare tid (Petersen *et al.*, 2010).

Det finns inget som tyder på att höga veteskördar i Sverige skulle kräva speciell hänsyn till mikroelement eller pH. Normala riktlinjer räcker. Men det är klart att konsekvenserna av en bristsituation blir värre vid större skördeambitioner. Ovanstående grundar sig på svenska försök och rekommendationer (Albertsson, 1989-2013; Bertilsson *et al.*, 2005). Samspel mellan mikronäringsämnen och sjukdomar har konstaterats, t.ex. mellan bor och ärtrottröta samt klumprotsjuka i raps (Marzec-Schmidt *et al.*, 2013) och behöver utredas för att undanröja sådana orsaker till skördebegränsning. Kalkningsbehovet behöver ses över i Sverige, så att inte pH begränsar tillgången på växtnäring mm. Söderström (2008) fann att det behövdes kalkas på lite mer än hälften av arealen på de 35 gårdarna i Mellansverige som studerades.

6.2.4. Stallgödsel och dess betydelse för skördenivån

Stallgödsel är i princip en positiv bördighetsfaktor men dess volym och tyngd gör den svår att transportera långa sträckor. Den är särskilt viktig vid låga skördenivåer men det är inte säkert att den är av stor betydelse för att få höga skördar. I en försöksserie med stigande kvävegödslingsnivåer (M3-2278, 64 försök 2008-2012) låg ca hälften av försöksplatserna på djurgårdar och hälften på gårdar utan djur. Medelsköörden utan kväve var utan djur 3485 kg/ha, medan den med djur var 4255 kg/ha. Skörden vid ekonomiskt optimum var utan djur 8680 kg/ha (vid 183 kg N/ha) och med djur 8490 kg/ha (vid 157 kg N/ha). Stallgödsel i växtföljden innebar alltså i genomsnitt 25 kg N/ha lägre kvävegödslingbehov, men innebar ingen högre

skördepotential. Man skulle annars kunna förvänta sig att stallgödsel i växtföljden innebär bättre tillgång på andra näringsämnen eller struktureffekter av högre mullhalt.

Mindre stallgödsel och ensidigare växtföljder kan vara orsaken till ökande strukturproblem och lägre skördar i vissa områden. I områden med hög djurtäthet ansamlas mer fosfor än vad odlingsmarken behöver. Stallgödseln blir allt mindre integrerad med växtproduktionsjordbruket vilket inte är en positiv utveckling. Försöks- och odlingsresultat tyder dock inte på att det skulle vara huvudorsaken för de senaste årens svaga skördeutveckling.

6.3. Skördepotential och olika faktorerers inverkan

6.3.1. Skördepotentialen enligt svenska försök

Vad har vi för möjligheter under svenska förhållanden och vilka växtnärfaktorer ska vi arbeta med för att höja skördarna? Det finns flera försöksserier som ger mycket information, och resultaten visar att det finns stor potential i svenskt jordbruk. Försöksserie M3-2278 (64 försök 2008-2012) innehåller kvävestegar, 0-280 kg N/ha, och visar därmed potentialen på varje plats genom maxskörden. Dessa visar som vi redan konstaterat ovan att skördeutvecklingen i olika försöksserier varit större än medelskörden ute på gårdarna (Fig. 6.3).

Av 64 försök har 27 en maxskörd på över 9 ton och 10 försök ligger över 10 ton. I sortförsöken under samma period (L7-101)

är medelskörden 8,6 ton för obehandlat (utan svampmedel) och 9,3 ton för behandlat (3 sorttyper). Försöksserien visar att det går att få toppskördar (10-12 ton) med vanliga sorter som är i bruk. Maxskördar på över 9 ton fördelades på följande sorter: Olivin (13st), Ellvis (5), Skalmeye (3st), Kranich (2st), Hereford (1st), Marshal (1st), Boomer (1st). I Mellansverige är det kortare vegetationstid än i Sydsverige, men enligt försöksresultaten innebär det ingen stor skillnad. Maxskörden kan bli 12 ton både i Uppland och kring Skara. Skåne har vissa fördelar framför Mellansverige vilket märks i resultaten, men skillnaden är mindre än vad man kunde tro. Längre dagar ger mera ljus och svalare väder vilket tydligt kompenserar en del. En annan slutsats är att liggsäd sällan har varit ett problem.

6.3.2. Maxskörd och optimal kvävegiva

Man bör komma ihåg att maxskörden inte är den ekonomiskt optimala. I de 64 försöken med stigande kvävegivor (M3-2278) är kvävegivan för maxskörd i medeltal 216 kg N/ha och medelskörden 8,8 ton/ha. Den ekonomiskt optimala kvävegivan vid priskvot 8 (kvävepris/vetepris) är i medeltal 175 kg N/ha och medelskörden 8,6 ton. Det är inte mycket skörd man förlorat genom att ekonomiskt optimera. De enskilda skördarna från försöken vid ekonomiskt optimum (Fig. 6.5) visar att det inte finns någon motsättning mellan höga skördar och god ekonomi. Nästan en fjärdedel av försöken har ekonomiskt optimum vid skördar över 10 ton, vilket betyder att kväveutnyttjandet är högt även vid de högre skördenivåerna.

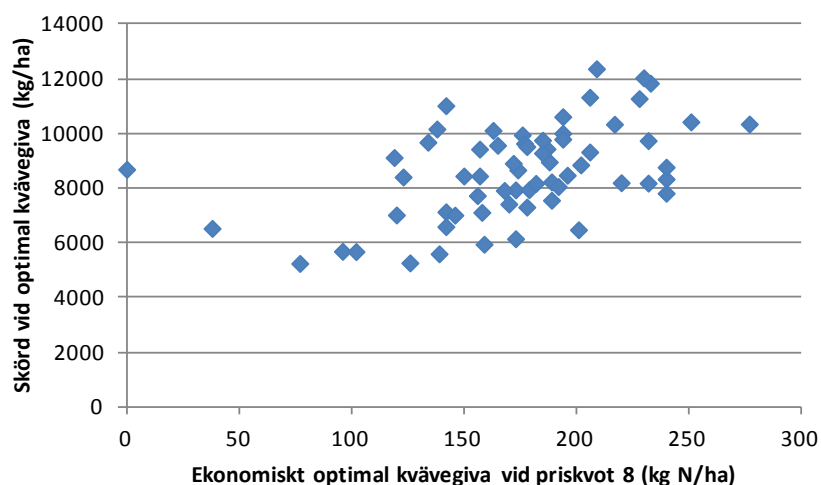


Fig. 6.5. Sambandet mellan höstvetets skördenivå och ekonomiskt optimal kvävegiva (priskvot 8) i försöksserie M3-2278.

6.3.3. Markfaktors betydelse för skördenivån

I försöksserien med stigande kvävegivor (M3-2278) har olika markfaktors betydelse för skörd studerats. Man kan möjligen se att på jordar med fosfortal lägre än 6 (P-AL < 6, klass III = 4,1-8) har ingen skörd nått över 10 ton/ha och att höga fosforvärden inte varit någon fördel (Fig. 6.6). För kalium fanns inget samband med skörd och det var en spännvidd på K-AL från 7 till 40. Man kan heller inte se något

samband mellan skörd och mullhalt. Det var en spännvid mellan 1,7 och 12 % mullhalt. Mellan skördenivån och pH syns ett visst samband. Ingen plats med pH under 6,3 har kommit över 10 ton under fem försöksår och skörden ökar med högre pH. Sammanfattningsvis kan man säga att på platser med P-AL under 6 eller pH under 6,3 har skörden inte riktigt nått toppen men i övrigt ger försöken inga upplysningar om vad som bromsat skörden på dessa platser.

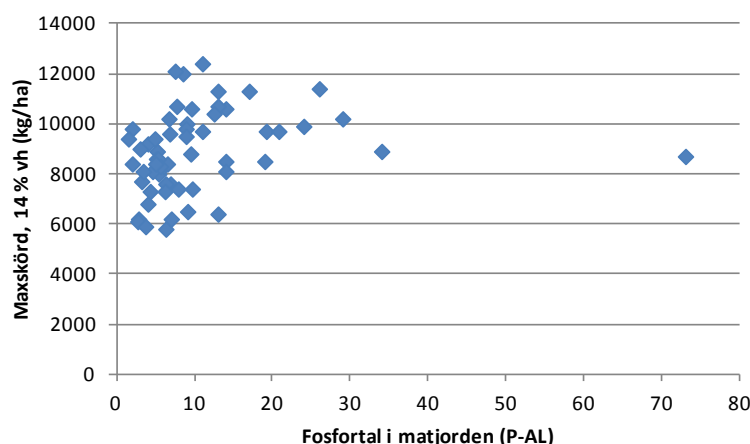


Fig. 6.6. Sambandet mellan maxskörd av höstvetete och fosfor i matjorden (P-AL), försöksserie M3-2278.

6.3.4. Fördelning av kvävegivan i tiden

För att få en bra skördeffekt måste kvävegödslingen fördelas på ett bra sätt i tiden. Olika gödslingstrategier har studerats i totalt över 60 försök under perioden 2003-2012 (från försöksserierna M3-2274, D3-2283, L3-2286, LS3-9009 och LS3-9011).

Vilken gödslingsstrategi som är bäst varierar mellan försöken. Tidig gödsling med 40 kg N/ha (55 försök) har gett merskörd i 51 % av fallen, och tendens till mest fördelar finns i Skåne. Kompletteringsgödsling i stadium 37 eller senare har fungerat bra. I nästan 90 % av fallen har det varit lika bra eller bättre än att ge "rätt" giva vid huvudgödslings-tillfället. Det verkar som om vi i Sverige har nytta av kvävet lite tidigare än vad som diskuteras i England. Det är nog också troligt att dagens högre skördar och givor kräver andra gödslingssystem än 90-talets, så äldre svenska försök ger föga ledning i denna fråga. En slutsats är att kompletteringsprincipen i sig är fördelaktig för en högre skörd, utöver den anpassbarhet den tillåter.

6.3.5. Samband mellan merskörd och proteinhalt.

Det finns ett välkänt samband mellan proteinhalt och grödans kväveförsörjning (Bertilsson 2004). Vid otillräcklig kvävetillgång blir proteinhalterna låga, vid hög kvävetillgång höga. Vid kväveoptimum brukar de ligga vid 11,5-12 %. Det betyder att vid 11 % protein och därunder ligger vi under optimal kvävegiva och vid 12 % över. Detta demonstreras av figur 6.7 som visar skördeökning vid aktuell proteinhalt om kvävegivan ökar med 40 kg N/ha (försöksserie M3-2278). Det behövs idag ca 250 kg/ha skörd för att betala en kvävegiva på 40 kg N/ha. Diagrammet visar att någonstans vid lite över 12 % protein börjar det bli ekonomiskt osäkert. Sambandet visar också att om man har 10 % protein har vi tappat ca 600 kg/ha skörd jämfört med om vi haft 11,5 %. Men undantag finns vid stark kvävebrist då proteinhalten kan bli hög men skörden låg. Det blir dock störningar i detta samband om man gör en sen gödsling för att justera proteinhalten.

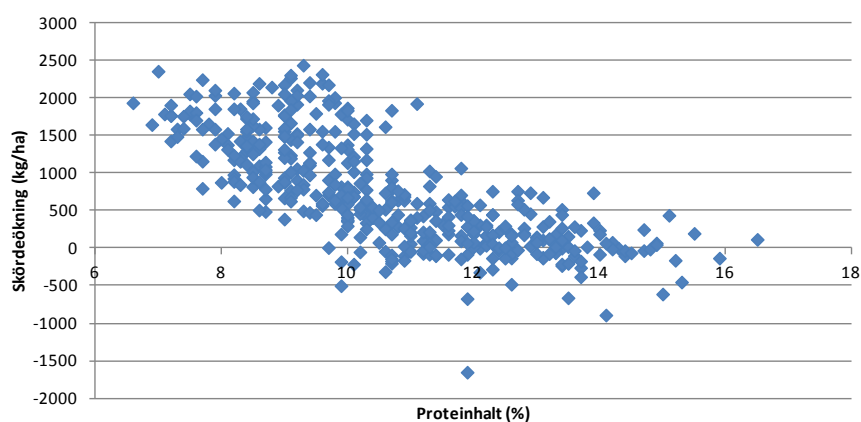


Fig. 6.7. Sambandet mellan merskörd, för 40 kg N/ha högre kvävegiva, och proteinhalt i höstvet, försöksserie M3-2278.

I sortförsöken (L7-101) har gödslingen varit gårdens praktiska gödsling. Det bör spegla det praktiska läget hos de mest växtodlingsintresserade jordbrukarna. Skördarna har som nämnts varit höga i genomsnitt. Där ingår sorter med olika kapacitet och obekämpat respektive bekämpat finns på varje plats samt proteinanalyser. Figur 6.8 visar sambandet mellan proteinhalt och skördenivå i dessa försök. Därmed går det att grovt uppskatta i vad mån kvävet har varit en skördebegränsande faktor. Vid exempelvis 10 % protein hade mer kväve med största sannolikhet varit lönsamt, medan 13%

protein visar på kväveöverskott. En tredjedel av försöken i figur 6.8 har haft underoptimal kväve-tillgång och ca en tredjedel har haft kväveöverskott och det var något annat som begränsade skörden, vilket visar på svårigheten att rätt anpassa givan. Om det i några av försöken getts en sen "proteingödsling" och därmed ökat proteinhalten är antalet försök som kunde gett lönsam skördeökning för mer kväve underskattat och metoden kan inte användas.

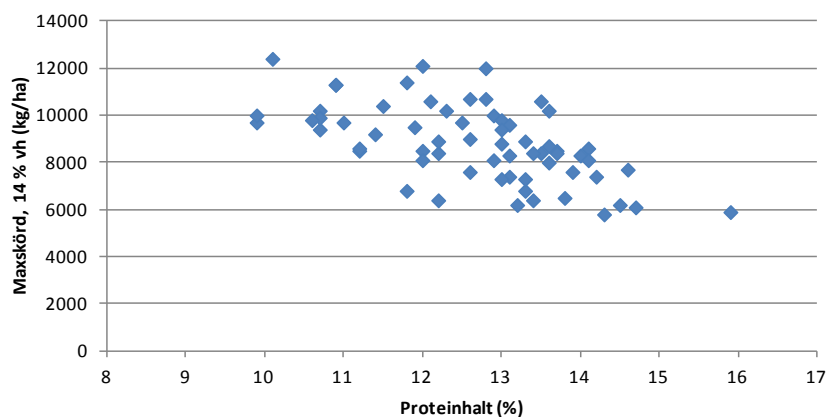


Fig. 6.8. Sambandet mellan maxskörd och proteinhalt i höstvete, försöksserie L7-101.

6.3.6. Samband mellan restkväve i marken efter skörd och grödans proteinhalt.

Att ha mycket kväve kvar i marken vid skörd, visar på för hög eller för sen gödsling med risk för förhöjd utlakning. Då man gödslar i överkant, brukar detta också avspeglas i proteinhalten. Figur 6.9 visar hur mycket restkväve i marken ökar i gödslade led med viss proteinhalt jämfört med ogödslade led. Man kan se att vid de

proteinhalter man bör eftersträva (ca 11,5 %) har restkvävmängden knappt ökat. Det betyder att det i princip inte finns någon motsättning mellan rätt gödsling för hög skörd och miljömål. Det skulle också kunna innebära att proteinhalten kanske skulle kunna ersätta arbetssam och dyr markkväveanalys.

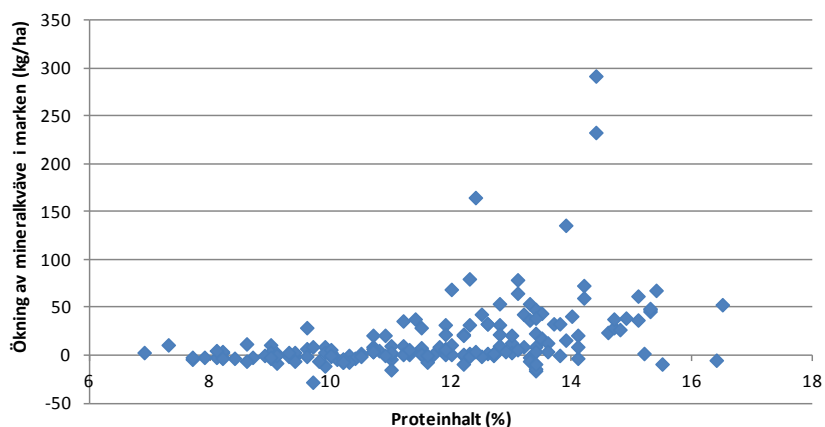


Fig. 6.9. Sambandet mellan kvävmängder i marken (0-60 cm) vid skörd (gödslade led minus ogödslade) och proteinhalt i höstvete (M3-2278).

6.4. Diskussion och slutsatser

För 12 ton skörd behövs 240 kg N/ha bara i kärnskoroden vilket kan synas som ett stort miljöhot. Å andra sidan visar både genomgången ovan och andra erfarenheter att höga skördar ger effektivt kväveutnyttjande och låga restkvävmängder i marken också vid den höga gödsling som behövs. Knäckfrågan är att kunna förutsäga skördenivån, matcha tillförseln mot behovet och för att det ska bli bra bör kvävebehovet beräknas i det aktuella beståndet, dvs platsspecifikt och inte från ett försöksmedeltal. Markens kväveleverans är en viktig grund i alla rekommendationssystem (England, Frankrike, Tyskland). Mineralkväve i profilen på våren betonas i England och Tyskland. I Sverige beaktas numera bara växtföljds- och stallgödsleffekter i Jordbruksverkets riktlinjer. Att anlägga nollrutor är ett bra sätt att ta reda på markens mineralkväveförråd och mineralisering. Kväveupptaget i en nollruta kan ge goda indikationer för kompletteringsgödsling och här kan grödsensorer vara ett bra hjälpmedel. Mätningar med Yaras handburna N-sensor i nollrutor vid flaggbladsstadiet har visat att det ger en god bild av markens kvävebidrag det aktuella året (Wetterlind & Krijger, 2009). Försöksgenomgången ovan antyder att vi har ett relativt stort spridningsfönster för kompletteringsgödsling vilket underlättar. De goda resultaten av sen komplettering under den tioårsperiod som redovisas ovan ger viss tillförsikt även om några veckors torka eller temperatur-extremer på högsommaren kan ge problem. Som ett säkerhetsnät kan fånggröda behövas för att ta upp ej utnyttjat kväve när skördepotentialen blivit lägre än beräknat. En snabb extra proteinanalys, eventuellt på ett prov taget före skörd, skulle kunna ge svar på om grödan gödslats med för mycket

kväve d.v.s. har mycket hög proteinhalt. Detta skulle kunna vara underlag för beslut om sådd av fånggröda och bidra till ökade kunskaper om kvävebehovet på olika fält och varierande årsmåner.

Bra kvävetillgång är ingen garant för hög skörd, men otillräcklig tillgång begränsar. Ett exempel är att man är van vid att 7-8 ton/ha är bra och gödslar för det, ca 160 kg N/ha, men det skulle gå att få 10-11 ton, vilket kräver 220 kg N/ha. Hur tar man reda på vilken skördepotential som finns på ett fält? Möjligheter finns att göra en genomgång av tidigare skördar och proteinanalyser och/eller göra gårdsförsök med en pilotruta med extra kväve, en maxruta. I och för sig ska kväve vara i någon mån skördebegränsande och inte användas i överskott, men det har dock visats vara i betydande grad skördebegränsande i vissa försök, där det inte varit avsikten. Det är därför möjligt att ett visst lyft av skördenivån kan erhållas med korrekt kvävegödsling. Möjligtvis kan det vara så att man inte känner till sina fälts skördepotential.

Både svenska och utländska erfarenheter pekar i samma riktning, att även med mycket höga skördeambitioner behövs inte mer än "god jordbrukssed" vad gäller gödsling och markunderhåll. Höstvet är en ganska anspråkslös gröda i dessa hänseenden. Den långa växttiden och det betydande rotdjupet ger stora möjligheter, men det gäller att bevaka markkartan, underhålla det som behövs, vilket i praktisk odling säkert behöver göras på många håll. Enligt vad dessa försök visar och andra erfarenheter finns normalt inget skördelyft att hämta om man ligger enligt rekommenderade nivåer för en varierad växtodling med avseende på makro- och mikronäring.

6.4.1. Behov av ny kunskap

I Sverige prövas sorterna med bara en kvävenivå vilket inte gynnar någon skördeutveckling. När vi skörderelaterar i kväverådgivningen blir det ju historiska försöksskördar som grund, d.v.s. vi ser i backspegeln, och det driver heller ingen skördeutveckling. Vi skulle behöva en mer ”dynamisk balansprincip” som grundar sig ännu mer på gårdens förhållanden. För att kunna utföra mer platsspecifika åtgärder på gården skulle t.ex. proteinanalyser kunna användas som managementhjälpmedel, liksom nollrutor. Man borde dessutom gå ett steg till och prova framåtsyftande pilotrutor, maxrutor, där faktorer som mer kväve, kalk, mikronäring, mulltillskott m.m. kan testas med syfte att undersöka skördebegränsande faktorer på fältet ifråga.

För att visa hur man på ett fält kan undersöka om det är möjligt att öka skörden från 8 ton/ha till 10-12 ton, gjordes ett pilotprojekt under 2013 för att demonstrera detta (Bertilsson, pers. meddelande). På fyra normalavkastande gårdar i Skåne lades 8 pilotrutor/maxrutor (4x4 m) ut i höstvetete med en extra kvävegiva på 60 kg N/ha, varav tre med NPKmikro (100N). Skörden beräknades utifrån en schablon där man använder axvikten. Axen klipptes på fyra delprov inom varje ruta och på fältet runtom. Resultatet visade att på sex av åtta platser, gav mer kväve i medeltal 10 % skördeökning och att mikronäring inte var skördebegränsande. Därmed fanns det indikationer på att en högre skördepotential fanns på flera fält eller fältdelar, vilket kan

vara värt att följa upp. Att skörda dessa småytor på gårdsnivå gick på mindre än en timme. Metoden skulle kunna förbättras genom att man har upprepningar.

Idag finns en rad olika handburna grödsensorer på marknaden som hjälpmedel för att bestämma storleken på en kompletterande kvävegiva. En av dessa är Trimble Greenseeker[®] vars gödslingsrekommendationer bygger på att man jämför en yta som gödslats normalt (fältgiva) med ett område (gödselspridarens bredd x 10m) som gödslats med ca. 40-60 kg N/ha mer, för att få ett mått på skördepotentialen (maxskörden) och grödans respons på mer kväve. Sensorerna behöver testas och utvärderas under svenska förhållanden vilket delvis påbörjades under 2013.

Försöken borde kunna utnyttjas bättre. Det finns många gånger höga ambitioner i försöksplanerna vad gäller registrering av nederbörd, försöksåtgärder, beståndsparametrar osv. I praktiken blir detta ofta ofullständigt där nederbörd är angiven som månadsvärden från en station i regionen. Mycket vore vunnet med veckovärden för den kritiska tiden, vilket också åtgärdades under 2013. Mycket kan göras genom att utnyttja de system som redan finns på ett fullständigare sätt. För utvecklingsfrågor, som val av sort och gödslingssystem, skulle orsakssammanhang kunna klargöras bättre genom koppling mellan beståndsutveckling och väder, samt kanske vattenbalans.

6.4.2. Summering i punkter

Slutsatser:

*En utebliven ökning av kvävegivan på gårdsnivå beräknas endast bidra till en liten grad till stagnerande skördar.

*En stor variation i optimal kvävegiva mellan fält och inom fält visar på behovet av platsspecifikt anpassad gödsling, och därmed möjligheter till högre skördar. Rätt mängd kväve och fördelning i tiden är avgörande för att man ska kunna utnyttja skördepotentialen på en plats. Överskott av kväve kan minska skörden och orsaka dyra kväveförluster till miljön.

*Försöken visar på goda möjligheter att få höga skördar både i Syd- och Mellansverige, under bra markförhållanden med t.ex. fosfortal minst i klass 3 och pH >6,3. Aktuell markkartering är viktigt för att platsspecifikt kunna anpassa fosforgödsling.

Skördepotential:

* En utebliven skördeökning enligt SCB's statistik, trots stigande skördar i fältförsök, kan till endast 10 % (0,1 ton/ha) eventuellt förklaras av att man underskattat skördepotentialen vid kvävegödsling. Ytterligare 13 % kan förklaras av en lägre lönsamhet att gödsla för högre skördar efter 2000 jämfört med tidigare.

*Försöken visar maxskördar på 2-3 ton högre än svensk medelskörd enligt SCB. Det finns alltså en stor ökningspotential som är nästan lika stor i Mellansverige som i Sydsverige.

*Precisionsgödsling anpassad till inomfältvariationer kan öka skörden med 3 %.

Behov av ny kunskap:

*För att kunna gödsla platsspecifikt och beräkna en korrekt optimal kvävegiva behöver man kunna göra bättre skördeprognoser och förutsäga mineraliseringen i marken. För detta behöver praktiska metoder och gödslingsmodeller utvecklas, tex. med hjälp av noll- och maxrutor och handburna grödsensorer.

*Fosforgödsling på jordar med låga P-tal och kalkning på jordar med lågt pH behöver uppmuntras för att öka möjligheterna till högre skördar. Samspelet mellan mikronäringsämnen, och sjukdomar behöver utredas för att undanröja orsaker till skördebegränsning.

*Gödslingsstrategier med kompletteringsgödsling, kopplat till beståndsutveckling, behöver studeras för dagens sorter.

* Proteinhalten ska ses som ett managementhjälpmedel, inte bara som en kvalitetskontroll. Det behöver utredas om proteinanalyser kan ersätta markkväveanalyser vid skörd, för att påvisa över/underoptimal gödsling.

*Forskning behövs om i vilken mån en fånggröda kan användas som säkerhetsnät för att hålla nere kväveutlakning vid höga kvävenivåer, i de fall skörden ej blir så hög som förväntat.

6.5. Referenser

- Albertsson, B., 1989-2013. Riktlinjer för gödsling och kalkning (Guiding principles for fertilisation and liming). Jordbruksverkets Rapporter (Swedish Board of Agriculture, Reports 1989-2013).
- Bertilsson, G. 2004. Kväve – från teori till praktiska frågor. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift, nr 12, 99-125.
- Bertilsson, G., Rosenqvist, H., Mattsson, L. 2005. Fosfor och odlingsekonomi med perspektiv på miljömål. Naturvårdsverket rapport 5518, 58 s.
- Brisson, N., Gate P., Gouache, D., Charmet G, Oury, F., Huard, F. 2010. Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France. *Field Crops Research* 119, 210-212.
- Delin, S. 2005. Site-specific Nitrogen Fertilization Demand in Relation to Plant Available Soil Nitrogen and Water. Potential for prediction based on soil characteristics. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 2005:6, 55 pp.
- Engström, L., Lindén, B., 2009. Importance of soil mineral N in early spring and subsequent net N mineralisation for winter wheat following winter oilseed rape and peas in a milder climate. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Plant Soil Science* 59: 402-413.
- Jordbruksverket, 2011. Sveriges första femton år som medlem i EU. Jordbrukets utveckling. Rapport 2011:33, s 14.
- Knight, S., Kightley, S., Bingham, I., Hoad, S., Lang, B., Philpott, H., Stobart, R., Thomas, J., Barnes, A., Ball, B. 2012. Desk study to evaluate contributory causes of the current yield plateau in wheat and oilseed rape. HGCA, Project report No. 502, pp 226.
- Kätterer, T., Kirchmann H., Börjesson, G. 2011. Fosfor- och kväveinteraktioner samt mulluppyggnad i svenska långliggande försök. Sidor 25:1-25:10 Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet vol. 64
- Mattson, L. 2004. Kväveintensitet i höstveten vid olika förutsättningar. Institutionen för markvetenskap, Rapport 209, s 38.
- Mattson, L. Börjesson, T., Ivarsson, K. and Gustavsson. 2001. Utvidgad tolkning av P-AL för mark- och skördeanpassad fosforgödsling. Institutionen för markvetenskap, Rapport 202.
- McGrath, S P. 2012. Making the most of micronutrients. HGCA SAC Workshop 2012 Presentation. <http://www.hgca.com/document.aspx>
- Marzec-Schmidt, K., Persson, L., Wallenhammar, AC., Jonsson, A. 2013. Control of soil borne pathogens with Boron. In: XVII. International Plant Nutrition Colloquium and Boron Satellite Meeting Proceedings Book (2013). Sabanci University, Istanbul. ISBN 978---605---4348---62---6. Retrieved from <http://www.plantnutrition.org/en/2013ipnc---b---proceedings.html>.
- Nissen, K., Andersson, A. 2012. Grödans kvävebehov varierar, en enda kvävenivå är alltid fel. *Växtpressen* 1, s 12-13.
- Pedersen, J. B. (ed.) 2008. Oversigt over Landsforsøgene 2008, Scanprint a/s.
- Petersen, J., Haastrup, M., Knudsen, L., Olesen, JE. 2010. Causes of yield stagnation in winter wheat in Denmark. DJF Report Plant Science No. 147, pp 150.
- Pikki, K., Söderström, M., Wetterlind, J., Stenberg, B. 2013. Three layered soil maps based on sensor measurements. In: Precision agriculture '13. 9th European Conference on Precision Agriculture, Lleida, Spain, 11 July 2013, p 33-39.
- Stenberg, M., Söderström, M., Gruvaeus, I., Bjurling, E., Gustafsson, K., Krijger, A-K., Stenberg, B., Pettersson, C.G. 2009. Orsaker till skillnader mellan rekommenderade

- kvävegivor och de verkliga eller beräknat optimala i praktisk spannmålsodling – kan vi öka kväveeffektiviteten? HS Skaraborg, Rapport nr 5.
- Sylvester-Bradley, R., Kindred D.R., Blake, J., Dyer, C.J., Sinclair, A.H. 2008. Optimising fertilizer nitrogen for modern wheat and barley crops. HGCA Final Project Report 438.
- Sylvester-Bradley, R. & Kindred D.R. 2009. Analysing nitrogen responses of cereals to prioritize routes to the improvement of nitrogen use efficiency. *Journal of Experimental Botany* 60, 1939-1951.
- Söderström, Mats. 2008. Traditionell markkartering i precisionsodling - Sammanställning av markkarteringsstatistik 1998-2002. Precisionsodling Sverige. Teknisk rapport nr 15.
- Wetterlind J, Krijger A-C. 2009. Växtnäring. Kvävebehov för höstvet under olika förutsättningar. Mellansvenska försökssamarbetet, s 32-37.
- Wetterlind, J., Stenberg, B. & Söderström, M. 2010. Increased sample point density in farm soil mapping by local calibration of near infrared prediction models. *Geoderma* 156(3-4), 152-160.
DOI: [10.1016/j.geoderma.2010.02.012](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.02.012).

7. Växtföljds- och förfruktseffekter på höstvete

Libère Nkurunziza, Göran Bergkvist, Inst. för växtproduktionsekologi, SLU

Växtföljds- och förfruktseffekter är bland de faktorer som påverkar höstvetets kärnskörd. I detta kapitel diskuterar vi orsakerna till att förfrukten är viktig för höstvetets avkastning och presenterar data från växtföljdsförsök som illustrerar betydelsen av förfrukt beroende på miljö. Många försök genomförda i Sverige visar att vall och ettåriga grödor som inte är gräsarter är bättre som förfrukter till höstvete än stråsäd. Förfruktseffekten är normalt större i system med liten inblandning av växtrester än i plöjda system. Det behövs mer kunskap om hur förfrukten och växtföljden påverkar förekomsten av ogräs och skadegörare på kort och på lång sikt och hur effekterna samspelar med miljöfaktorer. Vi föreslår noggranna statistiska analyser av historiska data från gårdar med höstveteodling och från långliggande fältförsök för att kartlägga orsakerna till de stagnerande höstveteskördarna. Vi föreslår också arbete för att öka förståelsen av de processer i komplexa odlingssystem med långsamma förändringar som avgör bördigheten och höstvetets avkastning, till exempel genom att använda en modellansats. Slutligen föreslår vi att bestämma förfrukternas kort- och långsiktiga effekter på ogräs och skadegörare och att sambandet med miljöfaktorer undersöks.

