

Kvävestrategiers effekt på skörd och skördekomponenter i höstvet 2013-2015

Effects of nitrogen fertilization strategies on yield and yield components in winter wheat 2013-2015

Annika Nilsson



Magisteruppsats i biologi
Agronomprogrammet – inriktning mark/växt

Kvävestrategiers effekt på skörd och skördekomponenter i höstvet 2013-2015

Effects of nitrogen fertilization strategies on yield and yield components in winter wheat 2013-2015

Annika Nilsson

Handledare: Lena Engström, institutionen för mark och miljö, SLU
Biträdande handledare: Ingemar Gruvaeus, Yara AB & Gunilla Frostgård, Yara AB
Examinator: Bo Stenberg, institutionen för mark och miljö, SLU

Omfattning: 30 hp
Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A1E
Kurstitel: Självständigt arbete i biologi - magisterarbete
Kurskod: EX0732
Program/utbildning: Agronomprogrammet – inriktning mark/växt 270 hp

Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2016
Omslagsbild: Försöksparcer i försöksserien L3-2290. Foto Lena Engström, 2015.
Serietitel: Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU
Delnummer i serien: 2016:16
Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: ax per m², kompletteringsgiva, kärnor per ax, N-sensor, optimal kvävegiva, proteinhalt, tidig kvävegiva, tusenkornvikt

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för mark och miljö

Förord

Att skriva en uppsats blir lättare med stöd och handledning.

Jag vill därför rikta ett stort tack till min handledare Lena Engström som har bidragit med engagerad handledning genom hela arbetet.

Även tack till Ingemar Gruvaeus och Gunilla Frostgård på Yara som har hjälpt till att utforma uppsatsens frågeställningar samt bidragit med goda råd under arbetets gång.

Jag vill också tacka alla er som tagit er tid och på olika sätt hjälpt mig under skrivandet, ingen nämnd ingen glömd.

Abstract

Winter wheat is an important crop in Swedish agriculture. To succeed in growing high yielding winter wheat good timing and site specific adjustment of management and fertilization is essential. The yield is determined by number of grains per m^2 and thousand grain weight, i.e. the number of ears per m^2 , number of grains per ear and the grain weight. These yield components are affected by the availability of nitrogen (N) at different growth stages during crop development.

In this study data from field trials with 15 different N fertilization treatments in winter wheat performed during 2013-2015 has been used. The aim of the study was to investigate the effect on yield and yield components of: 1) nitrogen applied in early stages, GS 20-23 and 2) nitrogen applied in later stages, GS 32-55. An early N application in combination with a main N application at GS 24 had the same impact on yield as a main N application with or without a late N application. In 2013, when the tiller density was lower (525 plants/ m^2) than the other years, there was a tendency to higher yield and more grains per/ m^2 in treatments with higher N-rates before stem elongation (120-160 kg N/ha) compared with where only 80 kg N/ha was applied. More nitrogen before the stem elongation most likely stimulated both tiller production and shoot survival and can explain the higher yield. A late N application at GS 32-45 (after a main N application at GS 24) did not in any year increase yield compared with a main N application with or without an early N application, but thousand grain weight and protein was higher. Nitrogen in later growth stages did not favor the number of ears/ m^2 but this was compensated for by more and heavier grains per ear. By estimating the nitrogen need in later stages, DC 37-55, by using an N-sensor it was possible to increase both protein and yield. N use efficiency was higher for late N applications compared with early. The results show that it is possible to move an early N application to later stages without reducing yield and to obtain higher protein. N application in later stages also makes it possible to better assess the N need site specifically.

Keywords: Ears/ m^2 , early nitrogen application, kernels per ear, kernel weight, N- sensor, optimal nitrogen supply, protein content, supplementary nitrogen.

Sammanfattning

Höstvete är en viktig gröda i svenskt lantbruk och på många gårdar är det grunden i växtföljden. För att grödan ska ge hög avkastning krävs att skötselåtgärder och gödsling anpassas efter rådande förutsättningar och utförs vid rätt tidpunkt. Hur stor skörden blir beror på antalet ax per ytenhet, antal kärnor per ax och kärnvikten. Skördekomponenterna påverkas av kvävetillgången vid olika tidpunkter under höstvetets utveckling och tillväxt.

I denna studie har data använts från tre års höstveteförsök, 2013-2015, med 15 olika kväveled i varje försök. Syftet var att undersöka effekten på skörd och olika skördekomponenter av 1) en tidig kvävegiva och 2) kompletteringsgödsling vid olika tidpunkter mellan DC32-55. En tidig kvävegiva och sen en huvudgiva vid DC24, gav lika stor skörd som bara en huvudgiva med eller utan komplettering. I tunnare bestånd (2013) fanns en tendens till större skörd och fler kärnor/m² i de led där mer kväve lagts innan stråskjutningen (120-160 kg N/ha) än i led där endast 80 kg N/ha lagts innan stråskjutning. Mer kväve innan stråskjutningen gynnade sannolikt skottmängden och därmed antal ax per kvadratmeter. Kompletteringsgödsling i DC 32-45 gav ingen skördeökning något av åren, jämfört med en huvudgiva med eller utan en tidig kvävegiva, men proteinhalt och tusenkornvikten blev högre. Kväve i senare stadier missgynnade axantalet men detta komparerades av fler och tyngre kärnor per ax. Genom att bedöma det totala kvävebehovet med hjälp av N-sensor vid komplettering i DC37-55, kunde såväl skörd som proteinhalt höjas. Merskördar erhöles alla år men variationen var stor och lägre ett torrare år som 2013. Ett högre N-utnyttjandet vid senare kompletteringsgödsling visar att det är bättre att satsa på en kompletteringsgiva än en tidig giva. Försökserien visar att det går utmärkt att flytta kväve till senare delar i grödans utveckling vilket också möjliggör en bättre anpassning till årets kvävebehov och ett ökat kväveutnyttjande.

Nyckelord: Ax per m², kompletteringsgiva, kärnor per ax, N-sensor, optimal kvävegiva, proteinhalt, tidig kvävegiva, tusenkornvikt

Populärvetenskaplig sammanfattning

Kvävestrategiers effekt på skörd och skördekomponenter 2013-2015

Satsa på kompletteringsgödsling istället för tidigt kväve och få både högre protein och bättre kväveutnyttjande i ditt höstvet.

Syftet med studien

I studien sammanställdes resultat från tre års höstveteförsök (2013-2015) med syfte att undersöka effekten av 1) tidiga kvävegivor och 2) kompletteringsgivor i senare utvecklingsstadier, på skörd och skördekomponenter (ax per m², kärnor per ax och tusenkornvikt (tkv)).

Tidiga kvävegivor gav ingen merskörd

En tidig kvävegiva (40 kg N/ha) följt av en större huvudgiva två-tre veckor senare innan stråskjutningens början i DC30 gav lika stor skörd som bara en huvudgiva med eller utan kompletteringsgödsling. I tunnare bestånd (2013) kunde man se en tendens till högre skörd i de led där större huvudgivor lagts innan stråskjutningen (120-160 kg N/ha) än i led där en mindre huvudgiva på 80 kg N/ha lagts. En större mängd kväve innan stråskjutningen gynnade skottmängden och därmed antal ax per kvadratmeter, men det behövde inte läggas tidigare än inför stråskjutning.

Kompletteringsgödsling med 40 kg N/ha i DC32-45 efter en huvudgiva gav ingen skördeökning något av åren, jämfört med en huvudgiva med eller utan en tidig kvävegiva, men proteinhalt och tusenkornvikten blev högre. Man kunde se att kväve i senare stadier missgynnade axantalet men att det kompenserades av fler och tyngre kärnor per ax vilket förklarar att skörden blev lika stor.

Kompletteringsgödsling kan göras vid senare stadier utan att skörden minskar

Skörden blev lika stor och proteinhalten högre, oavsett när kompletteringsgödslingen gjordes (i DC32, DC37-39 eller DC45) jämfört med bara en huvudgiva. Det innebär att det går att senarelägga en del av kvävet och få höjd proteinhalt utan att riskera lägre skörd. Resultaten visade att kompletteringsgivor ökar proteinhalt och tusenkornvikt, speciellt i de senare givorna med kalksalpeter. Man kunde också se att med en tidigare kompletteringsgödsling i DC32 gynnas axantalet mer än vid en senare komplettering i DC37-45. God kvävetillgång i början på stråskjutningen minskar skottreduktionen och kan förklara varför det blev fler ax.

Genom att bedöma det totala kvävebehovet med hjälp av en N-sensor vid kompletteringsgödsling i DC37-55, kunde såväl skörd som proteinhalt höjas. Merskördar erhöles alla år men variationen var stor och merskördarna lägre ett torrare år som 2013.

Sämre kväveutnyttjande i gödslingsstrategier med tidiga kvävegivor

Ett högre kväveutnyttjande i kvävestrategier med mer kväve i senare utvecklingsstadier än i tidiga visar att det är bättre att gödsla med en kompletteringsgiva än en tidig giva. Risken med att tillföra mycket kväve tidigt på våren är att grödan inte har kapacitet att ta upp all näring och kvävet kan gå förlorat. Vilket leder till sämre ekonomi för odlaren och ökad risk för övergödning av vattendrag. Försökserien visar dessutom att det går utmärkt att flytta kväve till senare delar i grödans utvecklingsstadier utan att förlora i skörd. Detta möjliggör en bättre anpassning av kvävegödslingen till årets behov förutom ett högre kväveutnyttjande.

Innehållsförteckning

1	Inledning	8
2	Litteraturstudie	10
2.1	Växtfysiologi	10
2.1.1	Groning	11
2.2	Skördekomponenter	11
2.2.1	Uppkomst	12
2.2.2	Bestockning	12
2.2.3	Axgång	13
2.2.4	Kärnvikt	14
2.3	Kväve	14
2.4	Kväveupptag via rötterna	14
2.4.1	Mineralkväve	15
2.4.2	Kväveförluster	15
2.5	Kväve från ovanjordiska delar till kärna	16
2.6	Rötternas kväveupptag	16
2.7	Kvävegödslingseffekt på rötterna	17
2.8	Liggsäd	18
3	Material och metod	19
3.1	Statistik	20
4	Resultat	21
4.1	Optimal kvävegiva och skörd 2013-2015	21
4.2	Effekten av tidig kvävegödsling och kvävenivå på skörd och skördekomponenter 2013	24
4.3	Effekten av kompletteringsgödsling på skörd och skördekomponenter 2013	25
4.4	Komplettering med hjälp av N-sensor 2013	25
4.5	Effekten av tidig kvävegödsling på skörd och skördekomponenter i bröd och fodervete 2014	26
4.6	Effekten av tidig kvävegödsling och kvävenivå på skörd och skördekomponenter 2014	26
4.7	Effekten av kompletteringsgödsling på skörd och skördekomponenter 2014	27
4.8	Kompletteringsgödsling med hjälp av N-sensor 2014	27
4.9	Effekten av tidig kvävegödsling och kvävenivå på skörd och skördekomponenter 2015	28
4.10	Effekten av kompletteringsgödsling på skörd och skördekomponenter 2015	29
4.11	Kompletteringsgödsling med hjälp av N-sensor 2015	29

4.12	Skörd och skördekomponenter i medeltal för alla år 2013-2015	30
5	Diskussion	32
5.1	Optimala kvävegivor och skörd 2013-2015	32
5.2	Effekten av en tidig kvävegiva 2013-2015	32
5.3	Effekt av kompletteringsgödsling 2013-2015	33
5.4	Komplettering med hjälp av N-sensor 2013-2015	34
5.5	Utvärdering av kvävestrategiförsöken	35
6	Slutsatser	36
	Referenslista	37

1 Inledning

Sveriges totala åkerareal är ca 2 594 100 ha och höstvetete står för ca 380 000 ha av den totala åkermarken. Det gör höstvetete, tillsammans med vårkorn, till den mest odlade spannmålsgrödan i Sverige (Jordbruksverket, 2014). Höstvetete utgör grunden i växtodlingen för många lantbrukare och därför är det viktigt att sprida kunskap om hur kvävegödslingen påverkar höstvetets skördekomponenter för att motivera till åtgärder och strategier så att skörd och kvalitet ska bli så hög som möjligt. Höstvetets avkastning påverkas av både genotypiska faktorer och yttre förutsättningar (Baril, 1992). De yttre förutsättningarna som antal soltimmar och nederbördsmängd är svåra att påverka, vilket ökar betydelsen av att välja rätt odlingsåtgärder. Sortval, utsädesmängd, såtidpunkt och tidpunkt och storlek på kvävegivaren är några verktyg som odlaren kan använda sig av (Fageria, 2006). Växter är beroende av växtnäring i form av kväve men kvävegödsling innebär också en risk för utlakning och därmed en risk för miljön. För att minimera miljöpåverkan och maximera vetets skördepotential är det viktigt att anpassa kvävegivaren till rådande förhållanden. Höstvetets skörd byggs av skördekomponenterna: antal ax/m², antal kärnor per ax och tusenkornvikt (Hay & Porter, 2006). Skördekomponenterna kan påverkas under olika faser av vetets utveckling och genom en väl anpassad kvävegödsling kan de bygga en hög skörd.