Lönsamheten av att odla en viss gröda bestäms inte bara av kostnader och intäkter under det år då den odlas utan även av hur odlingssystemet påverkas genom grödans efterverkanseffekter (Lindén och Engström, 2006). Positiva effekter kan vara att grödan tillför kväve, minskar negativa effekter av skadegörare på kommande grödor eller förenklar ogräsbekämpningen, och negativa effekter kan vara att den bidrar till att ogräs och skadegörare uppföras. Det är viktigt att höstvetets skötsel, såsom gödsling och växtskydd, tar hänsyn till effekter av avbrottsgrödor och mellangrödor och att beräkningen av intäkter tar hänsyn till både de direkta och indirekta resurser som avbrottsgrödor bidrar med till systemet. Avbrottsgrödornas effekter kan delas upp i två grupper. Första gruppen är de kortsiktiga effekterna på den efterföljande grödans avkastning, genom att de påverkar växtnäringstillgång, skadegörare, markens struktur, med mera. Den andra gruppen av effekter består av förändringar i mullhalt, markstruktur,

skadegörare, kvävemineringsförmåga eller ogräsförekomst som har betydelse över en längre tid, också kallat odlingssystemeffekter. Förändringar i användningen av avbrottsgrödor, speciellt i kombination med förändringar i höstvetets skötsel, kan ha påverkat avkastningsnivåerna under de senaste decennierna. Det som vi bedömer har speciellt stor betydelse är de kort- och långsiktiga effekterna av att användningen av vallar har minskat i slättbygder där det odlas mycket höstvete och att höstvete idag oftare sås utan föregående plöjning, även efter stråsädesförfrukter, än vad som var fallet för några årtionden sedan.

Det har sedan 1980-talet publicerats ett stort antal undersökningar av växtföljd- och förfrukteffekter med resultat från kort- och långliggande försök utförda i Sverige (Nilsson och Wallgren, 1981; Olofsson et al., 1983; Olofsson och Wallgren, 1984; Dahlstedt och Wallgren, 1991; Andersson och Wivstad, 1992; Lindén och Engström, 2006; Lindén, 2008). Samtliga ovan

nämnda publikationer inkluderar undersökningar kring inverkan av olika grödor som förfrukter till höstvet. Kvävefixerande förfrukter är generellt bra, med tanke på att de ökar höstvetets avkastning och miljömässigt genom att de inte kräver någon kvävegödsling. Ingår vall i växtföljden ökar det höstvetets avkastning genom att bland annat tillföra kväve, om vallen innehåller baljväxter, förbättra markstrukturen och missgynna ettåriga ogräs. Ensidig stråsädsodling leder till mer skadegörare som drabbar stråsäd, till exempel svampsjukdomar, insekter, ogräs, med mera, än blandade växtföljder (Jordbruksverket, 2013). Många skadegörare som angriper vete kan även angripa annan stråsäd, vilket gör att det inte är tillräckligt att växla mellan höstvet och andra stråsädesslag, även om havre normalt, men inte alltid, är bättre som förfrukt än övriga stråsädesslag. Markens struktur kan påverkas också på kort sikt av förfrukten, till exempel genom att förfruktens rotsystem torkar upp i alven och ger upphov till sprickbildning. De långsiktiga effekterna på markens struktur utvecklas långsamt och olämpliga odlingsystem kan fungera bra i många decennier innan de påverkar höstvetets avkastningsnivå märkbart negativt. Det finns en omfattande internationell litteratur som pekar i samma riktning som de svenska undersökningarna när det gäller inverkan av växtföljder och förfrukter (Rahimizadeh et al., 2010; Pinke et al., 2011; de Toledo-Souza et al., 2012; Liu et al., 2012; Vujanovic et al., 2012; Leplat et al., 2013).

Metoderna för skattning av efterverkan av olika förfrukter skiljer sig beroende på tillgängliga data och teknik (Lindén, 2008). Det framgår av många av de i detta kapitel refererade studierna att det finns ett behov av att utveckla metoder att fånga orsakerna

till förfruktseffekterna i de enskilda fallen, eftersom långsamma processer i marken och komplexa interaktioner mellan väder, mark och gröda, gör det svårt att förutsäga betydelsen av växtföljd under specifika förhållanden. I detta kapitel ger vi en överblick av försöksresultat angående växtföljd- och förfrukteffekter på höstvet från Sverige och vi diskuterar dem kort i jämförelse med resultat från andra länder (Ahlemeyer och Wolfgang, 2010; Brisson et al., 2010; Petersen et al., 2010).

7.1. Förfruktens efterverkan på höstvet

7.1.1. Kväveefterverkan

Enligt Jordbruksverket kan förfruktens kväveefterverkan variera mellan noll och 40 kg N/ha, vilket motsvarar en skördeökande verkan på upp till 1200 kg/ha hos höstvet (tabell 7.1). Engström och Lindén (2009) genomförde nio tvååriga fältförsök i södra Skåne 1999-2004, där de fann att redan vid skörd av förfrukten innehåller marken mer mineralkväve när förfrukten är höstraps eller ärter än när den är havre. Fram till början av november ökade mineralkväveförråden till i medeltal 68, 64 och 45 kg N/ha för leden med höstraps, ärter respektive havre som förfrukter. Under vintern, förmodligen huvudsakligen beroende på förluster, minskade mineralkväveförråden. Från tidig vår till höstvetet nådde sen degmognad mineraliserades, i medeltal, 100 kg N/ha efter höstraps, 79 kg N/ha efter havre och 94 kg N/ha efter ärter. I tabell 7.2 visas detaljerade resultat kring kväveförhållandena i höstvet odlad efter olika förfrukter för fyra av de nio försöken i serien av Engström och Lindén (2009). Platserna är valda här för att illustrera att kvävedynamiken skiljer mycket både beroende på plats och årsmån.

Tabell 7.1. Olika grödors förfruktsvärden till höstvete uttryckta som kväveefterverkan och som skördeökande verkan

Förfrukt	Kväveefterverkan (kg N/ha)	Skördeökande verkan (kg/ha)
Korn, vårvete, höstsäd	0	0
Havre	0	700
Gräsvall	15	400
Blandvall	40	800
Foderärter	35	1 000
Åkerbönor	25	700
Höstraps	40	1 200
Våroljeväxter	20	800
Sockerbetor	25	1 000
Potatis	0	800
Stubbträda	20	700

Källa: Jordbruksverket, 2013

(<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/spannmalsgrodor/vete/vaxtfoljd.4.32b12c7f12940112a7c800020318.html>)

Lindén (2008) presenterar försöksresultat och ger en litteraturöversikt kring efterverkan av olika förfrukter på stråsådesgrödors avkastning och kvävetillgång, inklusive höstvete. I denna rapport sammanfattas en kvävegödslingsmodell för stråsåd. Denna modell kan tillämpas för att beskriva hur det optimala gödslingskvävebehovet påverkas av olika förfrukter. Förfrukternas skördeökande förmåga i jämförelse med

stråsåd kan bero på i) effekter som påverkar eftergrödans, höstvetets, avkastningspotential, t ex att den har patologiskt sanerande verkan eller markstrukturpåverkan, och ii) förbättring av tillgången på utnyttjbart kväve. Förfruktens betydelse beror på vilket jordbearbetningssystem som använts och är normalt större ju mindre effektivt växtresterna blandas in i jorden. (Olofsson, 1993).

Tabell 7.2. Mineralkväve i marken (0-90 cm djup, kg N/ha), utnyttjat markkväve (kg N/ha) beräknat som kväveinnehållet i ogödslad höstvetegröda (inklusive skattad N-mängd i rötterna) efter höstraps, havre och ärter, samt beräknad nettomineralisering av kväve (kg N/ha) under höstvetets växtsäsong från kväveprofilprovtagning på våren till provtagning vid sen degmognad (stadium DC 87) hos höstvete

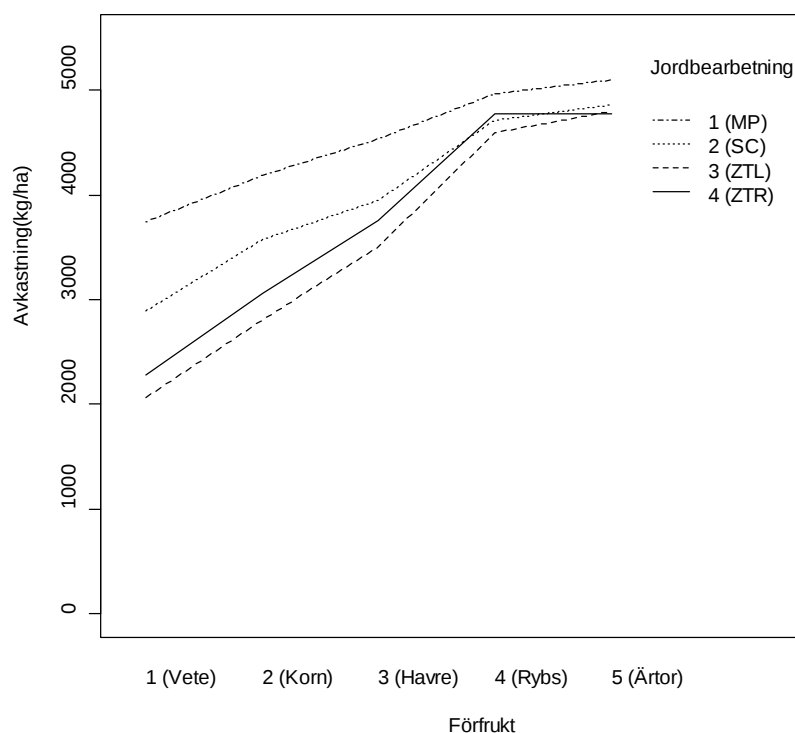
Försöksplats och år	Mineralkväve i marken				Markkväve upptaget av höstvetet under växtsäsong år 2			
	Förfruktår (år 1)		Höstveteår (år 2)		Summa utnyttjbart jord- förfruktskväve		N-minera- lisering	
	Vid skörd av förfrukt	Sen- höst	Tidig vår	DC 87 hos höstvete	Absolut mängd	Ökning jämfört med havre	Absolut mängd	Ökning jämfört med havre
Bollerup, Tomelilla (2000-01)								
Höstraps	50	90	50	20	140	38	110	23
Havre	16	42	32	17	102	0	87	0
Ärter	65	74	45	14	130	28	99	12
Bollerup, Tomelilla (2001-02)								
Höstraps	106	80	37	19	126	10	108	-2
Havre	37	48	24	18	116	0	111	0
Ärter	52	62	24	20	117	1	113	3
Linelund , N. Åby (2001-02)								
Höstraps	22	32	23	22	88	-11	87	-9
Havre	65	45	29	26	99	0	96	0
Ärter	46	43	33	19	98	-2	83	-13
Linelund , N. Åby (2002-03)								
Höstraps	50	68	61	22	135	46	97	34
Havre	24	51	50	23	90	0	63	0
Ärter	44	78	54	15	122	32	83	20

Källa: Ändrad från Bilaga 2 (Lindén och Engström, 2006)

7.1.2. Vall som förfrukt till höstvet

Organiskt material i marken har positiv inverkan på markens fysiska, kemiska och biologiska egenskaper (Fageria, 2012). Med vall som förfrukt, ackumuleras organiskt material under vallens liggtid och kväve mineraliseringen ökar när vallen bryts. Samtidigt sker en betydande anhopning av mineraliserat kväve efter vallbrott. Mängden mineraliserat kväve efter vall beror på vallens botaniska sammansättning, samt vallens ålder (Andersson och Wivstad, 1992). Skördeskillnaderna hos efterföljande höstvet på grund av vallens olika ålder är

små jämfört med effekten av botanisk sammansättning. Vallen har dessutom en långsiktig effekt på markstrukturen, och markens vatten- och näringshållande förmåga. Beroende på utgångsläge och lokala förutsättningar kan vallodling bromsa en pågående minskning av mullhalten eller till och med bidra till en ökning av mullhalten. Den ökade mikrobiella biomassan i marken som vallen resulterar i leder också till att nedbrytningen av färskt organiskt material påskyndas (Murphy et al., 2007; Wu et al., 2012).



Figur 7.1. Effekten av samverkan mellan jordbearbetningssystem och förfrukter på höstvetets kärnavkastning. 1 MP: vändande plöjning; SC: ytlig jordbearbetning; ZTL: direktsådd med halm kvar och ZTR: direktsådd efter att halmen togs bort (data från Olofsson, 1993)

7.1.3. Förfrukteffekter på ogräs och höstvetets skadegörare

Effekten av växtföljd på ogräsmängden och ogräsens sammansättning under svenska förhållanden har studerats av Andersson och Milberg, (1996) och Andersson och Milberg, (1998), i andra tempererade länder bl.a. av Andreasen och Streibig, (2011) och Eyre et al. (2011). Växtföljd har använts i förebyggande syfte mot olika skadegörare (Biddle och Whalley, 1996; Hancock, 1996; Higginbotham, 1996). Genom en väl planerad växtföljd är det möjligt att minska mängden av många skadegörare på ett skifte, såväl ogräs och växtpatogener som orsakar sjukdomar, samt skadedjur. En bra växtföljd löser dock inte problemet med skadegörare som lätt förflyttar sig över längre sträckor. Växtföljdens effektivitet beror på skadegörarens förmåga att förflytta sig och på förekomsten av alternativa värdväxter i omgivningen. Potatiscystnematoden (en liten rundmask som lever i jorden) har till exempel svårt att förflytta sig och utnyttjar nästan bara potatis som värdväxt, vilket leder till att effekten av växtföljd är god. Vissa flygande skadeinsekter påverkas av regional växtföljd, eftersom de kan röra sig över stora sträckor, d.v.s. en skiftesspecifik växtföljd ger ingen eller obetydlig effekt, men variation i grödvalen regionalt leder till mindre uppförökning och försvårad spridning. Direktsådd och lätt bearbetning lämnar halmrester på markytan. Detta ökar sjukdomsriskerna i efterföljande gröda, speciellt för de markbundna svampsjukdomar som överlever på halmresterna mellan två värdgrödor. Patogener som överlever på rotrester, till exempel rotödarsvampen, är mindre beroende av bearbetningssystem. Många bladfläcksjukdomar är specialiserade på bestämda växtarter, vilket innebär att

spridningen försvåras av bra växtföljder. Det blir normalt större avkastning av höstvete när halm från höstvetets förfrukt tagits bort i direktsådda system (figur 7.1). Det kan förklaras med mindre effektiv överföring av sjukdomar mellan grödorna i växtföljden, men det kan också förklaras av att kärnan placeras fysikaliskt och kemiskt gynnsammare när det finns mindre halm. I de fall då en skadegörare har många värdväxter är det svårare att planera en växtföljd som tillfredsställande kan kontrollera skadegöraren, speciellt om vanliga ogräs kan fungera som värdväxter. Växtsjukdomar som kan spridas långa sträckor via luften (till exempel mjöldagg och rost) är svåra att påverka med växtföljden.

7.2. Långsiktiga effekter av vall i växtföljden på höstvetets avkastning

Den långsiktiga betydelsen av vall i växtföljden har till exempel undersökts i försök som startades i slutet av 1960-talet på tre platser i Sverige; Lanna i Västergötland, Säby nära Uppsala och Stenstugu på Gotland. En sexårig växtföljd med bara ettåriga grödor och en träda jämförs med en lika lång växtföljd med tvåårig gräsvall och en med en tvåårig klöver/gräsvall. De övriga fyra åren odlas oljeväxter, höstvete, havre och korn i alla växtföljderna. Höstvetet odlas alltså efter oljeväxter i samtliga växtföljder. Trots att försöken hade varat i nästan 50 år när Persson et al., (2008) undersökte växtföljdernas effekt, var det endast på Lanna som höstvetets avkastning ökat mer över tiden med baljväxtvall i växtföljden än utan vall i växtföljden, och bara på Säby hade mullhalten minskat signifikant mer utan än med vall i växtföljden. Det fanns dock få markdata från senare år tillgängliga vid analysen, vilket gjorde analysen osäker.

7.3. Diskussion och slutsatser

Fältförsök i Sverige och andra länder visar positiva effekter av att odla höstveten efter andra grödor än stråsäd. Förfrukt och jordbearbetningsmetoder påverkar alltså höstvetets avkastning, men effekternas storlek beror på omgivningsfaktorer såsom temperatur, vatten (Brisson et al., 2010) och jordart (Fageria, 2012). Den stora variationen i förfrukts effekt på höstvetets avkastning mellan försök visar att värdet av de ekosystemtjänster som en god växtföljd genererar skiljer mycket mellan platser och mellan år. Förfrukts kväveeffekt är den förfrukteffekt som är mest studerad, förmodligen eftersom effekterna uppstår snabbt och är enkla att mäta. Det finns fortfarande stora kunskapsluckor när det gäller växtföljdernas effekt på ogräs och skadegörare, speciellt de långsiktiga effekterna.

Många försök som har genomförts i Sverige som har haft som syfte att jämföra förfrukteffekter har också studerat effekten vid olika kvävegivor. Engström och Lindén (2009) har visat att förfrukteffekten av ettåriga avbrottsgrödor, ärter och höstraps, är ungefär lika stor i absoluta tal vid höga som vid låga kvävegivor. När det gäller effekten av vallar är den dock oftast större vid låga kvävegivor, eftersom vallarna innehåller mer klöver då tillgången på kväve är dålig (Andersson och Wivstad, 1992). Bergkvist et al. (2011) visade att den optimala kvävegivan till höstveten faktiskt är mindre om man sår in mellangrödor med klöver, eftersom den bättre klövertillväxten vid låga kvävegivor förbättrar kväveeffekten och gödslingsbehovet till efterföljande gröda. För att i framtiden bättre utnyttja de ekosystemtjänster som förfrukter och

mellangrödor kan ge behöver analysen av nyttan ske på odlingssystemnivå.

Många av förfruktsförsöken är ganska gamla och genomfördes med sorter som har andra egenskaper än de idag odlade sorterna. Nya sorter är förädlade för att kunna tillgodogöra sig höga kvävegivor. I den praktiska odlingen används de nya sorterna och därmed gödglas det med mycket kväve. Eftersom de nya sorterna har en större avkastningspotential och svarar tydligare på kvävegödsling med en ökad avkastning än äldre sorter, är det möjligt att moderna sorter också svarar mer på en bättre förfrukt än äldre sorter. Vi känner dock inte till någon studie där höstvetesorters respons på olika förfrukter eller odlingsmiljöer är systematiskt undersökt. Medan sortförädlingen har genererat sorter som är kvävekrävande har miljötänkandet, till exempel den gemensamma europeiska jordbrukspolitikerna (Finger, 2010), periodvis påverkat kvävegödslingsnivåerna i den andra riktningen.

Det finns behov av undersökningar kring förfrukteffekter på ogräsen förekomst och kontroll i Sverige. Det finns undersökningar från andra länder kring växtföljdens effekter på ogräspopulationer (Colbach och Debaeke, 1998; Gerowitt och Bodendorfer, 2001; Mertens et al., 2002; Dicke et al., 2003), fröbank i marken (Jordan et al., 1995) och ogräsbekämpning (Madsen et al., 1999). Kunskaper som genererats i dessa studier kan inte självklart användas i Sverige, eftersom omgivningsfaktorer och ogräsorter skiljer mellan olika länder och regioner. Det har påvisats en förändring av ogräsfloran i Danmark, efter att arealen höstsådda grödor har ökat de senaste 30 åren (Andreasen och Streibig, 2011). Även i Frankrike har det visats att förändringar av

odlingssystemen har påverkat ogräsfloran under senare år (Eyre et al., 2011). Odlingssystemen (växtföljd vs monokultur i konventionella eller ekologiska odlingssystem) har påverkat ogräsmängd och artsammansättning på olika sätt (Zimdahl, 1999; Hannukkala et al., 2000; Håkansson, 2003). Vi har inte hittat någon studie som riktar sig speciellt mot höstvet, men samtliga studier refererade till i föregående mening tyder på att växtföljden kan användas i ogräsbekämpningssyfte för ett mer integrerat växtskydd.

Det råder också en stor brist på studier om hur förfrukter påverkar förekomsten av skadegörare på höstvet i Sverige, vilket gör att det är svårt att förutsäga hur mycket merskörd som en ändring av odlingssystemet som stärker förfruktseffekterna skulle leda till. Enligt Wijk och Rosenqvist (2010) hade användning av svampbekämpningsmedel en bättre effekt under perioden 1995-2007 än 1983-1994. Försöken genomfördes på gårdar hos lantbrukare, men informationen om förfrukter saknas i studien. Resultat från två långliggande försök i Tyskland och Danmark visar en större positiv effekt av bra växtföljd än av användningen av pesticider på höstvetets avkastning (Deike et al., 2008).

För denna litteraturgenomgång har vi inte haft tillgång till historiska data från enskilda jordbrukare för att jämföra skördar av höstvet beroende på förfrukt. Vi tror att den typen av data skulle visa att odlingen av höstvet efter bra förfrukter har minskat, och att detta kan vara en bidragande orsak till varför avkastning av höstvet har stagnerat de två senaste decennierna. I Frankrike och andra länder har det visats att ändringar av odlingssystemen, framför allt minskningen av andelen baljväxter i växtföljden under

de senaste tjugo åren, på grund av nya regler och ekonomiska förhållanden, har bidragit till de stagnerande skördarna av höstvet (Brisson et al., 2010). En annan information som litteraturgenomgången inte fångade upp är kvantifieringen av de långsamma processer, till exempel mullhalt- och markstrukturförändringar, som påverkas av växtföljden. Denna typ av studier kan göras i långliggande försök, analyser av jordarkiv eller med hjälp av modelleringsansatser.

7.3.1. Kunskapsluckor och förslag till forskning

Från olika typer av försök kan man konstatera att växtföljder som inkluderar andra grödor än stråsäd kan öka skördarna av höstvet. För att belysa förfruktens betydelse i verklig odling skulle historiska data från verkliga gårdar vara värdefulla. Med tanke på odlingssystemens komplexitet skulle användningen av mekanistiska modeller kunna komplettera försöksresultat och på så sätt förbättra tillgången till beslutunderlag i framtiden. En förbättrad förståelse för mekanismerna bakom förfrukts- och odlingssystemeffekter på kort och lång sikt förbättrar möjligheterna till att utveckla odlingssystem med bättre nytta av förfruktseffekter än dagens system. Vi anser därför att följande arbetsuppgifter är angelägna:

- Att genomföra noggranna statistiska analyser av historiska data från gårdar med höstveteodling och från försök för att kartlägga orsakerna till de stagnerande höstveteskördarna.
- Att öka förståelsen av de processer i komplexa odlingssystem med långsamma förändringar som avgör bördigheten och höstvetets

skördar, till exempel genom att använda en modellansats.

- Att bestämma förfrukters och odlingssystemens kort- och långsiktiga effekt på ogräs och skadegörare, samt att sambandet med miljöfaktorer undersöks.

7.3.2. Summering

*Med bra förfrukt blir avkastningen i genomsnitt ett ton större än med höstvete som förfrukt.

*Effekten av förfrukt varierar mycket beroende på miljö och är svår att förklara och förutsäga.

*De långsiktiga effekterna av vall i växtföljden är säkert betydelsefulla, men svåra att kvantifiera.

avkastning med hjälp av växtföljden beror på hur många hektar det är möjligt att ersätta en dålig förfrukt med en bra och möjligheten att hitta avsättning för vall i stråsädesdominerade växtföljder.

Kunskapsluckor:

*Tillfredsställande beskrivningar av vilken betydelse växtföljd och odlingssystem har haft och varför

*Verktyg för hantering av komplexa system

*Kort- och långsiktiga effekter av växtföljd på ogräs och skadegörare och dess samspel med miljö

*Potentialen att förbättra höstvetets

7.4. Referenser

- Ahlemeyer, J., Wolfgang, F., 2010. Progress in winter wheat yield in Germany- what's the share of the genetic gain? *Tanung der Verinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs*, 19 - 23.
- Andersson, T., Wivstad, M., 1992. Vallen i växtföljden: Betydelsen av vallens ålder och botaniska sammansättning, resultat från försöksserien R4-1901. Rapport 38. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Andersson, T.N., Milberg, P., 1996. Weed performance in crop rotations with and without leys and at different nitrogen levels. *Ann. Appl. Biol.* 128, 505-518.
- Andersson, T.N., Milberg, P., 1998. Weed flora and the relative importance of site, crop, crop rotation, and nitrogen. *Weed Sci.* 46, 30-38.
- Andreasen, C., Streibig, J.C., 2011. Evaluation of changes in weed flora in arable fields of Nordic countries - based on Danish long-term surveys. *Weed Research* 51, 214-226.
- Bailey, K.L., Lazarovits, G., 2003. Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments. *Soil Tillage Res.* 72, 169-180.
- Biddle, A.J., Whalley, W.M., 1996. Cross pathogenecity of *Fusarium solani* and *Phoma medicaginis* var. *pinodella*. In: *Biologists, T.A.o.A. (Ed.), Rotations and cropping systems. The Association of Applied Biologists, Wellesbourne, Warwick, UK.*
- Brisson, N., Gate, P., Gouache, D., Charmet, G., Oury, F.X., Huard, F., 2010. Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France. *Field Crops Research* 119, 201-212.
- Colbach, N., Debaeke, P., 1998. Integrating crop management and crop rotation effects into models of weed population dynamics: a review. *Weed Sci.* 46, 717-728.
- Dahlstedt, L., Wallgren, B., 1991. Höstvete odlad i monokultur och i växtföljd. Rapport 12.

- Sveriges lantbruksuniversitet.
- de Toledo-Souza, E.D., da Silveira, P.M., Cafe, A.C., Lobo, M., 2012. Fusarium wilt incidence and common bean yield according to the preceding crop and the soil tillage system. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 47, 1031-1037.
- Deike, S., Pallutt, B., Melander, B., Strassemeier, J., Christen, O., 2008. Long-term productivity and environmental effects of arable farming as affected by crop rotation, soil tillage intensity and strategy of pesticide use: A case-study of two long-term field experiments in Germany and Denmark. *Eur. J. Agron.* 29, 191-199.
- Dicke, D., Krohmann, P., Gerhards, R., 2003. Spatial and temporal dynamics of weed populations in crop rotations under the influence of site-specific weed control.
- Eyre, M.D., Critchley, C.N.R., Leifert, C., Wilcockson, S.J., 2011. Crop sequence, crop protection and fertility management effects on weed cover in an organic/conventional farm management trial. *Eur. J. Agron.* 34, 153-162.
- Fageria, N.K., 2012. Role of Soil Organic Matter in Maintaining Sustainability of Cropping Systems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 43, 2063-2113.
- Finger, R., 2010. Evidence of slowing yield growth - The example of Swiss cereal yields. *Food Policy* 35, 175-182.
- Gerowitt, B., Bodendorfer, H., 2001. Long-term population development of *Viola arvensis* Murray in a crop rotation. II. Modelling population development. *Zeitschrift Für Pflanzenkrankheiten Und Pflanzenschutz- Journal of Plant Diseases and Protection* 108, 269-283.
- Hancock, M., 1996. The influence of rotation and cropping systems on plant parasitic nematodes. In: Biologists, T.A.o.A. (Ed.), *Rotations and cropping systems*. The Association of Applied Biologists, Wellesbourne, Warwick, UK.
- Hannukkala, A., Knuutila, J., Koskimies, H., Markkula, I., Vanhala, P., 2000. Växtskydd för eko-åker. Rapport 18. SLF- Forskning för Framåt, Jyväskylä.
- Higginbotham, S., 1996. The monitoring of disease levels in organic and conventionally managed wheat. In: Biologists, T.A.o.A. (Ed.), *Rotations and cropping systems*. The Association of Applied Biologists, Wellesbourne, Warwick, UK.
- Håkansson, S., 2003. Soil tillage effects on weeds. In: Håkansson, S. (Ed.), *Weeds and weed management on arable land: an ecological approach*. CABI Publishing, Cambridge, p. 274.
- Jordan, N., Mortensen, D.A., Prenzl, D.M., Cox, K.C., 1995. Simulation analysis of crop-rotation effects on weed seedbanks. *American Journal of Botany* 82, 390-398.
- Jordbruksverket, 2013. Vete i växtföljden. Jordbruksverket.
<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/spannmalsgrödor/vete/vaxtfoljd.4.32b12c7f2940112a7c800020318.html>
- Leplat, J., Friberg, H., Abid, M., Steinberg, C., 2013. Survival of *Fusarium graminearum*, the causal agent of Fusarium head blight. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 33, 97-111.
- Lindén, B., 2008. Efterverkan av olika förfrukter: inverkan på stråsädesgrödors avkastning och kvävetillgång- en litteraturoversikt. Rapport 14. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Lindén, B., Engström, L., 2006. Höstraps, havre och ärter som förfrukter till höstvete - inverkan på kvävedynamiken i marken och på vetes avkastning. Rapport 4. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Liu, X.B., Li, Y.S., Han, B.J., Zhang, Q.Y., Zhou, K.Q., Zhang, X.Y., Hashemi, M., 2012. Yield response of continuous soybean to one-season crop disturbance in a previous

- continuous soybean field in Northeast China. *Field Crops Research* 138, 52-56.
- Madsen, K.H., Blacklow, W.M., Jensen, J.E., Streibig, J.C., 1999. Simulation of herbicide use in a crop rotation with transgenic herbicide-tolerant oilseed rape. *Weed Research* 39, 95-106.
- Mertens, S.K., van den Bosch, F., Heesterbeek, J.A.P., 2002. Weed populations and crop rotations: Exploring dynamics of a structured periodic system. *Ecological Applications* 12, 1125-1141.
- Murphy, D.V., Stockdale, E.A., Poulton, P.R., Willison, T.W., Goulding, K.W.T., 2007. Seasonal dynamics of carbon and nitrogen pools and fluxes under continuous arable and ley-arable rotations in a temperate environment. *European Journal of Soil Science* 58, 1410-1424.
- Nilsson, G., Wallgren, B., 1981. Stråsådens avkastning i olika växtföljder i försöken R4-006-1 och R4-006-2. Rapport 96. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala
- Olofsson, S., 1993. Influence of preceding crop and crop residue on stand and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.), in different tillage systems, including zero tillage. Avhandling. Sveriges lantbruksuniversitet
- Olofsson, S., Wallgren, B., 1984. Höstvetet i växtföljden: Resultat från två försöksserier med olika förfrukter till höstvetet; R4-1711 och R4-1712. Rapport 130. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala
- Olofsson, S., Wallgren, B., Kindt, T., 1983. Olika grödors reaktion i tre långliggande växtföljdsförsök i Skåne; R4-601-1, R4-601-2 och R4-605. Rapport 122. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, p. 65.
- Petersen, J., Haastrup, M., Knudsen, L., Olesen, J.E., 2010. Causes of yield stagnation in winter wheat in Denmark. Århus universitet.
- Pinke, G., Pal, R.W., Toth, K., Karacsony, P., Czucz, B., Botta-Dukat, Z., 2011. Weed vegetation of poppy (*Papaver somniferum*) fields in Hungary: effects of management and environmental factors on species composition. *Weed Research* 51, 621-630.
- Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare-Feizabadi, A., Koocheki, A.R., Nassiri-Mahallati, M., 2010. Nitrogen use efficiency of wheat as affected by preceding crop, application rate of nitrogen and crop residues. *Australian Journal of Crop Science* 4, 363-368.
- Wu, Y.P., Kemmitt, S., White, R.P., Xu, J.M., Brookes, P.C., 2012. Carbon dynamics in a 60 year fallowed loamy-sand soil compared to that in a 60 year permanent arable or permanent grassland UK soil. *Plant and Soil* 352, 51-63.
- Vujanovic, V., Mavragani, D., Hamel, C., 2012. Fungal communities associated with durum wheat production system: A characterization by growth stage, plant organ and preceding crop. *Crop Protection* 37, 26-34.
- Zimdahl, R., 1999. Methods of weed management and control. In: Zimdahl, R. (Ed.), *Fundamentals of Weed Science*. Academic Press, London, UK.

8. Ogräs

Lars Andersson, inst. f. Växtproduktionsekologi, SLU

Effektiv ogräsbekämpning är en av de viktigaste förutsättningarna för att undvika skördeförluster i höstvete. I den genomgång av ett stort antal fältförsök som presenteras här finns dock inget som indikerar att avtagande skördeökningar i svensk höstveteodling skulle kunna förklaras av ökade problem med ogräs. Snarare ger den bilden av bibehållen effekt av kemisk bekämpning. Det finns dock mycket som talar för att effekten av kemisk ogräsbekämpning kommer att minska om inte fokus i högre grad sätts på integrerade kontrollstrategier. Framförallt kan vi förvänta oss ökade problem med gräsogräs, med fler fall av herbicidresistens och färre tillgängliga herbicider.

Ogräs är den faktor som står för den största skördereduceringen, i internationell såväl som i svensk växtodling. Enligt Oerke (2006) är den potentiella skördeförlusten (utan insats av ogräskontroll) orsakad av ogräs i genomsnitt 34%, att jämföra med 18% för skadedjur och 16% för växtpatogener. Ogräsen orsakar skördeförluster framförallt genom att konkurrera om ljus, växtnäring och vatten, men i vissa fall också genom allelopatisk effekt. Förutom genom rent kvantitativ nedsättning av skörden kan också kvaliteten påverkas. Till exempel kan ett förändrat mikroklimat öka angreppen av växtpatogener eller öka variationen i mognadsgrad och näringsinnehåll i skördeprodukten.

Även i vete står ogräsen för den största skördereducerande effekten, globalt sett, med en potentiell skördeförlust på 23% av den uppnåbara skördenivån (Oerke 2006). I Väst-Europa står dock växtsjukdomarna för en lika stor andel av den potentiella förlusten i vete som ogräs, framförallt vid höga skördenivåer. I en genomgång av 477 tyska försök visade Oerke (2006) att den potentiella skördeförlusten hos vete orsakad av ogräs varierade mellan 16 och 22% vid skördenivåer över 6 000 kg ha⁻¹. Vid de högsta skördenivåerna var den potentiella förlusten orsakad av växtsjukdomar större än den orsakad av ogräs. Vad gäller den faktiska skördeförlusten, det vill säga förlusten efter genomförd ogräskontroll, har den beräknats till 8-12% på global nivå (Tabell 8.1).

Tabell 8.1. Global faktisk skördeförlust (med insats av tillgängliga kontrollåtgärder) i vete

Period	Skördenivå (kg ha ⁻¹)	Faktisk skördeförlust (%)			
		Ogräs	Skadedjur	Sjukdomar	Totalt
1964/65 ¹	1250	9,8	5,0	9,1	23,9
1988-90 ²	2409	12,3	9,3	12,4	34,0
2001-03 ³	2691	7,7	7,9	12,6	28,2

¹ Från Cramer (1967), i Oerke (2006)

² Från Oerke m.fl. (1994), i Oerke (2006)

³ Från Oerke (2006)

8.1. Svenska försöksresultat

Milberg & Hallgren (2004) gjorde en genomgång av svenska fältförsök för herbicidprovning, för att försöka klarlägga vilka faktorer som hade störst betydelse för variationen i skördeökning efter en kemisk bekämpning. Totalt ingick 1691 herbicidförsök utlagda under 26 år, 1969-1994.

Den genomsnittliga skördeförlusten i obehandlade rutor (betraktad som potentiell skördeförlust) var 5,4%. Grödan hade stor betydelse för skördeutfallet efter en bekämpning. Vårkorn visade störst skördeökning efter herbicidbehandling, och påverkades alltså mest av ogräsen. Därefter följde i tur och ordning vårvete, havre, höstvete och råg, som var minst känslig för konkurrens. Som en effekt av ogräsförekomsten var skördeökningen efter bekämpning störst på organogena jordar och minst på lerjordar. De mest konkurrensstarka ogräsen i höstsäd var lomme och baldersbrå. Gräsogräsen ingick inte i genomgången.

Som underlag till denna rapport ("Vete mot högre höjder") har jag gjort en preliminär genomgång av 296 fältförsök för herbicidprovning i höstvete, utförda 1995-2012. Datamaterialet är omfattande, och borde i framtiden kunna användas för ingående studier av orsakssammanhang, som ett komplement till genomgången av Milberg och Hallgren (2004). I det här sammanhanget har jag nödgats begränsa mig till att försöka svara på följande frågor:

- Allmänt om skördenivåerna
 - hur har skördenivåerna ändrats under den undersökta perioden?
 - hur skiljer sig skördenivåerna åt mellan länen?
- Skördeökningar efter herbicid-

behandling

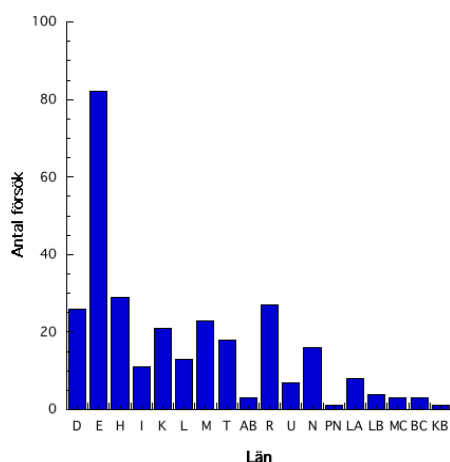
- har den genomsnittliga skördeökningen ändrats under perioden?
- hur påverkas skördeökningen av mängd örtogräs?
- hur påverkas skördeökningen av mängd gräsogräs?
- Slutsatser
 - Har kemisk bekämpning av ogräs i höstvete blivit mindre effektiv?
 - Kan effekten av ogräs förklara den avtagande skördeökningen i höstvete?

8.2. Metod

I genomgången har ingått 296 läns- och riksförsök, fördelade länsvis enligt Fig. 8.1. Som ett mått på behovet och effekten av en bekämpning har jag använt skördeökningen efter en kemisk behandling. Detta utgör den potentiella skördeförlusten, beräknad som skillnad i skördenivå (g ts m^{-2}) mellan försöksled A (kontrollerad) och försöksled B, uttryckt i procent. Som ytterligare mått på behovet av bekämpning, och skillnad i konkurrenskraft mellan arter, gjordes en regressionsanalys av skördeökning mot ogräsbiomassa. Data för biomassa (g m^{-2}) av örtogräs respektive åkerven, registrerat 4-8 veckor efter uppkomst, användes för korrelationen. Medelvärde och standardavvikelse för datamaterialet framgår av Tab. 8.2.

Av tidsskäl har det inte funnits möjlighet att göra en fullständig och konsekvent sortering av datamaterialet. Beslutet att genomgående använda led B som representant för en kemisk behandling är exempel på ett tänkbart metodfel. Något som också kan ha påverkat slutsatserna är det faktum att åkerven ensamt fick representera gräsogräsen, detta eftersom endast få försök med till exempel renkavle

ingick i datamaterialet. Likaså kan det representativt urval för svensk ifrågasättas om fältförsöken utgör ett höstveteodling.



Figur 8.1. Underlag för beräkningar. Antal svenska fältförsök för herbicidprovning 1995-2012, fördelade på län.

Tabell 8.2. Medelvärde och standardavvikelse för data i genomgången

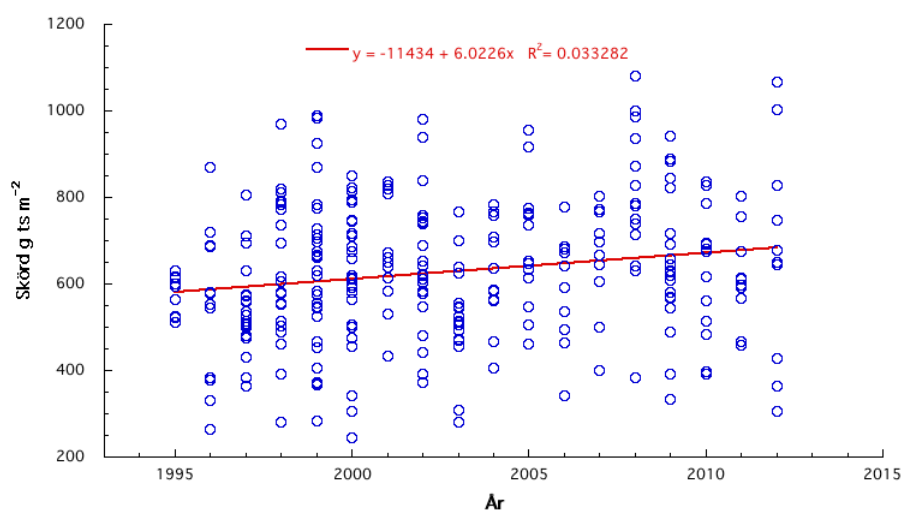
Data	Antal försök	Medel- värde	Median	Standard- avvikelse
Skördeökning (led B jmf med A, %)	296	27	11,2	49,78
<i>Led A</i>				
Biomassa, örtogräs (g m ⁻²)	294	406,2	264,9	406,25
Antal, örtogräs (plantor m ⁻²)	266	96,1	63,3	88,6
Biomassa, åkerven (g m ⁻²)	110	345,8	175,6	404,8
Antal, åkerven (plantor m ⁻²)	110	77,9	49,9	83,48
<i>Led B</i>				
Biomassa, örtogräs (g m ⁻²)	289	70,2	21,5	132,4
Biomassa, åkerven (g m ⁻²)	102	36,6	7,4	80,3

8.3. Resultat

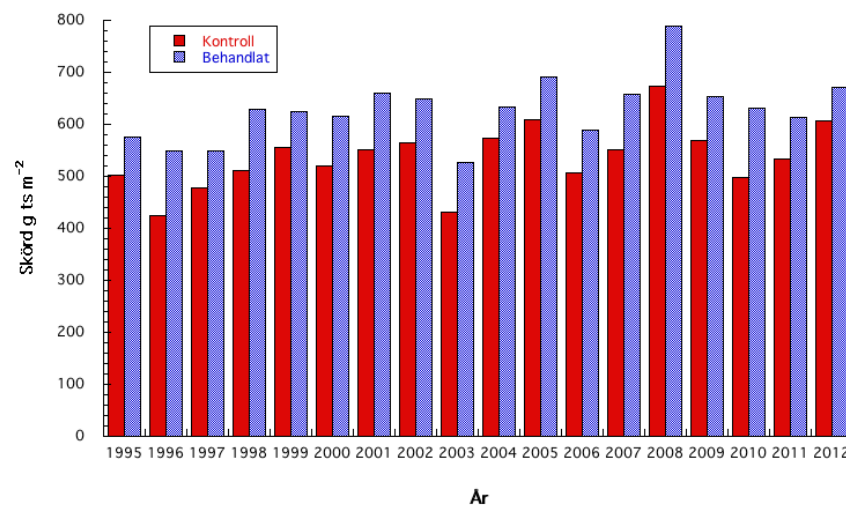
Regressionsanalysen av skördenivåerna i försöken visar på en ökning (ca 100 g ts m⁻²) under perioden, men spridningen i data är dock mycket stor och uppgår flera år till 700-800 g ts m⁻² (Fig. 8.2 och 8.3). Även de länsvisa variationerna i skördenivå, i genomsnitt över åren, är stora ($p=0,00239$; Fig. 8.4).

Skördeökningen efter en kemisk behandling (led B jämfört med kontrollen)

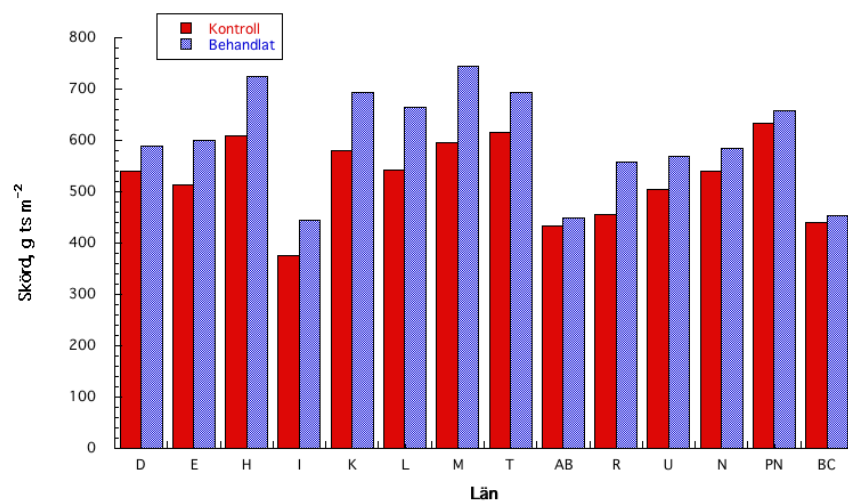
var i stort sett konstant under hela 18-årsperioden (Fig. 8.5). Inte heller har mängd biomassa av örtogräs eller åkervren ökat i någon större utsträckning i det behandlade ledet, trots att örtogräsen har ökat något i kontrolledet (data ej visat). Det finns alltså inget i datamaterialet som tyder på att den genomsnittliga behandlings-effekten mot ogräs har minskat under den aktuella perioden.



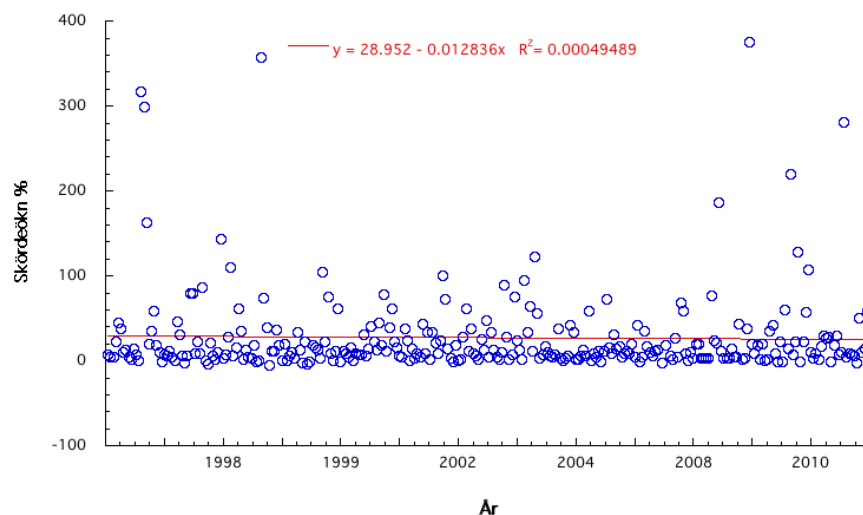
Figur 8.2. Skörd av höstvet (behandlat led) i svenska fältförsök för herbicidprovning under perioden 1995 till 2012.



Figur 8.3. Genomsnittlig skörd av höstvet i svenska fältförsök för herbicidprovning. Data utgör medelvärde av skörd i obehandlat (försöksled A) respektive behandlat led (försöksled B).



Figur 8.4. Genomsnittlig skörd av höstvet i svenska fältförsök för herbicidprovning, presenterat länsvis. Data utgör medelvärde över år av skörd i obehandlat (försöksled A) respektive behandlat led (försöksled B).

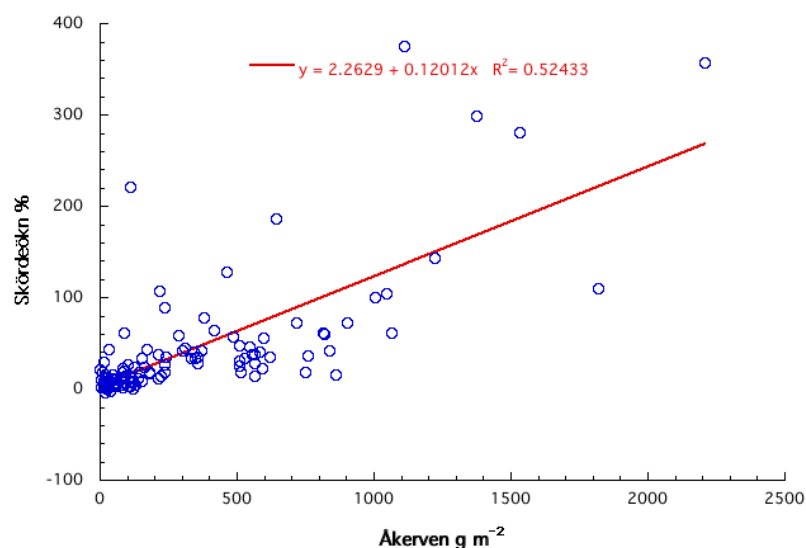


Figur 8.5. Skördeökning av höstvet i svenska fältförsök för herbicidprovning. Data utgör skördeökning (%) i behandlat led (försöksled B) jämfört med obehandlat (försöksled A).

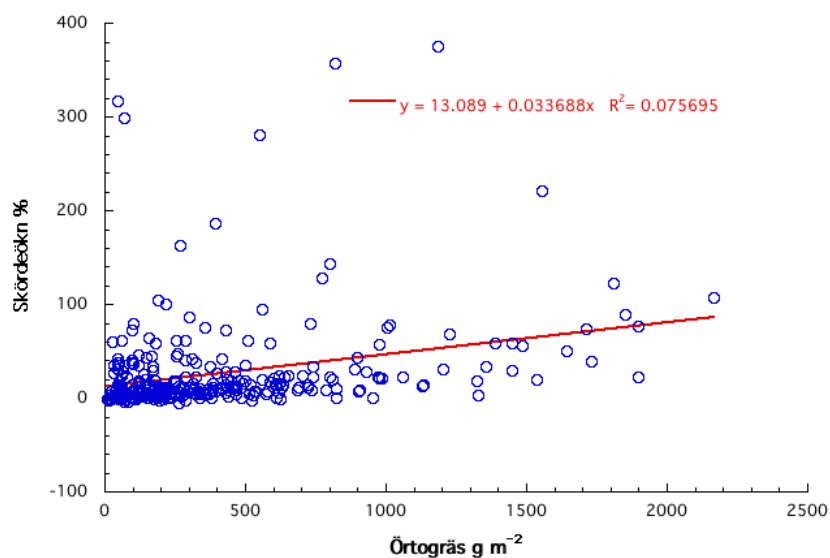
8.3.1. Effekten på gräsogräs respektive örtogräs

Mycket av diskussionerna om ogräs i höstvet har handlat om problem med gräsogräs. I det undersökta datamaterialet ingick 110 försök med åkerven. För att undersöka kontrollbehovet vid förekomst av örtogräs respektive åkerven, korrelerades biomassa av respektive ogräsgrupp/art mot skördeökningen i det

behandlade ledet. Regressionsanalysen visade ett mycket tydligt samband mellan mängden biomassa av åkerven (4-8 veckor efter uppkomst) i kontrollerdet och skördeökningen i det bekämpade ledet (Fig. 8.6). Ett likadant samband, men inte lika tydligt, fanns för biomassa av örtogräs (Fig. 8.7). Resultatet tyder på att åkerven utövar större konkurrens gentemot grödan än den genomsnittliga örtogräsfloran.



Figur 8.6. Skördeökning av höstveten efter kemisk bekämpning i svenska fältförsök för herbicidprovning. Data utgör skördeökning (%) i behandlat led (försöksled B) relaterat till förekomst av åkerven (g m^{-2}) i obehandlat led (försöksled A).



Figur 8.7. Skördeökning av höstveten efter kemisk bekämpning i svenska fältförsök för herbicidprovning. Data utgör skördeökning (%) i behandlat led (försöksled B) relaterat till förekomst av örtogräs (g m^{-2}) i obehandlat led (försöksled A).

8.4. Slutsatser

I den genomgång av ett stort antal fältförsök som presenteras här finns inget som indikerar att eventuellt avtagande skördeökningar i svensk höstveteodling kan förklaras av ökade problem med ogräs. Snarare ger den bilden av ökade skördenivåer och bibehållen effekt av kemisk bekämpning. Resultaten stödjer därmed slutsatserna i en dansk studie av förekomsten av gräsogräs i 224 herbicidförsök utförda 1998-2007. Kudsk m.fl. (2010) ansåg inte att stagnationen i höstveteskörd kunde förklaras av ökande problem med gräsogräs. Liksom i min genomgång gick det inte heller att bekräfta att gräsogräsen hade ökat i mängd.

Trots de mestadels lugnande resultaten från genomgången av datamaterial från herbicidförsöken finns det starka skäl att vara uppmärksam på ökande ogräsproblem. En anledning är den osäkerhet som ligger i en snabb analys av en stor mängd data, i synnerhet när slutsatser dras utifrån medelvärden. Osäkerheten visas bland annat i det faktum att medianvärdet är betydligt lägre än medelvärdet, vilket betyder att relativt få försök med mycket stora ogräsmängder dragit upp medelvärdet. I datamaterialet finns stora variationer både inom och mellan år, som eventuellt kan förklaras vid en mer grundlig genomgång av data. Det vore mycket värdefullt att kunna identifiera de faktorer som påverkar behandlingseffekten. Kunskap saknas även om konkurrenseffekten av enskilda ogräsarter. I denna genomgång behandlas samtliga örtogräs som en grupp, vilket ger en underskattning av konkurrensförmågan hos vissa arter som till exempel baldersbrå och lomme (se Milberg & Hallgren 2004). Bland gräsogräsen saknas tillräcklig mängd data för problemarter som renkavle och sandlost för att kunna göra en analys.

8.4.1. Varning för framtida problem

Analysen av fältförsöksdata kan inte visa att den avtagande skördeökningen i höstvete beror på större problem med ogräs. Det finns dock mycket som talar för att effekten av kemisk ogräsbekämpning kommer att minska om inte fokus i högre grad sätts på integrerade kontrollstrategier. Framförallt kan vi förvänta oss ökade problem med gräsogräsen. Potentiella skördereduceringar orsakade av arter som renkavle, åkerven och sandlost är mycket stora. I den genomgång som presenteras här var den positiva korrelationen mellan biomassa och skördeökning efter bekämpning tydligt större för åkerven än för örtogräs. Zanin m.fl. (1993) bedömde det ekonomiska tröskelvärdet för renkavle till 7-12 plantor per m^{-2} . Vid tätheter på 30, 100 och 300 renkavleplantor m^{-2} reducerades höstveteskörden med 13, 32 respektive 36% (Naylor 1972), och enligt Melander (1992) kan skördeförlusten uppgå till 50% vid ogrästäthet på 100 plantor m^{-2} . För åkerven fann Kudsk m.fl. (2010) att tätheter på 5 och 13 plantor m^{-2} orsakade skördeförluster på 500 respektive 1000 kg ha^{-1} .

Utfasning av verksamma substanser och ökande antal resistent biotyper av ogräs leder till ett ifrågasättande av uthålligheten hos nuvarande odlingssystem som i stor utsträckning baseras på rutinmässig herbicidanvändning (Kudsk et al., 2013). Gräsogräsen är generellt svårare att bekämpa än tvåhjärtbladiga ogräs på grund av sitt nära släktskap med stråsåden. Färre selektiva herbicider finns tillgängliga vilket har bidragit till stora problem med herbicidtolerans hos vissa gräsogräs, i några fall multiresistens. Renkavle framstår som det kanske största problemet i brittisk höstveteodling, med ett stort antal herbicidresistenta populationer. Enligt odlarföreningen HGCA (2008) fanns

resistenta populationer av renkavle på över 2000 gårdar i Storbritannien. Resistens är vanlig mot framförallt ACCas-hämmare. I Sverige är resistens mot vissa preparat allmänt förekommande i renkavle (HIR Malmöhus 2009; Jordbruksverket 2013) och i viss utsträckning i åkervan (HIR Malmöhus 2009). Ökad uppmärksamhet vad gäller resistensutveckling i kombination med rådgivning om preventiva åtgärder, inklusive effektiva integrerade strategier, är en nyckelfråga för den framtida höstveteodlingen.

8.5. Litteratur

- Cramer HH (1967) Plant protection and world crop production. *Bayer Pflanzenschutz-Nachrichten* 20:1-524.
- HGCA (2008) Herbicide-resistant black-grass: managing risk with fewer options. *Information Sheet 03*. http://www.hgca.com/document.aspx?fn=load&media_id=4401&publicationId=4537
- HIR Malmöhus (2009) Resistens och resistensutveckling. <http://www.hirmalmohus.se/?p=30425>
- Kudsk P, Bårberi P, Bastiaans L, Brants I, Bohren C, Christensen S, Economio F, Gerowitt B, Hatcher PE, Melander B, Neve P, Pannacci E, Rubin B, Streibig JC, Torresen K & Vurro M (2013) Weed management in Europe at a crossroads – challenges and opportunities. Proc. 16th EWRS Symposium, Samsun, p. 10.
- Melander B (1992) Spiringsbiologi og konkurrenceevne hos vindaks (*Apera spica-venti* L.) og ager-rævehale (*Alopecurus myosuroides* Huds.). *Tidsskrift for Planteavl's Specialserie*, S 2178: 7-22.
- Milberg P & Hallgren E (2004) Yield loss due to weeds in cereals and its large-scale variability in Sweden. *Field Crops Research* 86:199-209.
- Oerke EC (2006) Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science* 144: 31–43.
- Oerke EC, Dehne HW, Schönbeck F & Weber A (1994) *Crop production and crop protection – estimated losses in major food and cash crops*. Amsterdam, Elsevier Science.
- Kudsk P, Henning Petersen P & Jensen JE (2010) Impact of weeds on yields in winter wheat . I Petersen J, Haastrup M, Knudsen L & Olesen JE (Eds.). *Causes of yield stagnation in winter wheat in Denmark. DJF Report Plant Science* 147: 97-104.
- Jordbruksverket (2013) <http://www.jordbruksverket.se/5.688ba44d13e5e4787a08000734.html>
- Stratonovitch P, Storkey J & Semenov MA (2012) A process-based approach to modelling impacts of climate change on the damage niche of an agricultural weed. *Global Change Biology*, doi: 10.1111/j.1365-2486.2012.02650.x
- Zanin G, Berti A & Toniolo L (1993). Estimation of economic thresholds for weed control in winter wheat. *Weed Research* 33: 459-467.

9. Växtskadegörare i vete

Annika Djurle, Inst. för skoglig mykologi och växtpatologi, SLU

Riccardo Bommarco, Inst. för ekologi, SLU

En vetegröda kan angripas av ett stort antal växtskadegörare. Av dessa har idag svampsjukdomarna den största ekonomiska betydelsen. Virussjukdomar och angrepp av skadeinsekter kan då och då orsaka lokalt starka angrepp. Gemensamt för alla skadegörare i vete är att de är starkt beroende av vädret och odlingssystemet. Kontrollåtgärderna omfattar det mesta från förebyggande odlingsåtgärder och resistens hos värdväxten till kemisk bekämpning. Växtskadegörare kan i nuläget inte anses vara orsak till stagnerande skördar, men ett hållbart växtskydd främst baserat på förebyggande åtgärder är nödvändigt för att bibehålla goda skördar.

Vetets växtskadegörare, som grupp betraktad, kan karakteriseras av mycket stor diversitet i livsstrategier och hur växten skadas. Skördeförluster i vete på grund av sjukdomar, insekter och ogräs uppskattas till i genomsnitt 14 % för norra Europa (Oerke, 2006) varav ogräs svarar för hälften. Det saknas information om angrepp, produktionssituationer och skördenivåer för att man ska kunna beräkna den ekonomiska betydelsen av skadegörare som grupp eller av enskilda skadegörare (Madden *et al.*, 2007). Vår kunskap om vad olika växtföljder betyder för angrepp av växtskadegörare på lång sikt är ännu mer begränsad liksom vad som kan vara den mest lönsamma växtföljden i ett längre perspektiv (Wiik, 2009).

9.1. Kategorisering av växtskadegörare

Växtskadegörare kan delas in i tre kategorier; kroniska, akuta och uppkommande skadegörare (Savary *et al.*, 2011). De kroniska uppträder regelbundet och över stora områden. De påverkar skördenivån vilket dock inte med automatik betyder att en pesticidbehandling är motiverad. De akuta skadegörarna uppträder oregelbundet

i både tid och rum och kan orsaka stora produktionsstörningar. De uppkommande skadegörarna är de som sprider sig till nya områden. I Tabell 9.1 har kategoriseringen tillämpats på de idag vanligast förekommande skadegörarna i höstvet. En skadegörare kan tillhöra flera kategorier eller flytta mellan dem.

Om denna karakterisering expanderas till att omfatta skördeförluster, så är kroniska förluster de som förväntas uppstå regelbundet och över stora arealer men med begränsad omfattning. Akuta förluster är större, förekommer med lägre frekvens och har begränsad utbredning. De uppkommande förlusterna skulle kunna bli både utbredda och stora (Savary *et al.*, 2012).

9.1.1. Akuta och kroniska växtsjukdomar

Under nuvarande förhållanden i Sverige kan bladfläcksjukdomar i vete betraktas som kroniska. De förekommer i princip varje år, men med varierande angreppsnivåer (Wiik, 2009; Gustafsson *et al.*, 2012; Johansson *et al.*, 2012; Norrlund *et al.*, 2012). Dessa sjukdomar ingår i den reguljära växtskyddsbevakningen och de kan i viss mån

bekämpas med odlingsåtgärder och kontrolleras effektivt med fungicider vid behov. I konventionella odlingssystem där fungicider används vid behov kan skördeförlusterna begränsas till en låg och acceptabel nivå. Utan fungicidbehandling, eller andra effektiva kontrollåtgärder, skulle förlusterna vara både kroniska och akuta – det vill säga regelmässiga och omfattande.

En fungicidbehandling som riktas mot bladfläcksjukdomar bör ske senast omkring axgång/blomning, men åtgärden är inte alltid ekonomiskt motiverad. Det finns behov av att utveckla beslutsverktyg för bland annat detta sjukdomskomplex för att kunna identifiera situationer där en fungicidbehandling är motiverad.

Snömgögel och vetedvärgsjuka representerar kategorin akuta sjukdomar. Angrepp förekommer inte varje år och när angrepp förekommer är de lokala variationerna stora. Förlusterna för en enskild odlare kan vara omfattande och kan ibland orsaka total utvintring. Vetedvärgsjuka kan orsaka förluster på omkring 10-30 % men betydligt större förluster har drabbat enskilda odlare (Waern, 2010). Stinksot och dvärgstinksot är också akuta sjukdomar.

Axfusarios ger i sig inte upphov till omfattande skördeförluster. Om ett angrepp leder till mykotoxin-bildning i kärnorna kan den ekonomiska förlusten däremot bli stor. Fusarioser har blivit vanligare under senare år och åtgärder för att begränsa angrepp, och minska risken för toxinproduktion, är sannolikt mest effektiva om de sker förebyggande. För fusarioser är bland annat sortval, utöver gynnsamt väder, en faktor som påverkar angrepp och toxinförekomst i kärnan (Grudzinska-Sterno *et al.*, 2012). Resistens som verkar mot *Fusarium*-svamparna eller mot bildningen av mykotoxiner vore den mest effektiva kontrollåtgärden.

Gulrost var fram till omkring år 2008 att betrakta som en potentiellt uppkommande sjukdom. Fem år senare är den snarare kronisk i stora delar av landet. I Mälarmrådet kan den ännu betraktas som uppkommande, men akuta fall har även inträffat där under senare år. Gulrost har ökat markant i Europa under senare år som en följd av intensifierad veteodling (Hovmøller *et al.*, 2002).

9.1.2. Akuta och kroniska skadeinsekter

Angreppen av de vanligaste skadeinsekterna i vete, sädesbladlus och vetemyggor, är båda av akut karaktär. Skadeinsekter som idag inte utgör stora problem kan få ökad betydelse om miljön eller odlingssituationen förändras. Naturliga fiender såsom spindlar, parasitsteklar och en rad rovinsekter bidrar till att begränsa bladlössens antal i vete (Thies *et al.*, 2011). Förändringar i odlingen som är negativa för dessa nyttodjur ökar sannolikt problemen med bladlöss i vete.

Sädesbladlusen är den allvarligaste skadeinsekten i höstvete. Den är ett problem i södra Sverige, framförallt Skåne, men är i allmänhet inget problem längre norrut. Eftersom den angriper grödan sent så påverkas främst kornvikten. Dessutom avger bladlössen honungsdagg på bladen, i vilken det sedan växer saprofytiska svampar som försämrar fotosyntesen. Sädesbladlusen överför även rödsotvirus (BYDV) vilket inte är ett stort problem hos oss, men väl på kontinenten. Eftersom denna bladlus lever på gräs kan växtföljder med mycket stråsäd öka risken för angrepp. Varierade växtföljder över stora områden är förmodligen negativt för denna skadegörare. Bekämpningströsklar och effektiva kemiska bekämpningsmedel finns att tillgå under år då angreppen är starka. Sädesbladlusen kan inte anses vara begränsande för veteskördarna i nuläget, men förändringar i klimat och odling kan förändra läget. Det är

Tabell 9.1. Schematisk kategorisering av några viktiga skadegörare i svenskt höstvet.