Syftet med examensarbetet var att göra en litteraturstudie med avsikt att ge en fördjupning i kvävetets inverkan på höstvetets olika skördekomponenter och hur kväveinlagringen sker under växtsäsongen. I examensarbetet har även tre års försök med 15 olika kvävestrategier i höstvetete utvärderats för att kunna svara på frågeställningarna:

- Hur påverkar en tidig kvävegiva respektive kompletteringsgiva skörd, skördekomponenter och kväveutnyttjande?
- Hur skiljer sig optimal kvävegiva och skörd vid optimum för bröd- och fodervete de olika åren?
- Ger en behovsanpassad kompletteringsgödsling med hjälp av N-sensor en högre skörd och bättre proteinhalt?

- Går det att kompletteringsgödsla i senare utvecklingsstadier utan att förlo-
ra i skörd och protein?

Målet med examensarbetet är att öka kunskapen om olika N-strategiers inverkan på höstvetets skördekomponenter och därmed kunna bidra till en bättre behovsanpassad kvävegödsling i höstvete.

Uppsatsens litteraturdel består av främst vetenskapliga artiklar och rapporter insamlade från databaser tillgängliga vid SLU samt böcker och rapporter från biblioteket vid SLU i Uppsala. Det förekommer även källor från tidskrifter och internet-sidor med trovärdiga avsändare. Försöksdata från försöksserien L3-2290 tillhandahölls av Yara AB.

2 Litteraturstudie

Från sådd till skörd sker mycket i höstvetepplantan både med avseende på tillväxt och på utveckling. Tillväxten som sker innebär en ökning av biomassa medan utveckling beskriver bildandet av de generativa organen som sedan leder fram till kärnskörd.

På 1970- talet moderniserades Feeks skala från 1941 som beskrev utvecklingsstadiet hos spannmål, moderniseringen gjordes av Zadoks och utvecklingsskalan benämns idag Zadoks skala. Målet var att ta fram en skala som gjorde det lätt att bestämma utvecklingsstadiet hos spannmål i fält utan avancerad utrustning. Ytterligare moderniseringar har gjorts men grunden finns i Zadoks decimalskala (Zadoks *et al.*, 1974). Utvecklingsskalan är ett bra hjälpmedel att använda i fält för att se när det är rätt tid att utföra en åtgärd, t.ex. bygger en del bekämpnings- och gödslingsrekommendationer på utvecklingsskalan (Lantmannen, 2015). Det finns begränsningar i att använda utvecklingsskalan då det inte går att se utvecklingen av axet som sker inne i plantan. Det är reproduktionsorganens utveckling som bestämmer hur långt grödan har kommit i sin utveckling (Åfors, 1988). En höstvetepianta bestockar sig och det gör att huvudskottet kan befinna sig i ett utvecklingsstadium medan sidoskotten är i ett annat. Det går inte att förutsäga ett specifikt antal dagar efter sådd som vetet når ett visst utvecklingsstadium, utan det beror på yttre förutsättningar samt på sortens egenskaper. Att använda sig av temperatursummor och daggrader är ett sätt att få en uppfattning om utvecklingshastigheten. Daggraderna räknas fram genom att dygnsmedeltemperaturen som överstiger en viss temperatur adderas och en temperatursumma erhålls.

2.1 Växtfysiologi

Höstvete är en vinterannuell som är beroende av vernalisering för att lämna den vegetativa fasen och påbörja den generativa fasen (White & Edwards, 2008). Kravet på vernalisering finns för att skydda plantans reproduktiva organ mot vinterkyla. Innan vernaliseringen har skett produceras blad, bladen fungerar som ett skydd

för det apikala meristemet. I den vegetativa fasen befinner sig tillväxtpunkten strax över eller under markytan för att skyddas. Efter vernalisering förflyttas tillväxtpunkten uppåt och blir mer utsatt för yttre påverkan. Det krävs 40- 70 dagar av låg temperatur, 0-4 °C, för att vernaliseringen ska fullbordas (Hay & Porter, 2006)

Det är viktigt att övergången till generativfas sker vid rätt tidpunkt. Påbörjas utvecklingen av axet för tidigt är risken att axet skadas av frost och sker utvecklingen för sent hinner inte kärnorna matas och mogna i tid och en sänkt skörd blir resultatet. (Evans et al, 1975)

2.1.1 Groning

Veteplantan har två typer av rötter, primära och sekundära (även kallade adventiva) rötter (Fitter & Hay, 2002; Hoad *et al.* 2001). De primära rötterna skapar veteplantans första rotsystem och kan växa ner till 2 m djup. De sekundära rötterna framträder oftast först vid tidpunkten för skottbildning när det fjärde bladet har bildats på huvudskottet. De växer från noderna och har en mer horisontell växtriktning än de primära rötterna som söker sig djupare ner i markprofilen. Primära rötter är 0,2-0,4 mm i diameter och utgör 5-10 % av rotsystemet i en fullt utvecklad veteplanta och sekundära rötter är något grövre 0,3- 0,7 mm i diameter (Hoad *et al.* 2001.). När vetet har nått mognad har rotsystemet utvecklats till 1-2 m djup men majoriteten av rötterna finns i de övre 30 cm. Rotdjupet beror till stor del på förhållandena i marken såsom markpackning och jordart (Kirby, 2002).

Koleoptilen utvecklas inne i embryot och tränger ut från kärnan efter att några primära rötter har etablerats. Koleoptilen fortsätter att växa tills den nått över markytan, väl där tränger bladen som varit skyddade inne i koleoptilen fram och utvecklingen av bladen har börjat (Kirby, 2002).

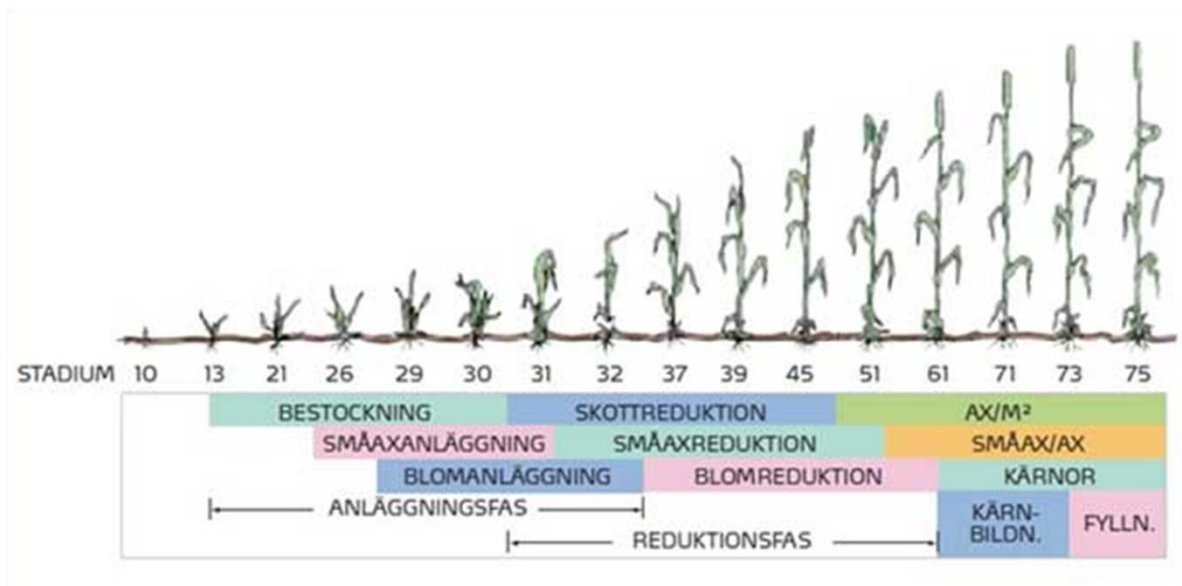
Huvudskottets tillväxtpunkt bildas redan i kärnans embryo och det är från tillväxtpunkten alla ovanjordiska delar utvecklas. Till en början initieras bildandet av blad sedan ändrar meristemets gradvis form och slutligen bildas ett ax (Kirby, 2002).

2.2 Skördekomponenter

Skörden (Y) kan över tid beskrivas med formeln $Y = Q \times I \times \epsilon \times H$. Där Q är den totala mängden solljus som når växten under sin livstid. I står för hur mycket av den totala instrålningen (Q) som fångas upp av bladverket. ϵ beskriver bladens utnyttjande av solinstrålningen, alltså hur effektivt fotosyntesen omvandlar solljus till energi. Detta kan uttryckas som mängden torrsubstans som bildas per enhet instrålat solljus. H står för skördeindex och beskriver tillväxten av grödans skördeproducerande delar ovan jord. Faktorn Q kan inte påverkas av odlaren utan bestäms enbart av yttre faktorer. I slutänden påverkas skörden av yttre faktorer både ovan och under jord samt av grödans genetiska förutsättningar (Hay & Walker,

1989; Hay & Porter, 2006). Skörden kan anses bero av tre komponenter (Hay & Porter, 2006):

- Antal ax per kvadratmeter
- Antal kärnor per ax
- Kärnvikt



Figur 1. Beskrivning av höstvetets tillväxt och utveckling. Källa: Yara AB

2.2.1 Uppkomst

Antalet ax per kvadratmeter beror till stor del av antalet plantor per kvadratmeter. Plantantalet påverkas bland annat av utsädesmängd, radavstånd, såtidpunkt, kärnornas grobarhet och övervintringsförmågan (*Höstvete mot nya höjder*, 2014). När vetet genomgått vernalisering och inlett den generativa fasen flyttas det apikala meristemmet ovan jord (Hay & Porter, 2006). När de generativa organen, axen, börjar bildas har övergången till den generativa fasen skett. Den generativa fasen kan i sin tur även delas in i den reproduktiva fasen som sträcker sig från blomning till mogen kärna (figur 1). Med en god tillgång på kväve kan reduktionen av skott, småax och blommor minska (Åfors, 1988).

2.2.2 Bestockning

När huvudskottet har tre till fyra blad börjar plantan anlägga sidoskott i bestockningsfasen (Åfors, 1988, Hay & Porter, 2006). I bladveckan på de nedre bla-

den bildas sidoskottsknoppar och det sker även om inte de yttre förutsättningarna är tillräckligt gynnsamma för att sidoskotten ska utvecklas till fullo. Bildningen av sidoskott pågår fram till stråskjutningen i DC 30-31 och därefter sker skottreduktion (Figur 1). Sidoskottsbildning gynnas av låg beståndstäthet, låga temperaturer, god växnäringsstatus och hög ljusintensitet (Simán, 1997; Hay & Walker, 1989). Från huvudskottet bildas primära sidoskott, från de primära sidoskotten bildas sekundära skott och från dem tertiära skott. När tre primära sidoskott har bildats kan sekundära sidoskott börja utvecklas. Sidoskotten utvecklar inget eget rotsystem förrän de har 2-3 blad utan förses med näring från huvudskottet (Fageria, 2006). Är konkurrensen om resurserna stor, särskilt tillgången på ljus, och om resurserna är knappa reduceras fler skott och näringen från sidoskotten används till huvudskottet (Hay & Walker, 1989). Sent utvecklade sidoskott har svårare att överleva då de producerar blad i för låg takt för att hinna utveckla rötter (Fageria, 2006). Har veteplantan god tillgång till kväve vid tiden för stråskjutning i DC 30 minskar antalet reducerade sidoskott (Engström & Bergkvist, 2009). God kvävetillgång ökar chansen att sidoskottet blir fertilt och producerar ett ax. Under besökningen läggs grunden till hur många ax varje planta har potential att bilda (Hay & Porter, 2006).

2.2.3 Axbildning

När veteplantan nått den generativa fasen börjar anläggningen av småax på axanlaget. Småaxen framträder i dubbelringsstadiet då axanlaget är valdigt, den översta valken är det som senare blir ett småax och den nedre valken är ett bladanlag. I denna tidiga fas i småaxutvecklingen är anlagen lika stora, senare kommer bladanlaget att tillbakabildas. Småaxen i mitten på axanlaget är de som utvecklas först, men senare i utvecklingen har även de senare anlagda småaxen kommit ikapp och ingen skillnad mellan dem finns längre fram på säsongen. Överst på axanlaget bildas sist ett toppsmåax som är placerat vinkelrätt mot de andra småaxen, toppaxet bildas när stråskjutningen börjar. (Fogelfors, 2001; Kirby, 2002; Hay & Porter, 2006; Åfors, 1988). En del av de småax som anläggs blir inte fertila, de sterila småaxen är oftast de som anläggs längst ner på axet. Det är småaxreduktion som sker och den pågår som intensivast under stråskjutningen. Det är antalet fertila blommor per småax som till sist bestämmer hur många kärnor varje småax kommer att producera. Ett småax kan ha så många som 10 blommor dvs. 10 potentiella kärnor. Blomantalet reduceras dock och slutligen bär varje småax normalt 2-3 kärnor och det är antal kärnor per småax som slutgiltigt avgör antal kärnor per ax (Hay & Walker, 1989).

2.2.4 Kärnvikt

Uppbyggnaden och vikten av kärnan styrs av antalet celler i kärnan och på cellernas vikt. Den första halvan av kärnans utveckling domineras av celldelning både i embryot och i endosperm. Efter celldelningen har kärnan nått sin potentiella storlek men den har ännu inte fyllts med innehåll. Stärkelseinlagringen som äger rum i nästa steg har större potential att bli bra om celldifferentieringen har lett fram till många celler (White & Edwards, 2008). Matningen av kärnan varar i 15- 35 dagar efter avslutad blomning och under den tiden ökar kärnans vikt när innehållet byggs upp av proteiner och kolhydrater. Kärnan har två kolhydratkällor under tiden den fylls. Den ena källan är kolhydrater som produceras i bladens fotosyntes och främst från flaggbladet, detta är den främsta kolhydratskällan. Utsätts veteplantan för stress som gör att fotosyntesen minskar i effektivitet finns det kolhydrater även i stjälk och blad som lagrats in innan blomningen som en energireserv (White & Edwards, 2008).

2.3 Kväve

Ett högt kväveutnyttjande i veteplantan är viktigt för att möta utmaningen att producera en högavkastande gröda samtidigt som kostnaderna för insatsvarorna och miljön ska vara så låga som möjligt (Andersson & Johansson, 2006; Hirel *et al.*, 2007). En faktor som bestämmer hur effektivt vetet utnyttjar kvävet är i hur stor utsträckning som kvävet omdistribueras från de vegetativa delarna till kärnan (Barbottin *et al.*, 2005). Omlokalisering av kvävet från de vegetativa delarna ovan jord till kärnan gör att bladens kapacitet att fotosyntetisera sjunker vilket leder till senescence. Det är ett sätt för plantan att spara på resurserna och säkra att kärnorna blir reproduktiva (Andersson & Johansson, 2006; Fageria, 2006). Kväve som läggs tidigt på säsongen stimulerar veteplantan att utveckla sidoskott medan en senare giva påverkar proteinkoncentrationen i kärnan (Fogelfors, 2001).

2.4 Kväveupptag via rötterna

Majoriteten av näringsämnen i plantan behöver absorberas genom rötterna, en liten del av ett fåtal näringsämnen tas upp via bladen. Roten absorberar näringsämnen från markvätskan. Jonerna som absorberas in i roten passerar flera cellstrukturer, epidermis, cortex, endodermis och stele innan de kan transporteras vidare genom xylemet till skottet. Från skottet transporteras i sin tur assimilaten som bildats genom fotosyntesen ner till rötterna via floemstrukturer och bidrar till rötternas tillväxt (Fageria, 2006). Det förekommer både aktivt och passivt näringsupptag via rötterna. Det passiva upptaget styrs av jonernas strävan att uppnå jämn laddning, jonerna diffunderar från höga till låga koncentrationer. Vid ett aktivt upptag av näringsäm-

nen rör sig jonerna från en lägre till högre elektrokemiskpotential med hjälp av jonpumpar eller transportprotein. Den aktiva transporten kräver energi i form av adenosintrifosfat (ATP).

2.4.1 Mineralkväve

Mineralkvävegödsel appliceras till grödan i form av ammoniumkväve (NH_4^+), ammoniak (NH_3), nitrat (NO_3^-) eller urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$). Växttillgängliga former av kväve är NH_4^+ och NO_3^- (Fageria, 2006). Ammoniak mineraliseras till ammoniumjoner, som i sin tur genomgår nitrifikation. Vilket innebär att det sker en oxidation av ammoniumjoner (NH_4^+) till nitrit (NH_2^-) som sedan oxideras till nitrat (NO_3^-). Ammoniumjonerna har en positiv laddning och binds därför lättare till mineralpartiklar och humus i marken som är negativt laddade. Nitratjonerna som har en negativ laddning binds i mindre utsträckning till markpartiklarna. De finns istället lösta i markvätskan och är lättillgängliga för växterna (Kjellquist T, 1993; Hart *et al.*, 1994).

2.4.2 Kväveförluster

Allt kväve som sprids på fältet tas inte upp av grödorna utan det finns flera förlustvägar. Kväveförlusterna är dyra för den enskilda lantbrukaren och miljön påverkas på ett negativt sätt. Grödans kväueupptagningsförmåga är därför viktig för att inte belasta varken ekonomin eller miljön med onödiga läckage. Möjliga förlustvägar är kväveläckage med jorderosion, ytvattenavrinning, denitrifikation och immobilisering. En stor del av läckagen kan reduceras om mängden växtnäring anpassas efter förfrukt, grödans förmåga att ta upp näring, jordart och sprids vid rätt tidpunkt och i lämplig mängd (Fageria, 2006; Delin & Stenberg, 2014). Det är svårt att förutse vilken kvävestrategi som ger minst läckage eftersom vädret har en stark påverkan på grödans kväueupptag. Grödans förutsättningar varierar inom fältet till följd av skiftande jordart och terräng och därmed också grödans förmåga att ta upp kväve. Anpassas kväuegivan efter variationerna inom fältet kan läckagen reduceras. Istället för att rätta kväuegivan efter de bäst avkastande delarna av fältet och därmed övergödspla platserna med lägre avkastningspotential, kan behovsanpassad kväuegödsling göras med exempelvis Yara N-sensor. Det största kväueläckaget sker när kväuegivan överstiger det ekonomiska optimumet (Lord & Mitchell, 1998; Delin & Stenberg, 2014). Försök har visat att N-läckage kan reduceras förutsatt att kväuegivan är under eller vid det ekonomiska optimumet som gäller för den största delen av arealen. Generellt kan sägas att när det tillförda kväuet inte längre genererar en skördeökning dvs. när 1 kg N/ha genererar mindre än 10 kg kärnor/ha är det inte längre försvarbart att gödspla mer. Ytterligare minskning av läckage kan göras om delar av fältet med lägst behov av kväue kan identifieras och gödsplas med lägre kväuegiva. Det kan göras med Yara N-sensor (Söderström *et*

al., 2004), tidigare års skördedata, proteinkartor och jordartskartor (Delin *et al.*, 2005).

2.5 Kväve från ovanjordiska delar till kärna

Genom att undersöka kväveinnehållet i de vegetativa delarna vid tiden för blomning kan mängden kväve som har potential att förflyttas till kärnan uppskattas. Kväveinnehållet i veteplantan beror i sin tur på tillförseln av mineralkväve, graden av mineralisering i marken, växtförhållandena och vetets genotyp (Barbottin *et al.*, 2005). Stjälken och bladen har behov av kväve för sin strukturella uppbyggnad och mätning av kvävemängden bör göras vid tidpunkten för blomning, när kvävet i vetet kan användas till kärnan. Kväveinlagringen i kärnan påverkas av vilka växtförhållanden som råder. Råder hög temperatur (över +20°C) och grödan utsätts för vattenstress när kärnorna ska matas blir kärnorna ofta mindre än normalt. En mindre kärna har en högre koncentration av kväve vilket resulterar i högre protein koncentration (Andersson & Johansson, 2006). Plantans benägenhet att omfördela kvävet från de vegetativa delarna till kärnan ökar om den utsätts för torka vid tiden för kärnfyllnad. Bristen på fukt i marken begränsar upptaget av markkväve och därmed tvingas plantan använda kväve som tidigare har lagrats in. Det motsatta gäller om vetet kvävegödslas innan tid för blomning. Det finns då gott om lättillgängligt kväve i marken som grödan kan ta upp och det blir mindre viktigt att omfördela det tidigare inlagrade kvävet (Barbottin *et al.*, 2005). Angrips veteplantan av bladsjukdomar som gulrost (*Puccinia striiformis*), vetets bladfläcksjuka (*Drechslera tritici-repentis*) eller mjöldagg (*Erysiphe graminis*) överförs mindre kväve från de vegetativa delarna till kärnan (Dimmock & Gooding, 2002).

2.6 Rötternas kväveupptag

Har rötterna en stor räckvidd i marken ökar volymen jord som veteplantan kan ta upp näring ifrån. Rötternas längd och upptaget av näring har en stark signifikans och är kopplad till hur stor yta rötterna täcker. Speciellt vid upptag av svårörliga näringsämnen som fosfor spelar rotlängden en viktig roll (Hoad *et al* 2001; Rasmussen *et al.*, 2015).

Kvävegödsling påverkar hela plantans tillväxt och kvävestatus, även rötternas. Markens kväveleveransförmåga styr också rötternas tillväxt, markkvävet varierar i tillgänglighet mellan platser och rotdensiteten är oftast högre där det finns god tillgång på kväve. De kväverika platserna på ett fält kan ge den enskilda plantan en konkurrensfördel i förhållande till angränsande plantor men kväveupptaget blir ytterligare bättre om rötterna når djupare ner i marken. Höstvetets rötter kan sträcka sig ner till 1,5-2 m djup och det har visats att det inte alltid är en hög rot-

densitet som är det viktigaste. Att rötterna går ner på djupet i markprofilen är mer betydelsefullt för ett optimalt kväveupptag. Djupare rotsystem ger plantan tillgång till en större volym jord och till näringsämnen som finns i alven (Kristensen & Thorup-Kristensen, 2007; Rasmussen *et al.*, 2015). Andra studier har visat att hög tillgång på markkväve inte ger någon signifikant skillnad på rotdjup och rotdensitet. En hög kvävegödsling (200 kg N/ha) har visat sig kunna reducera höstvetets rotutveckling i alven. Dock finns inget entydigt forskningsresultat för hur grödan ska kvävegödas för att rötterna ska utvecklas optimalt. Det beror på att odlingsförutsättningarna varierar för olika platser vad gäller jordart och kväveminerisering.