	Kategori		
	Kronisk	Akut	Uppkommande
Sjukdom och patogen			
Snömögel, <i>Microdochium nivale</i>		X	
Stråknäckare, <i>Helgardia herpotrichoides</i>		X	
Rotdödare, <i>Gaumannomyces graminis</i>		X	
Axfusarios, <i>Fusarium</i> spp.		X	X
Svartpricksjuka, <i>Septoria tritici</i>	X		
Vetets bladfläcksjuka, <i>Drechslera tritici-repentis</i>	X		
Gulrost, <i>Puccinia striiformis</i>	X	X	X
Brunrost, <i>Puccinia triticina</i>	X		
Svartrost, <i>Puccinia graminis</i>			X
Gräsmjöldagg, <i>Blumeria graminis</i>	X		
Vetedvärmsjuka, WDV		X	
Gulstrimsjuka, <i>Hymenula cerealis</i>		X	
Stinksot, <i>Tilletia tritici</i>		X	
Dvärgstinksot, <i>Tilletia contraversa</i>		X	
Brunfläcksjuka, <i>Stagonospora nodorum</i>	X		
Indiskt stinksot, <i>Tilletia indica</i>			X
Jordburna viroser			X
'Wheat blast', <i>Magnaporthe oryzae</i>			X
Skadedjur			
Sädesbladlus, <i>Sitobion avenae</i>		X	
Vetemyggor, <i>Contarinia tritici</i> och <i>Sitodiplosis mosellana</i>		X	

viktigt att övervaka och bibehålla en god biologisk (av naturliga fiender) och odlingsteknisk kontroll för att även i fortsättningen begränsa skadorna (Rusch *et al.*, 2013). Angrepp av vetemyggor kan vara mycket allvarliga och kan i enskilda fält ge upp till 30 % lägre kärnskörd. Även vetets bakningsegenskaper kan påverkas negativt vid angrepp. Utbrott av vetemyggor förekommer dock sporadiskt och varierar stort mellan år och områden. För närvarande finns inte tillförlitliga metoder utvecklade för att förutsäga angrepp. Långsam axgång (vilket även kan vara en sortegenskap) och odling av vår- och höstvete direkt efter varandra anses öka risken för angrepp. Vetemyggor kan överlag inte anses vara begränsande för veteskördarna i Sverige eller någon särskild region, och det finns inga observationer som tyder på att de skulle öka i förekomst.

9.1.3. Uppkommande växtskadegörare

De uppkommande växtskadegörarna i vete är ännu inte kända men man kan till exempel spekulera kring konsekvenserna av ett utbrott av svartrost efter en invasion av nya raser av *Puccinia graminis* f.sp. *tritici*, introduktion av jordburna virus, som idag finns så nära som i bl.a. Tyskland och Belgien, och införsel av utsäde kontaminerat med karantänsskadegöraren *Tilletia indica* som orsakar indiskt stinksot (eng. karnal bunt). Det är viktigt att vi har beredskap för att kunna möta denna typ av problem i framtiden.

9.2. Försöksresultat

I en försöksserie där effekten av jordbearbetning och förfrukt undersöktes i samband med bekämpning av svampsjukdomar framgick det tydligt att våroljeväxter som förfrukt till höstvete var överlägset en vetedominerad växtföljd med kemisk bekämpning (Djurberg, 2004).

Liknande resultat har erhållits i Storbritannien (Knight *et al.*, 2012) medan studier i Frankrike visar att oljeväxter inte är en lämplig förfrukt till vete (Brisson *et al.*, 2010).

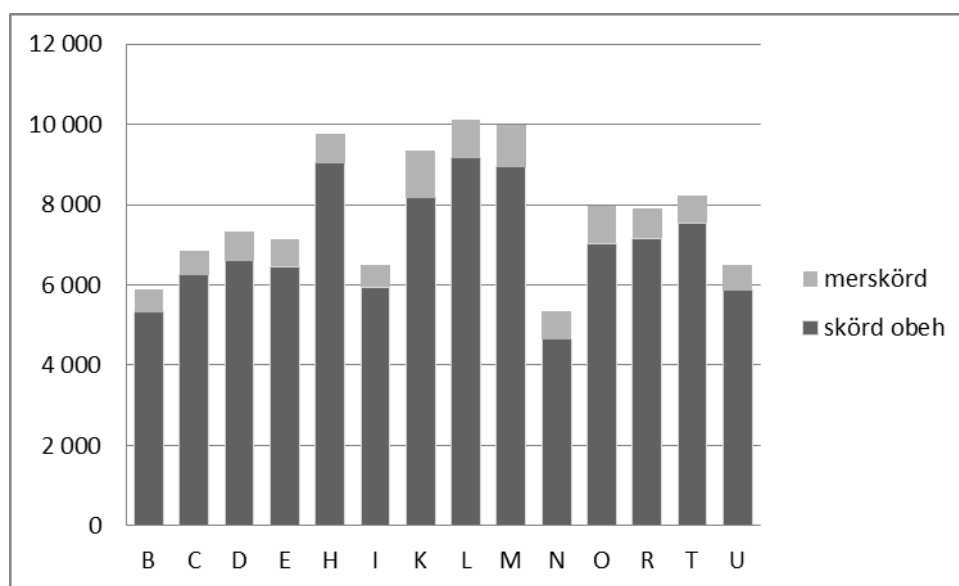
Veteplantor i fält med vete som förfrukt uppvisar ofta mörkfärgade stråbaser och rotsystem vilket kan ha flera orsaker. I kombination med reducerad jordbearbetning kan dessa symptom förvärras. Studier av rotpatogener är komplicerade att genomföra och i fältförsök kan det vara svårt att visa vilka patogener som orsakar dessa mörkfärgningar och deras inbördes relationer. Med modern teknik finns det ökade möjligheter att utreda detta (H. Friberg, muntl.). I en större inventering 1999 och 2000 beräknades rotröte-index till i genomsnitt 16,3 respektive 18,8% då förfrukten var stråsåd och endast 7,8 respektive 5 % med annan förfrukt (Sjöberg, 2001). I utländska studier anges en förlust på 500 kg/ha vid ett rotröteindex på 20 % (Sjöberg, 2001).

Preliminära resultat från en undersökning av lönsamheten för behandling med fungicid mot bladfläcksjukdomar i höstvete i samband med axgång visar en genomsnittlig merskörd på 758 kg/ha efter fungicidbehandling. Variationen mellan år och områden är dock stor (Tabell 9.2, Figur 9.1).

Med logistisk regression uppskattades chansen för att en fungicidbehandling skulle innebära en skördeökning på minst 450 kg/ha vilket vore den skördeökning som kunde täcka kostnaden för en bekämpning om vetepriset översteg 1,50 kr/kg. I 2/3 av försöken uppnåddes denna skördeökning ($p=0,038$). När försöken grupperas enligt fyra produktionsområden (Götalands södra slättbygder, Götalands mellanbygder, Götalands norra slättbygder, Svealands slättbygder) visade resultaten en tydlig gradient från norr till söder med ökande

Tabell 9.2. Skörd och merskörd i försök med fungicidbehandling mot bladfläcksjukdomar i höstvete 1995-2011 (N=260)

	Medelskörd, kg/ha	Stdavv.	Minimum, kg/ha	Maximum, kg/ha
Obehandlat led	7 028	1 688	3 416	12 410
Merskörd	758	597	-390	3 390
Efter fungicidbehandling	7 787	1 716	3 520	12 930



Figur 9.1. Skörd av höstvete i obehandlat led och merskörd i fungicidbehandlat led (Amistar eller Proline, hel dos). Medelvärden, länsvis, 1995-2011. N=260

lönsamhet för bekämpning. Chansen att få en skördeökning på 450 kg var tre gånger större i Götalands södra slättbygder än i Svealands slättbygder och 1,7 gånger större i Götalands norra slättbygder än i Svealands slättbygder. Alla resultat är inte statistiskt signifikanta. Motsvarande analys med en merskörd uttryckt i procent visade ingen signifikans för lönsamhet vilket kan

förklaras med den stora variationen mellan försök och år.

I försök med fungicidbehandling mot gulrost under 2012 erhöles skördeökningar på 2-5 ton/ha. Det motsvarade i relativa tal 20-94 % högre skörd i behandlade led (2-flera behandlingar) (Berg & Aldén, 2012).

I obehandlade försöksled överskred de starkaste gulrostangreppen 40 % angripen bladyta på blad två uppiifrån räknat.

9.3. Pesticidanvändning i Sverige

Användningen av växtskyddsmedel varierar mellan år och med geografisk belägenhet i landet. År 2009/10 behandlades 70 % av höstvetearealen med fungicider. Under det året behandlades 94 % av arealen med herbicider och 33 % av arealen med insekticider (SCB, 2012). Enligt Sveriges officiella statistik 2010 över pesticidbehandlade arealer behandlades 42 % av höstvetearealen en gång, 38 % två gånger och 21 % tre till fem gånger. I genomsnitt var det 1,8 behandlingar per hektar och de innefattar fungicider, herbicider och insekticider.

Bekämpningsbehov bestäms oftast med hjälp av mer än en metod. Den vanligaste metoden var inspektion i fält (76 % av arealen) och därefter kontakt med rådgivare (64 % av arealen) (Sveriges officiella statistik, 2010).

De fungicider som huvudsakligen används i vete idag är effektiva och ger bättre respons än äldre fungicider. Fungicidresistens är med stor sannolikhet ett ökande problem som inte kommer att försvinna. Resistens mot strobiluriner har funnits i Sverige åtminstone sedan 2003. Effekten av triazoler är inte heller pålitlig. Situationen idag är under kontroll och trots påvisad fungicidresistens kan inte fungiciders effekt, eller bristande effekt, förklara stagnerande veteskördar. I en dansk studie där man försökt komma fram till varför danska veteskördar stagnerar rankades varken fungiciders egenskaper, användning av reducerade doser av fungicider eller ett ökat infektionstryck som de främsta orsakerna till stagnationen (Jørgensen *et al.*, 2010).

9.4. Kunskapsluckor

Uppskattning av skördeförluster i svenskt jordbruk baseras nästan enbart på jämförelser mellan obehandlade och pesticidbehandlade försöksled i fältförsök. För växtpatogener förekommer inokulering eller arrangemang med förhållanden som gynnar skadegöraren, men för det mesta förlitar man sig på naturliga infektioner. Angreppsnivåer registreras och vid jämförelser mellan angrepp och skörd ser man allt från svaga till starka samband. För flera skadegörare finns det inte tillräckligt med data för att kunna kvantifiera deras inverkan på skördenivån. Detta gäller för alla typer och oavsett om de är jord-, luft- eller utsädesburna.

Många växtpatogener gynnas av specifika förhållanden i mikroklimatet i ett växtbestånd. Det är mycket svårt att förutse hur klimatförändringar specifikt kommer att påverka växtsjukdomar. Såväl patogenens utveckling som värdväxtens resistens och det fysiologiska samspelet mellan värdväxt och patogen kan förändras. Det är ett komplext problem och vi kan förvänta oss överraskningar (Shaw & Osbourne, 2011). Effekten av klimatförändringar på växtskadegörare är knappast mätbar idag men de stora årsvariationer som vi alltid ser har stor påverkan på vilka skadegörare som gynnas eller missgynnas (Wiik, 2009) och studier av skadegörarnas relation till väder och klimat är därför mycket relevanta.

Samspelseffekter mellan skadegörare och exempelvis förfrukt i kombination med jordbearbetning, förfrukt i kombination med gödsling, gödsling i kombination med torkstress, eller andra växtskadegörare i kombination med någon faktor eller annan stress på växten undersöks mycket sällan. I ett komplext odlingssystem är det troligen sådana frågor vi behöver svara på för att förstå begränsningar av produktionen.

Effekterna av flera skadegörare i en gröda är inte additiva. Förlusten på grund av skadegörare har även visat sig bero av vilka andra resurser växten har tillgång till (Lundin *et al.*, 2013). Det kan alltså vara mer relevant att studera effekterna av den samlade förekomsten av olika skadegörare och resurser i en gröda. Sådana studier kan vara svåra att genomföra helt och hållet i fältförsök. De kan däremot studeras i burar i fältexperiment (Lundin *et al.*, 2013) och kombineras med modeller som också inbegriper grödans fysiologiska utveckling (Willcoquet *et al.*, 2008). På motsvarande sätt, och för att i ett integrerat växtskydd nå bästa möjliga ekonomiska utbyte parallellt med minimerad miljöbelastning, bör perspektivet vidgas i både tid och rum till växtföljd, gård och region.

Analysen av samband mellan angrepp och skörd och de faktorer som påverkar är komplicerade, men genomförbara. Det finns en stor mängd data från fältförsök som skulle kunna användas för att belysa dessa samband.

På senare år har olika metoder för att mäta förekomst av växtskadegörare i mark och gröda börjat utvecklas; till exempel biologisk markkartering. Dessa metoder skulle i framtiden kunna bli användbara redskap för att analysera status inför beslut om skötsel och odlingsstrategi (A. Jonsson, 2012, muntl.).

Resistens mot skadegörare hos värdväxten är en på lång sikt mycket ekonomisk, miljövänlig och hållbar kontrollåtgärd. I fältförsök undersöks regelbundet hur sorter angrips av skadegörare så att man kan skilja ut vilka sorter som ger bäst odlingsresultat i ett område. När populationerna av olika växtskadegörare förändras kan det få effekter på hur olika sorter reagerar på angrepp. I Sverige finns idag mycket begränsad verksamhet inom både resistens-

förädling och uppföljning eller inventering av hur populationer av växtskadegörare förändras.

Med hög genetisk diversitet i odlingslandskapet har man t.ex. kunnat visa att angrepp av skadeinsekter kan minska. Det saknas kunskap om vad effekten på förekomst och angrepp av växtskadegörare skulle bli om man strävade efter att öka diversiteten genom odling av ett större antal sorter med olika resistensegenskaper.

9.5. Bedömning av skördepotential

Om målet är att maximera skörden kan det troligen ske med en ökad insats av kemiska bekämpningsmedel och god skötsel av grödan i andra avseenden. Användningen av bekämpningsmedel måste dock kombineras med förebyggande växtskyddsåtgärder och aktiv förvaltning av den naturliga och odlingstekniska kontrollen. För ett långsiktigt växtskydd får användning av bekämpningsmedel till exempel inte skada naturliga fiender till bladlöss i vete.

Specifikt kan det i första hand vara aktuellt att försöka minska förlusterna som orsakas av de kroniska skadegörarna och i andra hand att motverka angrepp av de akuta samt hålla beredskap för att möta de uppkommande skadegörarna. För de 260 försöken som beskrivits ovan ökade skörden med 8-10 % efter en fungicidbehandling i samband med axgång i 2/3 av försöken i Götalands södra slättbygder och i hälften av försöken i andra områden.

Det är säkert möjligt att verka för ökade veteskördar med optimering av odlings teknik och rätt använda insatsmedel (gödsel, pesticider etc.). För odlarens vidkommande är det inte den totala produktionen som kommer i första hand utan netto produktionen. Den uppnåbara skörden är i allmänhet inte lika med den ekonomiska

skörden och det är den senare som odlaren bör sträva mot. En bidragande orsak till att veteskördarna synes stagnera i Sverige kan vara att en stor andel av odlarkåren behovsanpassar bekämpningen av växtskadegörare vilket kan leda till lägre total skörd, men god lönsamhet för de insatta åtgärderna. Behovsanpassad bekämpning överensstämmer dessutom bättre med principerna för integrerat växtskydd. En

annan bidragande faktor bakom stagnerande skördar kan vara att man väljer att odla vete med täta intervall i växtföljden och accepterar den reduktion av skörden som kan bli fallet. Om vetepriset är tillräckligt högt blir det den mest lönsamma strategin. Den maximala vetesköörden blir återigen inte det som odlaren eftersträvar.

9.6. Sammanfattning

Vad betyder växtskadegörare för skörden?	Skördepotential	Behov av ny kunskap
Stora variationer i angrepp mellan år och plats medför att betydelsen, generellt, är svår att fastställa.	Skördepotentialen i en situation fri från skadegörare är inte känd.	Samspel mellan skadegörare samt mellan skadegörare och andra faktorer i odlingen.
Förluster omfattar både kvantitet och kvalitet.	Odlarens mål är ekonomisk skörd snarare än maximal skörd.	Förklarande samband mellan angrepp av såväl enskilda skadegörare som komplex av flera skadegörare och skörd.
		Hur populationer av skadegörare förändras över tiden och konsekvenser därav för odlingen.
		Att kunna hantera nya skadegörare, förändrade skadegörare, effekter av klimatförändringar, pesticidresistens och indragna registreringar av bekämpningsmedel.
		Effekt på kort och lång sikt av olika odlingsåtgärder och andra förebyggande åtgärder.
		Behov av aktivitet: resistensförädling med fokus på nordiska förhållanden.

9.7. Referenser

- Berg, G. & Aldén, L. 2012. Fungicidförsök i stråsäd och åkerbönor. Sverigeförsöken 2012, Skåneförsök, Meddelande nr 79, 174-178
- Brisson, N., Gate, P., Gouache, D., Charmet, G., Oury, F.-X. & Huard, F. 2010. Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France. *Field Crops Research* 119: 201–212
- Djurberg, A. 2004. Reducerad jordbearbetning, förfrukt och svampbehandling. Försöksrapport 2004, Mellansvenska försökssamarbetet, 23-25
- Grudzinska-Sterno, M., Djurle, A., Rasmussen, P.H., Gadjieva, R. & Yuen, J. 2012. Occurrence of *Fusarium* spp. and mycotoxins in Swedish winter wheat in 2008-2011. Proceedings of the 4th International Symposium on *Fusarium* Head Blight, Nanjing, China. August 23-26, 2012, p. 87.
- Gustafsson, G., Furenhed, S., Arvidsson, A. & Djurberg, A. 2012. Växtskyddsåret 2012. Södermanlands, Östergötlands och Örebro län. Jordbruksinformation 7-2012. Jordbruksverket
- Hovmøller, M., Justesen, A. & Brown, J. 2002. Clonality and long-distance migration of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* in north-west Europe. *Plant Pathology* 51: 24-32
- Johansson, L., Lerenius, C., Berg, L. & Holstmark, K. 2012. Växtskyddsåret 2012. Västra Götalands och Värmlands län. Jordbruksinformation 8-2012. Jordbruksverket.
- Jørgensen, L.N., Nielsen, G.C., Hovmøller, M., Hansen, L.M. 2010. The impact from crop protection on yields. I: Petersen, J., Haastrup, M., Knudsen, L. & Olesen, J.E. (Red.) Causes of yield stagnation in winter wheat in Denmark. DJF Report, Plant Science No. 147, November 2010, 79-95.
- Knight, S., Kightley, S., Bingham, I., Hoad, S., Philpott, H. & Lang, B. 2012. The contribution of changing agronomic practice to wheat yield trends in the UK. Regional Växtodlings- och Växtskyddskonferens i Växjö, december 2012, 7 sid.
- Lundin, O., Smith, H.G., Rundlöf, M. & Bommarco, R. 2013. When ecosystem services interact - crop pollination benefits depend on the level of pest control. *Proceedings of the Royal society B* 280: 20122243
- Madden, L.V., Hughes, G. & Van den Bosch, F. 2007. The study of plant disease epidemics. APS Press, St Paul, Minnesota, USA, 421 sid.
- Norrlund, L., Sandström, M. & Karlsson, A. 2012. Växtskyddsåret 2012. Dalarnas, Gävleborgs, Stockholms, Uppsala och Västmanlands län. Jordbruksinformation 10-2012. Jordbruksverket.
- Oerke, E.-C. 2006. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science* 144: 31-43
- SCB (Statistiska Centralbyrån), 2012. Jordbruksstatistisk årsbok 2012.
- Rusch, A., Bommarco, R., Chiverton, P., Öberg, S., Wallin, H., Wikteli, S. & Ekbom, B. 2013. Response of ground beetle (Coleoptera, Carabidae) communities to changes in agricultural policies in Sweden. *Agriculture, ecosystems & environment* 176, 63-69.
- Savary, S., Ficke, A., Aubertot, J.-N., Hollier, C., 2012. Crop losses due to diseases and their implications for global food production losses and food security. *Food security* 4, 519-537.
- Savary, S., Nelson, A., Sparks, A.H., Willocquet, L., Duveiller, E., Mahuku, G., Forbes, G., Garrett, K.A., Hodson, D., Padgham, J., Pande, S., Sharma, M., Yuen, J., Djurle, A. 2011. International Agricultural Research Tackling the Effects of Global and Climate Changes on Plant Diseases in the Developing World. *Plant Disease* 95, 1204-16.
- Schoeny, A., Jeuffroy, M.-H., and Lucas, P. 2001. Influence of take-all epidemics on winter wheat yield formation and yield loss. *Phytopathology* 91:694-701.
- Shaw, M.W. & Osborne, T.-M. 2011. Geographic distribution of plant pathogens in response to climate change. *Plant Pathology* 60: 31–43

- Sjöberg, A. 2001. Bra förfrukter viktigt i kampen mot rotdödare. Svensk frötidning, nr 7, september 2001, 8-9.
- Sveriges officiella statistik 2011. Växtskyddsmedel i jord- och trädgårdsbruket 2010. Statistiska meddelanden MI 31 SM 1101.
- Thies, C., Haenke, S., Bengtsson, J., Bommarco, R., Clement, L., Ceryngier, P., Dennis, Ch, Emmerson, M., Gagic, V., Hawro, V., Scherber, Ch., Weisser, W.W., Winqvist, C. & Tscharnkte, T. 2011. The relationship between agricultural intensification and biological control: experimental tests across Europe. *Ecological Applications* 21:2187–2196
- Waern, P. 2010. Vetedvärgsjuka – inte bara ett mellansvenskt problem. Regional Växtodlings- och Växtskyddskonferens i Växjö 7-8 december 2010, 4 sid.
- Wiik, L. 2009. Control of fungal diseases in winter wheat. Doctoral thesis, No 2009:97. SLU, Faculty of landscape planning, horticulture and agricultural science.
- Wilocquet, L. Aubertot, J.N., Lebard, S., Robert, C., Lannou, C. & Savary, S. 2008. Simulating multiple pest damage in varying winter wheat production situations. *Field Crops Research* 107: 12-28.

10. Väder, klimat och tillväxtmodeller

Henrik Eckersten¹, Anne Kari Bergjord², Tomas Persson³, Erik Sindhøj⁴, Per Nyman¹

¹inst. för växtproduktionsekologi, SLU, Uppsala; ²Bioforsk, Kvithammar, Norge;

³Bioforsk, Saerheim, Norge; ⁴JTI, Uppsala.

Vädrets variationer mellan år styr till väsentlig del både skördarnas storlek och behovet av insatser, två faktorer som är centrala för jordbruksföretagens ekonomi. I framtiden förväntas klimatförändringar öka både grödors produktionskapacitet och insatsbehoven per ytenhet mark (jfr Eckersten m fl. 2007a, 2008), och en ökad variabilitet mellan år kan göra växtodlingen ännu mer väderberoende än idag.

10.1. Introduktion

10.1.1. Beräkna vädrets effekter på skörden

För att kunna utvärdera betydelsen av vädret i jämförelse med skötsel faktorer, val av sort, val av mark etc. behöver man förstå hur vädret påverkar skörden. Väderdrivna grödmodeller baserade på ekofysiologiska processer är ett ofta använt verktyg för att kvantifiera effekter av ett visst väder på skörden. Genom att simulera skördenivåer för ett stort antal år med väder som representerar olika nuvarande och projicerade framtida klimat kan man projicera klimatförändringars effekter på avkastningen (jfr Torriani m fl. 2007; Soussana m fl. 2010; White m fl. 2011; Supit m fl. 2012). Sådana applikationer av grödmodeller kan alltså användas som underlag till strategiska beslut vad gäller val av gröda, sort och skötsel metoder för olika odlingsregioner och tidsperioder som täcker flera år. Dessa modeller kräver dock mycket information från respektive växtplats och är ofta svåra att praktiskt tillämpa i den årliga planeringen av växtodlingen i lokal skala. I kontrollerade försök har dock dessa modeller baserade på beståndsfysiologiska processer utvärderats och testats (jfr Berntsen m fl. 2006, Jaggard m fl. 2007, Ritchie & Otter 1985 Mearns m fl. 1992, Olesen m fl. 2000, Eckersten m fl. 2001) och deras förutsägelser kan antas representera en klimat- och genetiskt

begränsad skörd för en välkött odling. De faktiska höstveteskördarna i praktiskt jordbruk når inte upp till dessa potentiella nivåer, utan begränsas av skadegörare, logistik mm, till olika grad (van Ittersum m fl. 2013).

10.1.2. Vilken beräkningsmodell ska man använda?

För att beräkna vädrets effekter på skörden i praktisk odling används ofta, som ett alternativ till de processbaserade grödmodellerna, istället förenklade agroklimatiska index som kräver betydligt färre indata och därför kan testas statistiskt för betydligt fler odlingar. Vi har alltså att välja mellan enkla agro-klimatindex av hög tillämplighet med ofta låg generalitet men känd förutsägbarhet för många situationer (jfr Chauhan m fl. 2005), och detaljerade processbaserade modeller med potentiellt hög generalitet och mer vetenskapligt underbyggd respons på vädrets variationer, men med krav på detaljerade observationer och därför känd förutsägbarhet för mycket färre odlingsförhållanden än de enklare indexen (jfr diskussion av Challinor m fl. 2009).

I denna genomgång av klimatets effekter på höstvetets produktivitet ska vi först och främst utgå från modelltillämpningar som testats i stor skala för svenska förhållanden. Av det skälet läggs fokus på enkla

agroklimatindex. Redan under första halvan av 1900-talet var detta ett vanligt forskningsämne, exemplifierat av t ex Hallgren (1947) som citerar mer än 100 referenser, varav sju är svenska. Dessa undersökningar var dock ofta begränsade till vissa områden och deras allmänna tillämplighet över tid och rum var okänd. På de pågående klimatförändringarna har denna typ av studier fått ett förnyat intresse (t ex Rötter m fl. 2013).

10.2. Väder och klimat

I Sverige odlas höstvetete i betydande omfattning norrut till Mälardalen. De nordligaste områdena för höstvetesodling hade en årsmedeltemperatur på ca 5-6 °C under perioden 1961-90, att jämföra med sydligaste Skåne som hade en ca 2.5 °C högre medeltemperatur (Fig. 10.1). Medeltemperaturen förändras dock över tiden. Även om denna förändring är olika för olika delar Sverige (i grova termer en större temperaturökning i nordost på vintern och i sydost på sommaren) ger den rumsliga variationen för perioden 1961-90 fortfarande en god bild av det regionala temperaturklimatet i Sverige.

10.2.1. Klimatet förändras

Under åren 1901 - 1941 ökade årsmedeltemperaturen avsevärt ($0.03 - 0.04 \text{ } ^\circ\text{C } \text{år}^{-1}$) både i södra (Alnarp, nära Lund) och centrala (Ultuna, nära Uppsala) Sverige (Hallgren 1947). Denna ökningstakt är jämförbar med ökningstakten från 1970 till nutid och den förutsedda ökningstakten i klimatförändringsscenarier för 2000-talet (Tabell A2.1 i Appendix; IPCC, 2000).

Ett exempel på hur temperaturen ökat under de senaste 115 åren visas nedan för Uppsala (Fig. 10.2). Årsmedeltemperaturen har ökat mest men ej kontinuerligt,

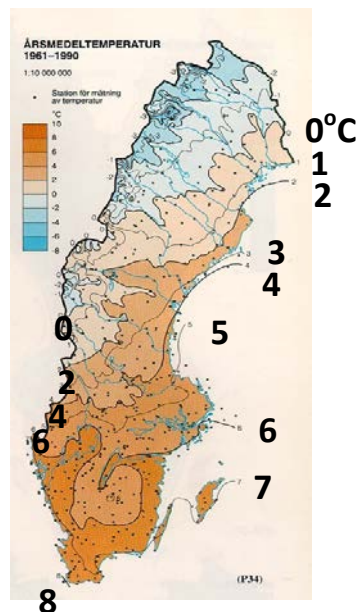


Fig. 10.1. Sveriges årsmedeltemperatur 1961-90 (bilden är tagen från Sveriges Nationalatlas, 1995).

vårtemperaturerna har ökat kontinuerligt medan sommar- och hösttemperaturerna ökat långsammare. Denna beskrivning beror på vilka periodlängder medelvädret avser. Klimat definieras över en 30-årsperiod och då är ökningen på våren ca $0.04 \text{ } ^\circ\text{C/år}$ men på sommaren bara en tredjedel av detta. För planering i jordbruket är dock kortare perioder intressantare. Tioårsmedelvärdet förändras betydligt mer oregelbundet än 30-årsmedelvärdet. För praktiskt jordbruk är variationen mellan enstaka år viktig. Under 1900-talet har årsmedeltemperaturen varierat med upp till nästan $3 \text{ } ^\circ\text{C}$ från ett år till ett annat (Fig. 10.2, vänstra spalten) vilket är ungefär dubbelt så mycket som klimatets förändring under de senaste 100 åren. Som rumslig jämförelse kan nämnas att denna mellanårsvariation är i samma storleksordning som skillnaderna i medeltemperatur inom höstvetets odlingsområde i Sverige, från Skåne i söder till Uppsala län i norr (Fig. 10.1).

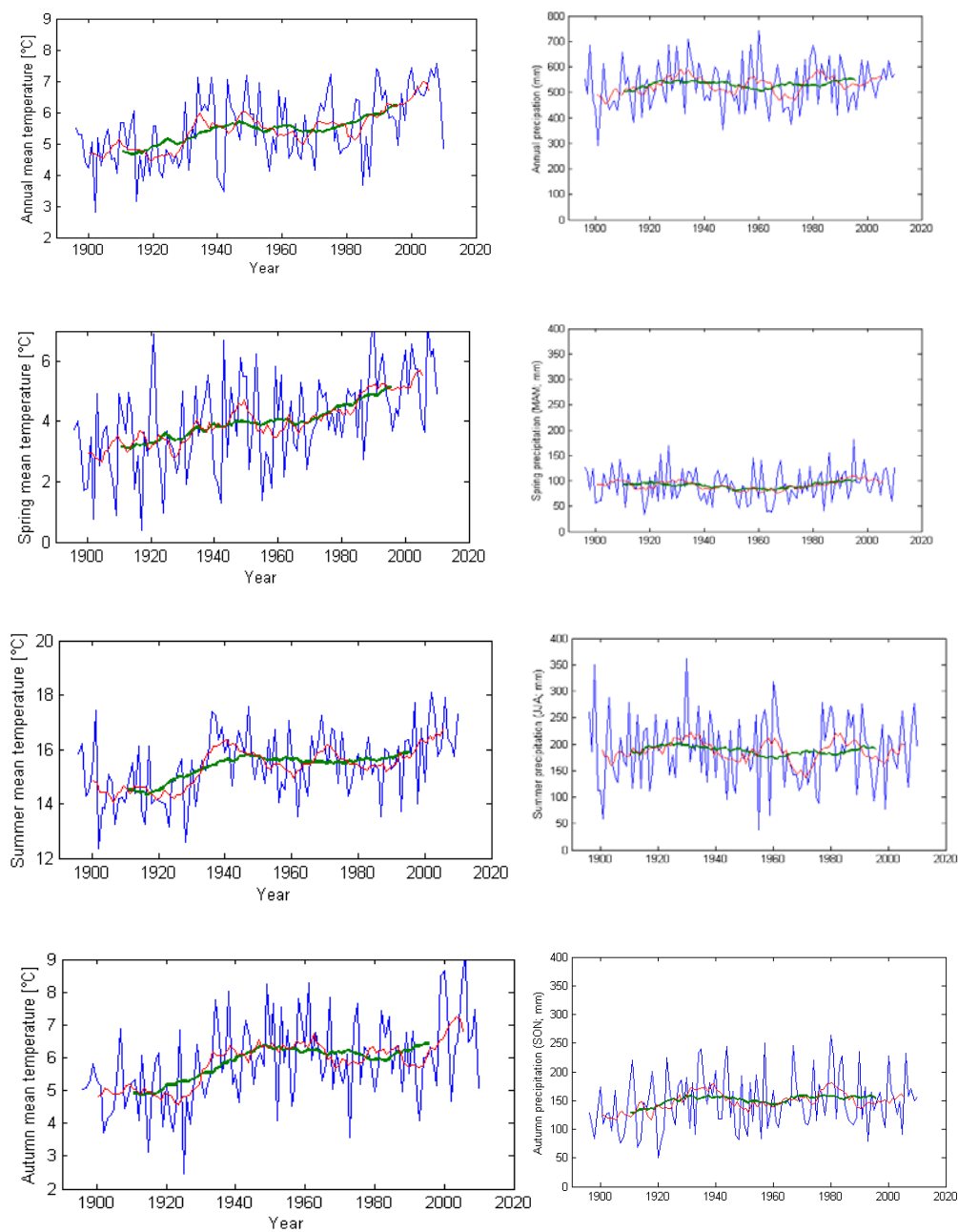


Fig. 10.2. Lufttemperatur (°C; vänstra grafer) och nederbörd (mm; högra grafer) vid Ultuna klimatstation (Uppsala) 1896 - 2010. Blå (hackig) kurva är årliga värden. Röd (mellanhackig) kurva är flytande 10-årsmedelvärden. Grön (jämn) kurva är flytande 30-årsmedelvärden. Från översta till nedersta grafer: års-, vår- (Mars-April-Maj), sommar- (JJA) respektive höstvärden (SON). (SLU 2009a)

10.2.2. Extrema väder

Extrema vädersituationer har rönt ett speciellt intresse under senare år och betraktas ofta som ett troligt ökande problem i samband med klimatförändringar. Värmeböljan under sommaren 2003 i Centraleuropa är ett klassiskt exempel på en extrem väderhändelse i stor skala. Till exempel var den genomsnittliga junitemperaturen i Zürich 23 °C jämfört med 16 °C i genomsnitt för perioden 1864 - 2003, och 19,5 °C som den näst högsta registreringen. I samma stad var augusti också den varmaste månaden som uppmätts, medan juli månad var "bara" den femte varmaste månaden under denna 140 år långa period (Schär m fl. 2004). Denna extremt varma sommar var extremt osannolik utifrån ett historiskt observerat klimat, och utgör ett exempel på en förenklad empirisk modellens tillkortakommanden när det avser att förutse framtiden. Effekter på jordbruket av detta extremväder innefattade bland annat stora avkastningsminskningar i Centraleuropa, speciellt för gräsmarker. I Sverige har inga sådana extrema värmeböljor på sommaren observerats hittills. År 2003 var dock höstveteskördarna på många håll lägre än normalt även i Sverige, där vädret detta år karaktäriserades av en kall vår och något varmare sommar än normalt.