Mellan 60 och 95 % av kvävet i kärnan har sitt ursprung från växtdelar och rötter som lagrats in innan blomning och som sedan omfördelats till kärnan. Omfördelningen från växtdelarna sker efter avslutad blomning genom en proteinhydrolys och kvävet exporteras i form av aminosyror till kärnorna. En betydligt mindre andel kväve och av lägre betydelse för inlagringen i kärnan kommer från upptag efter blomning (Kichey *et al.*, 2007). Det finns skillnader i vetesorters förmåga att ta upp kväve innan blomning och sedan lagra näringen i växtdelar för att sedan omfördela den till kärnan. Klarar vetesorten att lagra kvävet på ett effektivt sätt tills blomningen är avslutad ökar chansen att proteininnehållet i kärnan blir högt (Barbottin *et al.*, 2005).

Majoriteten av kärnans torrsubstansvikt består av stärkelse (65-75 %), av den mogna kärnan består 8-20 % av protein. Glutenprotein står för den största andelen av kärnans protein. Glutenproteinet har egenskaper som gör att deg som bakas med vetemjöl blir elastisk och lättbearbetat (Dupont & Altenbach, 2003).

2.7 Kvävegödslingseffekt på rötterna

Tillsats av kvävegödsel har effekt på rötternas växtsätt. Ett danskt försök har visat en ökad rotdensitet i markskiktet under 0,5 m när kväve givningen ökades från 20 till 150 kg N ha⁻¹. Försöket gav indikationer på att kvävet påverkade rötternas förgrening mer än det påverkade rötternas växtsätt nedåt i markprofilen. Det beror på att kvävetillgången är god i de övre delarna av markprofilen och rötterna når tillräckligt mycket kväve utan att söka sig längre ner i profilen (Rasmussen *et al.*, 2015). I den danska studien har sorter jämförts med varandra under två år för att se om det finns skillnader mellan dem i rotutveckling. Resultatet visade att på senhösten var rotdjupet 0,5m respektive 1m för de två åren. Under båda försöksåren skedde en rottillväxt på djupet under vintern, december till mars, på 0,3- 0,4m. En stark rottillväxt skedde under den korta perioden april/maj till juni då rotsystemet växte 0,4-0,5 m. Efter blomning avtog tillväxttakten avsevärt. En anledning till att en högre kvävegiva, 250-300 kg, inte alltid betyder ett större rotsystem är att god

tillgång på kväve stimulerar sidoskottbildning. Blir antalet skott för många finns risk att flertalet reduceras och den ökade rottillväxten uteblir när kvävet har använts till bildandet av sidoskott. Det finns få studier gjorda på höstvetes rotutveckling men de som har gjorts visar att tillförsel av mineralkväve påverkar hur djupt rötterna når i markprofilen. Försök utförda i Tjeckien mellan 1998-2003 där rot-densiteten i matjord och alv mättes efter kvävegödning med 100 eller 200 kg N/ha visade att 100 kg N/ha inte påverkade rot-densiteten varken i matjorden eller i alven. Medan 200 kg N/ha reducerade vissa år rot-densiteten i alven (Svoboda & Haberle, 2006). Plantans skott och rot är beroende av varandra. Skottet behöver rötterna för att förses med näring och vatten medan rötterna behöver skottet för att få tillgång på kolhydrater som bildas i fotosyntesen.

2.8 Liggsäd

Liggsäd är ett problem i spannmålsodling som kan leda till skörde-förluster på 80 %. Dessutom kan kostnaden för torkning öka, kärnans kvalitet försämras och tröskningen tar längre tid. Det är ett komplext problem eftersom det finns många orsaker till ett fält drabbas av liggsäd. Några yttre orsaker är regn, vind, jordart, förfrukt och sjukdomar. Liggsäd associeras ofta med en för hög kvävegiva eller gödning vid en ogynnsam tidpunkt. Under 1960-talet introducerades dvärggener i spannmålssorter och det i kombination med användningen av stråförkortare har gjort att risken för liggsäd har minskat, men inte försvunnit. Det är viktigt att förstå att liggsäd även beror på sort, utsädesmängd och kvävegödning (Berry *et al.*, 2004).

En senare såtidpunkt, minskat plantantal och större radavstånd minskar risken för liggsäd (Spink *et al.* 2000). En tidig sådd gör strået mer skört och har lättare att brytas av vind och regn, det har även potential att bli längre och få fler noder vilket ökar risken för att det ska knäckas. Många sidoskott gör att stråna blir mindre stabila när de står tätt och konkurrerar om ljus och näring (Berry *et al.*, 2000).

Ökas kvävemängden från 160 kg N/ha till 200 kg N/ha ökar veteplantans längd endast 2-3 %, det kan då antas att det inte främst är den ökade strå-längden som är orsaken till liggsäd vid höga kvävegivor. Det finns studier som visar att en hög kvävegiva vid såtidpunkten och tidigt kväve på våren minskar stråstyrkan. Orsaken är att tillförseln av kväve gör att strået får lägre torrsubstans i förhållande till dess längd. Det gör att stråets diameter och stråväggens tjocklek minskar, det i kombination med att kärnorna på axet blir tyngre leder till att risken för liggsäd ökar (Berry *et al.*, 2000).

3 Material och metod

I denna studie används data från försöksserien L3-2290 2013- 2015. Syftet med försöksserien L3-2290 är att hitta kvävestrategier som är ekonomiskt optimala under varierade förhållanden. I försöksserien skaffas underlag för att kunna utvärdera vilka kvävegödslingsstrategier som bör användas vid odling av höstvet. Försöket innefattar både foder-, etanol- och brödvetesorter och en del i försöken är att undersöka vilken kvävestrategi som passar för de olika ändamålen. Syftet med detta arbete är att undersöka effekten på skörd och olika skördekomponenter av en tidig kvävegiva samt effekten av kompletteringsgödsling vid olika tidpunkter mellan DC32-55 med syfte att få en bättre anpassning av totalgivan efter odlingsplats och årets förutsättningar. Försöken är utlagda på fält där det inte sprids stallgödsel och förfrukten är stråsäd men jordarterna skiljer sig mellan försöksplatserna. (Svegiforsöken.se). Försöken var placerade i följande län: Stockholm, Västmanland, Örebro, Skaraborg, Dalsland, Östergötland, Kalmar, Halland, Uppsala och Skåne. Mätningar ska enligt plan utföras med en handburen N- sensor i DC 37- 55 i ett led men också varje vecka från tidigt på våren och fram till axgång i kvävestegen. Den tidiga kvävegivan DC 20-23, huvudgivan i DC 24 före stråskjutning och givan i DC 31-32 har spridits i form av Axan (NS, 27-4). De senare givorna i DC 37-39 och i DC 45- 55 gödslades med Kalksalpeter (NO_3^- 15,5 % N). Totala kvävegivan varierar mellan 80- 285 kg. Enligt försöksplanen gödglas leden med olika kvävegivor och vid olika tillfällen se tabell 1.

I analysen som gjordes undersöktes 1) effekten av en tidig kvävegödsling och kvävenivå på skörd och skördekomponenter, 2) effekten av kompletteringsgödsling på skörd och skördekomponenter, 3) effekten av kompletteringsgödsling med en handburen N- sensor. Bröd- och foder/etanolvete visade mycket få resultat skillnader när de analyserades separat och därför slogs de ihop och analyserades tillsammans. Led 3-12 med olika kvävestrategier ingick i samma analys och därmed kunde punkt 1 och 2 ovan besvaras. För att se om komplettering med N-sensorn ledde till merskörd gjordes en statistisk jämförelse av det N-sensor kompletterade led 13 och led 4 som grundgödslades med 160 kg N/ha.

Tabell 1. *Kvävestrategi i höstveten Kg N/ha, L3-2290. *Kalksalpeter. ** Försöksplats i Skåne.*

Led	DC 20-23 Axan	DC 24 Axan	DC 31-39 Axan	DC 37-39 KS*	DC 45 KS*	Total N-giva
1						0
2	40	40				80
3	40	80				120
4	40	120				160
5	40	160				200
6	40	160	40			240
7	40	160	80			280
8		80	80			160
9		160				160
10		120	40			160
11*		120		40		160
12		120			40	160
13**	40	120		N-sensor		160-285
14**	80	120				200
15**		120		80		200

3.1 Statistik

Statistisk analys gjordes med hjälp av ANOVA, General Linear Model (Minitab 17,2) för att undersöka om skillnader fanns mellan gödslingsled. Försök behandlades som block (upprepningar). Gränsen för statistisk signifikant skillnad var på 95 % nivå ($p < 0,05$). Parametrarna som jämfördes var skörd (15 % v.h, kg/ha), proteinhalt % (av Ts), N- skörd i kärnan (kg N/ha), ax/m², tusenkornvikt (g), kärnor/ax och kärnor/m² samt kväveutnyttjande (%). Kväveutnyttjandet beräknades enligt följande: (N skörd i kärna gödlat led – N skörd i kärna ogödlat led)/ N-giva.

4 Resultat

4.1 Optimal kvävegiva och skörd 2013-2015

Variationen i Optimal kvävegiva (OptN) var stor alla år, mellan 119-280 kg N/ha (Tabell 2-4). År 2013 låg OptN i medeltal under 200 kg N/ha för både foder och brödvete, vilket var lägre än övriga år då OptN var över 200 kg N/ha i medeltal. Även skördenivån var i medeltal lägre 2013 (8000 kg/ha) än 2014 (10800 kg/ha) och 2015 (10500 kg/ha).

Skillnaden i OptN mellan foder- och brödvete var 21 kg N/ha i medeltal för 2013, samtidigt som skörden var lika och proteinet 0,6 procentenheter högre i brödvete. Under 2014 var OptN 8 kg N/ha högre i bröd- än i fodervete, skörden var lika hög och proteinet 0,2 procentenheter högre i bröd- än i fodervete. År 2015 var OptN 39 kg N/ha högre, skörden var lika stor och proteinet 0,9 procentenheter högre i bröd- än i fodervete.

Tabell 2. Optimal kvävegiva (OptN) i brödvetsorter, skörd (15 % vh, kg/ha) och protein (% Ts) vid optimum, beräknat för fodervetekvalitet (1,35 kr/kg) och brödvetekvalitet (1,5 kr/kg) 2013

	Fodervete			Brödvete			Skillnad i OptN bröd - foder kg N/ha
	Optimal N-giva kg/ha	Skörd vid opt. kg/ha	Protein vid opt. % i ts	Optimal N-giva kg/ha	Skörd vid opt. kg/ha	Protein vid opt. % i ts	
Sort:							
Ellvis	206	10373	11,4	228	10506	12,0	22
Ellvis	231	10173	12,5	239	10232	12,7	8
Olivin	178	6634	11,6	191	6725	12,0	13
Julius	132	5223	12,9	140	5283	13,2	8
Ellvis	236	8223	11,1	272	8297	12,0	36
Julius	194	7251	13,5	206	7340	13,8	12
Ellvis	119	6342	11,3	143	6488	12,0	24
Audi	135	7530	10,9	171	7708	12,0	36
Ellvis	170	7910	11,2	200	8098	12,0	30
Medeltal:	178	7740	11,8	199	7853	12,4	21
Stdav:	43	1692	0,9	44	1695	0,7	11
Min-max:	119-236			140-272			

Tabell 3. Optimal kvävegiva (OptN) i brödvetesorter, skörd (15 % vh, kg/ha) och protein (% Ts) vid optimum, beräknat för fodervetekvalitet (1,35 kr/kg) och brödvetekvalitet (1,5 kr/kg) 2014

	Fodervete			Brödvete			Skillnad i OptN bröd -foder kg N/ha
	Optimal N-giva kg/ha	Skörd vid opt. kg/ha	Protein vid opt. % i ts	Optimal N-giva kg/ha	Skörd vid opt. kg/ha	Protein vid opt. % i ts	
Sort:							
Julius	280	11542	11,2	280	11542	11,2	0
Julius	242	11682	11,8	251	11744	12,0	9
Ellvis	247	10404	11,9	253	10450	11,9	6
Ellvis	249	10357	10,9	253	10387	11,0	4
Julius	270	11406	13,3	280	11481	13,6	10
Ellvis	190	10265	12,2	200	10339	12,4	10
Julius	155	9579	11,6	170	9686	12,0	15
Medeltal:	233	10748	11,8	241	10804	12,0	8
stdav:	45	796	0,8	41	780	0,9	5
Min-max:	155-280			170-280			