I framtiden förväntas klimatet förändras och den extremt varma sommaren 2003 kan innan slutet av seklet vara en normal sommar i Centraleuropa. Olika klimatscenarier förutser dock olika förändringar speciellt vad avser nederbörden, medan scenarierna är mer samstämmiga vad avser en temperaturökning. Ett exempel på hur månadsmedeltemperaturen i Sverige för en 30-årsperiod centrerad runt 2007 kan förändras till framtida 30-års period ges i Tabell A2.1 i Appendix. Temperaturen

förväntas öka mer under vinterhalvåret än under sommarhalvåret (se också t ex Rötter m fl 2013).

10.3. Skördar

Allmänt för Sverige återfinns de största relativa minskningarna av de regionala hektarskördarna för höstvetete för enskilda år i odlingsområdena med de kallaste vinterförhållandena (som mest ca -45 % jämfört med medelvärdet 1965 - 2005). I södra Sverige var motsvarande skördevariationer lägre (-30 %). För enskilda fält i kontrollerade fältförsök, vilka kan antas återspegla välskötta odlingar på en specifik plats, är motsvarande minskningar något högre och varierar mellan ca 50 % och ca 40 % (Eckersten m fl, 2010).

10.3.1. Skördenivåer förändras

Trenden i höstvetets hektarskördar i långsiktiga experiment var nästan obefintlig för perioderna från 1890 till 1917 (Wallén 1920) och även fram till 1947 i Uppsalaområdet (Torssell 1953). För den senare delen av 1900-talet var dock trenderna positiva (Eckersten m fl. 2010).

På regional basis har emellertid höstvetets hektarskördar fördubblats under perioden 1881 - 1910 i Malmöhus län, medan i mellersta Sverige så var trenderna under denna tidsperiod antingen noll eller mycket blygsamma (Wallén 1917). Under den senare hälften av 1900-talet har hektarskördarna ökat också på Gotland (jfr Michael 2002) och i Uppsala län, även om ökningarna fortfarande varit störst i söder. Orsaken till de ökade skördarna har oftast bedömts främst vara teknisk utveckling, ökad tillförsel av näringsämnen och växtförädling (ofta benämnt teknikfaktor; jfr Ragasits m fl. 2000), och till en mindre eller ringa del klimatförändringar. Vad

avser effekten av en kontinuerligt ökande koldioxidhalt i atmosfären, så har den effekten beräknats ha varit liten (jfr Berntsen m fl. 2006, Ewert m fl. 2007). Teknikfaktorn har bedömts viktig och i flera fall överskugga klimatfaktorn även i framtidsscenarioer som inkluderar klimatförändringar (jfr Ewert m fl. 2005). Det finns dock indikationer att det inte är lätt att tolka och generalisera dessa trender för de senaste årtiondena (jmf Peltonen-Sainio m fl. 2009a).

Ökningstakten i de regionala hektarskördarna från 1965 - 1996 (ca 60 - 90 kg ha⁻¹ år⁻¹) var större än för de långsiktiga växtföljdsexperimenten (ca 60 kg ha⁻¹ år⁻¹). Skördeökningen var störst i södra Sverige men bidraget från trender i klimat var inte tydliga i denna region. På Gotland och i Uppsala län var klimatbidraget statistiskt signifikant och beräknades till ca hälften av den totala trenden (Eckersten m fl. 2010). I kontrollerade experiment med höstvet i Finland var skördeökningarna som tillskrivs genetiska förändringar (< 25 kg ha⁻¹ år⁻¹; Peltonen-Sainio m fl. 2009a) knappt hälften av den totala ökningen av hektarskördar regionalt och i försök under motsvarande period i Sverige.

10.3.2. Regionala skillnader i skörd och klimat

Regional avkastning representerar medelvärden från ett stort spektrum av lokala förhållanden och inkluderar påverkan av såväl biofysiska som socio-ekonomiska förutsättningar. I en analys av rumsliga skillnader i vetets avkastning i centrala och södra Europa visade Bakker m fl. (2005) på risken med att relatera de rumsliga skillnaderna i skörd till skillnader i enskilda klimatfaktorer, även om dessa korrelerar mycket starkt. De fann starka relationer mellan veteskördar och

temperaturförhållanden (ca 80 % av variationen kunde förklaras med enbart denna faktor), markförhållanden (60 %) samt ekonomiska variabler (60 %), var för sig, vilket tyder på en stor samvariation mellan dessa klimat- och odlingsvariabler, och det är oklart i vilken utsträckning respektive variabel är styrande för produktionen. Från Nederländerna och söderut avtog skördarna med ökad temperatur enligt Bakker m fl. (2005), medan i Sverige är förhållandet till årsmedeltemperaturen det motsatta, dvs. skördarna avtar norrut med minskad temperatur.

10.4. Skördevariationer relaterat till väder och klimat

10.4.1. Ekofysiologiskt baserade modeller

2.4.1.1. Tillväxt och skörd

Modeller som kan förutse tillväxt- och skördevariationer i fältexperiment kan i betydande utsträckning antas representera vädrets inverkan på höstvetets produktion. En sådan modell baserad på fysiologiska processer är t ex AFRCWheat-modellen (Weir m fl. 1984; Hay & Porter 2006) där skördens mängd och kvalitet simuleras i termer av vädrets, markens och skötselns inverkan på fem processer. De viktigaste väderfaktorererna är temperatur, solinstrålning och regn, och de viktigaste sköselfaktorererna sortval, sådd, gödsling och bevattning. De fem centrala processerna är näringsomsättning, fenologisk utveckling, lövverkets utveckling, tillväxten samt fördelningen av biomassan mellan blad, strå, rötter och kärna (se Fig. 9.1 i Hay & Porter, 2006). Dessa processer kan i sin tur brytas ner i mer specifika processer såsom bladverkets ljusabsorption, fotosyntesens koldioxidassimilation, transpiration, kväveupptag, fördelningen av biomassa och kväve i växten, bladytans och rotdjupets

utveckling, underhållsrespiration samt den fenologiska utvecklingens inverkan på hastigheten hos dessa processer. Givet tillgången på vatten och näring i marken är temperatur och solinstrålning de vädervariabler som styr tillväxten mest. Hög temperatur påskyndar den fenologiska utvecklingshastigheten och bladyte-utvecklingen men orsakar också att blomningen och avtagandet av bladyte- och rottillväxt inträffar tidigare. Hög temperatur under sommaren förkortar också kärnfyllnadsperioden och tiden för inlagring i kärnan minskar, vilket dock i någon grad kompenseras av att omallokeringen till kärnan går fortare vid hög temperatur. Den fenologiska utvecklingen från vernaliseringen under vintern till blomningen i juni påskyndas också av lång daglängd, vilket innebär en snabbare utveckling i norr än i söder efter vårdagjämningen (20:e mars). Solinstrålningen har en direkt effekt på fotosyntesen och assimileringen av koldioxid.

Med AFRC-wheat modellen (eller liknande modeller baserade på ekofysiologiska processer) kan man simulera effekter av klimatvariationer renodlat från andra effekter som teknikutveckling och andra ändringar av skötsel, t ex genom att hålla indata för sortegenskaper, gödsling mm oförändrade. En simulering för väder från t.ex. 1960-och 1970-talet till nu kan beräkna vilken påverkan temperatur och nederbördsändringarna borde haft på skörden sett utifrån hur vädret påverkat de ekofysiologiska processerna under dessa perioder. Denna typ av simuleringar visar att en ökning i sommartemperaturerna har en negativ effekt på höstveteskörden därför att kärnfyllnadsperioden blir kortare. Å andra sidan orsakar en ökad temperatur på våren att kärnfyllnadsperioden påbörjas tidigare, dvs under perioder då

temperaturerna i medeltal är lägre än senare på sommaren, vilket alltså skulle tendera att förlänga kärnfyllnadsperioden och mildra en eventuell skördeminskning. Till detta kommer att vattenförhållandena också ändrats. Simuleringar med ekofysiologiskt baserade modeller är den enda metod vi har för att på ett utifrån vetenskapliga experiment logiskt sätt beräkna effekterna av komplexa samspel mellan dessa processer. På motsvarande sätt kan effekter av framtida klimatförändringar på skördar simuleras när modellerna drivs av väderdata som är representativa för framtida klimatscenarier.

10.4.1.2. Fenologi

Utvecklingsstadier i kommersiell odling för perioden 1988 till 2010 har observerats regelbundet en gång i veckan av växtskyddscentralerna runt om i Götaland och Svealand. Observationerna anger i vilket utvecklingsstadium (Zadokskala; Zadok m fl. 1974) grödan befinner sig och uppvisar en stor variation mellan åren för en given region (t ex från DN 155 till 195 för DC60; Fig. 10.3a) p g a skillnader i väder. Dock kan även variationer i observationsteknik ha påverkat spridningen.

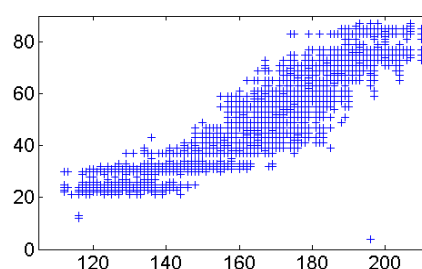


Fig. 10.3a. Observerade utvecklingsstadier (DC-skala; y-axeln) för höstvete i M län under perioden 1988 - 2010 ritad mot dag-numret från 1:a januari för observationen (DN; x-axeln). Data har sammanställts av Anders Arvidsson och Karin Jahr, SJV (från Eckersten & Kornher, 2012).

De länsvisa observationsserierna uppvisar olika avtagande trender. För M, H, E, B respektive C län var den genomsnittliga trenden -0.18, -0.27, -0.55, -0.50 respektive -0.14 dagar per år för DC31 (linjär regression; ej testad för statistiskt signifikansmått), dvs. en tidigareläggning med ca 1 till 2 dagar per 10 år i C län, och upp till över 5 dagar i E och B län. Dessutom sker DC31 betydligt tidigare i söder än i norr (i genomsnitt 12 dagar) och kan relateras till skillnader i medeltemperaturen under vintern och våren mellan respektive regioner (se Fig. 3.7a i Eckersten & Kornher, 2012).

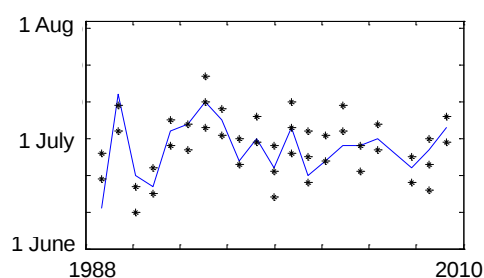


Fig. 10.3b. Observerade dagar för inträffandet av DC61 (blomning) för höstvet i M län under perioden 1988- 2010. Linjen är beräkning med temperatursumme-modellen ($T_{\text{sum}} = 565 \text{ d } ^\circ\text{C}$; $R^2 = 0.48$). (från Eckersten & Kornher, 2012).

Ur denna datamängd har tidpunkten för DC31 (toppsmåax bildat) respektive DC61 (start av blomning) för höstvet beräknats utgående från den ackumulerade summan av dygnsmedeltemperaturer över $5 \text{ }^\circ\text{C}$ sedan årets början (Fig. 10.3b). När summan når ett visst värde (T_{sum}) inträffar DC31 respektive DC61. T_{sum} har kalibrerats så att dagen modellen förutser i medeltal för 23-årsperioden är densamma som medeltalet för observationerna. Temperaturfaktorn ska teoretiskt modifieras så att den blir större vid längre daglängder (en modell som används i de flesta tillväxtmodeller, t ex Hay och Porter, 2006) vilket för en given sort ger en snabbare utveckling på sommaren och längre norrut jämfört med på våren och i söder, vid i övrigt samma temperaturförhållanden. Emellertid för praktisk odling gav modellen som inte tar hänsyn till daglängdsfaktorn bättre överensstämmelse med observerade regionala skillnader än modellen som inbegriper daglängdsfaktorn.

Tabell 10.1. Höstvet DC31 och DC61. Beräknade dagnummer (DN) för inträffandet av utvecklingsstadier för olika platser. Medel-, minimi- och maximivärden för period 1981 - 2010 (~1995). Modellen är utvecklad enligt ovan (t ex Fig. 10.3b). (Från Eckersten & Kornher, 2012)

Plats	Period	DC31 _{Mv}	DC31 _{Min}	DC31 _{Max}	DC31 _{Std}	Max-Min
Lund	~1995	141	121	154	9	33
Uppsala	~1995	152	130	166	9	36
Plats	Period	DC61 _{Mv}	DC61 _{Min}	DC61 _{Max}	DC61 _{Std}	Max-Min
Lund	~1995	179	158	193	10	35
Uppsala	~1995	188	176	207	8	31

DN 152=1juni, 182=1juli, 213 =1 augusti

Bildningen av toppsmåax (DC31) i höstvetete sker i dagsläget (1981 – 2010) ca 20:e maj i Lund och en och en halv vecka senare i Uppsala. Variationen mellan år under en 30-årsperiod är som mest fyra till fem veckor med en standardavvikelse på drygt en vecka. Begynnande blomning (DC61) sker i dagsläget i medeltal drygt fem veckor efter bildningen av toppsmåax, dvs. i slutet av juni i Lund och drygt en vecka senare i Uppsala.

10.4.1.3. Övervintring

Ogynnsamma vinterförhållanden som resulterar i att plantor dör orsakar globalt sett betydande skördeförluster i höstvetete. Dålig övervintring och att plantor dör kan orsakas både av abiotiska stressfaktorer såsom låga temperaturer (Skinner och Mackey, 2009; Bergjord m fl. 2010) och istäcke (Hömmö, 1994; Hakala m fl. 2011), så väl som biotiska faktorer i form av infektioner av utvintringssvampar (Iriki m fl. 2001; Matsumoto, 2009).

I många tillväxtmodeller för höstvetete ingår inte processer för övervintring eftersom de är utvecklade för mildare klimat än det i Sverige. I en pågående modellstudie med DSSAT-modellen fann man en positiv korrelation mellan felaktiga simuleringar av skörden i Lund (Borgeby, 1971 - 1998) och antalet dagar i februari med temperaturer under 0 °C (Lalic m fl. manuskript) och det pågår forskning med syfte att förbättra grödmodellens simuleringar av övervintring (t ex MOCCCASIN, 2011). Utvintring av

höstvetete på grund av köldskador kan beräknas genom att simulera hur växternas frosttolerans förändras under vintersäsongen (LT50-värdet = den temperatur när 50 procent av plantorna dör; Fowler m fl. 1999; Bergjord m fl. 2008; Persson m fl. 2012). När temperaturen sjunker under 10 °C på hösten ökar höstvetepantornas frosttolerans (Fig. 10.4). Milda väderperioder får motsatt effekt och frosttoleransen minskar. I Syd-Norge år 2000 var hösten mild och regnig, men följdes av en snabb och kraftig temperatursänkning som förorsakade stora övervintringsskador. Ofta beaktas två typer av stress; låga temperaturer som närmar sig gränsen för sortens aktuella frosttolerans (LT50-värdet; Fig. 10.4), och i vilken utsträckning växterna förblir under ett långvarigt och tjockt snötäcke som hämmar luftutbytet runt växterna. Frosttoleransen har visat sig vara starkt förknippad med växtens fenologiska utveckling (Fowler m fl. 1996; Mahfoozi m fl. 2001; Danyluk m fl. 2003). När växterna vernaliserats (krav på en period med låga, 0 – 10 °C temperaturer innan en utveckling mot blomning kan börja) börjar frosttoleransen minska. Detta tenderar att ske redan i slutet av december. Det saknas dock experimentella studier kring betydelsen av skillnader i vernaliseringskrav mellan olika sorter för överlevnaden, en faktor som föreslagits vara en potentiellt viktig faktor (Mahfoozi m fl. 2006). I dagsläget görs det inga systematiska studier av skillnader i vernalisering mellan sorter i Sverige.

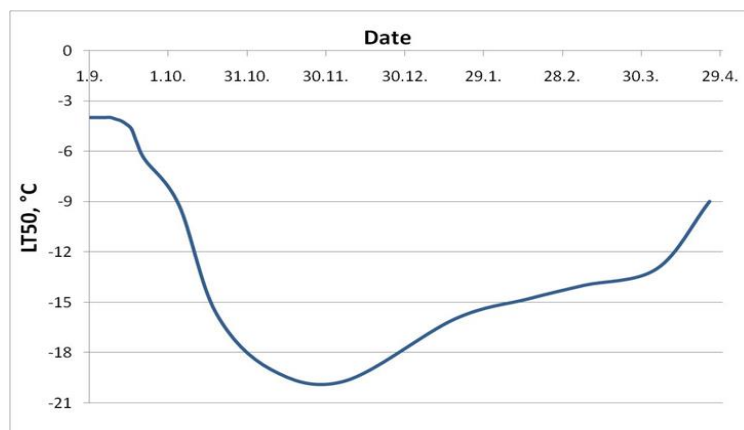


Fig. 10.4. Exempel på utvecklingen av köldtolerans hos höstvetete från höst till vår, uttryckt i termer av den temperatur då 50 % av plantorna dör (LT50-värdet beräknat med FROSTOL-modellen). Från Bergjord m fl. (2008).

Ett problem med att bedöma frostens inverkan på tillväxten är att det inte finns något enkelt samband mellan antal tillfällen då markytetemperaturen går under det aktuella frosttoleransvärdet och andelen utvintrade plantor på våren, bl a på grund av att en betydande del av utvintringen kan ha orsakats av andra faktorer än frost, t ex isbränna eller svampinfektioner. Lämpliga dataset för att bestämma köldskadornas relativa betydelse saknas, men i ett nyligen påbörjat forskningsprojekt (SLF, 2013) kartläggs köldskadornas betydelse för utvintringen av olika höstvetessorter för svenska förhållanden genom att bestämma respektive sorts maximala frosttolerans ($LT50_{Min}$; t ex Pulli m fl. 1996) utifrån experiment och simuleringar med FROSTOL-modellen (Bergjord m fl. 2008).

10.4.2. Agroklimatindex

Agroklimatiska index har, i jämförelse med de ekofysiologiska processmodellerna som beskrivits ovan, begränsade krav på

tillgängliga indata och kan därför användas för att beräkna vädrets effekter på skördenivåer i stor skala i praktisk odling. Ett antal av dessa har tillämpats för främst Centraleuropa, men där Sverige representerades av endast Uppsala och inte jämfördes med observerade skördevariationer (Trnka m fl. 2011; Tabell 10.2). Indexen kan härledas till enskilda eller grupper av processer som återfinns i detaljerade ekofysiologiskt baserade modeller. Tillämpligheten av dessa index för svenska förhållanden återstår alltså att undersöka. Dessa index har tillämpats för vårkorn för finska förhållanden i en klimatförändringsstudie av Rötter m fl. (2013). Agroklimatindex som representerar extrema väderhändelser, kalla dagar under vinter och vår, respektive antalet extremt torra dagar under vår och sommar jämförs i en pågående studie med skördevariationer i Lund och Uppsala (Lalic m fl. manuskript).

Tabell 10.2. Exempel på agroklimatindex som används av ^aTrnka m fl. (2011), ^bLalic m fl. (manuskript) och ^cRötter m fl. (2013). T = temperatur, P = nederbörd, E = evapotranspiration.

<i>Agro-climatic index</i>	<i>Väderförhållanden</i>
^a Effektiva tillväxt dagar (antal)	Ingen snö, $T_{DygnMedel}$ är stadigt $> 5^{\circ}\text{C}$, $T_{DygnMin} > -2^{\circ}\text{C}$, tillräckligt med markvatten (beräknat som (faktisk E) / (potentiell E) > 0.4).
^a % dagar lämpliga för höstsådd	-Höstens så-fönster: 15 september till sista november. -Dag lämplig för sådd: markvattenhalten (5 - 10 cm djup) ligger mellan 10 % och 70 % av den markvattenhållande förmågan, ingen snö, $T_{DygnMedel} > 5^{\circ}\text{C}$ under minst två på varandra följande dagar, $P < 1\text{ mm}$ under dagen för sådd, $P < 5\text{ mm}$ dagen före sådd.
^a Effektiv globalstrålning (MJ/m^2)	Summa globalstrålning för dagar med tillräcklig mängd markvatten ((faktiska E) / (potentiella E) > 0.4), under vegetationsperioden ($T_{DygnMedel}$ är stadigt $> 5^{\circ}\text{C}$, ingen snö eller frost).
^a Sista vårfrost	Sista frost definieras som den sista dagen då $T_{DygnMin} < -0.1^{\circ}\text{C}$, dock ej senare än sista juni.
^a %dagar med torka	Dag med torka: (faktisk transpiration) / (potentiell transpiration) < 0.2 .
^b Dagar med temperaturer under 0°C (antal)	Kölldag (FrysD): dag med maximal daglig temperatur under 0°C . Frostdag (FrostD): dag med minimal daglig temperatur under 0°C .
^b Dagar med torka (antal) (MAM=mars, april, maj) (AMJ=april, maj, juni)	Torr försommar (AMJ): (faktisk E) / (potentiell E) < 0.5 . Torr vår (MAM): (faktisk E) / (potentiell E) < 0.4 . Mycket torr vår (MAM): (faktisk E) / (potentiell E) < 0.3 . Extremt torr vår (MAM): (faktisk E) / (potentiell E) < 0.2 .
^c Axanläggning (värme stress; antal dagar)	Antal dagar med $T_{DygnMax} > +28^{\circ}\text{C}$ under perioden 1 - 2 veckor före axgång.
^c Kärnfyllnad ($d^{\circ}\text{C}$)	Ackumulerad summa av $T_{DygnMedel} > 0^{\circ}\text{C}$ från axgång till gultmognad.

10.4.3. Empiriska och statistiska modeller

10.4.3.1. Temperatureffekter

Regionalt

Ett flertal studier sedan *början av 1900-talet* har undersökt hur regionala höstveteskördar korrelerar med enskilda månaders medeltemperaturer. För perioden 1881 - 1910 var korrelationerna i Malmöhus län svaga för samtliga månader, medan för Gotland var korrelationerna starka ($r^2 = 0.49$ som högst) och positiva för alla månaderna på hösten och vintern fram t o m februari. På sommaren var korrelationerna också tydliga, men negativa, dvs låga skördar korrelerade med

höga sommartemperaturer. I Uppsala län korrelerade skörden endast med februaritemperaturen (Tabell A2.2 i Appendix; Wallén 1917, 1920; också nederbörd undersöktes).

Även för *tiden efter 1910* korrelerade skördarna på *Gotland* med vintertemperaturerna, men till skillnad från den tidigare tidsperioden inte med höst- och sommartemperaturer. Dessutom korrelerade låg skörd på Gotland med mycket regn i mars. Denna skillnad kan bero på den långa tidsperiod dessa korrelationerna avser (1913 - 1999; Michael 2002). I en studie för senare hälften av 1900-talet (1965 - 96; Eckersten m fl. 2010) hade korrelationen till

vintertemperaturen också försvunnit, medan däremot en positiv korrelation till apriltemperaturen och en negativ till sommartemperaturen (juni och juli) identifierats. I *Malmöhus län* under senare delen av 1900-talet var skörden positivt korrelerad med en vinter-, en vår- och en sommarmånadstemperatur, var för sig, och negativt korrelerad med en höstmånad (Eckersten m fl. 2010) jämfört med att ingen enskild månadstemperatur var korrelerad med höstveteskördarna i början av 1900-talet (Wallén, 1917). I *Uppsala län* sedan 1965 var skördarna fortfarande endast korrelerade till vintertemperaturer, men sedan ca 1980 har även denna positiva korrelation minskat (Tabell A2.2 i Appendix; R^2_{Adjust} är som mest 58%). Betydelsen av vintertemperaturen har vidare påvisats för områden med årsmedeltemperaturer mindre än 5 - 6 °C (vilket motsvarar klimatet i Uppsala-regionen, Fig. 10.1). För dessa områden korrelerade skördarna med vinterns längd (Holmer, 2008; se Tabell A2.3 i Appendix).

Fältexperiment

Motsvarande studier för kontrollerade fältexperiment är betydligt färre men uppvisar i stort sett samma bild som för de regionala skördarna. För första halvan av 1900-talet har vi här funnit endast studier för *Uppsala* (Ultuna) som, precis som för de regionala skördarna visar en positiv korrelation till februaritemperaturen, men att denna korrelation avtar mot mitten av seklet (Eckersten m fl. 2010). Skördens relation till vintertemperaturen skilde mellan sorter och de högavkastande sorterna visade störst mellanårsvariation (Torssell 1953). För den andra halvan av 1900-talet i *Uppsala* var endast korrelationen till februaritemperaturen signifikant, men för den senaste 25-årsperioden har också denna relation

försvunnit (Tabell A2.3 i Appendix). Också för fältexperiment i *Lund* (Borgeby; Eckersten m fl. 2010) och flera lokaler i Skåne (Wiik & Ewaldz, 2009; 55°23'-56°25'N), under andra halvan av 1900-talet och början av 2000-talet, var bilden liknande den för de regionala skördarna. Var för sig korrelerade en vinter-, en vår- respektive en sommarmånadstemperatur positivt med skörden. I *Lund* försvann dock februarikorrelationen för den senaste 25-årsperioden, och för de andra lokalerna uppvisades dessutom en positiv korrelation mot augustitemperaturen, både före sådd och vid skörd (Tabell A2.3 i Appendix). För *Visby* (Stenstugu) var skörden i fältexperiment negativt korrelerad med julitemperaturen (Eckersten m fl. 2010) precis som för de regionala skördarna, men till skillnad från dessa inte korrelerad med juni- och april- temperaturerna.

I andra studier har man utvärderat hur höstveteskördarna för *Lund* och *Uppsala* (1971 till ca 2000) korrelerar med extrema väderhändelser (Lalic m fl. manuskript). I *Lund* korrelerade skörden inte med antalet kalla dagar (Frys dagar; $T_{\text{Max}} < 0$ °C).

10.4.3.2. Olika vädervariabler

Sverige

I de ovanstående relationerna har höstvetets skördevariationer jämförts med en månadstemperatur i taget. I ett antal studier har dock skördevariationer jämförts med alla månaders respektive medeltemperaturer samtidigt, och dessutom inkluderat nederbörd. Menzhulin m fl. (2009) härledde *multiregressionsmodeller* för regionala höstveteskördar i Sverige, baserade på månadsmedeltemperatur och ackumulerad nederbörd per månad för perioden 1965 - 2005. För *Malmöhus län* var relationen till månadsmedeltemperaturerna spridda över året, vilket

påminner om relationerna till de enskilda månadstemperaturerna ovan, men inte för exakt samma månader, vilket till viss del kan ha orsakats av att också nederbörden i januari och april ingick i denna modell. För *Gotland* var sommartemperaturerna de mest betydelsefulla men också temperaturen i november och februari, liksom nederbörden i maj och juni. Betydelsen av nederbörden i främst juni, stöds av modellsimuleringar av höstvetets skördar för *Gotland* (Eckersten m fl. 2010) som visade att bristande vattentillgång i juni var en starkt förklarande faktor. För *Uppsala län* baserades Menzhulin-modellen på vintertemperaturerna (februari och mars) samt nederbörden för en höst- (september), en vinter- (februari), en vår- (maj) och en sommarmånad (augusti). Liksom i de ovanstående enklare relationerna var vintertemperaturerna centrala förklaringsvariabler i *Uppsala län*. För *Skaraborg* var i stort sett alla (9 av 12) månaders temperatur- och nederbördsförhållanden av signifikant betydelse för variationen i de observerade skördarna, vilket kan antyda ett alltför komplext förhållande mellan skörd och väder för att enkla statistiskt baserade modeller ska vara tillämpliga.

Andra Nordiska länder

I liknande studier med multivariabla statistiska modeller för Danmark, befanns skörden vara positivt korrelerad med hög temperatur på hösten (oktober och november) och vintern (januari) för perioden 1971-97. Detta avviker alltså till viss del från bilden för Malmöhus län enligt Menzhulin-modellen ovan, främst vad avser avsaknad av korrelationer till vår- och sommartemperaturer. I stället var skördar i Danmark positivt korrelerade till solinstrålning på våren (april; som kan var positivt korrelerad med temperaturen) och negativt korrelerad till nederbörden i juli

(som troligen samkorrelerar med låga temperaturer). Effekterna av solinstrålningen och nederbörden var jämförelsevis stora (Olesen m fl. 2000; Tabell A2.4 i Appendix). I Finland, som i viss utsträckning skulle kunna vara jämförbart med *Uppsala län*, kunde 62 % av mellanårsvariationen i höstvetets avkastning för en 30-årsperiod förklaras med snödjup i januari, solinstrålning i juni och temperatur i augusti (Hollins m fl. 2004). Även här framstår alltså vinterförhållanden som en viktig förklarande faktor, dock ej som ensamt viktig faktor.

Processbaserade agroklimatiska index (Tabell 10.2) har inte testats för svenska förhållanden, men för vårkorn i Finland kunde de som mest förklara 47 % av skörden, och liksom för de enkla och statistiskt baserade klimatindexen ovan, varierade prediktionsförmågan mellan platser (Rötter m fl. 2013).

10.5. Diskussion

10.5.1. Variationer i tid och rum

Effekterna av klimatet på höstvetes skördar i denna studie tog sin utgångspunkt i agroklimatiska index som i stor skala testats mot skördar i praktisk odling och långliggande försök. Den allmänna bilden från denna sammanställning är att olika vädervariabler är av olika betydelse i olika områden av Sverige. De statistiskt baserade relationerna mellan skörd och väder tenderar att förändras över tid. Allmänt för alla odlingsområden i Sverige verkar skörden vara korrelerad med vintertemperaturer men mest i de nordliga områdena. Hösttemperaturer verkar kunna ha betydelse i södra Sverige och på *Gotland*, och sommartemperaturer tydligast på *Gotland*. Den mest tydliga förändringen över tid var att en uttalad positiv relation

till höga vintertemperaturer på Gotland försvann till slutet av 1900-talet, och att det negativa sambandet till sommartemperaturer (juni och juli) blev starkare. På Ultuna var det positiva sambandet mellan avkastning och vintertemperaturer stabil under början av 1900-talet, men blev svag i slutet av seklet, medan på länsnivå var denna nedgång mindre tydlig. Skördens relation till nederbörden visar ett oklarare mönster vilket kan bero på oregelbunden och frekvent nederbörd vars effekt på grödans vattentillgång buffras av vattenlagringen i marken.

10.5.2. Regionalt jämfört med lokalt

Korrelationerna mellan skörd och väder var tydligare på regional nivå än fältnivå. Detta trots att många fler faktorer förväntas påverka de regionala avkastningarna (jfr Bakker m fl. 2005, Jaggard m fl. 2007, Peltonen-Sainio m fl. 2009b) än skördarna i de kontrollerade experimenten. Om den kommersiella odlingen varit mer anpassad till att utnyttja den klimatiska potentialen än de kontrollerade experimenten, skulle detta kunna vara en förklaring vilket dock är svårt att utreda. En annan troligen viktigare faktor är att effekterna av lokala störningar aggregeras (jfr Górski & Górski 2003) och kan spådas ut på regional nivå varvid klimateffekten kan bli tydligare. I överensstämmelse med andra studier (jfr Bakker m fl. 2005) indikerar detta att påverkan av klimatet på avkastningen är mer komplicerad att förutsäga i den lokala skalan. Men vi kan också lätt hitta faktorer som kan ha stört relationen avkastning-klimat på regional nivå. T ex har ett lokalt väder för en enda plats jämförts med höstvetets medelskörd i hela länet. Den odlade arealen av höstvete varierade också från år till år, särskilt i Uppsala län där området var nästan obefintligt åren 1982 och 1985 och på Gotland där arealen var nästan noll 1986 och liten 2000. I dessa fall

har troligen en vårgroda ersatt höstvetet och den regionala skördestatistiken för höstvetet missar därmed den starkaste negativa påverkan av ogynnsamma höstar och vintrar. Trenden med ökad areal i Malmöhus län och minskad areal på Gotland har dessutom troligen förändrat valet av odlingsplatser på ett systematiskt sätt.

10.5.3. Potential

10.5.3.1. Övervintring

Vad säger dessa relationer mellan variationer inom klimatet och variationer i höstvetets skördenivåer om potentialen för höstvetets avkastning? Effekterna av vinterförhållanden på höstvetet i främst de nordliga odlingsområdena, men också i Skåne, verkar tydliga. Detta antyder att bättre anpassat sortval utifrån lokalt vinterklimat skulle kunna leda till en bättre vinteröverlevnadsförmåga. Den minskande korrelationen mellan höstveteskördar och vintertemperatur över tid kan bero på att klimatet blivit varmare, att höstveteodlingen inom regionerna förflyttats till platser med gynnsammare lokala klimat- och markförhållanden, att hårdigare sorter används, att fler faktorer ökat sin påverkan, eller en kombination av dessa faktorer. En lägre känslighet för vintertemperaturer skulle kunna innebära att höstvetets utbredning till idag ogynnsamma odlingsområden för höstvete kan öka, och sorter med en förbättrad övervintringsförmåga skulle kunna leda till en stabilare produktion och påskynda denna utbredning.

10.5.3.2. Klimatförändring

Tendensen i Uppsalatrakten med ett varmare klimat kombinerat med en oförändrad nederbörd (Fig 10.2), minskar vattentillgången för grödan samtidigt som

utvecklingshastigheten påskyndas. Nettoeffekten av detta på skörden är svår att bedöma eftersom en snabbare utveckling gör att grödan mognar tidigare och därmed kan undgå en ökande sommartorka. Samtidigt skulle sortval och/eller sortutveckling för långsammare utvecklingshastighet och ökad vattenutnyttjandeeffektivitet kunna öka skörden. Med hjälp av en tillväxtmodell baserad på ekofysiologiska processer har höstvetet av en given sort beräknats öka sin ovanjordiska biomassa med ca 15 % i Uppsala vid en klimatförändring motsvarande en temperaturökning på ca 1.7 °C, nederbördsökning med 7 % och en koldioxidhaltsökning med 45 % jämfört med 1961 – 90 (Eckersten m fl. 2001). Den årliga avdunstningen och dräneringen ökade också medan ytavrinningen minskade. Kärnskornden beräknades inte i denna studie men har i liknande Europeiska framtidsscenarier för främst regioner söder om Sverige beräknats minska på en förkortad kärnfyllnadsperiod.

10.6. Slutsatser

-Enkla klimatindex och multivariabla regressionsmodeller ger en oklar bild av vädrets inverkan på höstvetesskördar i Sveriges mest produktiva odlingsområden. I områden med lägre skördar kan dock enkla klimatindex relaterade till vinterförhållanden och torka vara användbara för att beräkna vädrets effekt på skörden. Prediktionsförmågan hos dessa

index varierar dock över tid. En slutledning kan vara att dessa index också kan beräkna skörden i de produktiva områdena för år med speciellt dåliga väderförhållanden. Men i stort antyder resultaten att modeller som ej explicit relaterar till ekofysiologiska processer, och samspelet mellan dessa processer, inte kan förutse klimatets inverkan på variationer i höstvetets hektarskördar mellan år för de stora odlingsområdena av höstvetet i Sverige.

10.6.1. Kunskapsluckor

-Frostens, svampangreppens och isbrännornas betydelse för utvintring och täckningsgrad på våren, samt kopplingen mellan täckningsgrad på våren och skörden.

-Beräkning av extremvädrets effekter på lokal produktion och produktionssäkerhet i relation till skötsel och odlingsförhållanden.

-Test och utveckling av grödmodeller som kan förklara vädrets, klimatets och sortegenskapers roll för variationer i observerade skördar utifrån ekofysiologiska processer.

-Ekofysiologiskt baserade grödmodellers prediktionsförmåga av höstvetesskördar i praktiskt jordbruk i Sverige, i jämförelse med prediktionsförmågan hos agroklimatiska index baserade på ekofysiologiska processer.

10.7. Referenser

- Arrhenius O (1926) Vattnet som vegetationsfaktor (Water as a vegetation factor). The Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry. *Handl Tidskr* 65:37–51 (in Swedish)
- Bakker MM, Govers G, Ewert F, Rounsevell M, Jones R (2005) Variability in regional wheat yields as a function of climate, soil and economic variables: assessing the risk of confounding. *Agric Ecosyst Environ* 110:195–209

- Bergjord AK, Bonesmo H, Skjelvåg AO (2008) Modelling the course of frost tolerance in winter wheat. I. Model development. *Eur J Agron* 28:321–330
- Bergjord, A.K., Bonesmo, H., Skjelvag, A.O., 2010. Model prediction of frost tolerance as related to winter survival of wheat in Finnish field trials. *Agricultural and Food Science* 19, 184-192.
- Berntsen J, Petersen BM, Olesen JE (2006) Simulating trends in crop yield and soil carbon in a long-term experiment - effects of rising CO₂, N deposition and improved cultivation. *Plant Soil* 287:235–245
- Challinor AJ, Ewert F, Arnold S, Simelton E, Fraser E (2009) Crops and climate change: progress, trends, and challenges in simulating impacts and informing adaptation. *J Exp Bot* 60:2775–2789
- Chauhan S, Khandelwal RS, Prabhu KV, Sinha SK, Khanna-Chopra R (2005) Evaluation of usefulness of daily mean temperature studies on impact of climate change. *J Agron Crop Sci* 191:88–94
- Danyluk, J., Kane, N.A., Breton, G., Limin, A.E., Fowler, D.B., Sarhan, F., 2003. TaVRT-1, a putative transcription factor associated with vegetative to reproductive transition in cereals. *Plant Physiology* 132: 1849-1860.
- Eckersten H, Andersson L, Holstein F, Mannerstedt Fogelfors B, Lewan E, Sigvald R, Torssell B (2007a). Bedömningar av klimatförändringars effekter på växtproduktion inom jordbruket i Sverige (Evaluation of climate change effects on crop production in Sweden). Bilaga 24 i: Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter, SOU 2007:60, Bilagedel B, bilaga B 23-27:26–277 (in Swedish with English summary)
- Eckersten, H., Blombäck, K., Kätterer, T., Nyman, P., 2001. Modelling C, N, water and heat dynamics in winter wheat under climate change in southern Sweden. *Agriculture Ecosystems and Environment*. vol 86(3), pp 221-235
- Eckersten, H.; Karlsson, S; Torssell, B., 2008. Climate change and agricultural land use in Sweden - A literature review. Report No 7, Department of Crop Production Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. 135 pp
<http://www.slu.se/Global/externwebben/nl-fak/vaxtproduktionsekologi/DokPublikation/VPE%20Report/VPE%20report%20No%207.pdf>
- Eckersten H, Kornher A, Bergkvist G, Forkman J, Sindhoj E, Torssell B and Nyman P, 2010. Crop yield trends in relation to temperature indices and a growth model. *Climate Research* 42:119-131
- Eckersten, H.; Kornher, A., 2012. Klimatförändringars effekter på jordbrukets växtproduktion i Sverige – scenarier och beräkningssystem. (Climate change impacts on crop production in Sweden – scenarios and computational framework). Report No 14, Department of Crop Production Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. 62 pp (In Swedish with English summary).
http://pub.epsilon.slu.se/8590/1/eckersten_h_120208.pdf
- Eckersten H, Noronha-Sannervik A, Nyman P, Torssell B (2001) Modelling mass flows in soil plant systems using Matlab/Simulink. In: Björneå TI (ed) Nordic MATLAB conference—program & proceedings. COMSOL AS, Trondheim 17–18 October, Oslo, p 44–49
- Ewert F, Rounsevell MDA, Reginster I, Metzger MJ, Leemans R (2005) Future scenarios of European agricultural land use. I. Estimating changes in crop productivity. *Agric Ecosyst Environ* 107:101–116

- Ewert F, Porter JR, Rounsevell MDA (2007) Crop models, CO₂, and climate change. *Science* 315:459–460
- Fowler, D.B., Chauvin, L.P., Limin, A.E., Sarhan, F., 1996. The regulatory role of vernalization in the expression of low-temperature-induced genes in wheat and rye. *Theor. Appl. Genet.* 93: 554-559.
- Fowler, D.B., Limin, A.E., Ritchie, J.T., 1999. Low-Temperature Tolerance in Cereals: Model and Genetic Interpretation. *Crop Sci.* 39, 626-633.
- Górski T, Górska K (2003) The effects of scale on crop yield variability. *Agric Syst* 78:425–434
- Hakala, K., Hannukkala, A.O., Huusela-Veistola, E., Jalli, M., Peltonen-Sainio, P., 2011. Pests and diseases in a changing climate: a major challenge for Finnish crop production. *Agricultural and Food Science* 20, 3-14.
- Hallgren G (1947) Studies on the influence of precipitation on crop yields in Sweden with special reference to field irrigation. *K Lantbrukshögskol Ann* 14:173–298
- Hay RKM, Porter JR (2006). *The physiology of crop yield*, 2nd edn. Blackwell Publishing, Oxford. 314 pp
- Hollins PD, Kettlewell PS, Peltonen-Sainio P, Atkinson MD (2004) Relationships between climate and winter cereal grain quality in Finland and their potential for forecasting. *Agric Food Sci* 13:295–308
- Holmer B (2008) Fluctuations of winter wheat yields in relation to length of winter in Sweden 1866 to 2006. *Clim Res* 36:241–252
- Hömmö, L.M., 1994. Hardening of some Winter-Wheat (*Triticum aestivum* L) Rye (*Secale cereale* L) TRITICALE (X *Triticosecale wittmack*) and Winter Barley (*Hordeum vulgare* L) Cultivars during Autumn and the Final Winter Survival In Finland. *Plant Breeding* 112, 285-293.
- IPCC (2000) Intergovernmental Panel on Climate Change: www.ipcc.ch
- Iriki, N., Kawakami, A., Takata, K., Kuwabara, T., Ban, T., 2001. Screening relatives of wheat for snow mold resistance and freezing tolerance. *Euphytica* 122, 335-341.
- Jaggard KW, Qi A, Semenov MA (2007) The impact of climate change on sugarbeet yield in the UK: 1976–2004. *J Agric Sci* 145:367–375
- Lalic, B., Eitzinger, J., Thaler, S., Vucetic, V., Nejedlik, P., Eckersten, H., Jacimovic, G. Can agrometeorological indices of extreme weather help to improve yield prediction by crop models? (Manuskript 20130607)
- Mahfoozi, S., Limin, A.E., Fowler, D.B., 2001. Influence of vernalization and photoperiod responses on cold hardiness in winter cereals. *Crop Science* 41: 1006-1011.
- Mahfoozi, S., Limin, A.E., Ahakpaz, F., Fowler, D.B., 2006. Phenological development and expression of freezing resistance in spring and winter wheat under field conditions in north-west Iran. *Field Crops Research* 97: 182-187.
- Matsumoto, N., 2009. Snow Molds: A Group of Fungi that Prevail under Snow. *Microbes Environ.* 24, 14-20.
- Mearns LO, Rosenzweig C, Goldberg R (1992) Effect of changes in interannual climatic variability on CERESwheat yields: sensitivity and 2 □□CO₂ general-circulation model studies. *Agric For Meteorol* 62:159–189
- Menzhulin GV, Pavlovsky AA, Shamshurina NV (2009) Statistical modelling of crop productivity anomalies based on ensemble approach. *Bull St Petersburg State Univ* 7:76–85 (in Russian)

- Michael D (2002) Höst- och vårveteodlingen på Gotland 1913–1999 och klimatets betydelse för densamma (Winter and spring wheat cultivation in Gotland 1913–1999, and the influence of climate). Projektarbete (B310) vid Institutionen för Geovetenskaper/Naturgeografi, University of Gothenburg (in Swedish)
- MOCCASIN (2011). MONitoring Crops in Continental Climates through Assimilation of Satellite Information. EU-projekt
- Nkurunziza, L., Kornher A, Hetta M, Halling M, Weih M, Eckersten H (2014) Crop genotype-environment modelling to evaluate forage maize cultivars under climatic variability. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science* (in press, 15 pages)
- Olesen JE, Jensen T, Petersen J (2000) Sensitivity of field scale winter wheat production in Denmark to climate variability and climate change. *Clim Res* 15:221–238
- Peltonen-Sainio P, Jauhiainen L, Laurila IP (2009a) Cereal yield trends in northern European conditions: changes in yield potential and its realisation. *Field Crops Res* 110:85–90
- Peltonen-Sainio P, Jauhiainen L, Venäläinen A (2009b) Comparing regional risks in producing turnip rape and oilseed rape—today in light of long-term datasets. *Acta Agric Scand Sect B Plant Soil Sci* 59:118–128
- Persson, T., Bergjord, A., Höglind, M., 2012. Simulating the effect of the North Atlantic Oscillation on frost injury in winter wheat. *Climate Research* 53, 43–53.
- Pulli, S., Hjortsholm, K., Larsen, A., Gudleifsson, B.E., Larsson, S., Kristiansson, B., Hömmö, L.M., Tronsmo, A.M., Ruuth, P., Kristensson, C., 1996. Development and evaluation of laboratory testing methods for winterhardiness breeding. *Publications – Nordic Gene Bank* 32. 68 p
- Ragasits I, Debreczeni K, Berecz K (2000) Effect of long-term fertilisation on grain yield, yield components and quality parameters of winter wheat. *Acta Agron Hung* 48:149–154
- Ritchie JT, Otter S (1985) Description and performance of CERES-wheat: a user-oriented wheat yield model. In: Willis WO (ed) *ARS wheat yield project, ARS-38*. ARS, USDA, Washington, DC, p 159–175
- Rötter R.P., Höhn, J., Trnka, M., Fronzek, S., Carter, T.R., Kahiluto, H., 2013. Modelling shifts in agroclimate and crop cultivar response under climate change. *Ecology and Evolution*, 4197–4214.
- Skinner, D.Z., Mackey, B., 2009. Freezing tolerance of winter wheat plants frozen in saturated soil. *Field Crops Research* 113, 335–341.
- SLF, 2013. Stiftelsen Lantbruksforskning. Bedömning av risken för frostsador i höstvete utifrån sorters frosttolerans med hjälp av en simuleringsmodell och fältförsöksdata. Projektnummer: H1233151.
- SLU (Sveriges Lantbruksuniversitet) (2009a) Ultuna climate station. SLU, Uppsala. http://grodden.evp.slu.se/slu_klimat/
- SMHI (2011). Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut. <http://www.smhi.se/klimatdata/klimatscenarier/scenariodata/1.6200>
- Soussana, J.-F., Graux, A.-I., Tubiello, F.N., 2010. Improving the use of modelling for projections of climate change impacts on crops and pastures. *Journal of Experimental Botany* 61, 2217–2228
- Supit, I., van Diepen, C.A., de Wit, A.J.W., Wolf, J., Kabat, P., Baruth, B., Ludwig, F., 2012. Assessing climate change effects on European crop yields using the Crop Growth Monitoring System and a weather generator. *Agricultural and Forest Meteorology* 164: 96–111.
- Sveriges National Atlas, 1995. *Klimat, sjöar och vattendrag*. Red. Raab, B., Vedin, H. Bokförlaget Bra Böcker, Höganäs. 176 sidor. ISBN 91-87760-31-2.
- Torriani DS, Calanca P, Schmid S, Beniston M, Fuhrer J (2007) Potential effects of changes in mean climate and climate variability on the yield of winter and spring crops in Switzerland. *Clim Res* 34:59–69

- Torssell B (1953) Några studier över genotypisk och fenotypisk variation hos åkerbruksväxterna och dess betydelse för odlingsvärdet (Studies on crop genotypic and phenotypic variations and their significance for yield). *Svensk Utsädesför Tidskr* 63:416–439 (in Swedish)
- van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P., Hochman, Z., 2013. Yield gap analysis with local to global relevance—A review. *Field Crops Research*
- Wallén A (1917) Sur la corrélation entre les récoltes et les variations de la température et de l'eau tombée en Suede. *K Vetenskapsakad Handl* (Stockholm) 57:8
- Wallén A (1920) Le influence de la température et de l'eau tombée sur les récoltes de quelques varietetes de froment a Svalöv et a Ultuna. *Geogr Ann* 2:333–357
- Weir AH, Bragg PI, Porter JR, Rayner JH (1984) A winter wheat crop simulation model without water or nutrient limitation. *J Agric Sci* 102:371–382
- White, J.W., Hoogenboom, G., Kimball, B.A., Wall, G.W., 2011. Methodologies for simulating impacts of climate change on crop production. *Field Crops Research* 124, 357-368
- Wiik, L. and Ewaldz, T. (2009). Impact of temperature and precipitation on yield and plant diseases of winter wheat in southern Sweden 1983-2007. *Crop protection*. 28:2009:1, 952-962.
- Wiik, L. (2009) Yield and disease control in winter wheat in southern Sweden during 1977-2005. *Crop Protection*. Volume: 28 Number: 1, pp 82-89

10.8. Appendix

Tabell A2.1. Förändring av månadsmedeltemperaturen (°C) för tre framtida 30 års-perioder jämfört med en 30-årsperiod centrerad runt 2007. (Tabellen är tagen från Nkurunziza m fl. 2014). Beräkningen är gjord med ett ”medelscenario”, dvs varken extremt liten eller extremt stor förändring av klimatet (Echam4/RCA3 klimatscenario baserat på utsläppsscenario A1B; SMHI, 2011).

Plats	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Ju	Ju	Au	Sep	Oc	No	Dec
Period												
<i>Lund</i>												
2011-40	0.1	0.5	0.0	0.3	0.6	0.3	0.2	0.3	0.4	0.9	1.0	0.1
2041-70	1.8	2.6	1.0	1.0	1.2	0.9	0.9	1.4	1.4	1.6	2.1	1.5
2071-2100	3.2	2.9	1.8	1.7	1.6	1.7	1.6	2.0	1.9	2.3	2.9	3.3
<i>Uppsala</i>												
2011-40	-0.0	0.4	0.0	0.5	0.7	0.5	0.2	0.5	0.7	1.5	0.4	-0.2
2041-70	1.3	2.7	1.3	1.2	1.2	1.1	1.2	1.6	1.5	1.9	2.9	1.0
2071-2100	3.0	3.8	2.7	2.5	1.9	1.7	1.8	2.3	2.3	2.8	3.5	3.7

Tabell A2.2. Relationer mellan enskilda vädervariablers månadsvärden och regionala hektarskördar för höstvetete. Testade relationer med ett $R^2 \geq 0.20$ är angivna med + (positiv relation) respektive – (negativ relation). Relationer med $R^2 < 0.20$ är angivna med ⁰.

Län:	Malmöhuslän				Gotland				Uppsala län			
Perioder:	1881-1910	1910-1947	1965-1996	1985-2010	1881-1910	1913-1999 ⁱ	1965-1996 ⁱ	1985-2010 ⁱ	1881-1910	1910-1947	1965-1996 ⁱ	1985-2010 ⁱ
Klimatindex												
Temperatur												
T augusti					+							
T september	⁰		⁰		+		⁰		⁰		⁰	
T oktober	⁰		⁰		+		⁰		⁰		⁰	
T november	⁰		-		+		⁰		⁰		⁰	
T december	⁰		⁰		+		⁰		⁰		⁰	
T januari	⁰		⁰		++	X	⁰		⁰		⁰	
T februari	⁰		+		+	X	⁰		+		+	
T mars	⁰		⁰		⁰	X	⁰		⁰		+	++ → +
T april	⁰		+				+		⁰		⁰	
T maj	⁰		⁰		-		⁰		⁰		⁰	
T juni	⁰		⁰		--		-	⁰	⁰		⁰	
T juli	⁰		⁰		-		-		⁰		⁰	
T augusti	⁰		+				⁰		⁰		⁰	
Nederbörd												
P mars				+		-						

^aEckersten m fl. (2010); modellen inkluderar också effekt av tiden.

ⁱMichael (2002)

Tabell A2.3. Relationer mellan enskilda vädervariablers månadsvärden och hektarskördar av höstvet i fältexperiment. Testade relationer med ett $R^2 \geq 0.20$ är angivna med + (positiv relation) respektive – (negativ relation). Signifikanta relationer i allmänhet är angivna med X. Relationer med $R^2 < 0.20$ är angivna med ⁰.

Lokaler:	i Malmöhus län				på Gotland				i Uppsala län			
Perioder:	1881-1910	1910-1947	1968-1996 ^a	1983-2007 ^b	1881-1910	1910-1947	1968-1996 ^a	1985-2010	1881-1910	1910-1947 ^a	1968-1996 ^a	1985-2010 ^a
Klimatindex												
Temperatur												
T augusti				+								
T september			0	0			0				0	
T oktober			0	0			0				0	
T november			0	0			0				0	
T december			0	0			0				0	
T januari			0	0			0				0	
T februari			+	+ ; ^{0a}			0			++* → +*	+	0
T mars			0	0			0				0	
T april			+	+			0				0	
T maj			0	0			0				0	
T juni			0	0			0				0	
T juli			0	0			-				0	
T augusti			+	+			0				0	
Nederbörd												
P februari				+								
P april				-								
Övriga												
^f Vinterns längd										X	X	

^aEckersten m fl. (2010; modellen inkluderar också effekt av tiden; * avser februari och mars);

^bWiik & Ewaldz. (2009), alla månaders P testades men endast de signifikanta presenteras här (Pearssons koefficient ≥ 0.20 anges med + eller -; annars med ⁰);

^fHolmer (2008) områden med $T_{\text{ÅrsMedel}} < 5-6$ °C;

Tabell A2.4. Vädervariabler med signifikant betydelse i statistiska modeller som förutsäger variationer i höstvetets hektarskördar mellan år. Signifikanta relationer i allmänhet är angivna med X. + = positiva signifikanta relationer och – = negativa. Ej signifikanta relationer är angivna med ⁰.

	Sverige				Danmark ^d	Finland ^e
Regioner:	Malmöhus län ^c	Skaraborg län ^c	Gotland ^c	Uppsala län ^c		
Period:	1965-2005	1965-2005	1965-2005	1965-2005	1971-97	30-års-period
Klimatindex						
Temperatur						
T augusti						
T september	⁰	⁰	⁰	⁰	⁰	⁰
T oktober	⁰	X	⁰	⁰	+	⁰
T november	X	X	X	⁰	+	⁰
T december	⁰	X	⁰	⁰	⁰	⁰
T januari	⁰	X	⁰	⁰	+	⁰
T februari	⁰	X	X	X	⁰	⁰
T mars	X	X	⁰	X	⁰	⁰
T april	⁰	X	⁰	⁰	⁰	⁰
T maj	⁰	X	⁰	⁰	⁰	⁰
T juni	⁰	⁰	XX	⁰	⁰	⁰
T juli	X	X	XX	⁰	⁰	⁰
T augusti	X	⁰	⁰	⁰	⁰	X
Nederbörd						
P augusti						
P september	⁰	X	⁰	X	⁰	⁰
P oktober	⁰	⁰	⁰	⁰	⁰	⁰
P november	⁰	X	⁰	⁰	⁰	⁰
P december	⁰	X	⁰	⁰	⁰	⁰
P januari	X	⁰	⁰	⁰	⁰	⁰
P februari	⁰	⁰	⁰	X	⁰	⁰
P mars	⁰	X	⁰	⁰	⁰	⁰
P april	X	X	⁰	⁰	⁰	⁰
P maj	⁰	X	X	X	⁰	⁰
P juni	⁰	X	X	⁰	⁰	⁰
P juli	⁰	X	⁰	⁰	--	⁰
P augusti	⁰	X	⁰	X	⁰	⁰
Snödjup						
S januari						X
Solinstrålning						
R april					++	⁰
R juni					⁰	X
Modellens R ² *100	80 (77)	85 (68)	71 (66)	59 (54)		62

() = R²_{Adjusted}; ^cMenzhulin m fl. (2009). Regionala skördar; ^dOlesen m fl. (2000); ^eHollins m fl. (2004)

11. Management i höstveteodling – resultat från 32 lantbrukarintervjuer

*Helena Elmquist, Odling I Balans, Anders Krafft, Växtråd, Per-Göran Andersson
Hushållningssällskapet Malmöhus, Johan Arvidsson, inst. f. Mark och Miljö, SLU,*

Djupintervjuer med 32 lantbrukare i Sveriges fyra största höstveteregioner visar att gott management, bra timing och god markstatus är de viktigaste förklaringarna till att vissa lantbrukare har högre skördar än andra. De 32 intervjuerna genomfördes med utvalda lantbrukare på fyra gårdar med normal skörd och fyra så kallade plusgårdar, med högre skörd än normalt för området. Intervjuerna genomfördes i vart och ett av de fyra områdena: Skåne, Västergötland, Östergötland och Mälardalen. Normalgårdarna och plusgårdarna i respektive område hade sinsemellan jämförbara odlingsförutsättningar men plusgårdarna skördade i genomsnitt 1 ton mer höstvetete per hektar. Intervjuerna visade att på gårdar med högre skörd var lantbrukarna generellt bättre på att göra rätt saker i rätt tid. Framför allt var det fler som hann så vid optimal tidpunkt. Datainsamlingen från gårdarna visade att på gårdar med högre skördar än genomsnittet var markstatus något bättre, med högre P-status, högre mullhalt och högre pH. På gårdar med normalskördar upplevde fler att jordarna var mer svårbehandlade och påtalade problem med markpackning. En slutsats är att det finns ett stort behov att tydliggöra vad man kan vinna på ett gott management.

11.1 Varför får en del gårdar högre skördar?

Varför får vissa gårdar högre skördar än andra trots liknande odlingsförutsättningar? Vad behövs för att fler ska få högre skördar? Finns det systematiska skillnader mellan en gård som får normal skörd och en som får hög skörd? För att kunna få svar på dessa frågor genomfördes en kvalitativ intervjustudie.

Hypotes: Vissa lantbrukare tar högre skördar beroende på att de har bättre management än andra.

Projektgruppen funderade mycket på hur management inom höstveteodling ska beskrivas. Vi valde att definiera management som förmågan att fatta rätt beslut, i rätt tid utifrån rätt prioriteringar. Detta exemplifieras i figur 11.1, där management delas upp i fem områden. Det

första området handlar om företagets produktionsval, till exempel hur man gödslar och sprutar. I det andra området ingår vilka maskiner man väljer och vilken maskinkapacitet som finns tillgänglig, samt maskinernas underhåll. Det tredje området, arbetskraft, inrymmer bemanning, personalens kunskap och hur de instrueras. I det fjärde området, odlingsresursen mark, ingår allt ifrån den faktiska markstatusen och dess skötsel till arrondering och gårdsstorlek. Det femte området berör andra verksamheter som sysselsättning utanför själva huvudverksamheten. Management inom höstveteodling är företagets styrning och strategier inom varje område. Det handlar också om balansen mellan områden och vilka sysslor som prioriteras vid olika tidpunkter.

För att försöka förklara skördeskillnaden genomfördes 32 lantbrukarintervjuer i fyra områden i Sverige. 16 par gårdar valdes ut.

En av gårdarna i varje par hade normal skörd och den andra en hög skörd. Utgångspunkten var att de två pargårdarna skulle ha lika odlingsförutsättningar, såsom jord och klimat, men olika skördar. Gårdarna skulle ligga så nära varandra som möjligt så att vädret och odlingsförutsättningarna skulle vara så lika som möjligt.



Fig. 11.1. Management inom höstveteodling är grundat på fem pelare; produktionsval, maskiner/teknisk utrustning, arbetskraft, odlingsresursen mark och andra verksamheter.

En stor mängd data från gårdarna samlades in vid intervjuer. Lantbrukarna svarade på frågor om gården, markens status, hur odlingen utfördes, och vad man tyckte och tänkte omkring höstveteodlingen. Syftet var att fånga orsakerna till skördeskillnaderna mellan gårdsparen och att kunna identifiera vilka nyckelfaktorer som gör att vissa gårdar har högre skördar. Detta ska sedan utgöra nycklar till att identifiera vilken kunskap som behöver finnas tillgänglig för att fler ska kunna höja skördarna eller för att visa om det är ny kunskap som behöver spridas mer.

11.2. Metod

11.2.1. Kvalitativ intervjustudie

Studien är uppbyggd som en kvalitativ studie och syftar till att visa på vilka

ytterligare studier som behövs, eller om det är kunskap som behöver spridas för att skördarna ska kunna höjas.

Urvalet av gårdar var begränsat i studien och regionala skillnader spelade stor roll. Det är därför svårt att dra generella slutsatser för hela Sverige från materialet. Resultaten från studien visar dock vägar att gå vidare.

11.2.2. Val av gårdar

Fyra områden valdes ut i de största odlingsområdena för höstvete; Västergötland, Mälardalen, Östergötland och Skåne. Fyra gårdspär i varje område valdes ut. Sammanlagt intervjuades 32 lantbrukare.

Gårdarna valdes ut med hjälp av rådgivningsorganisationer med tillgång till gårdarnas skördestatistik. Den ena gården i paret var en gård med normal skördenivå och den andra var en gård med högre skördar än normalt för området. Urvalskriterier för gårdarna var att de skulle ha liknande förutsättningar vad det gäller jord och klimat. De skulle odla en relativt stor andel höstvete, samt ha tillgång till skördestatistik minst 5 år tillbaka. Målet var att välja ut gårdar med ca 1 ton i skördeskillnad inom paret.

De pargårdar som valdes ut i Västergötland visade sig ha mindre skördeskillnader jämfört med övriga områden. Vid flera tillfällen var svaren i Västergötland motstridiga mot övriga områden. Den lägre skillnaden mellan normalskörde-gården och plusskörde-gården kan vara orsaken till att resultaten från Västergötland ofta gav annorlunda svar än övriga områden.

11.2.3. Intervjufrågor togs fram

Faktorer som påverkar skördarna har identifierats vid ett antal seminarier med rådgivare, forskare, experter och lantbrukare. Faktorerna beskrivs i inledningskapitlets figur 1.6. Intervjufrågor utformades utifrån faktorer som lantbrukare själva kan påverka. De motsvarar odlarens höstvetes-management inom och mellan de olika pelarna i figur 11.1. Frågorna inbegriper ett flertal områden; företaget, brukaren, arealer, maskiner, maskinkapacitet, jordbearbetning, mark- och näringstillstånd, sådd och såbäddsberedning, markstruktur och dränering, växtföljd, sortval och utvintring, växtskyddsstrategi, gödsling, kalkning, skördar, management och odlingsstrategier allmänt.

Frågorna utformades för att få med faktiska förutsättningar på gården och för att fånga lantbrukarens resonemang och tänkande kring företagandet. Sammanlagt var det 250 frågor. Intervjuerna testades först på två lantbruksföretag innan den stora studien började.

11.2.4. Intervjuer genomfördes

Intervjuerna genomfördes av tre rådgivare på fyra platser. Företagen besöktes och man gick tillsammans igenom ett

intervjuformulär.

Alla lantbrukare hade fått ett brev innan besöket, med information om frågornas inriktning. Lantbrukarna uppmanades också att i förväg plocka fram skördedata, data på maskinkedjan, markanalyser etc. Intervjumetodiken hade utarbetats tillsammans med en intervjuexpert. De 32 intervjuerna genomfördes under tidig vår 2013. Intervjuerna tog 2-3 timmar. Allt material från intervjun kodades och hanterades konfidentiellt.

Intervjuerna gav en stor mängd information om gårdarna, lantbrukarnas höstvetesodling och olika strategival. Materialet sammanställdes med fokus på att analysera skillnader mellan gårdar med normal respektive högre skörd för de olika områdena.