Tabell 4. Optimal kvävegiva (OptN) i brödvetesorter, skörd (15 % vh, kg/ha) och protein (% Ts) vid optimum, beräknat för fodervetekvalitet (1,35 kr/kg) och brödvetekvalitet (1,5 kr/kg) 2015

	Fodervete			Brödvete			Skillnad i OptN bröd -foder kg N/ha
	Optimal N-giva kg/ha	Skörd vid opt. kg/ha	Protein vid opt. % i ts	Optimal N-giva kg/ha	Skörd vid opt. kg/ha	Protein vid opt. % i ts	
Sort:							
Kranich	248	10684	11,1	276	10761	12,0	28
Ellvis	217	9569	9,7	263	9753	11,0	46
Julius	195	10312	8,8	265	10118	11,0	70
Norin	242	10832	11,4	267	10923	11,7	25
Julius	195	10054	10,1	227	10136	11,0	32
Julius	197	10365	10,2	230	10495	11,0	33
Brons	165	9577	11,0	197	9766	12,0	32
Julius	248	10722	11,5	280	10879	12,0	32
Praktik	229	11579	9,7	280	11555	11,0	51
Brons	224	11481	11,2	263	11653	11,8	39
Medeltal:	216	10518	10,5	255	10604	11,4	39
stdav:	27	690	0,9	28	675	0,5	14
Min-max:	165-248			197-280			

4.2 Effekten av tidig kvävegödsling och kvävenivå på skörd och skördekomponenter 2013

Det fanns ingen signifikant skördeeffekt av en tidig kvävegiva (led 4) jämfört med led 8-10 (tabell 5). Det fanns dock en trend till större skörd och fler kärnor/m² i de led (led 4, 9 och 10) där mer kväve (120-160 kg N/ha) lagts innan DC30 än i led 8 där endast 80 kg N/ha lagts innan DC30.

En hel huvudgiva (0-160-0 kg N/ha) i DC24 eller en delad på DC24 och 32 (0-80-80 eller 0-120-40) gav lika stor skörd (led 8-10).

Med stigande total kvävenivå, 120, 160 eller 200 kg/ha (i led 3-5) där huvudgivan ökat från 80-160 kg N/ha, har skörd och protein ökat, dock ej signifikant. Av skördekomponenterna är det främst antal ax/m² och kärnor/ax som ökat med stigande huvudgivor (ej signifikant).

Stråstyrkan påverkades något av totalgivan kväve då den försämrades med ökad kvävegiva.

Om försöken delades upp på foder- och brödvete (data visas inte här) bekräftades trenden som fanns för medeltal i alla försök. Det var signifikant högre skörd i de led (led 4, 9 och 10) som hade större huvudgivor än 80 kg N/ha (led 8), dvs. när mer kväve lagts innan DC30. Med andra ord gav en tidig kvävegiva (led 4) inte mer skörd än leden med en huvudgiva på 120 eller 160 kg N/ha vid DC24. Det är också sannolikt att den högre skörden kan förklaras med fler ax/m² (ej signifikant) i leden med mer kväve innan DC30.

Tabell 5. Skörd (15 % vh, kg/ha), proteinhalt (% av Ts) och olika skördekomponenter i höstvetete (foder- och brödvete) med olika kvävestrategier (Axan i DC11-DC24-DC32. Total kvävegiva var 160 kg N/ha (led 4, 8-12), 120 kg N/ha (led 3) och 200 kg N/ha (led 5) 11 försök 2013

Led	N-giva	Skörd, kg/ha	Protein, %	Ax/m ²	Tkv, g	Kärnor/ax	Kärnor/m ²	Stråstyrka
	<i>p</i> -värde:	0,874	< 0,001	0,993	0,970	0,962	0,770	0,575
3	40-80-0	7370	9,76 ^b	509	42,57	35	17440	99,3
4	40-120-0	7921	10,97 ^a	518	42,20	37	18980	98,3
5	40-160-0	8206	11,87 ^a	542	42,41	37	19632	97,8
8	0-80-80	7605	11,68 ^a	521	41,42	36	18560	98,3
9	0-160-0	7822	11,07 ^a	520	42,35	37	18706	98,9
10	0-120-40	7776	11,39 ^a	542	42,02	35	18703	98,6
11*	0-120-40	7800	11,45 ^a	526	42,47	36	18540	98,6
12**	0-120-40	7748	11,76 ^a	523	42,96	36	18197	98,6

* Komplettering med kalksalpeter i DC37-39. ** Komplettering med Kalksalpeter i DC45

4.3 Effekten av kompletteringsgödsling på skörd och skördekomponenter 2013

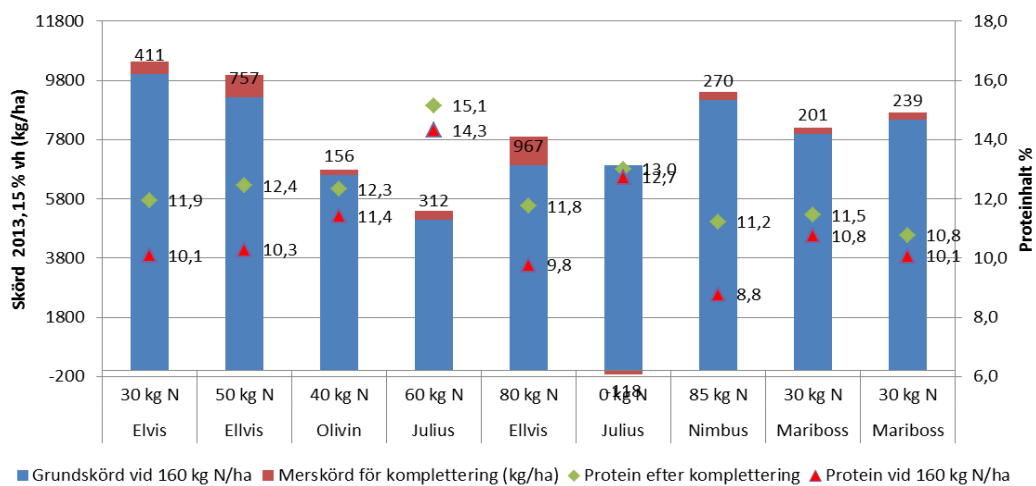
Led 10-12 med kompletteringsgödsling gav lika stor skörd som ledet med bara en huvudgiva på 160 kg N/ha (led 9) men proteinet blev högre (tabell 5). Kompletteringsgödsling i DC32, 37-39 eller 45 (led 10-12) gav lika hög skörd men det fanns en tendens till att proteinet och tusenkornvikt ökade ju senare kompletteringen gjordes. Det fanns också en trend till att det var fler ax och lägre tusenkornvikt och färre kärnor/ax där kompletteringsgivan var tidigast (DC32).

4.4 Komplettering med hjälp av N-sensor 2013

I figur 2 redovisas skördeökning och proteinhalt vid komplettering med N-sensor (led 13: 40-120-Nsensor, kg N/ha) i förhållande till skörd och protein vid en grundgödsling med 160 kg N/ha (led 4: 40-120-0 kg N/ha). Kompletteringsgivan med kalksalpeter (Ks) är lagd i DC37-55 och varierade mellan 0-85 kg N/ha och totala kvävegivan mellan 160-245 kg N/ha.

Grundskörden för 160 kg N/ha (led 4) låg mellan 5096 och 10025 kg/ha. Merskörden erhöles i samtliga fall där en kompletteringsgiva lagts, 414 kg/ha i medeltal för åtta försök. Endast i ett försök (Julius) var kompletteringsgivan 0 kg N/ha. Högsta merskörden var 967 kg/ha efter komplettering med 80 kg N/ha i sorten Ellvis. Proteinhalten ökade med kompletteringsgivan i alla försök. Resultatet visar att samtliga brödvetesorter efter kompletteringen nådde kvarnkvalitet. De tre försök som avkastade lägst nådde kvarnkvalitet utan kompletteringsgödsling.

Statistisk analys visade att det endast fanns signifikanta skillnader i proteinhalt mellan leden. Ledet med kompletteringsgödsling hade högre proteinhalt än ledet utan, 12,3 resp. 10,9 %. Trots att det inte var signifikant uppmättes en något högre skörd i medeltal för kompletteringsgödsling än utan (8210 resp. 7890 kg/ha) och fler ax/m² (536 resp. 516), högre tusenkornvikt (43 resp. 42) och fler kärnor/m² (19387 resp. 18993).



Figur 2. Skörd och protein vid grundgödsling med 160 kg N/ha och merskörd och proteinhalt för en kompletteringsgiva (kalksalpeter) i DC37-55 med hjälp av handburen N-sensor (0-85 kg N/ha). 7 försök i brödvete och 3 försök i fodervete 2013.

4.6 Effekten av tidig kvävegödsling och kvävenivå på skörd och skördekomponenter 2014

Det fanns ingen signifikant skördeffekt av en tidig kvävegiva (led 4) jämfört med utan (led 8-10, tabell 6). Det fanns dock signifikant fler ax och en tendens till lägre tusenkornvikt och färre kärnor/ax i led 4 jämfört med övriga led.

En hel huvudgiva (0-160-0 kg N/ha) i DC24 eller en delad på DC24 och 32 (0-80-80 eller 0-120-40) gav lika stor skörd (led 8-10).

Med stigande total kvävenivå, 120, 160 eller 200 kg/ha (led 3-5) där huvudgivan ökat från 80-160 kg N/ha har skörd och protein tydligt ökat. Av skördekomponen-

terna syns också en tydlig ökning av antal ax/m², kärnor/ax och kärnor/m² med stigande huvudgivor. Stråstyrkan minskade tydligt när totalgivan kväve steg.

Tabell 6. Skörd (15 % vh, kg/ha), proteinhalt (% av Ts) och olika skördekomponenter i höstvet (foder- och brödvete) med olika kvävestrategier (Axan i DC11-DC24-DC32). Total kvävegiva var 160 kg N/ha (led 4, 8-12), 120 kg N/ha (led 3) och 200 kg N/ha (led 5), 12 försök 2014

2014	N-givor	Skörd, kg/ha	Protein, %	Ax/m ²	Tkv g	Kär- nor/ax	Kär- nor/m ²	Stråstyr- ka %
Led								
<i>p</i> - värde		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,007
3	40-80-0	8855 ^b	8,65 ^c	568 ^c	46,42 ^b	34 ^c	19173 ^c	99,3 ^a
4	40-120-0	9701 ^a	9,67 ^b	612 ^{ab}	45,97 ^b	35 ^{bc}	21254 ^{ab}	96,1 ^{ab}
5	40-160-0	10364 ^a	10,40 ^{ab}	637 ^a	45,97 ^b	36 ^{abc}	22739 ^a	92,9 ^b
8	0-80-80	9738 ^a	9,81 ^{ab}	572 ^c	47,16 ^{ab}	37 ^{abc}	20939 ^{abc}	97,1 ^{ab}
9	0-160-0	9870 ^a	9,74 ^b	573 ^{bc}	46,53 ^b	38 ^a	21484 ^{ab}	98,1 ^a
10	0-120-40	9900 ^a	9,81 ^b	576 ^{bc}	46,99 ^b	37 ^{ab}	21325 ^{ab}	97,5 ^{ab}
11*	0-120-40	9899 ^a	10,22 ^{ab}	557 ^c	47,56 ^{ab}	38 ^a	20939 ^{abc}	97,7 ^{ab}
12**	0-120-40	9797 ^a	10,62 ^a	564 ^c	48,61 ^a	36 ^{abc}	20446 ^{bc}	98,3 ^a

* Komplettering med kalksalpeter i DC37-39. ** Komplettering med Kalksalpeter i DC45

4.7 Effekten av kompletteringsgödsling på skörd och skördekomponenter 2014

Led 10-12 med kompletteringsgödsling gav lika stor skörd som led med bara en huvudgiva på 160 kg N/ha (led 9) (tabell 6). Proteinhalten steg mer ju senare kompletteringsgivan gödslades. Det var fler ax och lägre tkv i led med tidigare kväve (led 4-10). Antalet ax var större och tusenkornvikt lägre i ledet med den tidigaste kompletteringsgivan i DC32 jämfört med den sena i DC45. Kompletteringsgödsling i DC32, 37-39 eller 45 (led 10-12) gav lika skörd men proteinet ökade ju senare kompletteringen gjordes. Det fanns en trend till att stråstyrkan ökade med senare komplettering.