11.2.5. Bearbetning av resultat

Resultatet bearbetades, utvärderades och sorterades i tre kategorier: tydliga resultat, svaga samband och intressanta observationer.

Varje del av redovisningen som följer, avslutas med en sammanfattningsruta med

Tabell 11.1. Odlad areal, arrenderad, antal brukningsenheter (Bruk.en.), antal fält, medelavstånd mellan brukningsenheter för normal-skördegården (N) och plus-skördegården (+), medeltal per område.

	Odlad areal		Därav arrende				Brukn. en.		Fält		Medelavstånd	
	hektar		hektar		%		antal/gård		antal/gård		km/gård	
	N	+	N	+	N	+	N	+	N	+	N	+
Västergötland	591	286	583	48	99	17	1,8	1,8	34	17	22	9
Mälardalen	510	508	426	348	84	68	4,8	3,0	61	56	16	10
Östergötland	208	333	94	146	45	44	2,0	2,5	25	21	17	12
Skåne	301	239	69	156	23	65	1,5	1,5	20	20	6	3
Medeltal	402	341	293	175	63	49	2,5	2,2	35	28	15	9

vilka tydliga skillnader och resultat studien kunde visa på, samt om det finns andra samband som är svaga men ändå värda att nämnas. Slutligen beskrivs även andra intressanta observationer. De hör till mer osäkra resultat men är ändå intressanta eftersom de visar på frågor som kan behöva ytterligare studier.

Skördedata saknades på några av gårdarna vid några tillfällen. Exempelvis var år 2010 ett extremår eftersom snömögel slog ut stora delar av skörden i framförallt Mälardalen. För att inte enskilda års skördar skulle påverka hela resultatet beräknades saknade värden med den metod som försöksdatabasen SLU använder, blockjusterad missing data. (personlig kommunikation Sixten Gunnarsson, 2013-05-08)

11.3. Data, gårdar, lantbrukare, skördar etc.

11.3.1 Gårdarna

De utvalda gårdarna representerade olika odlingsinriktningar men alla hade mer eller mindre fokus på höstvetedodling. Det var i medeltal 40 % höstvete som odlades på gårdarna, oavsett om det var normal- eller plusgård. De flesta av gårdarna hade andra verksamheter än bara växtodling. Hälften hade någon form av entreprenad-verksamhet. Drygt en tredjedel hade djurproduktion. Även skog, hyres-fastigheter och produktion av förnybar energi fanns på några av gårdarna.

Gårdarnas storlek varierade inom respektive område. Medeltalet för gårdarnas storlek var 508 ha i Mälardalen, 438 ha i Västergötland, 270 ha i Östergötland och 270 ha i Skåne. Mer information om gårdarna finns i tabell 11.1.

11.3.2 Omsättning

Normalgårdarna hade i genomsnitt 8,5 miljoner kronor i omsättning och plusgårdarna hade 6,2 miljoner kronor i omsättning. Av omsättningen kom 67 % från växtodlingen på normalgårdarna och 79 % på plusgårdarna. Det var något högre ekonomisk omsättning från höstvetet på plusgårdarna i Västergötland, Östergötland och i Mälardalen.

11.3.3 Arrenden, antal brukningsenheter och fältstorlek

Den arrenderade arealen var i medel 190 ha för alla gårdar. Men det var klart mer arrenderad areal i Mälardalen (387 ha). Det var mer arrenderad mark på normalgårdarna jämfört med plusgårdarna, utom i Skåne. Antal brukningsenheter var högst i Mälardalen och lägst i Skåne.

Medelfältet på gårdarna var 14 ha, med något större fält på plusgårdarna. Plusgårdarna hade bättre arrondering, och färre fält; i medeltal 28, jämfört med 35 på normalgårdarna.

11.3.4 Lantbrukarna

I medeltal var lantbrukarna födda 1960 och hade arbetat i 22 år med driften. Men det fanns en stor variation mellan den äldsta som var född 1947 till den yngste som var född 1978. Odlarna på plusgårdarna var något yngre än på normalgårdarna. Men det fanns inga tydliga samband eller skillnader mellan brukarens ålder, antal år i driften eller utbildning som kan förklara skördeskillnaderna.

11.3.5 Jordar

Jordarterna är representativa för respektive område. Sett över alla områden så odlades

det mest höstvetete på lättlera och mellanlera. Men det var stor skillnad mellan områdena, med en större andel lättare jordar i Skåne. I Skåne odlades ca 80 % av höstvetet på lättlera, medan man i Östergötland odlade nästan hälften av vetet på styv lera. I Västergötland och Uppland så var det vanligast att odla höstvetete på mellanleror.

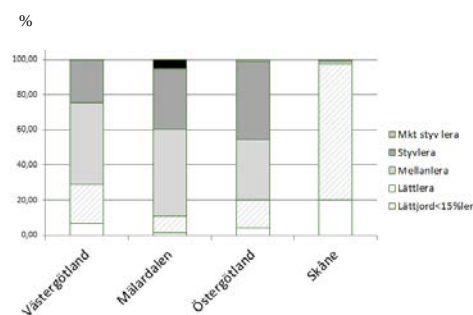


Fig. 11.2. Dominerande jordarter i de fyra områdena, Västergötland, Mälardalen, Östergötland och Skåne. Andel lättjord med <15% ler, lättlera, mellanlera, styv lera, och mkt styv lera.

11.3.6. Skördar, skördeskillnad

Medelskörden för alla gårdar var 6,9 ton/ha. Skördeskillnaden mellan normal- och plusgård var ca 1 ton/ha (6,4-7,4 ton/ha) om man tittar på alla gårdarna. Skördarna var högst i Skåne och lägst i Mälardalen.

Målsättningen vid urvalet av pargårdarna var att de skulle ha en skördeskillnad på ca 1000 kg. Det visade sig att skördeskillnaderna var betydligt mindre i Västergötland än i övriga regioner. Det var ingen tydlig skillnad i proteinhalt mellan områdena.

Odlingen och avsättning av höstvetet speglade förutsättningarna i respektive region.

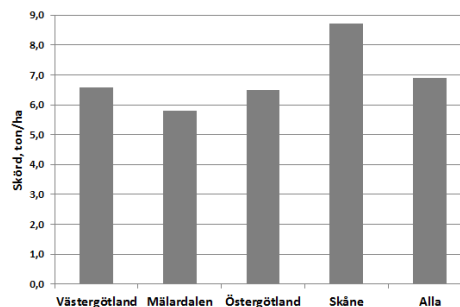


Fig. 11.3. Skördarna i de fyra områdena.

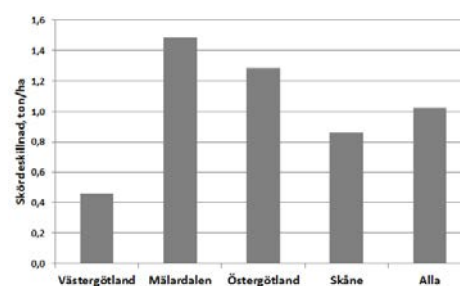


Fig. 11.4. Skördeskillnad mellan plus- och normalgård i de fyra områdena och medelskillnaden för hela materialet.

Plusgårdarna hade genomgående högre skördar även för andra grödor än höstvetete, se figur 11.5.

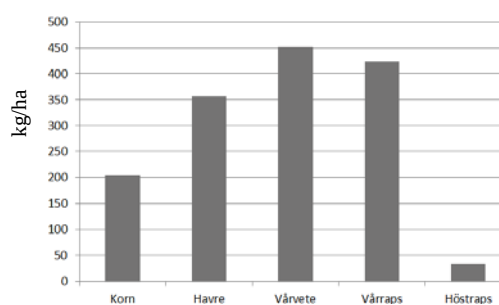


Fig. 11.5. Skördeskillnad för korn, havre, vår- och höstoljeväxter, mellan plus och normalgård i de fyra områdena.

11.4. Resultat

11.4.1 Skördepotential och skördehöjande åtgärder

Lantbrukarna bedömde själva att de kunde höja skördarna med 10-20 %. Detta gällde för både plusgårdarna och normalgårdarna. Detta värde ligger i nivå med målet för projektet, där man anger att en skördeökning med 20 % är rimligt att uppnå inom en tioårsperiod.

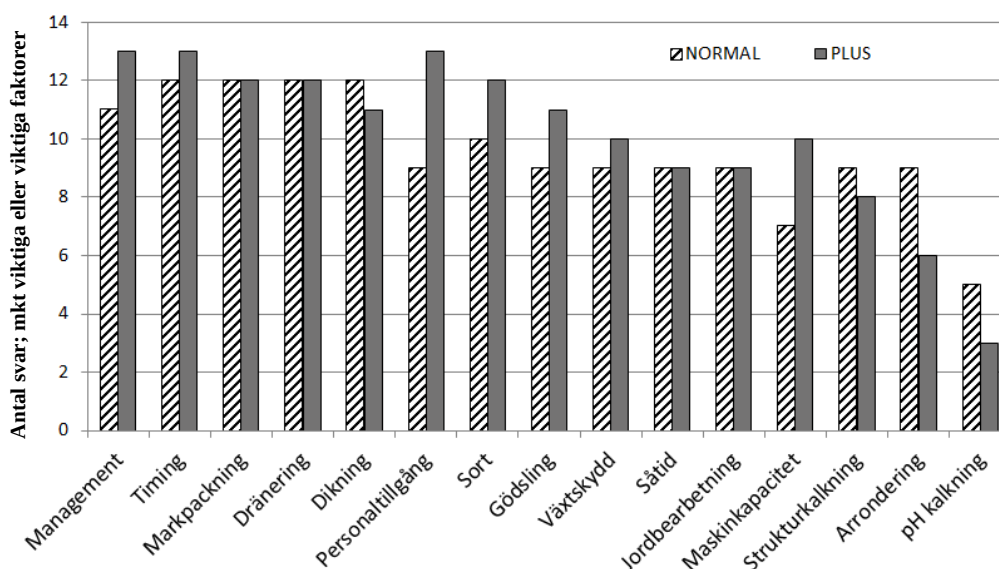
Lantbrukarna fick själva ange vilka faktorer i odlingen som har störst inverkan för att höja skörden.

På "plusgårdarna" var management - sådd, gödsling och svampbekämpning i rätt tid, samt personalplanering - den viktigaste frågan för att få hög skörd. Men på "normalskördegårdarna" pekades fler markfaktorer ut som de viktigaste orsakerna som påverkar skörden.

Man kan se av figur 11.6 att plusgårdarna hade mer fokus på management, medan normalgårdarna hade mer fokus på fysiska faktorer. Detta stärker hypotesen att management har betydelse för skördeskillnaden.

En mark i god status kan också vara ett resultat av gott management. Markstatus var oftast bättre på plusgårdarna. Fosforklasserna låg oftast högre. Även mullhalt och pH låg något högre på plusgårdarna.

På frågor om hur man upplevde markfaktorer så svarar fler av normalgårdarna att de upplevde problem med markpackning och svårbearbetade jordar.



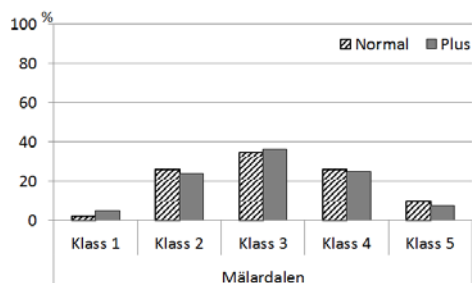
Figur 11.6. Antal faktorer som normal-, respektive plusgårdarna markerar som mycket viktiga eller viktiga. Management, timing, markpackning, dränering, personaltillgång, sort, gödsling, växtskydd, såtid, jordbearbetning, maskinkapacitet, strukturkalkning, arrondering och pH-kalkning.

Resultaten från intervjuerna presenteras i fyra delar: **A. Markstatus** (fosfor, kalium, pH, mullhalt, lätt- eller svårbearbetade jordar, dräneringsstatus, stående vatten och markpackning). **B. Odlingsval** (växtföljd, sortval, gödsling och växtskydd.) **C. Maskinkapacitet**, (etablering, läglighetseffekt och plöjning eller plöjningsfritt). **D. Övergripande management**

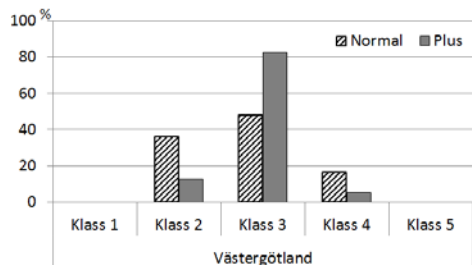
A. MARKSTATUS

11.4.2. Fosforstatus

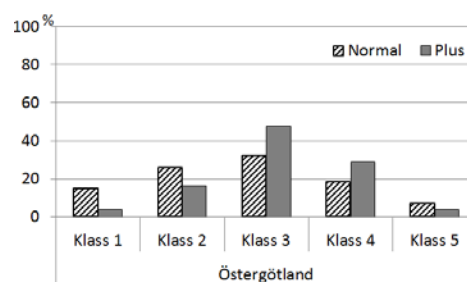
I Mälardalen och i Östergötland var P-AL-klasserna spridda över alla klasser. I Skåne låg nästan alla i klass 3-5. I Östergötland och framförallt i Västergötland hade fler plusgårdar högre fosforstatus än normalgårdarna. Värt att notera är också att fosforstatusen varierade mycket inom gårdarna.



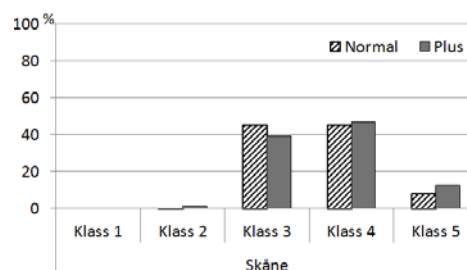
Figur 11.7. Andel jordar i olika P-AL klasser i Mälardalen.



Figur 11.8. Andel jordar i olika P-AL klasser i Västergötland.



Figur 11.9. Andel jordar i olika P-AL-klasser i Östergötland



Figur 11.10. Andel jordar i olika P-AL-klasser i Skåne.

11.4.3. Kaliumstatus

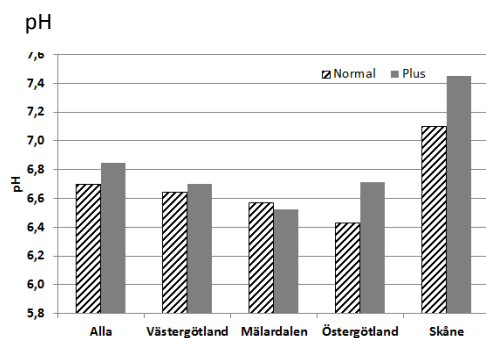
Det är oklart om man utifrån denna studie kan dra några slutsatser om att kaliumstatus påverkar skörden. Jordarten var antagligen det som är viktigast för kaliuminnehållet. För kalium hade 89 % av plusgårdarna kaliumklass 3 och 4, motsvarande siffra för normalgårdarna var 80 %. Normalgårdarna var i alla områden överrepresenterade i de två lägsta kaliumklasserna. Det beror troligen på att det var fler normalgårdar i Skåne som odlade på lättare jordar.

11.4.4. pH-status

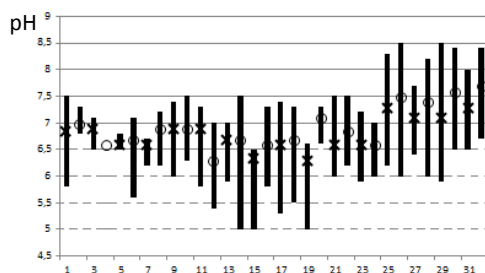
Det var något högre pH på plusgårdarna, framförallt i Skåne och i Östergötland, figur 11.11. I Mälardalen och i Västergötland var det liten skillnad mellan plus och normalgårdarna. En annan intressant observation var att pH på

jordarna varierade väldigt mycket inom gårdarna, figur 11.12.

Den stora pH-variation inom fälten motiverar precisionskalkning i större utsträckning än vad som sker idag.



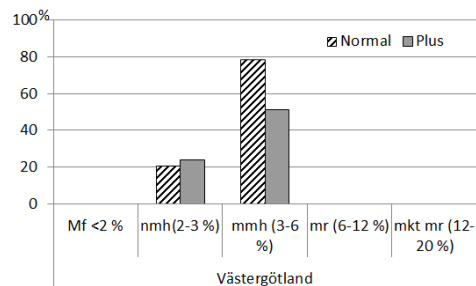
Figur 11.11. pH-värden på normal- respektive plusgårdarna i de fyra områdena.



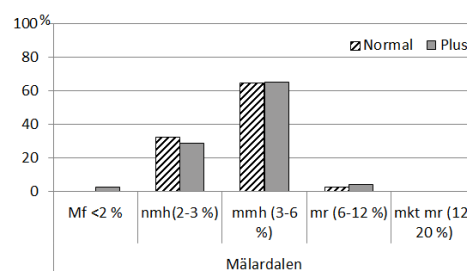
Figur 11.12. Variation av pH kring medelvärden på de olika gårdarna. X=Normal, O=plusgårdar. De 8 första gårdarna ligger i Västergötland, sen kommer Mälardalen, följt av Östergötland och Skåne. Ojämna tal är normalgårdar, jämna är plusgårdar.

11.4.5. Mullhalt

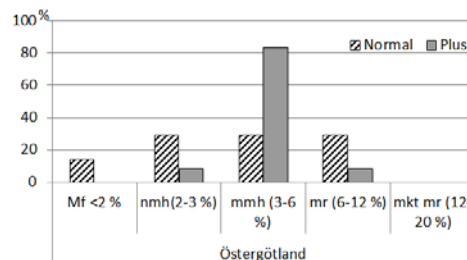
Mullhalten var något högre på plusgårdarna än på normalgårdarna, särskilt i Skåne. Det är svårt att dra slutsatser här eftersom resultaten varierade mycket både mellan och inom regioner, samt inom gårdsparen.



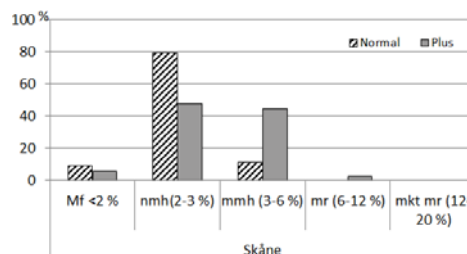
Figur 11.13. Andel av fälten i olika mullhaltsklasser (medel) i Västergötland.



Figur 11.14. Andel av fälten i olika mullhaltsklasser (medel) i Mälardalen.



Figur 11.15. Andel av fälten i olika mullhaltsklasser (medel) i Östergötland.



Figur 11.16. Andel av fälten i olika mullhaltsklasser (medel) i Skåne.

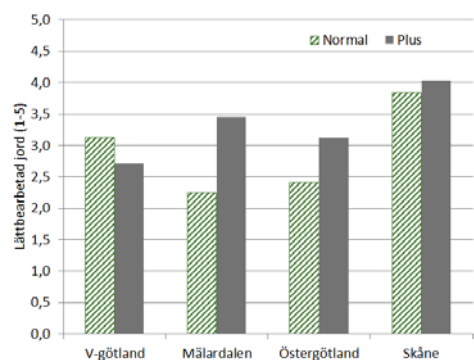
Sammanfattning, markstatus 11.4.2-11.4.5

Tydliga resultat	* I Öster- och Västergötland hade plusgårdarna högre P-AL status.
Svaga samband	*pH-värdena var något högre på plusgårdarna i Skåne och Östergötland *Både fosfor och pH-status varierade mycket inom gårdarna.
Intressanta observationer	* Normalgårdarna var överrepresenterade i de två lägsta kaliumklasserna. Kaliumstatus hade starkt samband med lerhalt.

11.4.6. Lätt- eller svårbearbetade jordar

Lantbrukarna fick själva ange hur stor andel av höstvetejordarna som de ansåg vara lätt- respektive svårbearbetade. På plusgårdarna, i alla områden utom Västergötland, bedömdes jordarna vara något mer lättbearbetade.

Generellt var det en större andel av jordarna som pekades ut som lättarbetade i Skåne. Lerhalten i Skåne var lägre jämfört med de andra områdena.

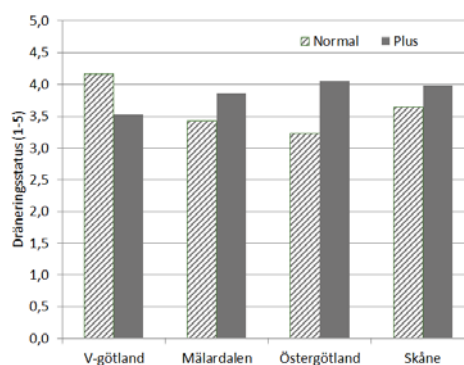


Figur 11.17. Svaren på hur man bedömer jorden, lätt eller svårbearbetad. 1=Svårbearbetad, 5=Lättbearbetad.

Plusgårdarna uppfattade att de hade mer lättbearbetade jordar. Det beror troligen på bättre struktur och mindre markpackning.

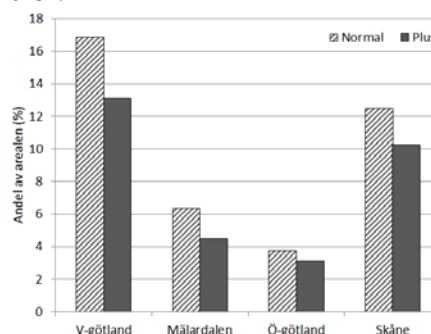
11.4.7. Dräneringsstatus

Många upplevde dräneringsstatusen som god. Den var något bättre på plus- än normalgårdar, undantaget Västergötland. I de fall dräneringen fungerade dåligt berodde detta ofta på att den var gammal och dåligt underhållen, berättade lantbrukarna.



Figur 11.18. Upplevd dräneringsstatus. 1=Dålig dränering, 5=God dränering

En mycket liten andel mark var täckdikad under de sista 20 åren, särskilt låg var andelen i Östergötland och i Mälardalen, figur 11.19. Det var generellt fler normalgårdar som angav att de hade täckdikad någon gång under de senaste 20 åren.

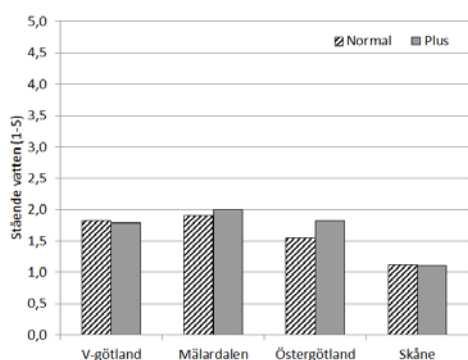


Figur 11.19. Andel av arealen som täckdikats de sista 20 åren.

På nio av gårdarna svarade lantbrukarna att det var skillnad på dräneringsstatus på den arrenderade respektive ägda marken. Ofta var den arrenderade marken i sämre status. ”Det blir mer arrendemark som inte dräneras och det blir tyngre och tyngre maskiner, det är inte så konstigt att inte skördarna stiger”, sade en av lantbrukarna.

11.4.8. Stående vatten

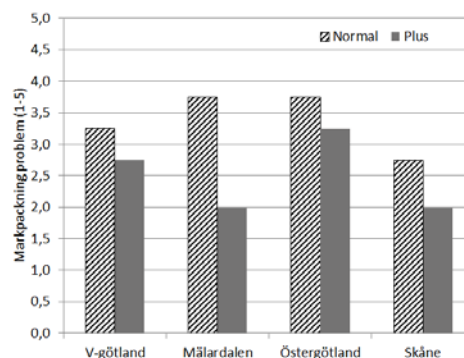
Stående vatten upplevdes inte som något större problem på varken plus- eller normalgårdar. I Skåne upplevdes stående vatten som ett litet problem.



Figur 11.20. Upplevda problem med stående vatten. 1=Ovanligt, 5=Vanligt

11.4.9. Markpackning

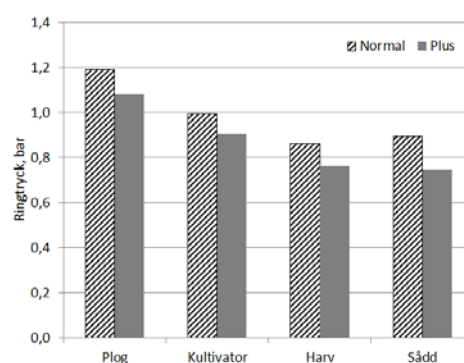
Markpackning upplevdes som ett relativt stort problem, och klart större på normalgårdar än på plusgårdar, framförallt i Mälardalen. Jordbrukarnas kommentarer visade också att de var mycket medvetna om packningsproblemet, och försökte använda lätta maskiner, dubbelmontage och låga ringtryck samt undvika körning vid otjänliga förhållanden.



Figur 11.21. Upplevda markpackningsproblem.

Lantbrukarna berättade att de, speciellt på vändtegar, kunde se packningsskador. Den tunga tröskan och gödseltunnan nämndes som maskiner som gav spår efter sig. Man nämnde också att problemet var störst vissa år vid mycket nederbörd.

Ringtrycken var generellt lägre på plusgårdarna, figur 11.22. Det kan tyda på att medvetenheten var större på plusgårdarna om att markpackning kan ge lägre skörd.



Figur 11.22. Ringtryck på traktor vid olika fältarbeten på normal- respektive plusgårdarna.

Sammanfattning lätt- eller svårbearbetade jordar, dräneringsstatus, stående vatten och markpackning 11.4.6-11.4.9

Tydliga resultat	* En större andel av normalgårdarna uppfattade att jordarna var svårbearbetade, undantag Västergötland. * Fler av normalgårdarna upplevde att markpackning var ett problem. * Ringtrycken var lägre på plusgårdarna. * Dräneringsstatusen var relativt god, och något bättre på plusgårdarna, undantag Västergötland
Intressanta observationer	*Om det är arrende eller ej kan påverka dräneringsstatusen. *Många upplever problem med markpackning, men inte med stående vatten.

B. ODLINGSVAL

11.4.10. Växtföljd

Det var fler av plusgårdarna som angav att en god växtföljd var viktig och en faktor som styrde grödvalet. Men den olika synen på växtföljdernas betydelse förklarar inte skördeskillnaden mellan normal och plusgårdarna.

Få eller inga av de intervjuade lantbrukarna tillämpade strikta växtföljder. Skåne är den av regionerna med mest strikta växtföljder och då framförallt bland dem som odlade sockerbetor. I övrigt verkar växtföljden anpassas mellan åren utifrån olika förutsättningar. Ca 75 % av plusgårdarna

och ca 50 % av normalgårdarna angav dock att en god växtföljd i första hand styrde grödvalet. 6 % av normal- och 1 % av plusgårdarna uppgav att ekonomin var den viktigaste faktorn och att den styrde grödvalet. Resterande, 38 % av normalgårdarna och 19 % av plusgårdarna angav att en god växtföljd och odlingsekonomin var lika viktiga.

Ett oväntat resultat var att andelen höstveten i växtföljden var lika stor, 40 %, hos båda grupperna. Andelen vete var störst i Mälardalen och minst i Skåne. Våra förväntningar var snarast att det skulle vara mindre andel höstveten på plusgården. Plusgårdarna hade dock 10 % mer oljevaxter (lin och raps) som förfrukt till höstveten än normalgårdarna och 5 % mindre vete efter stråsäd.

Andelen höstveten efter höstveten var 22 % på plusgårdarna och 19 % på normalgårdarna. Skåne skiljde ut sig. Här odlade ingen av plusgårdarna vete efter vete.

Sammanfattning växtföljder 11.4.10

Tydliga resultat	*Lika stor andel höstveten (40 %) i båda skördegrupperna.
Svaga samband	*Plusgårdarna hade 10 % mer avbrottsgrödor som förfrukt till höstveten än normalgården och 5 % mindre stråsäd. *Fler av plusgårdarna angav att en god växtföljd är viktigt
Intressanta observationer	*Plusgårdarna hade något större andel höstveten efter höstveten

11.4.11. Sortval, skördevariationer och utvintring

I denna studie kunde vi inte se några tydliga samband mellan sortval och skördeskillnader.

62 procent av lantbrukarna på normalgårdarna tyckte att skördevariationerna hade ökat de senaste åren mot 50 procent på plusgårdarna.. Lantbrukarna i Östergötland och Västergötland tyckte att skördevariationen hade ökat i större utsträckning än vad lantbrukarna i Skåne och Mälardalen upplevde. Orsaken varierade mellan de olika regionerna, så det går inte att dra några enhetliga slutsatser om varför.

Lantbrukarna berättade att en orsak till större variationer kunde vara att dagens sorter har stor potential att avkasta bra under goda förutsättningar. Man upplevde att skillnaderna mellan topp- och bottenskördar ökat. *"Kosack gav jämnare skörd, men gav heller inga toppskördar"*, sade en lantbrukare och fortsatte: *"Övervintringen har blivit sämre med dagens kontinentala sorter"*. Andra nämnde att etableringen på hösten blivit svårare med blötare väder.

Utvintringsskadorna var 0,5-15 % under åren 2008-2012. Räknat på ett medelvärde över alla år var det vanligare att så om på normalgårdarna än på plusgårdarna.

Majoriteten, 75 procent, angav att vinterhårdigheten var en viktig faktor vid val av sort. Den övervägande delen lantbrukare i Mälardalen och Östergötland lyfte vinterhårdigheten som en viktig faktor.

Sammanfattning, sorter, skördevariation och utvintring. 11.4.11

Svaga samband	*Normalgårdarna tyckte att skördevariationerna har ökat mer sista åren än vad plusgårdarna gör. *Fler av normalgårdarna i Mälardalen och i Östergötland sår om pga utvintring.
Intressanta observationer	*Inga tydliga skillnader i sortval mellan normal- och plusgårdar.

11.4.12. Gödslings, kalkning och kväveutnyttjande

De historiska skördarna för åren 2008-2012 visade att plusgårdarna haft ett bättre kväveutnyttjande än normalgårdarna. Plusgårdarna gödslade med 157 kilo N/ha och fick i genomsnitt en skörd på 7,4 ton/ha. Normalgårdarna spred 162 kilo N/ha på sina fält, men tröskade 1 ton mindre – 6,4 ton/ha.

Tabell 11.2. Kväveutnyttjande på normalgårdarna i Västergötland, Mälardalen, Östergötland och Skåne.

	Väst.	Mäl.	Öst.	Skå.	Medel
kg N/ha	168	155	149	179	162
Skörd ton/ha	6,4	5,0	5,8	8,3	6,4
kg N/ton skörd	26	31	26	22	25
kg skörd /kg N	38	33	39	46	39
Protein, %	10,8	11,9	11,5		

Tabell 11.3. Kväveutnyttjande på plusgårdarna i Västergötland, Mälardalen, Östergötland och Skåne.

	Väst.	Mäl.	Öst.	Skå.	Medel
kg N/ha	164	144	152	170	157
Skörd ton/ha	6,8	6,5	7,1	9,1	7,4
kg N/ton skörd	24	22	21	19	21
kg skörd /kg N	41	45	47	54	47
Protein, %	11,3	12,0	11,3		

Lantbrukarna angav att N-gödslingen anpassas efter beståndet. I Mellansverige använde nästan hälften av såväl plus- som normalgårdarna N-sensorn. I Skåne använde ingen av de intervjuade lantbrukarna N-sensor.

Några samband mellan fosfor- och kaliumgödslingen och skördens storlek kan inte ses i denna studie. Hälften av odlarna gödslade inte med fosfor direkt till höstvetet på hösten. Endast sex av odlarna gödslade med fosfor på våren. Här fanns ingen skillnad mellan normal- och plusgård. Mikronäring användes i mycket begränsad omfattning.

Av de totalt 32 odlarna var det åtta som använde stallgödsel till höstvetet. Odlarna berättade också att de kalkade av många olika orsaker. Studien visar dock inga tydliga samband med skördarnas storlek.

Odlingen i Mälardalen hade lägst kväveutnyttjande, med mer tillfört kväve per kg ton skörd. Där hade man också haft mest problem med utvintring, men även flera år med torka och dåliga skördar.

Sammanfattning, gödsling & kalkning 11.4.12

Tydliga resultat	* Plusgårdarna hade ett högre kväveutnyttjande.
------------------	---

Intressanta observationer	* Hälften använde N-sensor för att bestämma gödselgiva, utom i Skåne där inga använde N-sensor.
---------------------------	---

11.4.13. Växtskydd & växtskyddsstrategi

Skillnader i växtskyddsstrategier kan inte förklara skillnader i skörd i denna studie. Intressant att notera är dock att lantbrukarna på ungefär hälften av gårdarna berättade att de hade gräsogräs i sådan omfattning att det påverkade skörden negativt. Här fanns ingen skillnad mellan normal- och plusgård. Däremot var det något vanligare med höstbehandling av ogräs på plusgårdarna i jämförelse med normalgårdarna.

Svampbehandling på hösten förekom i liten omfattning och skedde endast på 6 plusgårdar i Mälardalen och Östergötland.

Svampbehandling på våren/sommaren var något intensivare på normalgårdar än på plusgårdarna. De flesta lantbrukare nämnde svartpricksjuka som en av de vanligaste bekämpningsorsakerna. Gulrosten är idag en mycket allvarlig skadegörare. Bekämpningen fungerar fortfarande bra och gulrosten förorsakar i dag inte någon väsentlig skördesänkning.

I Skåne behandlade alla odlare en gång mot skadedjur. I Västergötland och Mälardalen behandlade man mer på normalgårdar, i Östergötland var det tvärtom. Man angav i regel att det var löss och vetemyggor som bekämpades.

19 av 32 odlare angav att de beaktade resistenshotet i sina bekämpningsstrategier. Den vanligaste åtgärden var att växla preparat.

Sammanfattning växtskyddsstrategier 11.4.13

Intressanta observationer	* Lantbrukarnas olika växtskyddsstrategier förklarar inte skördeskillnader. * Gräsogräs är skörde-sänkande om de ej bekämpas * 60 % anpassar bekämpning utifrån resistensproblematik
---------------------------	---

C. MASKINKAPACITET OCH ETABLERING

11.4.14. Sådd och etablering

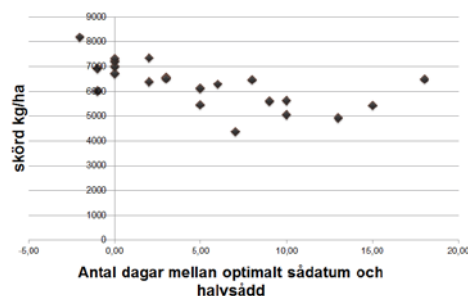
Såtidpunkt skiljde sig klart åt mellan plus- och normalgårdar, i Västergötland, Mälardalen och i Östergötland. Plusgårdarna hade både sått halva arealen och sått färdigt tidigare än normalgårdarna. Tidpunkten för när allt var sått låg ca 4-8 dagar senare på normalgårdarna än på plusgårdarna. Lantbrukarna på normalgårdarna hade sällan börjat så före optimalt sådatum. I Skåne finns ett längre såtidsfönster och där fanns heller ingen tydlig skillnad mellan normal och plusgårdarna, tabell 11.3.

Tabell 11.4. Datum för såddens start, datum när hälften av sådden är klar och datum när all sådd är klar.

	Start	Hälften klart	Klart
Väst. normal	9/9	18/9	30/9
Väst. plus	6/9	14/9	26/9
Mäl. normal	9/9	21/9	30/9
Mäl. plus	3/9	14/9	22/9
Öst. normal	8/9	20/9	28/9
Öst. plus	7/9	15/9	27/9
Skå. normal	14/9	21/9	2/10
Skå. plus	15/9	21/9	28/9

I figur 11.23 kan man se ett relativt tydligt samband mellan halvsådd och optimalt

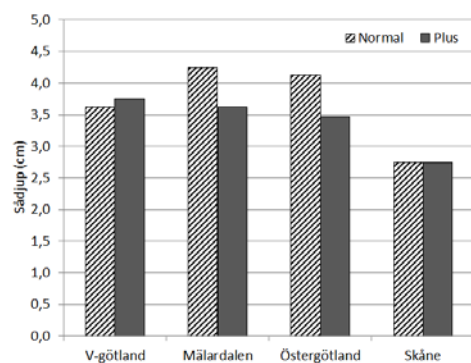
sådatum i Östergötland, Mälardalen och i Västergötland. I Skåne var det ingen skillnad i skörd beroende på när sådden var klar. Detta stämmer väl överens med nya och gamla såtidpunktförsök.



Figur 11.23. Antal dagar mellan optimalt sådatum och halvsådd, för Västergötland, Mälardalen och Östergötland.

Odlarna uppgav att de främsta hindren för att så vid optimal tidpunkt var vädret, men också tidskonkurrerande arbete som tröskning eller plöjning. Förfruktens mognad spelade också stor roll.

Sådjupet var något mindre på plusgårdarna i Mälardalen och i Östergötland, fig. 11.24.



Figur 11.24. Sådjup (medel) i de fyra områdena för normal- och plusgårdarna.

Sammanfattning: Såtid, etablering 11.4.14

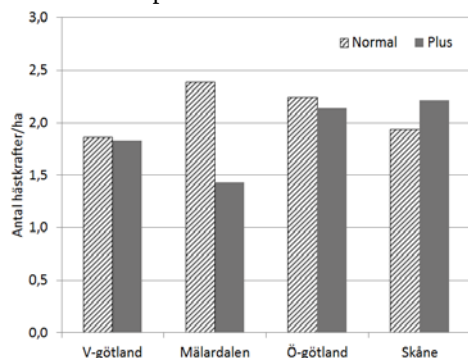
Tydliga resultat	* Det är fler av plusgårdarna som ansåg att de hinner
------------------	---

	utföra åtgärder i tid. * Plusgårdarna sådde vid en mer optimal tidpunkt.
Intressanta observationer	* Det var något mindre såddjup på plusgårdarna.

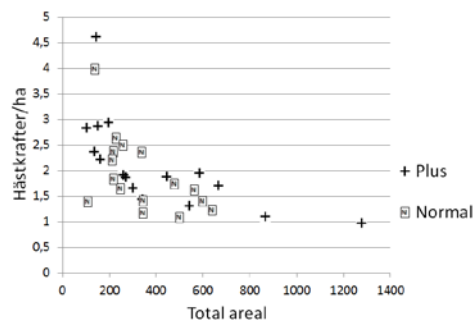
11.4.15. Maskinkapacitet och läglighets-effekt

Det fanns ingen tydlig skillnad i maskinkapacitet, t.ex. i form av totalt antal hästkrafter per ha, mellan plus- och normalgård. Undantaget var Mälardalen där detta värde faktiskt var högre på normalgårdarna. Inte heller för såkapaciteten fanns några tydliga skillnader mellan plus- och normalgårdar. Antal hästkrafter per hektar och antal timmar som krävdes för höstvetesådd minskade respektive ökade dock kraftigt med ökning av gårdsstorlek och höstveteareal.

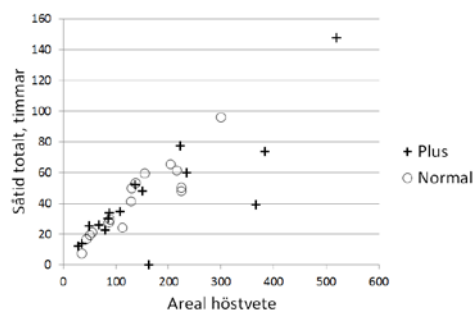
Den uppgivna maskinkapaciteten (baserad på maskinernas storlek) stämde dock inte överens med vad lantbrukarna själva tyckte om tillgång på maskinkapacitet. Fler plusgårdar än normalgårdar ansåg sig ha en bra maskinkapacitet.



Figur 11.25. Antal hästkrafter per hektar, på normal och plusgårdarna i de fyra områdena.



Figur 11.26. Antal hästkrafter per hektar, som funktion av areal på samtliga gårdar



Figur 11.27. Totala timmar såtid per hektar för normal och plusgårdarna.

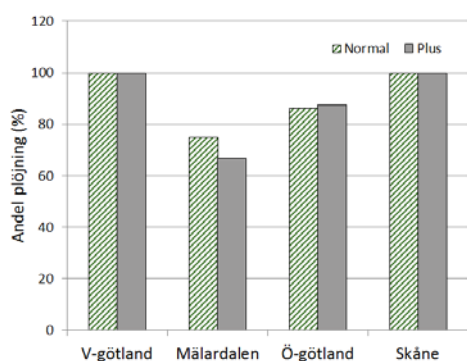
Sammanfattning Maskinkapacitet 11.4.15

Tydliga resultat	* Det var ingen skillnad mellan normal- och plusgårdar avseende den beräknade maskinkapaciteten. * Fler plusgårdar än normalgårdar anser sig ha en bra maskinkapacitet.
------------------	---

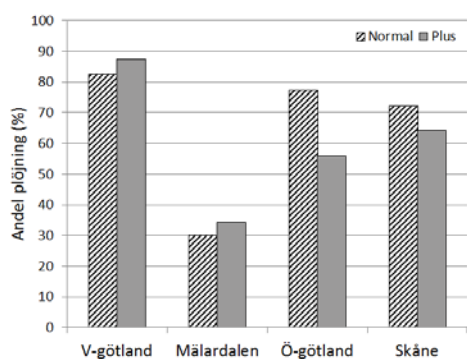
11.4.16. Plöjning eller ej

Andelen plöjning var något lägre på plusjämfört med normalgårdarna. I Skåne och Mälardalen plöjdes aldrig efter oljevaxter medan nästan all areal med höstvete efter höstvete plöjdes. Bearbetningen anpassades alltså i mycket stor utsträckning efter

förfrukten. Det var vanligare med plöjningsfri odling på plusgårdarna. Det tolkas här som att plöjningsfritt inte medför lägre skörd än odling med plöjning.



Figur 11.28. Andel plöjning förfrukt höstvet.



Figur 11.29. Andel plöjning oberoende av förfrukt.

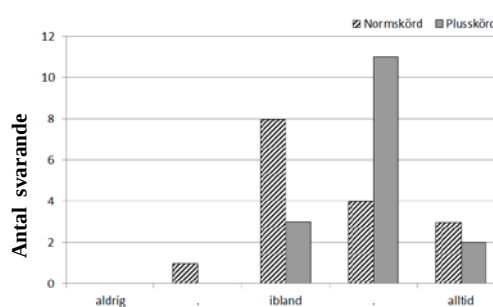
Sammanfattning, plöjning eller ej 11.4.16

Tydliga resultat	* Plöjningsfri odling gav inte lägre skördar.
------------------	---

D. ÖVERGRIPANDE MANAGEMENT

När lantbrukarna skulle betygsätta sina egna insatser beträffande sådd, gödsling, ogräsbekämpning, svampbekämpning och skörd framkom stora skillnader. Svaren angavs på en 5-gradig skala där siffrorna 4 och 5 bedömdes ligga nära optimal

odlingsinsats och därför summerades. 81 % av lantbrukarna på plusgårdarna ansåg att de utförde sådden optimalt mot endast 44 % av dem på normalgårdarna, figur 11.30. För gödsling var motsvarande siffror 100 % av plusgårdarna mot 88 % av normalgårdarna. 81 % på plusgårdarna och 56 % på normalskördegårdarna ansåg att svampbekämpning utfördes nära optimal tidpunkt. För ogräsbekämpning och skörd var det däremot inga tydliga skillnader mellan grupperna.



Figur 11.30. Svar på frågan: "i vilken utsträckning anser du att sådden utförs optimalt på din gård".

11.4.17. Skattning av maskinkapacitet

Den faktiska skillnaden mellan maskinkapaciteten på gårdarna är små i detta material. När lantbrukarna själva fick skatta sin maskinkapacitet tyckte 94 % av plusgårdar och 75 % av normalgårdar att de hade bra maskinkapacitet. I Skåne ansåg sig alla ha bra maskinkapacitet. Det är svårt att se några gemensamma strategier för att uppnå bra kapacitet för gårdarna i de olika grupperna.

11.4.19 Köpta tjänster

På 90 procent av gårdarna hade man tillgång till extra personal under arbetstoppar. 59 % av lantbrukarna i denna studie lejde in körslor inom allt från betodling, vallskörd, flytgödselkörning till insatser i spannmålsodlingen. 35 % av alla

lantbrukare lejde insatser med tydlig koppling till höstvetesodlingen. (Flytgödselkörning kan läggas på höstvete men det går inte att utläsa i denna studie om detta är gjort och därför är den inte medtagen). 50 % av plusgårdarna lejde in till spannmålsodlingen medan bara 19 % av normalgårdarna gjorde det.

Plusgårdarna var mer benägna att leja in kapacitet samtidigt som de i denna studie också var mer benägna att köra åt andra lantbrukare. 56 % av plusgårdarna körde bort mot 38 % av normalgårdarna. Vanligast är sådd, följt av sprutning och tröskning. Omfattningen av körsolorna varierar stort, från 0 till 1300 ha sprutning eller upp till 300 ha tröskning.

En tydlig skillnad i materialet var att 56 % av plusgårdarna och 13 % av normalgårdarna sade att de inte hade några problem att hitta kapacitet att leja in. Intressant att notera är att 2 lantbrukare på plusgårdar, nämnde att de tidigt bestämmer att leja in för att på så sätt skapa optimala förutsättningar istället för att leja in på slutet beroende på behov. Detta kan vara en bidragande orsak till att dessa gårdar tar högre skördar.

Inga av lantbrukarna i Skåne lejde för körsolor i spannmålsodlingen medan det var jämnt fördelat i övriga områden.

11.4.20 Prioritera sådd eller skörd

När lantbrukarna fick ange hur de prioriterade mellan sådd och skörd svarade 81 procent av normalgårdarna att de prioriterade skörden före andra insatser. Motsvarande siffra för plusgårdarna var 63 %. En annan skillnad som framkom i deras svar var att på plusgårdarna sade 31 % att de både kunde skörda och så samtidigt om än inte med full kapacitet hos alla. Bland

normalgårdarna var det bara 12 % som uppgav att de kunde göra både och.

De regionala skillnaderna var stora. I Skåne prioriterade 100 % skörden, i Västergötland prioriterade 63 % skörden. I Östergötland kunde 25 % göra både och vid behov medan 50 % angav att skörden är viktigast. I Mälardalen tyckte 38 % att man kunde klara sådd och skörd samtidigt.

Eftersom etablering och timing är viktigt för skördens storlek så har de gårdar som förmår att hantera sådd och skörd parallellt en fördel. Denna kapacitet blir viktigare ju längre norrut i höstvetebältet vi kommer eftersom det är här som skörd och sådd oftare riskerar att krocka.

11.4.21 Kör hemma eller bort först

Eftersom timing och såtid har stor betydelse för avkastningen är det viktigt hur man prioriterar mellan att köra bort respektive på den egna gården. På gårdar med plusskörd uppgav 20 % att de körde hemma först medan ingen av gårdarna med normalskörd prioriterade detta. På normalgårdarna körde 71 % av lantbrukarna bort först och 29 % sade sig köra där det är bäst förutsättningar oavsett var det är. På plusgårdarna körde 30 % bort först medan 50 % körde där det var bäst förutsättningar.

Plusgårdarnas lantbrukare var mer benägna att ta åt sig körsolor men de var också mycket bättre på att sätta den egna odlingen främst. Antingen att alltid köra hemma först eller köra på den platsen med bäst förutsättningar. Eftersom en stor andel av lantbrukarna med normalskörd först och främst kör bort kommer detta troligen påverka den egna avkastningen negativt.

11.4.22 Hantera brukningsenheter långt bort

Utöver såtidpunkt kommer förutsättningarna på enskilda fält att ha stor betydelse för avkastningen. För att få en uppfattning hur lantbrukarna resonerar i denna fråga har vi undersökt hur de hanterar brukningsenheter som ligger utanför den egna hemgården. 8 plusgårdar och 9 normalgårdar hade brukningsenheter längre bort. Endast 1 av 8 i Skåne, jämfört med 3 av 8 i Västergötland, 6 av 8 i Östergötland och 7 av 8 i Mälardalen, angav brukningsenheter på längre avstånd.

På plusgårdarna gjorde 25 % av lantbrukarna alla insatser när man ändå var på plats och 75 % åkte fram och tillbaka för att göra allt i rätt tid. Av normalgårdarna gjorde 33 % alla insatser när de ändå var där och 56 % åkte fram och tillbaka. 11 % av brukarna på normalgårdarna angav att de tillämpade båda strategierna beroende på avstånd till hemgården. Till de fält som låg nära åkte de fram och tillbaka medan de gjorde allt samtidigt på fält som låg längre bort.

Plusgårdarna tenderade att vara mer noggranna och anpassa insatserna efter förutsättningarna vilket kan bidra till högre medelskördar jämfört med normalgårdarna.

Genom att anpassa harvningen efter markförutsättningar och harva vid olika tillfällen sparas fukt. En av plusgårdarna nämnde detta som en strategi för att kunna så hela brukningsenheten vid ett och samma tillfälle. Detta är ett bra exempel på en effektiv managementstrategi som samtidigt skapar förutsättningar för en hög skörd.

11.4.23 Skördetidpunktspridning

12 av 16 lantbrukare med normalskörd och 14 av lantbrukarna med plusskörd jobbade

aktivt med att sprida skördetidpunkten. Orsaken till detta varierade mellan lantbrukarna och kunde bero på begränsningar i torken, arbete utanför gården eller för viljan att skapa en bra växtföljd.

Managementfrågorna sammanfattade: 11-4.17-11.4.23

Tydliga resultat	*81 % av plusgårdarna och 44 % av normalgårdarna anser att de utför sådd optimalt. *56 % av plusgårdarna och 13 % av normalgårdarna har inte några problem att hitta kapacitet att leja in. *94 % av plus- och 75 % av normalgårdarna anser sig ha bra maskinkapacitet för att hinna med i tid.
Svaga samband	* För gödsling och svampbekämpning så är det fler av plusgårdarna som anser att de utför insatserna mer optimalt, jämfört med normalgårdarna * Normalgårdarna prioriterar i större utsträckning skörd före sådd jämfört med plusgårdarna * Plusgårdarna har i större utsträckning förmågan att både skörda och höstså med god kapacitet jämfört med normalgårdarna * Plusgårdarna är mer benägna att leja in kapacitet * Plusgårdarna kör mer utanför den egna gården än normalgårdarna. Samtidigt är

	plusgårdarna mer benägna att köra färdigt hemma innan de kör borta.
Intressanta observationer	*På plusgårdarna använder man skördetidpunktsspridning, mha grödval, mer än på normalgårdarna. *Plusgårdarna är mer benägna att anpassa insatserna beroende på förutsättningarna istället för att satsa på effektivitet.

11.4.24. Öka arealen

Av alla tillfrågade svarade 31 % att en arealökning skulle vara positivt för företaget och 50 % svarade att det skulle vara negativt. Resten svarade varken eller. Fler lantbrukare i Skåne och framförallt i Mälardalen angav att de ville öka sin areal. I Västergötland var man mer tveksam till att öka arealen. Det var ingen direkt skillnad mellan normal- och plusgårdar.

De som inte vill öka arealen uppgav att det påverkar arrondering och logistik och att det då krävdes större maskinpark, vilket inte var önskvärt.

Sammanfattning: öka areal, 11.4.24

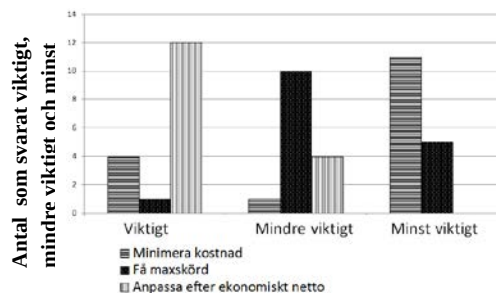
Intressanta observationer	* Fler lantbrukare i Skåne och i Mälardalen anger att de vill öka sin areal.
---------------------------	--

11.4.25. Minskad kostnad eller ökad intäkt

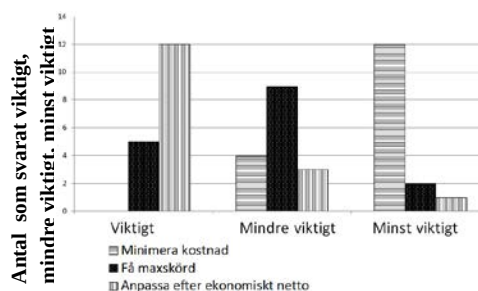
Av lantbrukarna kunde 56 % ange en produktionskostnad. Produktionskostnaden skattades i båda grupperna till 1,19 kr/kg med små regionala skillnader. Detta värde ska inte tas för absolut då sättet man angav produktionskostnaden varierade och var

osäkert. Intressant att notera är att endast drygt hälften av lantbrukarna kände till sin produktionskostnad. Utan denna kunskap kan lönsamheten för olika insatser svårigen bedömas.

På frågan: Vad är viktigast för dig för närvarande? svarade hela gruppen att det viktigaste var nettot följt av max skörd. Minst viktigt var låga kostnader. Den tydligaste skillnaden mellan skördegrupperna är att 25 % av dem med normalskörd tyckte att låga kostnader var viktigast medan ingen i gruppen med plusskörd prioriterade detta. Inga tydliga regionala skillnader syntes i materialet.



Figur 11.31. Diagram över hur man i gruppen med normalskördar prioriterar mellan låga kostnader, maxskörd eller odlingsnetto. (På Y-axeln, anges antal som svarat viktigt, mindre viktigt eller minst viktigt)



Figur 11.32. Diagram över hur man i gruppen med plusskördar prioriterar mellan låga kostnader, maxskörd eller odlingsnetto. (På Y-axeln, antal som svarat viktigt, mindre viktigt eller minst viktigt).

När lantbrukarna diskuterade om inriktningen på dessa prioriteringar har förändrats med åren svarade 56 % av normalskördarna att de ändrat fokus. 22 % har börjat fokusera mera på att hålla nere kostnaderna och resterande del fokuserade mer på högre skördar och/eller bättre netto. I plusgruppen hade 56 % inte ändrat fokus och hos dem som gjort det fokuserade alla på högre skörd och/eller bättre netto.

De olika förhållningssätten till betydelsen av låga kostnader är ytterligare ett tecken på att inställningen till företagande kan skilja mellan plusgårdar på normalgårdar. Det kan vara en bidragande orsak till att också skördarna skiljer sig åt. Det är sällan den som sparar på insatser blir den mest framgångsrika.

Sammanfattning: Ekonomi 11.4.25

Svaga samband	* Anpassa odlingen efter ekonomiskt netto är viktigast för lantbrukarna följt av maxskörd och sist minimera kostnaderna.
---------------	--

	*25 % av gårdar med normalskörd tycker minimera kostnaderna är viktigast. Ingen av plusgårdarna prioriterar detta.
Intressanta observationer	*Senaste åren har hälften av lantbrukarna ändrat prioritering, mellan låga kostnader, maxskörd eller optimera nettot. Sista åren har normalgårdarna börjat prioritera låga kostnader istället, trots att spannmålspriset har ökat. *Bara 56 % av lantbrukarna kunde ange sin produktionskostnad.

11.5 Slutsatser och diskussion

Det finns potential att öka skördarna. En områdesvis jämförelse mellan gårdar med normal skörd och gårdar med högre skörd visar att bra timing och god markbördighet kan ge en merskörd på upp till ett ton eller mer. De intervjuade lantbrukarna angav själva att skördarna kunde ökas med 10-20 %.

11.5.1. Management spelar viktig roll

Plusgårdarna var generellt bättre på management; de fattade oftare rätt beslut i rätt tid utifrån rätt prioriteringar. Det tydligaste enskilda exemplet var att betydligt fler av plusgårdarna hann så i tid. Såtidpunkten skiljde sig klart åt mellan plus- och normalgårdarna, utom i Skåne. Plusgårdarna hade både sått halva arealen och sått färdigt tidigare än normalgårdarna, med en skillnad på ca 4-8 dagar. I Skåne är såtidspönstret större så här är skillnaderna mindre. Det gamla talesättet ”som man sår får man skörda” har fått en renässans.

Flera av övriga intervjuresultat visar att plusgårdarna haft bättre kontroll över företagets olika sysslor vilket sammantaget lett till högre skörd. Sammanfattningsvis så har plusgårdarna en större medvetenhet om vilka konsekvenser ett beslut får, eller så beror normalgårdarnas lägre skörd på att de gör andra prioriteringar. Denna studie visar att ett gott management i höstvetodlingen ger högre skörd. Denna slutsats kan verka självklar men vad gott management är i praktiken inom företaget är inte alltid lika självklart.

11.5.2. God markstatus en hygienfaktor

Ett annat exempel där det fanns skillnader mellan plus och normalgårdarna rör **markens status**. Markpackning och

svårbearbetade jordar upplevdes vanligare på normalgårdarna. Fosforklasserna var något högre för plusgårdarna utom i Västergötland. pH-värdena var något högre på plusgårdarna i Skåne och i Östergötland. Plusgårdarna upplevde också att marktillståndet var bättre. Sammanfattningsvis tycks markstatusen vara något bättre på plusgårdarna jämfört med på normalgårdarna, vilket är en bidragande orsak till högre skörd.

Odlingsförutsättningarna skiljer sig mycket mellan regioner och det är olika faktorer som är viktiga i olika delar av landet. För att kunna få ut mer specifika resultat för hur olika markfaktorer påverkar skörden i olika områden krävs en mer omfattande kvantitativ studie.

Det finns idag mycket kunskap om hur marken ska skötas och bördigheten ska upprätthållas. Frågan är om den kunskapen idag är tillräckligt spridd bland landets höstvetodlare. Kanske beror normalgårdarnas lägre markstatus på att man där prioriterar andra sysslor inom företaget? Det är tydligt att ökat fokus på en specifik gröda ökat skördarna liksom ny kunskap. Det finns två tidigare exempel på detta från ett projekt inom sockerbetsodlingen och ett annat inom oljeväxtodlingen.

Att hålla marken i god form är en hygienfaktor för höstvetodlaren. Grundläggande är en väl fungerande dränering för att undvika problem speciellt under nederbördsrika år. Andra faktorer är att fosforstatusen bör ligga minst i klass III och basmättnadsgraden behöver ligga på en bra nivå. Rent generellt anses att pH bör ligga på över 6,5. Strukturkalkning av lerjordar har visat sig både kunna höja skörden och minska växtnärläckage. Det finns mer vägledning att hämta genom att utnyttja markkarteringen i större

utsträckning vid gödsling. Det har visat sig att markens fosforstatus är en skördebe-gränsande faktor i vissa regioner.

11.5.3. Bättre balans i företagandet

Vi har valt att definiera management genom att peka på fem aspekter; (1) produktionsval, (2) maskiner och teknisk utrustning, (3) arbetskraft, (4) odlings-resursen mark, och (5) andra verksamheter, figur 11.1. Management inom höst-veteodlingen och företagandet vilar på dessa fem pelare. Det handlar om att göra rätt val inom varje del och att balansera på ett bra sätt mellan olika delar.

Resultaten visar att det inte fanns några tydliga skillnader i produktionsval och maskinkapacitet mellan plus- och normalgårdarna. Detta är områden som de flesta växtodlare har ett intresse för och god kunskap inom. Man vet när det är dags att gödsla och bekämpa och har skaffat sig lämpliga maskiner för sin verksamhet.

Båda grupperna var nästan lika bra på management inom de områden som är tydligt kopplade till veteodlingen, framförallt odlingsval och maskiner. Plusgårdarna var bättre på att balansera alla områdena mot varandra på ett effektivt sätt. Troligen var plusgårdarna mer medvetna om vilka effekter ett beslut inom ett område kan få på övriga delar inom företaget. Ett exempel är hur man valde att hantera brukningsenheter långt bort. Normalgårdarna var mest fokuserade på effektivitet och att göra så mycket som möjligt när man ändå var där medan plusgårdarna vägde effektivitet mot resultatet av insatsen, dvs vete-skörden.

Ett annat exempel är att det var betydligt fler plusgårdar som svarade att de lyckas utföra sådd, gödsling, och svampbe-

kämpning vid optimal tid. Det tyder på tillräckligt med arbets- och maskinkapacitet.

Även när det kommer till andra aspekter kring företagandet fanns det skillnader mellan plus- och normalgårdarna. Normalgården odlade större arealer, hade sämre arrondering och något sämre markstatus. Normalgården hade också i genomsnitt en högre omsättning vilket medförde att en mindre andel kom från växtodlingen. Detta medför att andra verksamheter kan ha upplevts som viktigare i dessa företag och att veteodlingen fått mindre uppmärksamhet.

Managementfrågorna är komplexa och behöver belysas ytterligare. Det saknas enkla verktyg som är lätt tillgängliga för odlare, som visar vad det betyder i skörd och netto att göra rätt saker i rätt tid. Inom detta område behövs ny forskning och flera utvecklingsinsatser.

11.5.4. Vad kostar dålig management och bristfällig markvård?

Företagets management är centralt. Det är svårt att ha hela bilden klar och greppa hur olika strategival påverkar skörd och ekonomi. När spannmålspriserna är låga ligger fokus på att minimera kostnader och inte på att höja skördarna. Med högre spannmålspriser kan det däremot vara mer lönsamt att höja skördarna. Det finns en kritik mot att det varit ett alltför stort sparfokus inom höstveteodlingen. Det är svårt att spara sig rik.

Det behövs därför tydliga exempel på vad sen såtid, dålig dränering etc. kostar i förlorade inkomster. I denna studie var det i genomsnitt 1 ton skillnad mellan plus- och normalgård. Det motsvarar cirka 1700 kronor lägre intäkt per hektar beroende på

sämre management. Maskinpark och odlingsinsatserna skiljer inte nämnvärt varför detta var en ren förtjänst för plusgårdarna.

Det handlar om att ha en strategisk planering som gör att man har tillräckligt med maskin- och arbetskaper. Det verkar som om plusgårdarna hade större benägenhet att tidigt planera för när man behöver leja in personal. Tar man ett beslut att leja in en extra personal när problemet redan uppkommit har man antagligen redan förlorat i skördepotential.

11.5.5. Hög skörd gav högre N-utnyttjande

Plusgårdarna hade ett högre **kväve-utnyttjande** vilket bekräftar uppfattningen att högre avkastning inte behöver betyda mer negativ miljöpåverkan. Det visar att det kan finnas utrymme att gödsla mer på gårdar med en hög skördepotential. Man kan också vända på det och säga att trots lägre skördar på normalgårdar så gödslar man med mer kväve. Det finns en potential för skördeökning genom att bättre anpassa gödningen efter beståndet och markens leverans. N-sensorn är ett bra redskap som tyvärr inte används i alla områden. Där den används har den visat sig vara värdefull.

11.5.6. Precisionsgödning och -kalkning

Resultaten visade en stor spridning inom gårdarna beträffande både pH- och fosforstatus. Variationen föreföll vara större på normalgårdarna. Det är intressant att notera att plusgårdarna i många fall, särskilt i Skåne och Östergötland, hade betydligt högre pH-värden än normalgårdarna. Variation i pH-värden mellan fält och inom fält var överraskande stort. I framtiden bör precisionskalkning vara en självklarhet med rätt mängd kalk på rätt plats. Samma resonemang kan föras om fosforgödning.

11.5.7. Växtföljder

Hur stor betydelse har bra växtföljder? Resultaten visar att andelen höstvet var lika stor i båda skördegrupperna, men att avbrottsgrödor var lite vanligare på plusgårdarna. Det kan tyda på att plusgårdarna hade bättre växtföljder. Men samtidigt hade plusgårdarna mer höstvet efter höstvet. Att växtföljden påverkar skörden är känd kunskap, men hur mycket det förklarar skördeskillnaden mellan de två grupperna kan man inte dra någon slutsats av från denna studie. Även om fler avbrottsgrödor i en spannmålsdominerad växtföljd ger högre höstveteskörd så behöver varje gröda ge en tillräckligt god odlingsekonomi i sig. Detta måste avvägas mot risk för uppförökning av sjukdomar och resistensutveckling mot växtskyddsmedel, vid alltför ensidig odling av en gröda.

11.5.8 Odlingsresursen mark

Resultaten visar att gårdsstorlek, antalet brukningsenheter och arrondering kan göra det svårare att bruka marken optimalt. Normalgårdarna var mer geografiskt utspridda och detta faktum inverkar sannolikt på förmågan till god timing. Att köra vid fel tidpunkter ökar risken för markpackning vilket i sin tur ökar risken för stående vatten som kan ge lägre skörd. Sedan 1990-talet har skördarna börjat stagnera i vissa områden. De genomsnittliga höstveteskördarna i Skåne har fortsatt att öka de senaste 20 åren medan skördarna i länen runt Mälaren och Hjälmaren har en nedåtgående trend. Skånegårdarna har inte ökat så mycket i gårdsstorlek, men i Mälardalen har gårdarna blivit större. Allt större gårdar kan vara en av orsakerna till lägre skörd. Gårdstorleken eller en förändrad storlek kan göra det svårare att bruka marken optimalt.