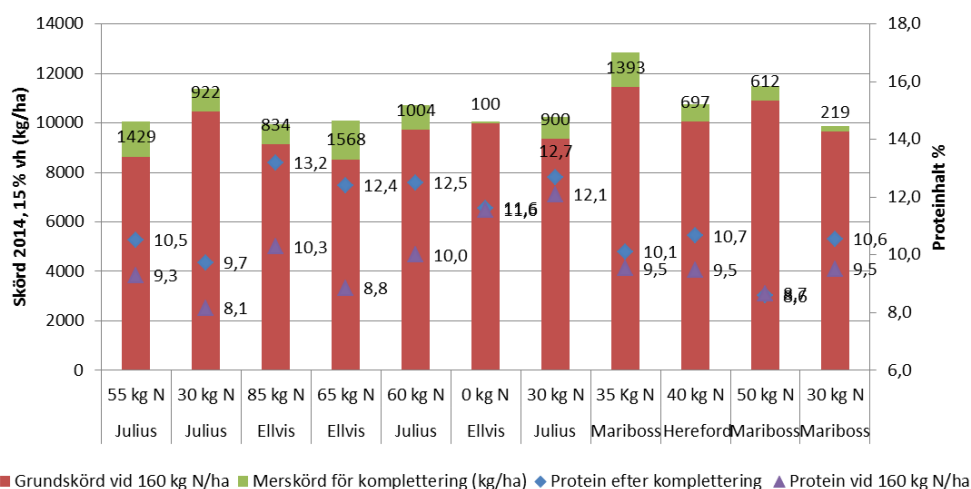
4.8 Kompletteringsgödsling med hjälp av N-sensor 2014

I figur 3 redovisas skördeökning och proteinhalt vid komplettering med N-sensor i DC37-55 (led 13, 40-120-N sensor kg N/ha) i förhållande till skörd och protein vid en grundgödsling med 160 kg N/ha (led 4, 40-120-0 kg N/ha). Komplettering med kalksalpeter varierade mellan 0-85 kg N/ha och totalgivan mellan 160-245 kg N/ha.

Grundskörden med 160 kg N/ha varierade mellan 8530-11456 kg/ha. Samtliga försök gav merskörd efter komplettering med N-sensor, 880 kg/ha i medeltal. Den högsta merskörden, 1568 kg/ha, uppnåddes i sorten Julius efter komplettering med

65 kg N/ha. Proteinhalten höjdes efter kompletteringsgödsling i 10 av de 11 försöken. I två brödvete försök med sorten Julius nådde inte proteinnivån kvarnkvälitet trots att de kompletterats med 55 respektive 30 kg N/ha, men merskördarna blev stora (1429 och 922 kg/ha). För att nå brödvete kvaliteten hade ytterligare kväve behövt tillföras.

Den statistiska analysen visade i medeltal att skörd (10581 resp. 9696 kg/ha), tusenkornvikt (48 resp. 46 g), proteinhalt (11 resp. 9,7 %) och antalet kärnor per ax (37 resp. 35 st) var högre med komplettering än utan. Skördeökningen i led 13 kan därmed förklaras med högre tusenkornvikt och fler kärnor per ax.



Figur 3. Skörd och protein vid grundgödsling med 160 kg N/ha och merskörd och proteinhalt för en kompletteringsgiva (kalksalpeter) i DC37-55 med hjälp av handburen N-sensor (0-85 kg N/ha). 7 försök i brödvete och 4 försök i fodervete 2014.

4.9 Effekten av tidig kvävegödsling och kvävenivå på skörd och skördekomponenter 2015

Det fanns ingen signifikant skördeffekt av en tidig kvävegiva (led 4) jämfört med utan (led 8-10, tabell 7), men en tendens till fler ax per m² och kärnor per m². I leden utan en tidig kvävegiva fanns en tendens till högre tkv och fler kärnor per ax.

En hel huvudgiva (0-160-0 kg N/ha) i DC24 eller en delad på DC24 och 32 (0-80-80 eller 0-120-40) gav lika stor skörd (led 8-10).

Med stigande total kvävenivå, 120, 160 eller 200 kg/ha (led 3-5) där huvudgivan ökat från 80-160 kg N/ha, har också skörd och protein ökat. Det syns också en tendens till ökning av antal ax/m², kärnor/ax och kärnor/m² med stigande huvudgivor. Stråstyrkan tenderade att minska med stigande kvävegivor.

Tabell 7. Skörd (15 % vh, kg/ha), proteinhalt (% av Ts) och olika skördekomponenter i höstvetete (foder- och brödvete) med olika kvävestrategier (Axan i DC11-DC24-DC32. Total kvävegiva var 160 kg N/ha (led 4, 8-12), 120 kg N/ha (led 3) och 200 kg N/ha (led 5), 15 försök 2015

2015	N-giva	Skörd,	Protein,	Ax/m ²	Tkv,	Kär-	Kär-	Strå-
Led	kg N/ha	kg/ha	%		g	nor/ax	nor/m ²	styrka,
								%
<i>p</i> -värde:		<0,001	<0,001	0,065	<0,001	0,754	<0,001	0,506
3	40-80-0	8676 ^c	8,2 ^c	579 ^{ab}	45,3 ^b	33	18630 ^c	99,7
4	40-120-0	9640 ^{ab}	9,0 ^{bc}	624 ^{ab}	45,7 ^b	34	21142 ^{ab}	95,6
5	40-160-0	10180 ^a	9,9 ^a	642 ^a	45,6 ^b	35	22413 ^a	92,0
8	0-80-80	9690 ^{ab}	9,5 ^{ab}	582 ^{ab}	46,4 ^b	36	20731 ^b	95,3
9	0-160-0	9621 ^{ab}	9,3 ^{ab}	594 ^{ab}	46,3 ^b	35	20815 ^b	95,9
10	0-120-40	9655 ^{ab}	9,3 ^{ab}	594 ^{ab}	46,1 ^b	35	20832 ^b	95,0
11*	0-120-40	9692 ^{ab}	9,6 ^{ab}	594 ^{ab}	46,2 ^b	35	20895 ^b	96,4
12**	0-120-40	9418 ^b	10,1 ^a	563 ^b	48,8 ^a	35	19448 ^c	95,1

* Komplettering med kalksalpeter i DC37-39. ** Komplettering med Kalksalpeter i DC45

4.10 Effekten av kompletteringsgödsling på skörd och skördekomponenter 2015

Led 10-12 med kompletteringsgödsling vid olika tidpunkter gav lika stor skörd som ledet med bara en huvudgiva på 160 kg N/ha (led 9) (tabell 7). Kompletteringsgödsling i DC 32, 37-39 eller 45 (led 10-12) gav lika skörd, men det fanns en tendens till att proteinet ökade ju senare kompletteringen gjordes. Det fanns en tendens till lägre skörd i led 12 med den senare kompletteringen (DC45), jämfört med tidigare kompletteringar. Samtidigt som det i led 12 också fanns färre kärnor/m², högre tusenkornvikt samt en tendens till färre ax.

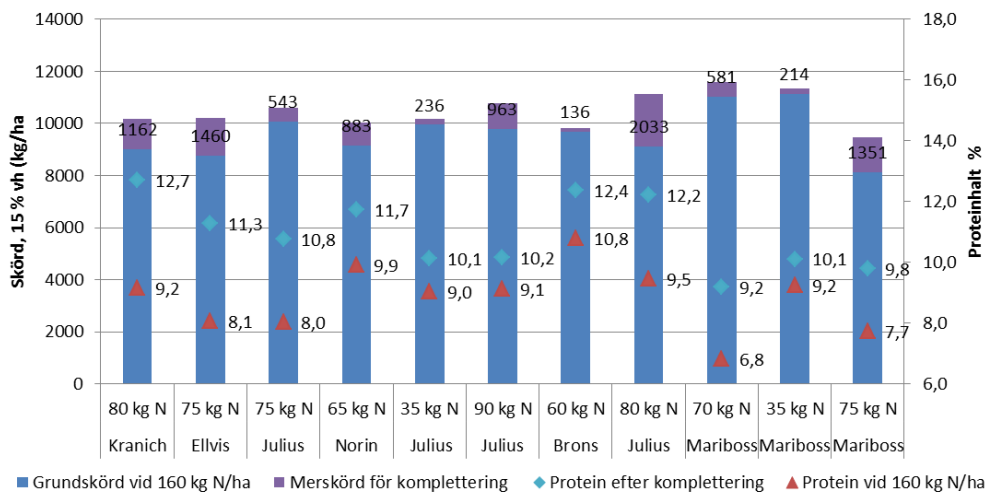
4.11 Kompletteringsgödsling med hjälp av N- sensor 2015

I figur 4 redovisas skördeökning och proteinhalt vid komplettering med N- sensor (led 13, 40-120- N sensor) i förhållande till en grundgödsling med 160 kg N/ha (led 4, 40-120-0 kg N/ha). Kompletteringsgivan varierade mellan 35-90 kg N/ha och totalgivan mellan 195- 250 kg N/ha.

Grundskörden vid 160 kg N/ha varierade mellan 8130-11120 kg/ha. Kompletteringsgödsling gav merskörd i alla 11 försöken, i medeltal 869 kg/ha. Den högsta merskörd, 2033 kg/ha, erhöles med sorten Julius som kompletteringsgödsledes med 80 kg N/ha. Proteinhalten i brödvetet nådde i fyra av åtta försök upp till kvarnkvalitet efter kompletteringsgödsling.

Statistisk analys visade i medeltal att skörden (10417 resp. 9639 kg/ha) och proteinhalten (11,0 resp. 8,9 %) var signifikant högre i led med kompletteringsgödsling

jämfört med utan. Det fanns inga skillnader mellan leden för de olika skördekomponenterna, men i ledet med kompletteringsgödsling hade samtliga skördekomponenter högre värden än i det utan komplettering. Detta bidrog till den högre skörden. Framförallt var det tusenkornvikten som tenderade ($p=0,24$) att vara högre (47 resp. 46 g) i ledet med kompletteringsgiva jämfört med det utan.



Figur 4. Skörd och protein vid grundgödsling med 160 kg N/ha och merskörd och proteinhalt för en kompletteringsgiva (kalksalpeter) i DC37-55 med hjälp av handburen N-sensor (35-90 kg N/ha). 8 försök brödvete och 3 försök fodervete 2015.

4.12 Skörd och skördekomponenter i medeltal för alla år 2013-2015

I tabell 8 redovisas resultatet av en jämförelse av samtliga led i medeltal för alla år. De högre kvävegivorna (200-285 kg N/ha) gav signifikant högre skörd än leden som gödslats med 120 kg N/ha eller mindre. En tidig kvävegiva (led 4) jämfört med utan (led 8-10) gav lika skörd men en tendens fanns till fler ax, lägre protein och lägre kväveutnyttjande. Det finns också i dessa led en tendens till lägre skörd i led 8 med en lägre huvudgiva på 80 kg N/ha jämfört med 120-160 kg N/ha.

Kompletteringsgödsling i DC 32, 37-39 eller 45 (led 10-12) gav lika hög skörd men det fanns en tendens till att proteinet ökade ju senare kompletteringen gjordes och att tusenkornvikten var högre vid gödsling i DC37-45 jämfört med DC32.

Komplettering med hjälp av N-sensor i DC 37-55 (led 13) har gett 660 kg/ha i merskörd (ej signifikant) och signifikant högre proteinhalt (brödkvalitet) jämfört med utan komplettering (led 4). Det fanns inga signifikanta skillnader mellan leden för de olika skördekomponenterna, däremot hade samtliga skördekomponenter högre värden i de kompletterade leden än i det utan vilket förklarar merskörden.

Det högsta kväveutnyttjandet fanns i led med de senare kompletteringsgivorna (led 11 och 12 (totalgiva 160 kg N/ha) och komplettering med N- sensor. Kompletteringsgivan med N-sensor varierade mellan 0-90 kg N/ha och totalgivan var i medeltal 211 kg N/ha för samtliga år. Lägsta kväveutnyttjande uppmättes vid den högsta- (280 kg N/ha, led 7) och lägsta kvävegivan (80 kg N/ha, led 2). Stråstyrkan försämrades med 16 % (99-83 %) när kvävenivån steg från 120 till 280 kg N/ha.

Tabell 8. Skörd (15 % vh, kg/ha), proteinhalt (% av Ts) och olika skördekomponenter i höstvet (foder- och brödvete) med olika kvävestrategier 40 försök 2013-2015.

Led (total- N)	N- giva kg/ha	Skörd kg/ha	Protein, %	Ax/m ²	Tkv, g	Stråstyrka, %	N- utnyttjande, %
<i>p-värde:</i>		<0,001	<0,001	<0,001	0,006	<0,001	
1(0)	0	3846 ^d	8,3 ^e	380 ^c	43,4 ^b	100 ^a	
2(80)	40-40-0	7145 ^c	8,1 ^e	499 ^b	45,3 ^{ab}	100 ^a	48
3 (120)	40-80-0	8396 ^b	8,8 ^{de}	552 ^{ab}	45,4 ^{ab}	99 ^a	52
4 (160)	40-120-0	9194 ^{ab}	9,8 ^{cd}	583 ^a	45,0 ^{ab}	97 ^{ab}	54
5(200)	40-160-0	9685 ^a	10,7 ^{bc}	606 ^a	45,0 ^{ab}	94 ^{ab}	52
6 (240)	40-160-40	9793 ^a	11,6 ^{ab}	620 ^a	44,2 ^{ab}	88 ^{bc}	50
7(280)	40-160-80	9862 ^a	12,4 ^a	623 ^a	43,9 ^b	83 ^c	47
8 (160)	0-80-80	9118 ^{ab}	10,3 ^c	558 ^{ab}	45,3 ^{ab}	97 ^{ab}	56
9 (160)	0-160-0	9202 ^{ab}	10,0 ^c	562 ^{ab}	45,3 ^{ab}	97 ^{ab}	55
10 (160)	0-120-40	9209 ^{ab}	10,2 ^c	571 ^{ab}	45,4 ^{ab}	97 ^{ab}	56
11* (160)	0-120-40	9231 ^{ab}	10,4 ^c	560 ^{ab}	47,7 ^a	97 ^{ab}	58
12** (160)	0-120-40	9104 ^{ab}	10,8 ^{bc}	550 ^{ab}	47,1 ^{ab}	97 ^{ab}	60
13 (211)	40-120- Nsensor	9854 ^a	11,5 ^{ab}	595 ^a	46,3 ^{ab}	93 ^{ab}	59
14 (200)	80-120-0	9467 ^{ab}	10,6 ^{abcd}	648 ^a	44,7 ^{ab}	95 ^{abcd}	51
15* (200)	0-120-80	9126 ^{ab}	11,6 ^{abc}	618 ^{ab}	44,2 ^{ab}	89 ^{abc}	54

* Komplettering med kalksalpeter i DC37-39. ** Komplettering med Kalksalpeter i DC45

5 Diskussion

5.1 Optimala kvävegivor och skörd 2013-2015

Den optimala kvävegivan varierade stort både inom och mellan åren. Året 2013 hade en lägre skördepotential och därmed lägre kväveoptimum beroende på torrare väderlek än de andra åren. Påföljande år 2014 skiljer sig från övriga år genom att det gick åt nästan lika mycket kväve vid optimum för foder – och brödvetekvalitet och skörd och protein låg på samma nivå. Åren 2013 och 2015 däremot var optimum för brödvete 26 och 39 kg N/ha högre än för fodervete samtidigt som proteinet var något högre och skörden på samma nivå. 2013 nådde fler än hälften (5 av 9) av brödvetesorterna kvarnkvalitet (10,5%) redan när de gödslats med optimumgivan för fodervete. Både 2014 och 2015 var skördepotentialen hög vilket ledde till höga kväveoptimum. En underoptimalgödsling kan leda till lägre skörd och därmed till ekonomisk förlust, en överoptimalgödsling ökar risken för utlakning och liggsäd (Delin & Stenberg, 2014).

5.2 Effekten av en tidig kvävegiva 2013-2015

I medeltal gav en tidig kvävegiva inte signifikant högre skörd jämfört med led utan tidig giva i medeltal för något år. Däremot fanns en trend 2013 att led med mer kväve (led 4, 9-10), än 80 kg N/ha (led 8) innan stråskjutning gav större skörd och fler kärnor/m². En relativt låg skottmängd på våren (525 skott/m²) och en torrperiod i början av stråskjutningen 2013 kan sannolikt förklara varför mer kväve innan stråskjutningen, som gynnade skottbildningen och minskade skottreduktionen, var viktig för skörden. Att kväve innan stråskjutning minskar skottreduktionen och därmed ökar antal ax/m² har visats även i andra studier (Darwinkel, 1983). Åren 2014 och 2015 då antal skott var fler (600-800 skott/m²) och nederbörden större, har skillnaden i mängden kväve innan stråskjutningen i de jämförda leden inte haft någon betydelse för skörden. Däremot går det att se både 2014 och 2015 att en

tidig kvävegiva gynnat ax/m² som tenderade att vara fler än i de övriga tre leden. I leden utan tidigt kväve, men med mer kväve i senare stadier som kompletteringsgivor, har istället högre tusenkornvikt och fler kärnor per ax gynnats. Det kompensade för det lägre antalet ax per m² och jämnade därmed ut skörden mellan leden. Resultaten bekräftar en tidigare studie (Engström & Bergkvist, 2009) där man fann att kväve innan DC 30 framförallt hade stor betydelse för skörden i bestånd med färre skott på våren (< 560 skott/m²) och vid försommartorka, men att tidpunkten för gödsling innan DC 30 var av mindre betydelse.

En hel huvudgiva (0-160-0 kg N/ha) i DC 24 eller delad huvudgiva i DC 24 och 32 (0-80-80 eller 0-120-40 kg N/ha) hade liten eller ingen betydelse för skördens storlek något år. Däremot sker en ökning av proteinhalten vid en delning av givan. Viktigt att tänka på är att ju mer kväve som läggs tidigt medför ökad risk för utlakning då marken inte är en lämplig lagringsplats för kväve.

Den totala kvävenivån har påverkat skörd och skördekomponenter alla år. 200 kg N/ha (led 5) i totalgiva har lett till högre skörd och högre proteinhalt samt fler ax/m², kärnor/ax och kärnor/m² i förhållande till led som har lägre totalgiva. Stråstyrkan tenderar att försämrats med en högre total kvävegiva, och främst om vetet kvävegödslas tidigt i kombination med hög totalgiva, vilket stämmer med tidigare studier (Berry *et al.*, 2000, 2004). Att stråstyrkan försämrades med höjd kvävenivå, men tenderade till att öka vid senare kompletteringsgivor, visar på vikten att fördela stora kvävegivor till senare utvecklingsstadier för att undvika liggsäd.

5.3 Effekt av kompletteringsgödsling 2013-2015

Kompletteringsgödsling i DC 32-45 med Axan eller kalksalpeter gav ingen skördeökning något av åren jämfört med en huvudgiva tillsammans med eller utan en tidig kvävegiva. Att komplettering vid olika tidpunkter (DC 32, 37-39 eller 45) gav lika stor skörd men högre protein och tkv för senare komplettering innebär ingen risk att förlora i skörd eller protein om kompletteringsgivan senareläggs. Istället ökar förutsättningen för att kvävegivan blir anpassad till plats och årsmån. Att stråstyrkan ökade vid senare komplettering har även visats i andra studier (Berry *et al.*, 2004). Det är särskilt viktigt att tänka på att senarelägga en del av kvävet när bestånden är kraftiga på våren och risken för liggsäd är stor. Resultaten visade också att en tidig komplettering i DC 32 leder till fler ax/m² och lägre tusenkornvikt vilket visar att den givan sannolikt har minskat skottreduktionen mer än de senare kompletteringsgivorna i DC 37-45. Detta bekräftas av äldre studier (Darwinkel, 1983) där det visades att kvävegödsling kan gynna skottöverlevnad fram till DC32.

Den höga skördepotentialen 2014-2015 med endast 160 kg N/ha i totalgiva kan förklara den låga proteinhalten. Under 2015 bidrog även den kalla våren och låga kväveminaliseringen i marken till låg proteinhalt.

Om komplettering med kalksalpeter ger bättre resultat jämfört med Axan går inte att utvärdera i dessa försök, eftersom Ks endast var lagt vid de senare tidpunkterna. Effekten av Ks kan förväntas ske snabbare då nitraten i kalksalpetern är växttillgängligt direkt medan ammoniumkvävet i Axan först måste omvandlas till nitrat (Criddle *et al.*, 1988; Kjellquist T, 1993).

5.4 Komplettering med hjälp av N-sensor 2013-2015

Effekten av komplettering med N-sensor var tydligt positiv då samtliga försök efter komplettering med N-sensor ledde till merskörd samt att i alla brödveteförsök höjdes även proteinhalten. Den hälften så stora skördeökningen 2013 jämfört med övriga år, ca 400 kg/ha utan kompletteringsgödsling resp. 870 kg/ha för kompletteringsgödsling 2014 och 2015, kan förklaras av torrare väder som missgynnade tillväxt och upptag av kväve. Vädret i kombination med ett generellt tunnare bestånd våren 2013 ledde till lägre skörd. Skördeökningen för kompletteringsgödsling i DC 37-55 kunde förklaras med framförallt högre tusenkornvikt, men också fler kärnor per ax och kärnor/m². Det överensstämmer med övriga led med komplettering men med en lägre totalgiva (160 kg N/ha). Under 2013 var kompletteringsgivan tillräcklig för att nå proteinhalter över 10,5 % (brödkvalitet) i alla försök. År 2014 nådde 6 av 7 försök brödkvalitet och 5 av 7 försök nådde brödkvalitet 2015. Det visar det gick att beräkna kompletteringsbehovet av kväve i majoriteten av försöken med hjälp av N-sensor. Svårast var det 2015 att bedöma kvävebehovet, det visar fler försök med lägre proteinhalter trots komplettering. Den kalla och blöta växtodlingssäsongen 2015 gav en stor skördepotential, men en låg kväveleverans från marken och därför blev kvävebehovet större än väntat i vissa fall. Markens förmåga att mineralisera kväve varierar från år till år, och beror av mull- och lerhalt, men också av temperatur och nederbörd (Delin & Lindén, 2002). Skörd och skördekomponenter i medeltal för åren 2013-2015

När samtliga försök från åren 2013-2015 och alla kväveled (0-280 kg N/ha) användes för statistisk analys ökade dataunderlaget. Endast ett fåtal analyser visade på signifikanta skillnader mellan de olika kvävestrategierna, färre i sammanslagningen av alla år än i analysen av varje år separat. Det berodde på variationerna mellan åren, där 2013 skiljde sig från 2014-2015 se ovan. Eftersom medelvärden användes dämpades effekten av de högsta respektive lägsta värdena. Trots det visar resultaten i medeltal för samtliga år liknande tendenser som de enskilda åren. Tidig kvävegiva (led 4) har gett lika stor skörd som led utan tidig giva men med minst lika stor huvudgiva. Tidigt kväve har gynnat antal ax/m² och komplette-

ringsgödsling vid DC32-45 har gett lika stor skörd som bara en huvudgiva, men högre protein och högre tkv, allt enligt gällande teorier (se litteraturstudie). Mer-skörden för kompletteringsgödsling med N-sensor kan i medeltal för alla år främst förklaras av högre tkv, precis som för varje enskilt år.

Kväveutnyttjandet var högre i led med kompletteringsgivor jämfört med utan, precis som de enskilda åren visade ett lägre kväveutnyttjande för tidigt kväve (80 kg N/ha i DC 11-16) eller vid överoptimal kvävegiva (280 kg N/ha). Det stämmer väl med andra studier (Sticksel *et al.*, 1999), som också har visat att tidig tillförsel av kväve på våren ger ett sämre kväveutnyttjande än om kvävet tillförs under stråskjutningen. Resultatet visar tydligt att mängden kväve såväl som tidpunkt för tillförsel påverkar vetets kväveutnyttjande.

5.5 Utvärdering av kvävestrategiförsöken

Försöksdata kan utvärderas på flera sätt. Denna studie omfattar tre års försöksdata med både bröd- och foder/etanolvetesorter. Även om det fanns skillnader i skördenivå mellan bröd- och foderveten så påverkade de olika kvävestrategierna skörd och skördekomponenter på liknande vis. Därför gjordes den statistiska analysen på försök med bröd- och fodervete tillsammans. I denna studie har de kväveled som jämförts (totalt 8 st) plockats ut och analyserats årsvis. En årsvis jämförelse gör det möjligt att se hur förhållandena som råder respektive år påverkar skörd och skördekomponenter. För att få en helhetsbild och en god jämförelse mellan alla kväveled gjordes även en analys av alla 15 kvävestrategier i medeltal för alla år, som också inkluderade kväveeffektivitet. Medeltalet för alla åren bekräftade väl de trender som syntes de enskilda åren och kan därför fungera som en sammanfattning av flera år där resultaten är likartade, som dessa år. Analys av alla försök och år tillsammans kan fungera som ett komplement till årsvisa analyser.

6 Slutsatser

En tidig kvävegiva gav inga merskördar något år. Lika väl som att gödsla med en tidig giva och en huvudgiva vid DC24 går det att lägga endast en huvudgiva med eller utan komplettering. I tunnare bestånd som år 2013, med i medeltal 525 skott/m², fanns en tendens till att skörden blev högre om det fanns mer kväve innan DC30, i form av en huvudgiva med eller utan tidig giva. Resultaten bekräftar tidigare studier som visat att mängden kväve innan DC30 är viktigt för att gynna skott och axantal i tunnare bestånd. Tidpunkten när kvävet tillförs innan DC30 är mindre viktigt.

Skörden blev lika stor och proteinhalten högre, oavsett om kompletteringsgödslingen görs i DC32, DC 37-39 eller DC45 jämfört med en huvudgiva vid DC24 med eller utan tidig giva. Det innebär att det går att senarelägga en del av kvävet med höjd proteinhalt som följd utan att riskera lägre skörd. Med kompletteringsgivor ökar proteinhalt och tusenkornvikt, speciellt i de senare givorna med kalksalpeter. Med en tidigare kompletteringsgödsling i DC32 gynnas axantalet mer än vid komplettering i DC37-45.

Genom att bedöma det totala kvävebehovet med hjälp av redskapen (N-tester och N-sensor) vid komplettering i DC37-55, kunde såväl skörd som proteinhalt höjas. Merskördar erhöles alla år men variationen var stor och lägre ett torrare år som 2013. Ett högre N-utnyttjandet vid senare kompletteringsgödsling visar att det är bättre att gödsla med en kompletteringsgiva än en tidig giva. Försökserien visar att det går utmärkt att flytta kväve till senare delar i grödans utvecklingsstadier. Det möjliggör en bättre anpassning till årets kvävebehov och ökar kväveutnyttjandet.

Alla år har individuella förutsättningar och två år i rad är sällan lika varandra, vilket den stora variationen i kväveoptimum de olika åren visar. Två av åren var den optimala kvävegivan för att få proteinbetalning på vetet högre än den optimala kvävegivan för fodervete. De årsvisa växlingarna gör att odlaren måste vara flexibel och beredd att anpassa strategier efter rådande förhållande. Att använda hjälpmedel som N-tester och N-sensor kan vara ett värdefullt verktyg för att lyckas med en hög skörd och rätt proteinhalt.

Referenslista

- Andersson, A. & Johansson, E. (2006). Nitrogen Partitioning in Entire Plants of Different Spring Wheat Cultivars. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 192(2), pp 121–131.
- Barbottin, A., Lecomte, C. & Bouchard, C. (2005). Nitrogen Remobilization during Grain Filling in Wheat: Genotypic and Environmental Effects. *Crop science* 45, pp 1141–1150.
- Baril, C. P. (1992). Factor regression for interpreting genotype-environment interaction in bread-wheat trials. *Theoretical and Applied Genetics*, 83(8), pp 1022–1026.
- Berry, P. M., Griffin, J. M., Sylvester-Bradley, R., Scott, R. K., Spink, J. H., Baker, C. J. & Clare, R. W. (2000). Controlling plant form through husbandry to minimise lodging in wheat. *Field Crops Research*, 67(1), pp 59–81.
- Berry, P. M., Sterling, M., Spink, J. H., Baker, C. J., Sylvester-Bradley, R., Mooney, S. J., Tams, A. R. & Ennos, A. R. (2004). Understanding and Reducing Lodging in Cereals. In: Agronomy, B.-A. in (Ed) pp 217–271. Academic Press.
- Darwinkel, A. (1983). Ear formation and grain yield of winter wheat as affected by time of nitrogen supply. *Neth J agric. Sci* 31 211-225
- Delin, S. & Lindén, B. (2002). Relations Between Net Nitrogen Mineralization and Soil Characteristics Within an Arable Field. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 52(2), pp 78–85.
- Delin, S., Lindén, B. & Berglund, K. (2005). Yield and protein response to fertilizer nitrogen in different parts of a cereal field: potential of site-specific fertilization. *European Journal of Agronomy*, 22(3), pp 325–336.
- Delin, S. & Stenberg, M. (2014). Effect of nitrogen fertilization on nitrate leaching in relation to grain yield response on loamy sand in Sweden. *European Journal of Agronomy*, 52, Part B, pp 291–296.
- Dimmock, J. P. R. & Gooding, M. The influence of foliar diseases, and their control by fungicides, on the protein concentration in wheat grain: a review - [download.php](#). *Journal of Agriculture Science*, 2002, pp 349–366.
- Dupont, F. M. & Altenbach, S. B. (2003). Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *Journal of Cereal Science*, 38(2), pp 133–146.
- Engström, L. & Bergkvist, G. (2009). Effects of three N strategies on tillering and yield of low shoot density winter wheat. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 59(6), pp 536–543.
- Evans L.T. (Ed.) (1975) *Crop physiology- some case histories* Cambridge University Press ISBN: 0521204224
- Fageria, N. K. (2006). *Physiology of crop production*. New York: Food Products Press. (Crop science). ISBN 978-1-56022-288-0.
- Fogelfors, H. & Sveriges lantbruksuniversitet (2001). *Växtproduktion i jordbruket*. Stockholm: Natur och kultur/LT i samarbete med Sveriges lantbruksuniv. ISBN 978-91-27-35292-6.
- Hart, S. C., Stark, J. M., Davidson, E. A. & Firestone, M. K. (1994). Nitrogen Mineralization, Immobilization, and Nitrification. *Methods of Soil Analysis: Part 2—Microbiological and Biochemical Properties*, sssabookseries(methodsofsoilan2), pp 985–1018.

- Hay, R. K. M. & Porter, J. (2006). *The Physiology of Crop Yield*. Second edition. Blackwell Publishing. ISBN 978-1-4051-0859-1.
- Hay, R. K. M. & Walker, A. J. (1989). *An introduction to the physiology of crop yield*. Longman Scientific & Technical. ISBN 0-582-40808-3.
- Hirel, B., Gouis, J. L., Ney, B. & Gallais, A. (2007). The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *Journal of Experimental Botany*, 58(9), pp 2369–2387.
- Hoad, S. ., Rusell, G., Lucas, M. . & Bingham, I. . *The Management of Wheat, Barley and Oat Root Systems*. [online]. Available from: http://ac.els-cdn.com/S0065211301740345/1-s2.0-S0065211301740345-main.pdf?_tid=549602c2-6b6c-11e5-9005-00000aacb360&acdnt=1444055052_b550bfee114a126119a7b6b599050b34. [Accessed 2015-10-05].
- Höstvete mot nya höjder, 2014 Redaktör, Elmquist, H., Arvidsson, J. Rapport från Jordbearbetningen. Rapport 129 SLU
- Jordbruksverket. *Jordbruksmarkens användning 2014 - JO10SM1402 - Kommentarer*. [online] (2014). Available from: http://www.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/Amnesomraden/Statistik,%20fakta/Arealer/JO10/JO10SM1402/JO10SM1402_kommentarer.htm. [Accessed 2016-01-07].
- Kichey, T., Hirel, B., Heumez, E., Dubois, F. & Le Gouis, J. (2007). In winter wheat (*Triticum aestivum* L.), post-anthesis nitrogen uptake and remobilisation to the grain correlates with agronomic traits and nitrogen physiological markers. *Field Crops Research*, 102(1), pp 22–32.
- Kirby, E. ., M. *Botany of the wheat plant*. [online] (2002). Available from: <http://www.fao.org/docrep/006/y4011e/y4011e05.htm>. [Accessed 2015-09-29].
- Kjellquist T. *Kväve, mark och dess processer*. [online] (1993). Available from: http://www.vaxteko.nu/html/sll/hydro_agri/vaxtpressen/VPN93-1/VPN93-1C.HTM. [Accessed 2016-01-07].
- Kristensen, H. L. & Thorup-Kristensen, K. (2007). Effects of vertical distribution of soil inorganic nitrogen on root growth and subsequent nitrogen uptake by field vegetable crops. *Soil Use and Management*, 23(4), pp 338–347.
- Lantmännen, 2015. *Odlar Guide för tillväxt*. Lantmännen lantbruk, Malmö
- Lord, E. I. & Mitchell, R. D. J. (1998). Effect of nitrogen inputs to cereals on nitrate leaching from sandy soils. *Soil Use and Management*, 14(2), pp 78–83.
- Precisionsskolan. *Yara N-Sensor*. [online]. Available from: <http://precisionsskolan.se/?p=30435#.Vo6FGFLldVc>. [Accessed 2016-01-07].
- Rasmussen, S., Dresboll, Bodin & Thorup- Kristensen (2015). Winter wheat cultivars and nitrogen (N) fertilization—Effects on root growth, N uptake efficiency and N use efficiency. *European Journal of Agronomy*, 2015, pp 38–49.
- Spink, J. H., Whaley, Wade, Semere, Sparkes & Foulkes AHDB Cereals & Oilseeds : Prediction of optimum plant population in winter wheat. [online], 2000. Available from: <http://cereals.ahdb.org.uk/publications/2000/september/01/prediction-of-optimum-plant-population-in-winter-wheat.aspx>. [Accessed 2015-12-17].
- Stickse, E., Mäidl, F.-X., Retzer, F. & Fischbeck, G. (1999). Nitrogen Uptake and Utilization in Winter Wheat under Different Fertilization Regimes, with Particular Reference to Main Stems and Tillers. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 183(1), pp 47–52.
- Svoboda, P.) E.-M. C. & Haberle, J.) (2006). The effect of nitrogen fertilization on root distribution of winter wheat. *Plant, Soil and Environment - UZPI*, 52(7), pp 308–313.
- Söderström, M., Nissen, K., Gustafsson, K., Börjesson, T., Jonsson, A. & Wijkmark, L. (2004). Swedish Farmers' Experiences of the Yara N-Sensor 1998-2003. *Proceedings of 7th International Conf. on Precision Agriculture and Other Precision Resources Management*, juli 25 2004.
- White, J. & Edwards, J. (Eds) (2008). *Wheat growth and development* [online]. Available from: http://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0008/516185/Procrop-wheat-growth-and-development.pdf. [Accessed 2015-10-02].
- Zadoks, J. C., Chang, T. T. & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14(6), pp 415–421.

Åfors, M., Ohlander, L Stendahl, F. (1988) Stråsådens utveckling En litteraturstudie och beskrivning av en skala för bestämning av stråsådens ax- respektive vippanlag. *Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet*